

ZBORNIK RADOVA CONFERENCE PROCEEDINGS



11. MEĐUNARODNI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP

“FIZIOTERAPIJA U SPORTU, REKREACIJI I WELLNESSU”

OSIJEK // 4. prosinca 2025.
VUKOVAR // 5. prosinca 2025.

11TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL CONFERENCE

“PHYSIOTHERAPY IN SPORTS, RECREATION AND WELLNESS”

OSIJEK // 4th December 2025
VUKOVAR // 5th December 2025



ZBORNIK RADOVA CONFERENCE PROCEEDINGS

11. MEĐUNARODNI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP „FIZIOTERAPIJA U SPORTU, REKREACIJI I WELLNESSU“



11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL CONFERENCE “PHYSIOTHERAPY IN SPORTS, RECREATION AND WELLNESS”



**VELEUČILIŠTE „LAVOSLAV RUŽIČKA“ U VUKOVARU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES “LAVOSLAV RUŽIČKA” IN VUKOVAR**

**Osijek, 4. prosinca 2025. / Osijek, 4th December 2025
Vukovar, 5. prosinca 2025. / Vukovar, 5th December 2025**

ORGANIZATOR /

ORGANIZED BY:

VELEUČILIŠTE „LAVOSLAV RUŽIČKA“ U VUKOVARU
/ UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES „LAVOSLAV
RUŽIČKA“ IN VUKOVAR
HRVATSKA AKADEMIJA ZNANOSTI I UMJETNOSTI /
CROATIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
UCAM KATOLIČKO SVEUČILIŠTE SAN ANTONIO DE
MURCIA / UCAM UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN
ANTONIO DE MURCIA
NK OSIJEK / FC OSIJEK

NAKLADNIK /

PUBLISHER:

VELEUČILIŠTE „LAVOSLAV RUŽIČKA“ U VUKOVARU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
„LAVOSLAV RUŽIČKA“ IN VUKOVAR
Blage Zadre 2, 32000 Vukovar, HR
Tel: +385 32 444 688; Fax: +385 444 686
e-mail: physiotherapy@vevu.hr
web: <http://www.vevu.hr>

ZA NAKLADNIKA /

FOR THE PUBLISHER:

doc. dr. sc. Željko Sudarić, prof. struč. stud.

UREDNICI / EDITORS:

dr. sc. Slavica Janković, prof. struč. stud.
Stjepan Jelica, mag. physioth., v. pred.
Vesna Brumnić, mag. physioth., v. pred.

TEHNIČKI UREDNIK /

TECHNICAL EDITOR

doc. dr. sc. Slobodan Stojanović, prof. struč. stud.

ISSN:

2807-0240 (Online)



PROGRAMSKI ODBOR / PROGRAM COMMITTEE

- dr. sc. Tomislav Vlahović, dr. med., spec. opće kirurgije, spec. ortopedije i traumatologije, subspecijalist plastične kirurgije, Zdravstveno veleučilište Zagreb, Hrvatska
- Domagoj Gajski, dr. med., spec. neurokirurgije, pred., Zdravstveno veleučilište Zagreb, Hrvatska
- prof. dr. sc. Ines Drenjančević, dr. med., Medicinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayer u Osijeku, Hrvatska
- prof. dr. sc. Mirsad Muftić, dr. med., spec. fizikalne medicine i rehabilitacije, subspec. reumatologije, Medicinski fakultet Univerziteta SSST Sarajevo, Bosna i Hercegovina
- izv. prof. dr. sc. Ana Stupin, dr. med., spec. interne medicine, Medicinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayer u Osijeku, Hrvatska
- doc. dr. sc. Jelena Kovačević, dr. med., univ. mag. med., spec. školske medicine, Zavod za hitnu medicinu Brodsko-posavske županije, Hrvatska
- doc. dr. sc. Lejla Obradović Salčin, Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Mostaru, Bosna i Hercegovina
- izr. prof. dr. Nevenka Kregar Velikonja, Faculty for Health Sciences in Novo Mesto, Slovenia
- Konstantinos Spyrou, PhD in Sport Science, MSc in High-Performance Sport: S&C, CSCS, lecturer, Faculty of Sport, UCAM, Španjolska
- dr. sc. Ivan Štefanac, dr. med, spec. pulmologije, pred., Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayer u Osijeku, Hrvatska
- dr. sc. Dalibor Kiseljak, mag. physioth., prof. struč. stud., Zdravstveno veleučilište Zagreb, Hrvatska
- dr. sc. Ivan Jurak, mag. physioth., prof. struč. stud., Zdravstveno veleučilište Zagreb, Hrvatska
- akademkinja prof. dr. sc. Mirna Šitum, dr. med., spec. dermatologije i venerologije, voditeljica Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Vukovaru, HAZU, Hrvatska
- akademkinja prof. dr. sc. Vida Demarin, dr. med., spec. neuropsihijatrije, tajnica Razreda za medicinske znanosti, članica Predsjedništva, HAZU, Hrvatska
- prof. dr. sc. Josipa Forjan, upraviteljica Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Vukovaru, HAZU, Hrvatska
- doc. dr. sc. Gordana Bujišić, prof. struč. stud., Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Hrvatska
- dr. sc. Erna Davidović Cvetko, prof. struč. stud., Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Hrvatska

- dr. sc. Slavica Janković, prof. struč. stud., Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Hrvatska
- dr. sc. Nebojša Nešić, prof. struč. stud., Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Hrvatska
- Vesna Šeper, Ph.D. in Physical Education and Sport, prof. struč. stud., Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Hrvatska

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

- doc. dr. sc. Željko Sudarić, prof. struč. stud. – predsjednik
- doc. dr. sc. Sanja Gongeta, prof. struč. stud.
- doc. dr. sc. Slobodan Stojanović, prof. struč. stud.
- Ivan Belaj, mag. iur., v. pred.
- Vesna Brumnić, mag. physioth., v. pred.
- doc. dr. sc. Gordana Bujišić, prof. struč. stud.
- dr. sc. Erna Davidović Cvetko, prof. struč. stud.
- Marija Crnković Knežević, univ. mag. physioth., pred.
- dr. sc. Slavica Janković, prof. struč. stud.
- Stjepan Jelica, mag. physioth., v. pred.
- dr. sc. Nebojša Nešić, prof. struč. stud.
- Dražen Pejić, mag. cin., v. pred.
- Vesna Šeper, Ph.D. in Physical Education and Sport, prof. struč. stud.
- Katarina Kovačević, univ. mag. physioth., pred.
- Tea Dodlek, univ. mag. physioth., pred.
- Igor Bilandžić, bacc. ing. el.
- Marko Zelenić, dr. med.
- Nikola Ivković, mag. physioth.

TAJNICI SKUPA / SECRETARIES OF THE CONFERENCE

- Stjepan Jelica, mag. physioth., v. pred.
- Vesna Brumnić, mag. physioth., v. pred.

S A D R Ź A J

P R E D G O V O R	12

Hrvoje Ajman, Marko Zelenić, Melisa Babić

ETIOLOGIJA, UČESTALOST I NAJČEŠĆE METODE LIJEČENJA OZLJEDA MIŠIĆA STRAŽNJE STRANE NATKOLJENICE U NOGOMETU

ETIOLOGY, FREQUENCY AND MOST COMMON METHODS OF TREATMENT OF THE HAMSTRINGS MUSCLES INJURIES IN THE FOOTBALL 14

Paula Aleksić

FIZIOTERAPIJA OBOLJELIH OD GUILLAIN-BARRÉ SINDROMA

PHYSIOTHERAPY FOR PATIENTS WITH GUILLAIN-BARRÉ SYNDROME..... 22

Jadranka Ban, Zrinka Stojaković

ZDRAVO STARENJE: IZAZOVI I PRILIKE 21. STOLJEĆA

HEALTHY AGING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR THE 21st CENTURY 29

Marija Bare, Sandra Lovrić, Iva Gašpar

FIZIOTERAPIJSKI PRISTUPI U RADU S OSOBAMA S DOWN SINDROMOM U KONTEKSTU SPORTA I REKREACIJE

PHYSIOTHERAPY APPROACHES IN WORKING WITH INDIVIDUALS WITH DOWN SYNDROME IN THE CONTEXT OF SPORTS AND RECREATION 35

Nikolina Blekić, Marinko Grgić

UČINCI UDARNOG VALA NA AHILOVU TENDINOPATIJU S POSEBNIM OSVRTOM NA OPORAVAK SPORTAŠA

EFFECTS OF SHOCKWAVE THERAPY ON ACHILLES TENDINOPATHY WITH SPECIAL EMPHASIS ON ATHLETE RECOVERY..... 43

Sena Bogdanović, Marin Buljan, Dorothea Bedeković

FIZIOTERAPIJA KAO ZNANOST BUDUĆNOSTI: PREVENCIJA KROZ SPORT, REKREACIJU I WELLNESS U POTICANJU MOTORIČKOG I KOGNITIVNOG RAZVOJA DJECE

PHYSIOTHERAPY AS THE SCIENCE OF THE FUTURE: PREVENTION THROUGH SPORT, RECREATION AND WELLNESS IN PROMOTING MOTOR AND COGNITIVE DEVELOPMENT IN CHILDREN 53

Teo Brkić, Dora Pavliša, Josip Šubarić

ROBOTSKI SUSTAVI U REHABILITACIJI GORNJIH EKSTREMITETA NAKON MOŽDANOG UDARA

ROBOTIC SYSTEMS IN UPPER LIMB REHABILITATION AFTER STROKE 64

Vesna Brumnić, Darija Ivanković, Miroslav Matković

PREVENCIJA OZLJEDA U JUNIORSKOM NOGOMETU: PREGLED LITERATURE I SWOT ANALIZA ZDRAVSTVENIH I EKONOMSKIH UČINAKA

INJURY PREVENTION IN JUNIOR FOOTBALL: LITERATURE REVIEW AND SWOT ANALYSIS OF HEALTH AND ECONOMIC IMPACTS..... 73

Ante Burger, Nikola Foretić, Ana Ćurković

RAZLIČITI DEFORMITETI STOPALA KOD DJECE I MLADIH UZRASTA 14 DO 18 GODINA

DIFFERENT FOOT DEFORMITIES IN CHILDREN AND ADOLESCENTS AGED 14 TO 18 YEARS 85

Filip Carević, Erna Davidović Cvetko, Ivana Lovrić

VISOKOINTENZIVNI INTERVALNI TRENING I NJEGOVI EFEKTI NA ZDRAVLJE KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA

HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING AND ITS EFFECTS ON CARDIOVASCULAR HEALTH..... 94

Marija Crnković Knežević, Ivana Tančik, Sonja Iža

PRIMJENA PROPRIOCEPTIVNE NEUROMUSKULARNE FACILITACIJE U FIZIOTERAPIJSKOJ PRAKSI

APPLICATION OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION IN PHYSIOTHERAPY PRACTICE..... 105

Olivera Čejčić, Aleksandra Ogrizović

PRIMJENA VIRTUALNE REALNOSTI U LIJEČENJU VESTIBULARNIH POREMEĆAJA

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY IN THE TREATMENT OF VESTIBULAR DISORDERS..... 118

Erna Davidović Cvetko, Vesna Šeper, Nebojša Nešić

REZULTATI PROJEKTA „VJEŽBANJE JE POLA ZDRAVLJA“

RESULTS OF THE PROJECT “EXERCISE IS HALF THE BATTLE FOR HEALTH” ... 127

Tea Dodlek, Marina Horvat

TJELESNA AKTIVNOST KAO TERAPIJSKA METODA ZA SMANJENJE
MENSTRUALNIH SENZACIJA UZROKOVANIH PRIMARNOM DISMENOREJOM
PHYSICAL ACTIVITY AS A THERAPEUTIC METHOD FOR REDUCING MENSTRUAL
SENSATIONS CAUSED BY PRIMARY DYSMENORRHEA 137

Klara Findrik, Davor Kuna, Danijela Kuna, Marko Kunac, Petar Šušnjara

UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA VASKULARNO STARENJE
THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON VASCULAR AGING 150

Marcel Fridl, Vesna Brumnić, Stjepan Jelica

KVALITETA ŽIVOTA PACIJENATA GERIJATRIJSKE DOBI
QUALITY OF LIFE OF GERIATRIC PATIENTS 162

Iva Gašpar, Katarina Kovačević, Vanja Matković

OZLJEDA ILI BOL – PERCEPCIJA I TOLERANCIJA BOLI KOD SPORTAŠA
INJURY OR PAIN – PERCEPTION AND TOLERANCE OF PAIN IN ATHLETES 172

Marinko Grgić, Iva Šklempe Kokić, Nikolina Blekić

EPIDEMIOLOGIJA SPORTSKIH OZLJEDA KOD PROFESIONALNIH IGRAČA
FUTSALA U HRVATSKOJ
EPIDEMIOLOGY OF SPORTS INJURIES AMONG PROFESSIONAL FUTSAL PLAYERS
IN CROATIA 182

Ema Hajdarović, Nada Čajkovac

FIZIOTERAPIJSKE VJEŽBE KOD SKOLIOZE
PHYSIOTHERAPY EXERCISES FOR SCOLIOSIS 189

Josip Ivanda, Meri Reili, Ivan Veber

KINEZIOFOBIJA KAO MEDIJACIJSKI FAKTOR RIZIKA IZMEĐU STARENJA I
NEPOVOLJNIH KARDIOVASKULARNIH ISHODA: BIHEVIROALNI I FIZIOLOŠKI
MEHANIZMI
KINESIOPHOBIA AS A MEDIATING RISK FACTOR BETWEEN AGING AND
ADVERSE CARDIOVASCULAR OUTCOMES: BEHAVIORAL AND PHYSIOLOGICAL
MECHANISMS 198

Slavica Janković, Vanja Matković, Vesna Babić, Zrinka Stojaković

OSTEOPOROZA KOD MUŠKARACA
OSTEOPOROSIS IN MEN 208

Slavica Janković , Mark Tomaj, Borna Grupković, Danijela Martinović, Petra Krstičević, Mirela Cepetić

UČINAK ROBOTSKE REHABILITACIJE NA FUNKCIONALNI OPORAVAK GORNJIH EKSTREMITETA

THE EFFECT OF ROBOTIC REHABILITATION ON UPPER LIMB FUNCTIONAL RECOVERY 216

Dajana Jašić

RAZLIKE U STAVOVIMA O ZDRAVOJ PREHRANI MEĐU STUDENTIMA

DIFFERENCES IN ATTITUDES TOWARD HEALTHY EATING AMONG STUDENTS 224

Antonia Josić

SLANE SOBE U AKTIVNOJ I NEAKTIVNOJ POPULACIJI

SALT ROOMS IN ACTIVE AND INACTIVE POPULATION 232

Domagoj Josipović, Tea Dodlek, Marina Horvat

TAI CHI KOD PARKINSONOVE BOLESTI

TAI CHI FOR PARKINSON'S DISEASE 239

Domagoj Josipović, Matko Vuksanić

KVALITETA ŽIVOTA PACIJENATA S AMPUTACIJOM NAKON PROTETIČKE OPSKRBE

QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH AMPUTATION AFTER PROSTHETIC CARE 247

Monika Klarić, Josip Ivanda

POVEZANOST KONDICIJSKE PRIPREME I ODABRANIH ČIMBENIKA S POJAVOM OZLJEDA KOD REKREATIVNIH SKIJAŠA

THE CORRELATION BETWEEN PHYSICAL CONDITIONING AND SELECTED FACTORS IN THE OCCURRENCE OF INJURIES AMONG RECREATIONAL SKIERS 258

Katarina Kovačević, Marijan Kovačević, Ivan Štefanac

POKRET KAO LIJEK: ULOGA TJELESNE AKTIVNOSTI KOD PACIJENATA S KORONARNOM BOLESTI SRCA

MOVEMENT AS MEDICINE: THE ROLE OF PHYSICAL ACTIVITY IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE 269

Danijela Kuna

KOMPARATIVNA ANALIZA UČINAKA INTERVALNOG I GRUPNOG TRENINGA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE ISPITANICA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF INTERVAL AND GROUP TRAINING ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS IN FEMALE PARTICIPANTS ... 280

Manuela Kušec, Ana Lovrić, Iva Vajda, Snježana Brući, Marina Vitković

BIOMEHANIČKA I BIOKEMIJSKA OSNOVA OSTEOPOROZE I FIZIOTERAPIJSKIH INTERVENCIJA

BIOMECHANICAL AND BIOCHEMICAL BASIS OF OSTEOPOROSIS AND PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS 291

Manuela Kušec, Denis Tovernić, Petra Krstičević, Dejan Eldić

PRIMJENA BIOMEHANIČKIH MODELA U PROCJENI UČINKOVITOSTI FIZIOTERAPIJSKIH INTERVENCIJA

APPLICATION OF BIOMECHANICAL MODELS IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS 301

Tonči Mašina, Dražen Pejić, Miljana Pavković

UTJECAJ TJELOVJEŽBE NA KOGNITIVNI PAD KOD STARIJIH ODRASLIH OSOBA

THE IMPACT OF EXERCISE ON COGNITIVE DECLINE IN OLDER ADULTS 313

Mirna Mikić

KOMPETENCIJE KINEZIOLOGA U MULTIDISCIPLINARNOJ SKRBI ZA ZDRAVO STARENJE

KINESIOLOGISTS' COMPETENCE IN MULTIDISCIPLINARY SUPPORT FOR HEALTHY AGING 330

Melis Mladineo Brničević, Valentina Gojević

PRIMJENA ORTOTIKE U LIJEČENJU SKOLIOZA KOD DJECE I ADOLESCENATA

APPLICATION OF ORTHOTICS IN THE TREATMENT OF SCOLIOSIS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS 339

Melis Mladineo Brničević, Željko Kovačević, Željka Karin

TREND MALIGNIH BOLESTI MEĐU STUDENTSKOM POPULACIJOM I NJIHOVIM OBITELJIMA U RAZDOBLJU OD 10 GODINA: ANALIZA SVEUČILIŠTA U SPLITU

THE TREND OF MALIGNANT DISEASES AMONG THE STUDENT POPULATION AND THEIR FAMILIES IN 10 YEAR SPAN OF TIME: ANALYSIS FROM UNIVERSITY OF SPLIT 348

Jelena Paušić, Željko Kovačević, Ante Peran

VAŽNOST STABILIZACIJE TRUPA PO DNS PRINCIPIMA U RAZVOJU PRAVILNIH
MOTORIČKIH OBRAZACA POKRETA MLADIH SPORTAŠA

THE IMPORTANCE OF TRUNK STABILIZATION BASED ON DNS PRINCIPLES IN
THE DEVELOPMENT OF PROPER MOTOR PATTERNS IN YOUNG ATHLETES..... 353

Miljana Pavković, Viktorija Trninić, Dražen Pejić

KLJUČNI POKAZATELJI ZDRAVOG STARENJA, DOBIVENI BIOIMPENDACIJSKOM
ANALIZOM UREĐAJEM ACCUNIQ BC720: FAZA KUTA, SKELETNA MIŠIĆNA MASA
I VISCERALNA MAST (ANALIZA REZULTATA U POPULACIJI OD 45-65 GODINA)

KEY INDICATORS OF HEALTHY AGING, OBTAINED BY BIOIMPEDANCE
ANALYSIS WITH THE ACCUNIQ BC720 DEVICE: PHASE ANGLE, SKELETAL
MUSCLE MASS AND VISCERAL FAT (ANALYSIS OF RESULTS IN THE POPULATION
AGED 45-65) 361

Beata Pepić Banović

UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA OBUĆE NA POSTURU I BIOMEHANIKU TRČANJA

THE IMPACT OF DIFFERENT TYPES OF FOOTWEAR ON POSTURE AND RUNNING
BIOMECHANICS 372

Teo Radić, Hrvoje Petrović, Jelena Paušić

MOGUĆNOSTI PRIMJENE EMMETT TEHNIKE U TRENAŽNOM PROCESU MLADIH
VESLAČA: PILOT-STUDIJA

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE EMMETT TECHNIQUE IN THE TRAINING
PROCESS OF YOUNG ROWERS: A PILOT STUDY 380

Nikolina Ručević, Stjepan Jelica, Ljubica Nedić

ULOGA I ELEMENTI IGRE U FIZIOTERAPIJI PRIJELOMA GORNJIH EKSTREMITETA
KOD DJECE

THE ROLE AND ELEMENTS OF PLAY IN PHYSIOTHERAPY FOR UPPER LIMB
FRACTURES IN CHILDREN 390

Stjepan Stanić

ULOGA FIZIOTERAPEUTA U REHABILITACIJI NAKON MOŽDANOG UDARA KOD
GERIJATRIJSKIH PACIJENATA

PHYSIOTHERAPIST ROLE IN REHABILITATION AFTER STROKE IN ELDERLY
PATIENTS 400

Vesna Šeper, Nebojša Nešić, Nikolina Jelić

SPECIFIČNOSTI FIZIOTERAPIJSKE PROCJENE MIŠIĆNO-KOŠTANOG SUSTAVA U TRUDNOĆI

SPECIFICS OF MUSCULOSKELETAL PHYSIOTHERAPY ASSESSMENT DURING PREGNANCY 412

Zoran Špoljarić

POVEZANOST RAZINE STRESA I TJELESNE AKTIVNOSTI KOD SKIPERA

THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS LEVEL AND PHYSICAL ACTIVITY AMONG SKIPPERS..... 421

Josip Šubarić, Dora Pavliša, Teo Brkić

PRIMJENA VOJTA TERAPIJE U KONZERVATIVNOM LIJEČENJU OSTEITISA PUBISA KOD SPORTAŠA: PREGLED LITERATURE I KLINIČKA OPAŽANJA

APPLICATION OF VOJTA THERAPY IN CONSERVATIVE TREATMENT OF OSTEITIS PUBIS IN ATHLETES: A LITERATURE REVIEW AND CLINICAL OBSERVATIONS 429

Nataša Tatalović, Jasna Lulić Drenjak

UTJECAJ TJELOVJEŽBE NA VRIJEME USTAJANJA I POSJEDANJA, JAKOST STISKA ŠAKE I OPSEG STRUKA U ŽENA STARIJE ŽIVOTNE DOBI

THE IMPACT OF EXERCISE ON RISE AND SITTING TIME, HAND GRIP STRENGTH AND WAIST CIRCUMFERENCE IN ELDERLY WOMEN 436

Karla Tilman

ZDRAVO STARENJE

HEALTHY AGING 444

Viktorija Trninić, Marko Trninić, Tonči Mašina

PSIHOLOŠKE I KINEZIOLOŠKE OSNOVE ZDRAVOG I USPJEŠNOG STARENJA

PSYCHOLOGICAL AND KINESIOLOGICAL BASIS OF HEALTHY AND SUCCESSFUL AGING 453

Daniela Žeželić, Jasna Imgrund, Ivana Marčić

ULOGA FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE U PREVENCIJI BOLESTI POVEZANIH S PRETILOŠĆU

THE ROLE OF PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS IN THE PREVENTION OF OBESITY-RELATED DISEASES 468

P R E D G O V O R

S velikim zadovoljstvom predstavljamo Zbornik radova s 11. međunarodnog znanstveno-stručnog skupa „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnesu“, održanog u organizaciji Veleučilišta „Lavoslav Ružička“ u suradnji s Hrvatskom akademijom znanosti i umjetnosti, UCAM Catholic University of Murcia te Nogometnim klubom Osijek. Ovaj skup predstavlja rezultat kontinuiranih nastojanja promicanja znanstvenih i stručnih razmjena znanja u području fizioterapije, sportske medicine, rekreacije i wellnesa, s posebnim naglaskom na multidisciplinarni pristup zdravstvu i fizioterapiji kao podršci zdravom starenju.

Tema ovogodišnjeg skupa, „Multidisciplinarni pristupi u fizioterapiji i zdravstvu za zdravo starenje“, odabrana je u skladu s globalnim trendovima, preporukama Svjetske zdravstvene organizacije i potrebom za integriranim pristupom očuvanju kvalitete života starijih osoba. Starenje je prirodan proces koji donosi fiziološke, psihološke i socijalne promjene, a suvremena znanost pokazuje kako ciljane intervencije u području fizioterapije, sporta, rekreacije i wellnesa mogu značajno doprinijeti očuvanju funkcionalnih sposobnosti, prevenciji bolesti te održavanju neovisnosti i psihosocijalne dobrobiti.

Skup je okupio stručnjake iz različitih disciplina, uključujući fizioterapeute, kineziologe, liječnike, psihologe i nutricioniste, čime je omogućeno promicanje holističkog pristupa u istraživanju i primjeni terapijskih i preventivnih programa. Multidisciplinarnost je ključna komponenta suvremenih zdravstvenih intervencija, jer starenje utječe na sve aspekte ljudskog zdravlja – od motoričkih sposobnosti i kardiovaskularnog zdravlja do mentalnog zdravlja i socijalne isključenosti.

Partnerstvo i suradnja među institucijama koje su sudjelovale u organizaciji ovog Skupa predstavljaju snažan temelj za znanstveni i praktični napredak u području fizioterapije. Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru prepoznato je kao centar izvrsnosti u obrazovanju fizioterapeuta i stručnjaka u području sporta i rekreacije, dok Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti kontinuirano doprinosi znanstvenom razvoju i promicanju interdisciplinarnih istraživanja. Suradnja s NK Osijekom pruža praktičnu dimenziju primjene sportskih i rehabilitacijskih programa u profesionalnom sportu, a uključivanje UCAM Catholic University of Murcia obogaćuje međunarodnu suradnju i razmjenu iskustava.

Zbornik radova okuplja doprinos stručnjaka i znanstvenika koji su svoje radove prezentirali na konferenciji te predstavlja značajan izvor znanja za sve koji se bave fizioterapijom, sportom, rekreacijom, wellnesom i gerijatrijom. Radovi uključuju teorijske analize, klinička istraživanja, studije slučaja te inovativne metode primjene fizioterapije i programa za očuvanje zdravlja u različitim dobnim skupinama, s naglaskom na stariju populaciju. Posebna pažnja posvećena je integraciji znanstvenih spoznaja u praksu te pronalaženju praktičnih rješenja koja mogu unaprijediti kvalitetu života i zdravstvenu skrb.

Posebnu vrijednost ovog Zbornika čini njegova multidisciplinarna struktura koja omogućava čitatelju uvid u različite pristupe i metode koje se primjenjuju u fizioterapiji i zdravstvu, s naglaskom na prilagodbu programa potrebama starije populacije. Uključeni radovi pokrivaju širok spektar tema, uključujući prevenciju kroničnih bolesti, rehabilitaciju nakon ozljeda, primjenu modernih tehnologija u fizioterapiji, programiranje tjelesne aktivnosti i rekreacije te psihološke aspekte zdravog starenja. Takav pristup omogućuje čitatelju stjecanje sveobuhvatnog razumijevanja izazova i mogućnosti u području fizioterapije i zdravstva, te pruža smjernice za daljnji profesionalni i znanstveni rad.

Želimo uputiti iskrenu zahvalnost svim autorima, predavačima, organizatorima i partnerima koji su svojim doprinosom omogućili realizaciju ovog Skupa i nastanak ovog Zbornika. Njihova predanost, stručnost i znanstvena radoznalost osigurali su visoku kvalitetu radova i doprinijeli razvoju multidisciplinarnog pristupa u fizioterapiji i zdravstvu.

Nadamo se da će ovaj Zbornik radova služiti kao vrijedan resurs za sve stručnjake, znanstvenike, studente i praktičare u području fizioterapije, sporta, rekreacije i wellnesa, te potaknuti daljnje istraživanje i inovacije u pružanju skrbi starijoj populaciji. Također vjerujemo da će pridonijeti jačanju međunarodne suradnje i razmjeni znanja te poduprijeti promicanje zdravog, aktivnog i kvalitetnog starenja kao jednog od ključnih ciljeva suvremene zdravstvene i društvene politike.

Urednici Zbornika radova

ETIOLOGIJA, UČESTALOST I NAJČEŠĆE METODE LIJEČENJA OZLJEDA MIŠIĆA STRAŽNJE STRANE NATKOLJENICE U NOGOMETU

ETIOLOGY, FREQUENCY AND MOST COMMON METHODS OF TREATMENT OF THE HAMSTRINGS MUSCLES INJURIES IN THE FOOTBALL

Hrvoje Ajman

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

hajman@kifos.hr

Marko Zelenić

Klinički bolnički centar Osijek

zelenicmarko@gmail.com

Melisa Babić

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

melisa.babic77@gmail.com

Sažetak

Uvod: Ozljede mišića stražnje strane natkoljenice su najzastupljenije u nogometu. Dva najčešća mehanizma nastanka ozljeda ovih mišića su istezajući i sprinterski tip ozljede. U nogometu se najčešće javlja sprinterski tip ozljede zbog velikog broja ubrzavanja i usporavanja te naglih i brzih promjena smjera kretanja. Primarni cilj ovog rada je utvrditi kako i zbog čega te koliko često dolazi do ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice na uzorku nogometaša različitih dobnih skupina. *Metode rada:* Uzorak entiteta ovog istraživanja formiran je od 75 igrača kadetske, juniorske i seniorske kategorije koji se natječu u najvišem rangu u Hrvatskoj nogometnoj ligi. Za potrebe ovog istraživanja praćana je učestalost, klasifikacija ozljeda zadnje lože prema mehanizmu nastanka i prema stupnju oštećenja u periodu od četiri mjeseca u natjecateljskoj sezoni 2024.-2025. Za potrebe istraživanja zabilježene su frekvencije pojavnosti ozljeda prema učestalosti, klasifikaciji i prema stupnju oštećenja. Razlike u pojavnosti i stupnju oštećenja između uzrasnih kategorija nogometaša izračunate su pomoću hi kvadrat testa. *Rezultati:* Rezultati istraživanja pokazuju da su u uzorku ispitanika nogometaši seniorske kategorije zabilježili najmanje ozljeda mišića zadnje lože te su utvrđene statistički značajne razlike rezultata između dobnih skupina. Također utvrđena je statistički značajna razlika između dobnih kategorija u mehanizmu nastanka ozljede. Ozljede mišića zadnje lože ili upale mišića ili istegnuće mišića te njihova pojavnost i frekvencija se statistički značajano razlikuje s obzirom na dobne kategorije. *Rasprava i zaključak:* Kako bi se ozljede ovih mišića svele na minimum, potrebno je puno više vremena posvetiti jačanju mišića te provoditi mjere prevencije koje bi trebale biti dio svakog treninga.

Ključne riječi: *ekscentrična kontrakcija, mišići, nogomet, ozljede.*

Abstract

Introduction: Hamstring injuries are the most frequent in football. The two most common mechanisms of injury to these muscles are stretching and sprinting injuries. In football,

sprinting injuries are the most common type of injury due to the large number of accelerations and decelerations and sudden and fast changes in direction of movement. The primary goal of this study is to determine how, why, and how often hamstring injuries occur in a sample of football players of different age groups. *Methods:* The entity sample of this study was formed by 75 players of the cadet, junior, and senior categories who compete in the highest ranks of the Croatian Football League. For the purposes of this study, the frequency, classification of hamstring injuries according to the mechanism of occurrence, and according to the degree of damage were monitored over a four-month period in the 2024-2025 competitive season. For the purposes of the study, the frequencies of injury occurrence according to frequency, classification, and according to the degree of damage were recorded. Differences in the occurrence and degree of damage between age categories of football players were calculated using the chi-square test. *Results:* The results of the study show that in the sample of respondents, senior football players recorded the least number of hamstring muscle injuries, and statistically significant differences in results between age groups were found. A statistically significant difference was also found between age categories in the mechanism of injury. Hamstring muscle injuries or muscle inflammation or muscle strain and their occurrence and frequency differ statistically significantly with respect to age categories. *Discussion and conclusion:* In order to minimize injuries to these muscles, it is necessary to devote much more time to strengthening the muscles and implementing prevention measures that should be part of every training session.

Keywords: *eccentric contraction, football, injuries, muscles.*

UVOD

Nogomet je jedan od najpopularnijih sportova u svijetu, a definira se kao kompleksna, agonistička, kineziološka aktivnost koja pripada grupi polistrukturalnih acikličkih gibanja, a obilježava je visok varijabilitet motoričkih radnji kojima se igra realizira i kojima igrači postižu osnovne ciljeve igre: postizanje pogotka i pobjedu (Barišić, 2007). Ozljeđe mišića stražnje strane natkoljenice ili stražnje lože su najčešće ozljeđe u nogometaša (Ekstrand, Hagglund, Walden, 2011). Ozljeđe se najčešće događaju pri naglim promjenama smjera kretanja ili tokom brzih pokreta kao što je sprint. U takvim aktivnostima mišići su u ekscentričnoj fazi (izduženom položaju) te proizvode najveću silu. Kao razlog nastanka ozljeđa ovih mišića u većini slučajeva se navodi mišićni disbalans, odnosno razlike u jakosti mišića prednje i stražnje strane natkoljenice (Croisier i sur. 2008). Osim toga, često se spominje još jedan uzrok nastanka ozljeđa mišića stražnje strane natkoljenice, a to je nedostatak fleksibilnosti istih (Witvrouw i sur. 2003). Također, nedostatak fleksibilnosti je jedan od temeljnih problema sa kojima se susreće veliki broj nogometaša.

Postoji nekoliko pristupa po kojima se mogu klasificirati mišićne ozljeđe. Prvi od njih ozljeđe dijeli s obzirom na mehanizam njihova nastanka, kod mišića stražnje strane natkoljenice razlikuju se sprinterski i istežajući tip ozljeđe (Liu i sur., 2012). Pojava ozljeđe mišića stražnje strane natkoljenice osjeti se kao nagla i iznenadna bol koja slijedi nakon prenaprezanja, istegnuća ili udarca u taj predio. Nakon pojave ozljeđe sportaš često ne može u potpunosti ispružiti koljeno niti hodati bez šepanja. Također, 24 do 48 sati nakon ozljeđe moguća je pojava hematoma (modrice) na mjestu ozljeđe.

Istezajući tip ozljede se pojavljuje prilikom sporijih aktivnosti koje zahtijevaju veliku amplitudu pokreta. Kod takvih aktivnosti su mišići stražnje strane natkoljenice posebno osjetljivi jer prelaze preko zgloba kuka i koljena (dvozglubni mišići). Zbog te svoje karakteristike, mišići stražnje strane natkoljenice aktivno sudjeluju u većini pokreta ljudske lokomocije. Mišići stražnje strane natkoljenice se prilikom sporih kontrakcija primarno ozljeđuju tokom negativnog rada mišića, odnosno prilikom ekscentrične kontrakcije.

Woods (2004) navodi kako je sprinterski tip ozljede najčešći tip ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice, te kako se u engleskom nogometu 57% ozljeda ovih mišića događa prilikom trkačkih/sprinterskih aktivnosti. Razlog tome je što prilikom trčanja, točnije tokom završne faze zamaha, dolazi do izduživanja mišića u oba zgloba preko kojih prelaze (koljeno i kuk). Još jedan od mogućih razloga čestih ozljeđivanja mišića stražnje strane natkoljenice krije se i u njihovoj građi. Mišići stražnje strane natkoljenice su dominantno građeni od brzih mišićnih vlakana (58%) te su time predodređeni za proizvodnju velikih mišićnih sila. Brza izmjena koncentrične u ekscentričnu kontrakciju je jedan od faktora koja također povećava rizik za pojavu ozljede. Razlog tome je što prilikom brze i nagle deceleracije kuka i ekstenzije koljena (prilikom pripreme stopala za kontakt s podlogom) dolazi do naglog i snažnog izduživanja mišića i proizvodnje velike sile (Hawkins i sur., 2001). Sprinterski tip ozljede najčešće zahvaća tetivu ili aponeurozu mišića te proksimalnu mišićno tetivnu spojnicu. Biceps femoris je mišić koji se najčešće ozljeđuje u brzim pokretima, pogotovo tokom sprinta. U studiji Woodsa i sur. (2015), 54% ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice otpada na ozljede duge glave Biceps femorisa.

Nadalje, ozljede se mogu klasificirati ovisno o prisutnosti traume. Postoje direktne (nastaju nakon izravnog udarca u mišić) i indirektne (nastaju prilikom snažnih ekscentričnih kontrakcija) ozljede (Golubić, 2015). Za stupnjevanje mišićnih ozljeda, Ropiak i sur. (2012) i Lee i sur., (2012) predlažu sljedeći sustav: Nulti stupanj – nema vidljivih oštećenja ili vidljivih znakova oštećenja mišićnih vlakana na magnetskoj rezonanci; Prvi stupanj (ozljeda istezanja) – gubitak funkcije manji od 5%, dolazi do istezanja mišićno – tetivnih struktura; Drugi stupanj (djelomična ruptura) – gubitak mišićne funkcije između 5 i 50%, istezanje srednjeg intenziteta prilikom čega dolazi do djelomične rupture mišićno – tetivnih vlakana; Treći stupanj (potpuna ruptura) – gubitak funkcije veći od 50%, česta potreba za operativnim zahvatom, dolazi do potpunog pucanja mišićnih vlakana.

Ekstrand i sur. (2012) navode kako su u nogometu najčešće ozljede prvog (ozljede istezanja) i drugog (djelomična ruptura) stupnja. Također, u svom istraživanju na europskim nogometašima dolaze do zaključka kako 13% od ukupnih ozljeda (njih 207) mišića stražnje strane natkoljenice pripada ozljedama nultog stupnja, 57% ozljedama prvog stupnja, 27% ozljeda pripada drugom stupnju i 3% ozljeda spada u treći stupanj.

Ozljede su sastavni dio svakog sporta, a kod profesionalnih nogometaša 20-37% ozljeda se odnosi na mišićne ozljede. Na amaterskoj razini taj postotak je nešto niži, mišićne ozljede čine u prosjeku 18-23% svih ozljeda (Boban, 2016). U 12 do 16% slučajeva za izostanak s nogometnih terena krive su ozljede mišića stražnje strane natkoljenice, što ih ujedno čini i najčešćim uzročnikom ozljeda (Ahmad i sur., 2013). Hawkins i sur. (2001) navode da je 2,5 puta veća mogućnost za ozljeđivanje mišića stražnje strane natkoljenice od mogućnosti za

ozljedu mišića prednje strane natkoljenice, odnosno quadricepsa. Isti autori tvrde kako tokom jedne natjecateljske sezone nogometna ekipa može u prosjeku očekivati između 5 i 7 ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice.

Ozljede mišića stražnje strane natkoljenice, osim što su najčešće, također se nalaze na prvom mjestu kada je u pitanju ponovno ozljeđivanje. Liu i sur. (2012) u istraživanju na engleskim profesionalnim nogometašima došli su do zaključka kako je vjerojatnost za ponovnu ozljedu mišića stražnje strane natkoljenice između 12 i 48%. Ako se ponovljena ozljeda dogodi, vrijeme koje će nogometaš u prosjeku provesti izvan terena može se prolongirati i do 90 dana (Boban, 2016). Rehabilitacijski i kineziterapijski postupci tretiranja ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice će se razlikovati ovisno o stupnju ozljede, odnosno radi li se o istegnuću, djelomičnoj rupturi ili potpunoj rupturi mišića.

Kod ozljeda istezanja, odmah nakon pojave ozljede potrebno je odmarati i mirovati. No, ne preporuča se i nije nužno potpuno mirovanje, ali je nužno u potpunosti prekinuti sa aktivnostima koje uzorkuju bol. Ako je kod istegnuća oštećeno manje od 5% mišićnih vlakana, preporuča se rehabilitacija u trajanju 2-3 tjedna (Vidaković, 2019). Kod ozljeda djelomične rupture mišića veći je stupanj oštećenja istoga te je zbog toga veći i postupak oštećenja mišićnih vlakana. Kod ovakvih ozljeda preporuča se oporavak i rehabilitacija u trajanju od 3 do 6 tjedana (Vidaković, 2019). Kod ozljeda potpune rupture mišića najčešće dolazi se do potrebe za operativnim zahvatom te kirurškom rekonstrukcijom mišića. Kod ovakvih ozljeda oporavak i rehabilitacija traju u prosjeku oko tri mjeseca (Vidaković, 2019).

U literaturi se najčešće može naići na „tradicionalni“ ili „funkcionalni“ pristup prevenciji ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice. Pod „tradicionalni“ pristup spada jačanje i istezanje ovih mišića, dok „funkcionalni“ pristup uzima u obzir međuovisnost različitih segmenata tijela i utjecaj stabilnosti trupa na mehaniku mišića stražnje strane natkoljenice za vrijeme aktivnosti. Također, funkcionalni pristup se sastoji od treninga agilnosti i stabilizacije trupa te se taj pristup pokazao učinkovitijim u prevenciji ozljeda od samog jačanja i istezanja mišića (Golubić, 2015).

Autori navode kako se treningom ekscentrične jakosti ovih mišića utječe i na poboljšanje H:Q odnosa. s obzirom da do ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice dolazi tokom ekscentrične kontrakcije, jačanje mišića dok se nalazi upravo u tom položaju ima izuzetnu preventivnu vrijednost (Brughelli i sur., 2010). Bitno je naglasiti i važnost kombiniranog ekscentrično – koncentričnog treninga. Praktično rješenje koje može utjecati na smanjenje prevalencije ozljeda ovih mišića nalazi se u povećanju ekscentrične jakosti istih te u poboljšanju funkcionalnog H:Q odnosa (Boban, 2016). Većina autora navodi kako se bitnim preventivnim mehanizmom može nazvati upravo vježba nordijskog hamstringsa.

Preventivni program Fifa 11+ razvio se s ciljem smanjenja učestalosti ozljeda u amaterskom nogometu. radi se o 15 strukturiranih vježbi koje podrazumijevaju stabilizaciju trupa, ekscentrične kontrakcije mišića natkoljenice, propioceptivne, pliometrijske i vježbe dinamičke stabilizacije. prvi set vježbi u trajanju od 8 minuta odnosi se na trčanje različitim načinima. drugi dio traje 5 minuta i sadrži vježbe snage, ravnoteže i pliometrije. Treći dio programa u trajanju od 2 minute sadrži vježbe trčanja visokim intezitetom. svaka vježba ima tri razine prema težini i potrebno ih je progresivno primjenjivati ovisno o specifičnostima igrača ili tima koji ih provodi i vremenu u kojem se koristi program. Fifa 11+ preventivni program treba se

primjenjivati najmanje 2 puta tjedno kako bi se postigla njegova učinkovitost u trajanju od najmanje 10 do 12 tjedana. Prema rezultatima mnogih provedenih istraživanja, program je učinkovit u smanjenju učestalosti nekontaktnih ozljeda kod nogometaša i nogometašica ali i sportaša u nekim drugim sportovima poput košarke (Bizzini, Dvorak, 2015).

Cilj ovog rada je utvrditi etiologiju, učestalost i metode liječenja ozljeda mišića stražnje strane natkoljenice u jednoj natjecateljskoj polusezoni na uzorku vrhunskih nogometaša u uzrastu kadeta i seniora i uvrđiti međusobne razlike.

METODE RADA

Uzorak entiteta ovog istraživanja formiran je od 75 igrača kadetske (N=25), juniorske (N=25) i seniorske (N=25) kategorije koji se natječu u najvišem rangu u Hrvatskoj nogometnoj ligi. Prosječna tjelesna visina igrača seniorske kategorije je iznosila 184.1cm (Sd 3.7) a tjelesne mase 77.1kg (Sd 2.8), prosječna tjelesna visina igrača juniorske kategorije je iznosila 180.4cm (Sd 3.5) a tjelesne mase 72.3kg (Sd 3.2), prosječna tjelesna visina igrača kadetske kategorije je iznosila 178.84cm (Sd 4.8) a tjelesne mase 70.4kg (Sd 5.1).

Za potrebe ovog istraživanja praćana je učestalost, klasifikacija ozljeda zadnje lože prema mehanizmu nastanka i prema stupnju oštećenja u periodu od četiri mjeseca. Učestalost ozljede je izražena kao frekvencija ozljede zadnje lože u periodu od četiri mjeseca u sezoni 2024.-2025., klasifikacija ozljede prema mehanizmu nastanka ozljede (sprinterski tip ili istezajući tip ozljede) i prema stupnju oštećenja (Nulti stupanj – nema vidljivih oštećenja ili vidljivih znakova oštećenja mišićnih vlakana na magnetskoj rezonanci; Prvi stupanj (ozljeda istezanja) – gubitak funkcije manji od 5%; Drugi stupanj (djelomična ruptura) – gubitak mišićne funkcije između 5 i 50%, Treći stupanj (potpuna ruptura) – gubitak funkcije veći od 50%).

Obrada podataka istraživanja provedena je pomoću programa Statistica 10.0. Za varijable istraživanja zabilježene su frekvencije pojavnosti ozljeda prema učestalosti, klasifikaciji i prema stupnju oštećenja. Razlike u pojavnosti i stupnju oštećenja između uzrasnih kategorija nogometaša izračunate su pomoću hi kvadrat testa.

REZULTATI

Rezultati istraživanja će biti prikazani u Tablicama 1-3. U tablici 1. prikazani su rezultati morfoloških karakteristika nogometaša sudionika istraživanja različitih dobnih kategorija.

Tablica 1. Morfološke karakteristike nogometaša sudionika istraživanja

	TV	TM
Seniori	184.10 ($\pm$ 3.7)	77.1 ($\pm$ 2.8)
Juniori	180.45 ($\pm$ 3.5)	72.3 ($\pm$ 3.2)
Kadeti	178.84 ($\pm$ 4.8)	70.4 ($\pm$ 5.1)

* TV- tjelesna visina, TM- tjelesna masa

U Tablici 2. prikazani su rezultati učestalosti, klasifikacija ozljeda zadnje lože prema mehanizmu nastanka i prema stupnju oštećenja.

Tablica 2. Frekvencije ozljede zadnje lože s obzirom učestalosti, mehanizam nastanka i stupanj oštećenja.

	Seniori	Juniori	Kadeti	Ukupno
Frekvencija ozljeda hamstringsa	1	9	8	18
Istezajući mehanizam ozljede	1	7	1	9
Sprinterski mehanizam ozljede	0	2	7	9
0. Stupanj oštećenja	1	0	7	8
1. Stupanj oštećenja	0	7	1	8
2. Stupanj oštećenja	0	2	0	2
3. Stupanj oštećenja	0	0	0	0

U tablici 3. su prikazani rezultati Hi kvadrat testa varijabli istraživanja s obzirom na dobne kategorije nogometaša.

Tablica 3. Rezultati Hi kvadrat testa varijabli istraživanja za uzorak nogometaša

	Seniori	Juniori	Kadeti	Chi ²	df	p
Frekvencija ozljeda hamstrings	1	9	8	36,00	df=4	p=0,000*
Istezajući mehanizam ozljede	1	7	1	18,00	df=4	p=0,001*
Sprinterski mehanizam ozljede	0	2	7	20,00	df=4	p=0,000*
0. Stupanj oštećenja	1	0	7	18,00	df=4	p=0,001*
1. Stupanj oštećenja	0	7	1	18,00	df=4	p=0,001*
2. Stupanj oštećenja	0	2	0	3,00	df=2	p=0,223
3. Stupanj oštećenja	0	0	0			

* značajne razlike

Rezultati istraživanja pokazuju da su u uzorku ispitanika nogometaši seniorske kategorije zabilježili najmanje ozljeda mišića zadnje lože (frekvencija ozljede 1), nakon njih nogometaši iz kategorije kadeta (frekvencija ozljede 8), i kategorija s najviše zabilježenih ozljeda mišića zadnje lože bila je kategorija juniora (frekvencija ozljede 9), te su utvrđene statistički značajne razlike rezultata frekvencija ozljede mišića hamstringsa. Između frekvencija ozljeda prateći mehanizam ozljede nema razlike jer je isti broj ozljeda zadnje lože uzrokovan istežajućim i sprinterskim mehanizmom (frekvencija ozljeda 9), također utvrđena je statistički značajna razlika između dobnih kategorija u mehanizmu nastanka ozljede. Prema stupnju oštećenja mišićnog tkiva vidljivo je da u vremenskom periodu koji je praćen za potrebe ovog istraživanja od četiri mjeseca nije zabilježena ni jedna ozljeda mišića zadnje lože 3 stupnja (potpuna ruptura). Nadalje zabilježene su samo dvije ozljede 2 stupnja (parcijalna rupture) te u ovoj varijabli nema statistički značajne razlike između dobnih kategorija nogometaša. Ozljeda

mišića 0 i 1 stupnja ima jednako u ovom istraživanju (frekvencija ozljeda je 8) te se može zaključiti da su najučestalije ozljede mišića zadnje lože ili upale mišića ili istegnuće mišića te se njihova pojavnost i frekvencija statistički značajano razlikuje s obzirom na dobne kategorije.

RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi učestalost, mehanizam i stupanj oštećenja prilikom ozljede mišića zadnje lože. Rezultati istraživanja ukazuju da se ozljede mišića zadnje lože učestalo pojavljuju u kategoriji kadeta i juniora, dok se kod seniora ova ozljeda u periodu praćenja pojavila samo jedan put. Ovi rezultati se podudaraju s rezultatima istraživanja Ruf i sur. (2022) koji su na uzorku mladih njemačkih nogometaša utvrdili visoku pojavnost mišićnih ozljeda u kategorijama U17 i U19. Analizom mehanizma ozljede mišića zadnje lože u ovom istraživanju utvrđena je podjednaka pojavnost istežajućeg i sprinterskog mehanizma ozljeđivanja, ovi rezultati se podudaraju s rezultatima istraživanja Gronwald i sur. (2022). koji su u četiri sezone pratili njemačke igrače dva najviša ranga natjecanja i utvrdili podjednaku pojavnost (48% sprint vs 52% stretch) mehanizma ozljede mišića zadnje lože. Istraživanje koje su proveli Valle i sur. (2022) na uzorku A i B momčadi nogometnog kluba Barcelona gdje su utvrdili najveću prevalenciju ozljeda zadnje lože (65.8%) 0 stupnja što je podjednako rezultatima koji su dobiveni na uzorku nogometaša sudionika ovog istraživanja.

ZAKLJUČAK

Ozljeda mišića zadnje lože je jedna od najučestalijih ozljeda u profesionalnom nogometu. Igrači svih dobni kategorija su izloženi visokom riziku od pojavnosti ove ozljede što su i rezultati ovog istraživanja pokazali. Utvrđeno je kako se frekvencija, mehanizam i stupanj oštećenja mišića značajno razlikuju između dobni kategorija. U ovom istraživanju u kategoriji kadeta i juniora je zabilježen najveći broj ozljeda zadnje lože što ukazuje da postoji značajan prostor u trenažnom radu kako bi se preventivski djelovalo na pojavnost ove ozljede. U kategoriji seniora zabilježena je najmanja frekvencija navedene ozljede što ukazuje da u ovoj dobnoj kategoriji treneri koriste preventivske programe i ciljano djeluju na smanjenje rizika od ozljeđivanja mišića zadnje lože.

LITERATURA

1. Ahmad, C. S., Redler, L. H., Ciccotti, M. G., Maffulli, N., Longo, U. G., & Bradley, J. (2013). Evaluation and management of hamstring injuries. *The American journal of sports medicine*, 41(12), 2933-2947.
2. Barišić, V. (2007). Kineziološka analiza taktičkih sredstava u nogometnoj igri (Doktorska disertacija), Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
3. Bizzini, M., & Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *British journal of sports medicine*, 49(9), 577-579.
4. Boban, F. (2016). Jakost kao čimbenik rizika nastanka ozljeda hamstringsa u nogometu (Diplomski rad), Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

5. Brughelli, M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., Idoate, F., Los Arcos, A., & Cronin, J. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 11(2), 50-55.
6. Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1469-1475.
7. Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British journal of sports medicine*, 45(7), 553-558.
8. Golubić, A. (2015). Čimbenici rizika nastanka ozljeda hamstringsa u sportu (Diplomski rad), Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
9. Gronwald, T., Klein, C., Hoenig, T., Pietzonka, M., Bloch, H., Edouard, P., & Hollander, K. (2022). Hamstring injury patterns in professional male football (soccer): a systematic video analysis of 52 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 56(3), 165-171.
10. Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British journal of sports medicine*, 35(1), 43-47.
11. Lee, J. C., Mitchell, A. W. M., & Healy, J. C. (2012). Imaging of muscle injury in the elite athlete. *The British journal of radiology*, 85(1016), 1173-1185.
12. Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T., & Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of sport and health science*, 1(2), 92-101.
13. Ropiak, C. R., & Bosco, J. A. (2012). Hamstring injuries. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*, 70(1), 41.
14. Ruf, L., Altmann, S., Graf, F., Romeike, C., Wirths, C., Wohak, O., & Härtel, S. (2022). Injury incidence, severity, and burden in elite youth soccer players – A 3-year prospective study. *Journal of science and medicine in sport*, 25(9), 737-742.
15. Valle, X., Mechó, S., Alentorn-Geli, E., Järvinen, T. A., Lempainen, L., Pruna, R., ... & La Torre, A. M. D. (2022). Return to play prediction accuracy of the MLG-R classification system for hamstring injuries in football players: a machine learning approach. *Sports Medicine*, 52(9), 2271-2282.
16. Vidaković, M. (2019). Rehabilitacijski postupak nakon rupture hamstringsa kod nogometaša (Diplomski rad), Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
17. Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 31(1), 41-46.
18. Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British journal of sports medicine*, 38(1), 36-41.

FIZIOTERAPIJA OBOLJELIH OD GUILLAIN-BARRÉ SINDROMA

PHYSIOTHERAPY FOR PATIENTS WITH GUILLAIN-BARRÉ SYNDROME

Paula Aleksić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

paulaaleksic03@gmail.com

Sažetak

Guillain-Barreov sindrom (GBS) je rijetka neurološka bolest koja uzrokuje upalu perifernih živaca što dovodi do slabosti i paralize. Početni simptomi uključuju slabost u nogama koja se širi na druge dijelove tijela, trnce, ukočenost i ponekad poteškoće s disanjem. Liječenje GBS-a obuhvaća imunoglobulinsku terapiju i plazmaferezu kako bi se ubrzao oporavak i smanjila ozbiljnost simptoma. Fizioterapija igra ključnu ulogu u rehabilitaciji, pomažući pacijentima u obnovi motoričkih funkcija, prevenciji atrofije i smanjenju invalidnosti. Fizioterapija uključuje fizioterapijsku procjenu nakon koje slijede individualne fizioterapijske vježbe snage, ravnoteže, koordinacije i respiratornu terapiju te neke od fizikalnih procedura poput elektrostimulacije, a pravilno pristupanje rehabilitaciji osigurava brži oporavak i bolju kvalitetu života pacijenata s GBS-om. Cilj rada je proučiti i objasniti Guillain-Barreov sindrom te koje se fizioterapijske intervencije primjenjuju kod pacijenata s ovom bolešću.

Ključne riječi: *fizioterapija kod polineuropatije, fizioterapijske intervencije, Guillain-Barréov sindrom.*

Abstract

Guillain-Barre syndrome (GBS) is a rare neurological disease that causes inflammation of the peripheral nerves, leading to weakness and paralysis. Initial symptoms include weakness in the legs that spreads to other parts of the body, tingling, numbness and sometimes difficulty breathing. Treatment of GBS includes immunoglobulin therapy and plasmapheresis to speed up recovery and reduce the severity of symptoms. Physiotherapy plays a key role in rehabilitation, helping patients restore motor functions, prevent atrophy and reduce disability. Physiotherapy includes physiotherapy assessment followed by individual physiotherapy exercises for strength, balance, coordination and respiratory therapy, as well as some physical procedures such as electrical stimulation, and the correct approach to rehabilitation ensures faster recovery and a better quality of life for patients with GBS. The aim of the paper is to study and explain Guillain-Barre syndrome and which physiotherapy interventions are used in patients with this disease.

Keywords: *physiotherapy for polyneuropathy, physiotherapy interventions, Guillain-Barré syndrome.*

UVOD

Guillain-Barréov sindrom (GBS) predstavlja skupinu autoimunih poremećaja perifernog živčanog sustava koji dovode do akutne ili subakutne progresivne poliradikuloneuropatije. Radi se o rijetkoj, ali ozbiljnoj bolesti s prosječno 100.000 novih slučajeva godišnje u svijetu

(Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Povijesno, sindrom je prvi put opisao Landry 1859. godine, dok su Guillain, Barré i Strohl 1916. godine povezali povišenu razinu proteina u cerebrospinalnoj tekućini sa simptomima bolesti, čime je sindrom dobio današnji naziv (Malek et Salameh, 2019). Prema kliničkoj prezentaciji i neurofiziološkim značajkama razlikuju se podtipovi: akutna upalna demijelinizirajuća poliradikuloneuropatija (AIDP), akutna aksonalna motorna neuropatija (AMAN), akutna motorno-senzorna aksonalna polineuropatija (AMSAN), Miller-Fisherov sindrom (MFS) i Bickerstaffov encefalitis moždanog debla (BBE) (Kaida, 2019). Etiologija GBS-a još nije u potpunosti razjašnjena, ali se u 50-70% slučajeva javlja nakon respiratornih ili gastrointestinalnih infekcija. Najčešći uzročnik povezan s bolešću je *Campylobacter jejuni*, no ulogu mogu imati i drugi patogeni poput *Mycoplasma pneumoniae*, hepatitisa E, citomegalovirusa i Epstein-Barr virusa (Kaida, 2019). Klinička slika uključuje progresivnu i simetričnu slabost mišića koja započinje u donjim ekstremitetima, gubitak refleksa, trnce, bol i umor. U većini slučajeva simptomi dosežu vrhunac unutar dva tjedna (Zaeem, Siddiqi et Zochodne, 2019). Moguće komplikacije uključuju respiratornu insuficijenciju, pneumoniju, srčane aritmije, kontrakture, gastrointestinalne disfunkcije i duboku vensku trombozu (Shang et al., 2021). Liječenje zahtijeva brzu medicinsku intervenciju, a najučinkovitijima su se pokazale imunoterapije poput intravenskih imunoglobulina (IVIg) i plazmafereze. Kako bi se smanjili simptomi i ubrzao oporavak, nužan je interdisciplinarni pristup u kojem sudjeluju neurolog, medicinska sestra, fizijatar, radni terapeut, logoped, psiholog i fizioterapeut. Posebno se ističe uloga fizioterapije u sprječavanju kontraktura, očuvanju mobilnosti i funkcionalne neovisnosti, rehabilitaciji hoda i respiratornih funkcija, čime se značajno doprinosi kvaliteti života pacijenata (Elendu et al., 2024). Cilj rada je opisati što je Guillain-Barréov sindrom, koji je uzrok nastanka sindroma, objasniti progresiju simptoma te detaljnije opisati fizioterapijski pristup i fizioterapijske intervencije koje se koriste za liječenje sindroma.

GUILLAIN-BARRÉOV SINDROM (GBS)

Guillain-Barréov sindrom (GBS) je akutni, brzo progresivni upalni poremećaj perifernog živčanog sustava, često uzrokovan respiratornim ili gastrointestinalnim infekcijama koji može značajno utjecati na funkcionalnu pokretljivost. Stanje počinje brzo i postupno slabi mišiće sve dok ne ugrozi preživljavanje kada su zahvaćeni respiratorni mišići, a zbog imunološke disfunkcije tijelo napada periferne živce što oštećuje zaštitnu izolaciju i smanjuje putovanje živčanih impulsa (Oshomoji et al., 2025). Akutna pojava neuroloških simptoma prethodi zaraznoj bolesti kod većine pacijenata, a to znači da početak bolesti sugerira postinfektivnu, a ne parainfektivnu bolest (Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Opisano je kako se ne zna točan uzročnik, ali je nekoliko infekcija povezano s GBS te je najčešći i najopsežnije dokumentiran uzročnik *Campylobacter jejuni*, a uz njega se još ubrajaju citomegalovirus, Epstein-Barr virus, *Haemophilus influenzae*, *Mycoplasma pneumoniae*, virus hepatitisa E, virus gripe A i Zika virus (Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Ažurirana klasifikacija podtipova GBS-a ovisi o vrsti živčanih vlakana koja su zahvaćena, a ona mogu biti osjetilna, motorička ili autonomna te ovise i o dominantnom stanju oštećenja perifernog živca ili korijenog živca (Wachira, Peixoto et de Oliveira, 2019). Najčešći podtip je akutna upalna demijelinizirajuća poliradikuloneuropatija AIDP dok su aksonalne forme, akutna aksonalna

motorička neuropatija AMAN i akutna motorno-senzorna aksonalna polineuropatija AMSAN, rjeđe i imaju lošiju prognozu (Malek et Salameh, 2019). Miller-Fischerov sindrom MFS i Bickerstaffov encefalitis moždanog debla predstavljaju varijante s karakterističnim simptomima poput oftalmopareze i ataksije (Kaida, 2019). U akutnoj fazi bolesti, koja obično traje prva dva tjedna, pacijenti su izloženi riziku ozbiljnih komplikacija i značajnog oštećenja živaca, osobito kod respiratorne i autonomne insuficijencije. Tijekom progresivne faze, povećava se rizik od sekundarnih komplikacija poput aspiracije, pneumonije i duboke venske tromboze. Uz to, simptomi kao što su bol, umor i promjene raspoloženja mogu značajno narušiti kvalitetu života pacijenata (Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Kod otprilike polovice pacijenata javljaju se senzorni simptomi, poput parestezija (50%) i utrnulosti (43%), dok bol pogađa manji broj pacijenata (15%) (Malek et Salameh, 2019). Autonomna disfunkcija prisutna je kod 50% oboljelih, s najčešćim simptomima poput probavnih smetnji (zatvor ili proljev) u 15% slučajeva, usporenog rada srca (5%) i problema s mokrenjem (4%) (Malek et Salameh, 2019). Ostale, rjeđe komplikacije uključuju tahikardiju, promjene krvnog tlaka, reverzibilnu kardiomiopatiju, sinkopu i Hornerov sindrom (Malek et Salameh, 2019). Kod težih oblika GBS-a, koji uključuju respiratornu ili autonomnu disfunkciju, pacijenti zahtijevaju blisko praćenje. Oko 25% hospitaliziranih može trebati mehaničku ventilaciju, posebno zbog rizika od srčanih aritmija, blokada, te fluktuacija u brzini otkucaja srca i krvnom tlaku (Malek et Salameh, 2019). Među čestim komplikacijama GBS-a su upala pluća, sepsa, skraćivanje mišića, kontrakture zglobova, kompresija perifernih živaca i dekubitusi što zahtijeva pažljivo praćenje i preventivne mjere (Shang et al., 2021). Progresija Guillain-Barréovog sindroma odvija se u tri faze. Početna faza obilježena je progresijom simptoma koja traje od nekoliko dana do šest tjedana. Nakon toga slijedi plato faza tijekom koje se simptomi stabiliziraju, a ona može trajati od nekoliko tjedana do nekoliko mjeseci. Faza oporavka koja uključuje proces remijelinizacije, traje tjednima ili mjesecima. U težim slučajevima oporavak može trajati i do dvije godine ili dulje, a potpuni oporavak nije uvijek moguć (Abbassi et Ambegaonkar, 2019). Za potvrdu dijagnoze, poliradikuloneuropatija može se detektirati studijama provođenja živčanih impulsa, dok analiza cerebrospinalne tekućine često ukazuje na albuminsko-staničnu disocijaciju (Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Međutim, oba nalaza mogu biti normalna u ranoj fazi bolesti. Pacijenti s Guillain-Barréovim sindromom zahtijevaju pažljivo praćenje razvoja simptoma, posebice u slučaju bulbarne slabosti, respiratornog zatajenja i autonomne disfunkcije. Prognostičke skale razvijene su kako bi se predvidjeli ishodi pacijenata i prilagodilo liječenje. Trenutno su intravenski imunoglobulini i plazmafereza jedini dokazani imunoterapijski pristupi koji ubrzavaju oporavak kod ovog sindroma (Shahrizaila, Lehmann et Kuwabara, 2021). Pacijentima s mogućim respiratornim i autonomnim komplikacijama preporučuje se hospitalizacija u jedinici intenzivne njege radi praćenja stanja (Shang et al., 2021). Upravljanje Guillain-Barréovim sindromom zahtijeva koordinirani interdisciplinarni pristup. Tim stručnjaka obično uključuje neurologe, pulmologe, medicinske sestre, rehabilitatore i druge zdravstvene djelatnike kako bi se odgovorilo na cjelokupne potrebe pacijenta i spriječile komplikacije (Korinthenberg et al., 2020). Edukacija i podrška pacijentima ključni su elementi liječenja. Pružanje informacija o bolesti i povezivanje pacijenata s grupama za podršku pomaže im u suočavanju s dugoročnim posljedicama GBS-a (Korinthenberg et al., 2020).

FIZIOTERAPIJSKI PRISTUP

Fizioterapija predstavlja djelatnost interdisciplinarnog tima usmjerenu na sprječavanje funkcionalnog propadanja i sekundarnih komplikacija, prilagodbu na postojeća oštećenja te očuvanje ili ponovno uspostavljanje funkcionalnih sposobnosti i mogućnosti obavljanja svakodnevnih aktivnosti (Spanakis et al., 2022). Svjetska konfederacija za fizikalnu terapiju (engl. World Confederation for Physical Therapy, WCPT, 1951.) ističe važnost kliničkog razmišljanja u procesu procjene, opisujući fizioterapijsku procjenu kao sveobuhvatan pristup koji uključuje kliničko razmišljanje, primjenu najnovijih dokaza te uvažavanje perspektiva pacijenta i njegovatelja. Ovakav pristup omogućuje fizioterapeutu da razvije i kontinuirano prilagođava individualizirani plan skrbi za svakog pacijenta (Garner et al., 2023). Kod pacijenata s GBS-om, za procjenu statusa bolesti koristi se GBS Disability Scale. Procjenjuje se opseg pokreta, testira se snaga mišića, mišićni tonus, površinska osjetljivost i propriocepcija, motorička funkcija, ravnoteža, postura, hod, izdržljivost te stupanj invalidnosti (Cejudo et al., 2020; Amer et al., 2024).

Rehabilitacija pacijenata s Guillain-Barré sindromom može započeti već u akutnoj fazi, uz pažljivo jačanje koje uključuje izometrijske, izotoničke, izokinetičke, kao i manualne i progresivne otporne vježbe kako bi se spriječilo skraćivanje mišića i kontrakture zglobova (Shang et al., 2021).

Pravilno pozicioniranje pacijenta u krevetu i redovite promjene položaja tijela ključne su za osobe s gubitkom težine i osjetilnim poremećajima kako bi se izbjegla kompresija perifernih živaca i nastanak dekubitusa (Shang et al., 2021).

Fizioterapijske vježbe kod pacijenata s Guillain-Barré sindromom (GBS) usmjerene su na poboljšanje mišićne snage, funkcionalnosti i kvalitete života. Program vježbi otpora primjenjuje se za jačanje mišića, povećanje funkcionalnosti u svakodnevnim aktivnostima i smanjenje umora povezanog s GBS-om. Učinci programa vježbi za jačanje proksimalnih mišića značajno olakšavaju distalnu mišićnu slabost i poboljšavaju funkcionalnu pokretljivost (Amer et al., 2024). Vježbe ravnoteže mogu biti statične i dinamične, primjerice stajanje na jednoj nozi, hodanje po neravnim površinama i vježbe dosezanja. Trening ravnoteže često uključuje senzorne informacije poput vizualnih, vestibularnih i proprioceptivnih signala kako bi se poboljšali posturalni odgovori (Salunkhe et Durgawale, b.d.). Respiratorna fizioterapija igra ključnu ulogu u rehabilitaciji pacijenata s Guillain-Barré sindromom (GBS), osobito onih s oslabljenim respiratornim mišićima. Terapija prsnog koša ima za cilj poboljšanje funkcije dišnog sustava, proširujući prsnu šupljinu uz kontrolirano disanje, čime se olakšava uklanjanje sekreta iz pluća i sprječava smanjenje respiratornog kapaciteta. Ova terapija uključuje posturalnu drenažu, perkusiju prsnog koša, vježbe disanja, kašljanje, vibraciju prsnog koša i vježbe pokretljivosti prsnog koša (Belli et al., 2021).

Kada je uspostavljena dovoljna stabilnost i kontrola, rehabilitacija hodanja može se provoditi na traci uz potporu tjelesne mase, što se može izvoditi uz pomoć robota ili bez nje. Ova metoda omogućava kontroliranu obuku ravnoteže i hodanja te postupno vraćanje motoričkih funkcija. Vježbe hodanja i ravnoteže s različitim varijacijama redovito se primjenjuju u fizioterapijskoj

rehabilitaciji pacijenata s GBS-om, čime se poboljšava funkcionalna pokretljivost i samostalnost (Spanakis et al., 2022).

Hidroterapija također koristi vježbe u vodi kako bi poboljšala rehabilitacijske rezultate kod pacijenata s Guillain-Barré sindromom. Svojstva vode, poput uzgona, otpora i hidrostatičkog pritiska, stvaraju idealno okruženje za terapijske vježbe, olakšavajući izvođenje pokreta i povećavajući učinkovitost rehabilitacije (Salunkhe et Durgawale, b.d.).

Ostali fizioterapeutske modaliteti kod pacijenata s Guillain-Barré sindromom uključuju različite oblike elektrostimulacije koji imaju važnu ulogu u očuvanju mišićne funkcije i poboljšanju mobilnosti. Neuromuskularna električna stimulacija (NMES) i funkcionalna električna stimulacija (FES) koriste električne impulse za poticanje mišićnih kontrakcija i obnavljanje funkcionalnih pokreta (Salunkhe et Durgawale, b.d.; Amer et al., 2024).

Važno je spomenuti i primjenu ortopedskih pomagala i pomoćne opreme kod pacijenata s Guillain-Barréovim sindromom u rehabilitaciji hodanja. Ova pomagala, koja uključuju štapove, hodalice i druga ortopedska pomagala, koriste se za poboljšanje stabilnosti, pokretljivosti i učinkovitosti hodanja, smanjenje rizika od padova te održavanje ravnoteže (Salunkhe et Durgawale, b.d.).

ZAKLJUČAK

Guillain-Barréov sindrom (GBS) je rijetka, ali ozbiljna neurološka bolest koja uzrokuje progresivnu paralizu zbog oštećenja perifernih živaca. Simptomi obično počinju sa slabošću u nogama koje se mogu brzo proširiti na gornje ekstremitete i druge dijelove tijela. Tipični simptomi uključuju slabost mišića, trnce ili ukočenost u udovima, poteškoće s disanjem i ponekad gubitak refleksa. Iako uzrok GBS-a može biti različit, najčešće se javlja nakon infekcija poput respiratornih ili gastrointestinalnih bolesti. Liječenje GBS-a temelji se na brzom prepoznavanju simptoma i započinjanju odgovarajuće terapije. Imunoglobulinska terapija (IVIG) i plazmafereza (tretman uklanjanja štetnih tvari iz krvi) najčešće se koriste kako bi se ubrzao oporavak i smanjio ozbiljnost bolesti. U akutnoj fazi ključna je brza medicinska intervencija koja uključuje podršku respiratornih funkcija i prevenciju komplikacija poput infekcija i dekubitusa. Iako medicinska terapija ima važnu ulogu u liječenju GBS-a, fizioterapija igra ključnu ulogu u rehabilitaciji pacijenata jer omogućuje obnovu motoričkih funkcija i smanjuje dugoročne posljedice. Fizioterapija kod GBS-a obuhvaća različite metode uključujući vježbe snage, koordinacije, ravnoteže i mobilizacije kao i respiratornu terapiju koja poboljšava funkciju pluća. Posebno je važna u prevenciji atrofije mišića i održavanju funkcionalne pokretljivosti dok pacijent ne povрати snagu. Pristup fizioterapiji trebao bi biti individualiziran i progresivan s naglaskom na postupno povećanje intenziteta vježbi kako bi se izbjeglo oštećenje zdravlja, a istovremeno potaknuo oporavak. Uz odgovarajući medicinski tretman, fizioterapija je od presudne važnosti u poboljšanju kvalitete života pacijenata s GBS-om jer pomaže u vraćanju svakodnevnih funkcionalnih aktivnosti, smanjenju invaliditeta i poboljšanju socijalnog sudjelovanja. Integracija fizioterapije u sve faze liječenja osigurava optimalne rezultate i može značajno skratiti vrijeme oporavka smanjujući dugoročne komplikacije i olakšavajući povratak pacijenata u svakodnevni život.

LITERATURA

1. Abbassi, N., & Ambegaonkar, G. (2019). Guillain-Barre syndrome: a review. *Paediatrics and Child Health*, 29(11), 459-462.
2. Amer, M., Muriqi, X., Khosravi, M., Şenel, M., & Mustafaoglu, R. (2024). Current Treatment Approaches for The Management of Guillain Barre Syndrome: A Narrative Review of Physiotherapy Approaches: Current Treatment Approaches for The Management of Guillain Barre Syndrome. *Advances in Chronic Diseases*, 1(1).
3. Belli, S., Prince, I., Savio, G., Paracchini, E., Cattaneo, D., Bianchi, M., Masocco, F., Bellanti, M. T., & Balbi, B. (2021). Airway clearance techniques: the right choice for the right patient. *Frontiers in medicine*, 8, 544826.
4. Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., De Ste Croix, M., & Santonja-Medina, F. (2020). Assessment of the Range of Movement of the Lower Limb in Sport: Advantages of the ROM-SPORT I Battery. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20), 7606.
5. Elendu, C., Osamuyi, E. I., Afolayan, I. A., Opara, N. C., Chinedu-Anunaso, N. A., Okoro, C. B., ... & Peterson, J. C. (2024). Clinical presentation and symptomatology of Guillain-Barré syndrome: A literature review. *Medicine*, 103(30), e38890.
6. Garner, J., Berg, M. V. D., Lange, B., Vuu, S., & Lennon, S. (2023). Physiotherapy assessment in people with neurological conditions – evidence for the most frequently included domains: a mixed-methods systematic review. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 29(8), 1402-1424.
7. Kaida, K. (2019). Guillain–Barré Syndrome. *Myelin: Basic and Clinical Advances*, 323-331.
8. Korinthenberg, R., Trollmann, R., Felderhoff-Müser, U., Bernert, G., Hackenberg, A., Hufnagel, M., ... & Müller-Felber, W. (2020). Diagnosis and treatment of Guillain-Barré Syndrome in childhood and adolescence: An evidence-and consensus-based guideline. *European Journal of Paediatric Neurology*, 25, 5-16.
9. Malek, E., & Salameh, J. (2019, October). Guillain–barre syndrome. In *Seminars in neurology* (Vol. 39, No. 05, pp. 589-595). Thieme Medical Publishers.
10. Oshomoji, O. I., Ajiroba, J. O., Semudara, S. O., Olayemi, M. A., Adeoye, S. O., Ugwu, O. C., & Ojo, L. I. (2025). Cultural influences on physiotherapy engagement and outcomes in Guillain-Barré syndrome rehabilitation: a systematic review. *Discover Public Health*, 22(1), 1-29.
11. Salunkhe, P., & Durgawale, A. (2024). Neurological Rehabilitation: Techniques and Outcomes in Physiotherapy. https://www.researchgate.net/profile/Suraj-Kanase/publication/382946830_Neurological_Rehabilitation_Techniques_and_Outcomes_in_Physiotherapy/links/66b4663f8f7e1236bc43f355/Neurological-Rehabilitation-Techniques-and-Outcomes-in-Physiotherapy.pdf
12. Shahrizaila, N., Lehmann, H. C., & Kuwabara, S. (2021). Guillain-barré syndrome. *The lancet*, 397(10280), 1214-1228.
13. Shang, P., Feng, J., Wu, W., & Zhang, H. L. (2021). Intensive care and treatment of severe Guillain-Barré syndrome. *Frontiers in pharmacology*, 12, 608130.

14. Spanakis, M., Xylouri, I., Patelarou, E., & Patelarou, A. (2022). A Literature Review of High-Tech Physiotherapy Interventions in the Elderly with Neurological Disorders. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 9233.
15. Wachira, V. K., Peixoto, H. M., & de Oliveira, M. R. F. (2019). Systematic review of factors associated with the development of Guillain–Barré syndrome 2007–2017: what has changed?. *Tropical Medicine & International Health*, 24(2), 132-142.
16. Zaeem, Z., Siddiqi, Z. A., & Zochodne, D. W. (2019). Autonomic involvement in Guillain–Barré syndrome: an update. *Clinical Autonomic Research*, 29, 289-299.

ZDRAVO STARENJE: IZAZOVI I PRILIKE 21. STOLJEĆA

HEALTHY AGING: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR THE 21st CENTURY

Jadranka Ban

Specijalistička ordinacija obiteljske medicine Dom Zdravlja Vukovar

jadrankaban.os@gmail.com

Zrinka Stojaković

Dom za starije i nemoćne osobe „Magnolija Rosa“, Vukovar

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

zrinka221@gmail.com

Sažetak

Starenje stanovništva jedno je od najvažnijih demografskih obilježja 21. stoljeća. Produženje životnog vijeka rezultat je medicinskog napretka, boljih životnih uvjeta i javnozdravstvenih intervencija, ali nosi i nove izazove. Zdravo starenje, kako ga definira Svjetska zdravstvena organizacija, podrazumijeva proces razvijanja i održavanja funkcionalnih sposobnosti koje omogućuju dobrobit u starijoj životnoj dobi. U radu se razmatraju glavni izazovi – rastući broj kroničnih bolesti, multimorbiditet, socijalna izolacija i ekonomski pritisci – te prilike koje nude suvremene politike, inovativni modeli skrbi i tehnologije. Posebna pozornost posvećuje se važnosti redovite tjelesne aktivnosti prilagođene starijoj populaciji, pod stručnim nadzorom fizioterapeuta i kineziologa. U završnom dijelu predstavljaju se primjeri dobre prakse i preporuke za jačanje preventivnih i integriranih pristupa u lokalnim zajednicama.

Ključne riječi: *digitalna tehnologija, javno zdravstvo, međugeneracijska solidarnost, prevencija, tjelesna aktivnost, zdravo starenje.*

Abstract

Population aging is one of the most significant demographic phenomena of the 21st century. The increase in life expectancy is the result of medical advances, improved living conditions, and public health interventions, yet it also presents new challenges. Healthy aging, as defined by the World Health Organization, involves the process of developing and maintaining functional abilities that enable well-being in older age. This paper examines the main challenges – rising prevalence of chronic diseases, multimorbidity, social isolation, and economic pressures – as well as the opportunities offered by contemporary policies, innovative care models, and technology. Special attention is given to the importance of regular physical activity tailored to older adults, under the professional supervision of physiotherapists and kinesiologists. The final section presents examples of good practice and recommendations for strengthening preventive and integrated approaches within local communities.

Keywords: *digital technology, healthy aging, intergenerational solidarity, physical activity, prevention, public health.*

UVOD

U 21. stoljeću čovječanstvo svjedoči bez presedana demografskim promjenama: udio starijih od 65 godina u Europi prešao je 20%, a do 2050. godine predviđa se da će gotovo svaka treća osoba pripadati toj dobnoj skupini (Eurostat, 2022). Hrvatska prati taj trend, s kontinuiranim porastom udjela starijih osoba i padom nataliteta, što dodatno naglašava važnost prilagodbe zdravstvenog i socijalnog sustava (HZJZ, 2021).

Prema definiciji Svjetske zdravstvene organizacije, zdravo starenje podrazumijeva proces razvijanja i održavanja funkcionalnih sposobnosti koje omogućuju dobrobit u starijoj životnoj dobi (WHO, 2015). To uključuje fizičko i mentalno zdravlje, socijalnu uključenost i ekonomsku sigurnost. U praksi, međutim, zdravo starenje suočava se s brojnim izazovima: porastom kroničnih nezaraznih bolesti, povećanim troškovima zdravstvene skrbi te socijalnom izolacijom starijih osoba.

Istodobno, suvremeno društvo nudi i brojne prilike: razvoj digitalnih tehnologija, rastući naglasak na prevenciji, inovativne oblike skrbi te programe tjelesne aktivnosti prilagođene starijima. U ovom radu naglasak je na primijenjenim rješenjima i primjerima dobre prakse koji mogu pridonijeti održivosti zdravstvenog sustava i poboljšanju kvalitete života starijih osoba.

IZAZOVI ZDRAVOG STARENJA U 21. STOLJEĆU

Demografski izazovi

Starenje stanovništva mijenja strukturu društva. Povećanje udjela starijih osoba ima značajne implikacije na tržište rada, mirovinski sustav i zdravstvenu potrošnju. Prema podacima Europske komisije, troškovi dugotrajne skrbi u državama članicama EU-a mogli bi se udvostručiti do 2050. godine (European Commission, 2021).

U Hrvatskoj, očekivani životni vijek iznosi oko 78 godina, ali broj „zdravih godina života“ – godina bez ograničenja funkcionalnosti – značajno je manji. To upućuje na potrebu za preventivnim pristupom koji produljuje razdoblje zdravlja i samostalnosti.

Osim kvantitativnih promjena, pojavljuju se i kvalitativne – sve veći broj starijih živi sam, posebno u ruralnim područjima, što stvara dodatne izazove u pristupu zdravstvenim i socijalnim uslugama.

Zdravstveni izazovi

Kronične nezarazne bolesti (kardiovaskularne bolesti, dijabetes, artritis, kognitivni poremećaji) čine glavninu zdravstvenih problema starije populacije (Prince i sur., 2015). Multimorbiditet – istodobna prisutnost više bolesti – povećava potrebu za koordiniranom, integriranom skrbi i dovodi do češće hospitalizacije.

Mentalno zdravlje također postaje prioritet: depresija, anksioznost i demencija često se ne prepoznaju pravodobno, što smanjuje kvalitetu života i povećava ovisnost o tuđoj pomoći. Prevencija i rana dijagnoza ključni su za održavanje mentalne i kognitivne vitalnosti.

Socijalni izazovi

Osim zdravstvenih problema, starije osobe suočavaju se s usamljenosti, gubitkom socijalnih kontakata i osjećajem marginalizacije. Prema istraživanjima, socijalna izolacija povećava rizik od depresije, kognitivnog propadanja i mortaliteta (Courtin & Knapp, 2017).

Zajednice često nisu dovoljno prilagođene starijima – nedostatak dostupnog javnog prijevoza, neprilagođene stambene jedinice i ograničene društvene aktivnosti dodatno povećavaju izoliranost. Aktivno uključivanje starijih u društvene i kulturne aktivnosti ključno je za njihovo psihičko i emocionalno zdravlje.

Ekonomski izazovi

Produženje životnog vijeka zahtijeva povećana ulaganja u zdravstvenu i socijalnu infrastrukturu. Održivost mirovinskih sustava i troškovi dugotrajne skrbi postaju središnje teme javnih politika. Međutim, važno je prepoznati da starije osobe nisu samo korisnici sustava, već i vrijedan resurs: njihov radni, volonterski i obiteljski doprinos zajednici često ostaje podcijenjen. Ulaganje u zdravo starenje stoga treba promatrati kao investiciju, a ne trošak.

PRILIKE I PRIMIJENJENA RJEŠENJA

Promocija zdravlja i prevencija

Promicanje zdravog načina života od rane odrasle dobi temelj je uspješnog starenja. Preventivne mjere poput edukacije o prehrani, smanjenja pušenja, kontrole krvnog tlaka i tjelesne aktivnosti dokazano smanjuju rizik od kroničnih bolesti.

U Hrvatskoj se kroz projekt „Živjeti zdravo“ provode programi edukacije i javnih aktivnosti usmjereni na promicanje kretanja, zdrave prehrane i mentalne higijene. Posebno je važno da ti programi postanu dostupni i u manjim, ruralnim sredinama.

Tjelesna aktivnost uz stručni nadzor

Tjelesna aktivnost je jedan od najučinkovitijih i najpristupačnijih oblika prevencije i rehabilitacije. Redovito vježbanje povećava snagu, ravnotežu, fleksibilnost i smanjuje rizik od padova. Preporučuju se kombinirani programi aerobnih vježbi, vježbi snage i fleksibilnosti, osobito kada su pod nadzorom fizioterapeuta ili kineziologa.

Studije pokazuju da čak i umjerena aktivnost – poput svakodnevne šetnje – može smanjiti rizik od smrtnosti i poboljšati mentalno zdravlje (Nelson i sur., 2007). U hrvatskim domovima zdravlja i lokalnim zajednicama već postoje programi grupnog vježbanja za starije osobe, no njihova pokrivenost još uvijek nije zadovoljavajuća.

Digitalna tehnologija

Digitalna rješenja postaju ključni alat u poticanju zdravog starenja. Telemedicina, pametni satovi, mobilne aplikacije i senzori omogućuju praćenje vitalnih znakova, podsjećanje na terapiju i brzu komunikaciju s liječnikom.

Primjena tehnologije omogućuje veću samostalnost starijih osoba, smanjenje broja nepotrebnih hospitalizacija i bolju kontrolu kroničnih bolesti.

Ipak, digitalni jaz i niska razina digitalne pismenosti ostaju izazov – stoga je nužno organizirati edukacije koje će starijima olakšati korištenje suvremenih tehnologija (Seifert, 2020).

Inovativni modeli skrbi

Integrirana i osoba-usmjerena skrb prepoznata je kao najuspješniji model za starije osobe. Umjesto fragmentiranih usluga, ona povezuje medicinsku, socijalnu i psihološku podršku. Primjeri uključuju gerijatrijske centre, palijativne timove i multidisciplinarne pristupe (Kodner & Spreeuwenberg, 2002).

U nekim hrvatskim županijama već su pokrenuti pilot-projekti integrirane skrbi koji kombiniraju kućne posjete, rehabilitaciju i digitalni nadzor. Ovakvi modeli pokazuju značajne uštede i povećanje zadovoljstva korisnika.

Međugeneracijska solidarnost

Projekti u kojima stariji volontiraju ili sudjeluju u obrazovanju mladih smanjuju rizik od socijalne izolacije i doprinose prenošenju znanja i iskustva (Hank & Stuck, 2008).

Skandinavske zemlje razvile su brojne oblike međugeneracijskog stanovanja i volontiranja, gdje stariji i mlađi dijele zajedničke prostore i aktivnosti.

U Hrvatskoj se slični modeli pojavljuju kroz lokalne volonterske centre, škole i kulturne udruge koje povezuju generacije, čime se potiče solidarnost i aktivno građanstvo.

Primjeri dobre prakse

U Tablici 1 prikazani su primjeri dobre prakse.

Tablica 1. Primjeri dobre prakse

Zemlja / regija	Program / inicijativa	Ključni elementi	Učinci
Europska unija	<i>Active and Healthy Ageing</i>	Digitalna rješenja, međusektorska suradnja, pametne zajednice	Poboljšana koordinacija skrbi, razvoj digitalnih alata
Hrvatska	<i>Živjeti zdravo</i> (HZJZ)	Edukacija, tjelesna aktivnost, prehrana	Povećanje svijesti i sudjelovanja starijih osoba
Skandinavske zemlje	Dnevni centri za starije	Kombinacija zdravstvenih i socijalnih usluga	Povećana kvaliteta života i smanjena izolacija

Japan	<i>Silver Human Resource Centers</i>	Aktivno zapošljavanje umirovljenika	Socijalna uključenost i ekonomska sigurnost
Nizozemska	<i>Buurtzorg model</i>	Integrirana kućna skrb putem malih timova	Veće zadovoljstvo korisnika i niži troškovi

ZAKLJUČAK

Zdravo starenje jedan je od ključnih javnozdravstvenih izazova 21. stoljeća. Premda demografski trendovi i rast kroničnih bolesti predstavljaju veliki pritisak na zdravstveni sustav, istodobno se otvaraju brojne prilike kroz prevenciju, digitalnu tehnologiju i inovativne modele skrbi. Zdravo starenje zahtijeva interdisciplinarni i međusektorski pristup. Prevencija, tjelesna aktivnost i digitalna tehnologija predstavljaju temelj održivog modela, no njihova uspješnost ovisi o dostupnosti i koordinaciji sustava.

U Hrvatskoj je potrebno dodatno jačati suradnju između zdravstvenog i socijalnog sektora, razviti mrežu lokalnih centara za aktivno starenje i poticati cjeloživotno učenje. Edukacija zdravstvenih djelatnika o gerijatrijskim specifičnostima, poticanje fizioterapijskih i kinezioloških programa te podrška volonterskim inicijativama mogu znatno unaprijediti stanje na terenu. Također, nužno je razviti politike koje će integrirati načela „age-friendly“ zajednica – od pristupačnog javnog prostora do participacije starijih u odlučivanju. Tjelesna aktivnost pod stručnim nadzorom ostaje jedno od najisplativijih rješenja – ona istodobno jača fizičko i mentalno zdravlje, potiče socijalnu interakciju i smanjuje rizik od institucionalizacije.

Zdravo starenje nije samo individualna zadaća, nego društveni projekt koji zahtijeva suradnju svih razina – od pojedinca i obitelji do lokalne zajednice i države. Ulaganje u zdravo starenje ulaganje je u budućnost, jer društvo koje prepoznaje vrijednost svojih starijih građana istodobno jača solidarnost, humanost i međugeneracijsku povezanost.

LITERATURA

1. Courtin, E., & Knapp, M. (2017). Social isolation, loneliness and health in old age: a scoping review. *Health & Social Care in the Community*, 25(3), 799–812.
2. European Commission. (2021). Green Paper on Ageing: Fostering solidarity and responsibility between generations. Brussels: European Union. <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12722-Green-Paper-on-Ageing>
3. Eurostat. (2022). Ageing Europe – looking at the lives of older people in the EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://ec.europa.eu>
4. Hank, K., & Stuck, S. (2008). *Volunteer work, informal help, and care among the 50+ in Europe: Further evidence for 'linked' productive activities at older ages. Social Science Research*, 37(4), 1280–1291.
5. Hrvatski zavod za javno zdravstvo – HZJZ. (2021). Strategija za zdravo starenje. Zagreb: HZJZ. <https://www.hzjz.hr>
6. Kodner, D. L., & Spreeuwenberg, C. (2002). *Integrated care: meaning, logic, applications, and implications – a discussion paper. International Journal of Integrated Care*, 2(4), 1–6.

7. Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., ... & Castaneda-Sceppa, C. (2007). *Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1435–1445.
8. Prince, M. J., Wu, F., Guo, Y., Robledo, L. M., O'Donnell, M., Sullivan, R., & Yusuf, S. (2015). *The burden of disease in older people and implications for health policy and practice. The Lancet*, 385(9967), 549-562.
9. Rejeski, W. J., & Mihalko, S. L. (2001). Physical activity and quality of life in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(suppl_2), 23–35.
10. Seifert, A. (2020). The digital exclusion of older adults during the COVID-19 pandemic. *Journal of Gerontological Social Work*, 63(6-7), 674–676.
11. World Health Organization – WHO. (2015). World report on ageing and health. Geneva: WHO. Dostupno na: <https://www.who.int>

FIZIOTERAPIJSKI PRISTUPI U RADU S OSOBAMA S DOWN SINDROMOM U KONTEKSTU SPORTA I REKREACIJE

PHYSIOTHERAPY APPROACHES IN WORKING WITH INDIVIDUALS WITH DOWN SYNDROME IN THE CONTEXT OF SPORTS AND RECREATION

Marija Bare

Opća županijska bolnica Vinkovci

marijabare.97@gmail.com

Sandra Lovrić

Udruga za osobe s intelektualnim oštećenjem „Golubica“ Vukovar

lovris@gmail.com

Iva Gašpar

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

iva.gaspar44@gmail.com

Sažetak

Rad istražuje važnost fizioterapije u rehabilitaciji osoba s Down sindromom, s posebnim naglaskom na primjenu sportskih i rekreativnih aktivnosti kao terapijskih metoda. Osobe s Down sindromom suočavaju se s različitim motoričkim i kognitivnim izazovima, a fizioterapija igra ključnu ulogu u poboljšanju njihove fizičke funkcionalnosti, ravnoteže, koordinacije i fleksibilnosti. Rad se bavi specifičnim fizioterapijskim tehnikama i vježbama koje se koriste u rehabilitaciji, te analizom značaja sporta i rekreacije u procesu integracije i socijalizacije. Sport i rekreacija ne samo da poboljšavaju motoričke sposobnosti, već također pozitivno utječu na samopouzdanje, emocionalnu stabilnost i društvenu uključenost osoba s Down sindromom. U okviru istraživanja, razmatraju se uspješni primjeri dobre prakse koji pokazuju kako fizioterapija može biti integrirana u sportske i rekreativne terapije, s ciljem poboljšanja kvalitete života i zdravlja tih osoba. Na kraju, razmatraju se izazovi i mogućnosti za daljnji razvoj i prilagodbu fizioterapijskih programa, kako bi se omogućila veća inkluzija i učinkovitija rehabilitacija osoba s Down sindromom u zajednici.

Ključne riječi: *Down sindrom, fizioterapija, sport.*

Abstract

Paper explores the important role of physiotherapy in the rehabilitation of individuals with Down syndrome, with a particular focus on the application of sports and recreational activities as therapeutic methods. Individuals with Down syndrome face various motor and cognitive challenges, and physiotherapy plays a key role in improving their physical functionality, balance, coordination, and flexibility. The paper discusses specific physiotherapy techniques and exercises used in rehabilitation, as well as the significance of sports and recreation in the integration and socialization process. Sports and recreation not only enhance motor skills but also have a positive impact on self-confidence, emotional stability, and social inclusion for individuals with Down syndrome. The paper also examines successful best practice examples,

demonstrating how physiotherapy can be integrated into sports and recreational therapies to improve the quality of life and health of these individuals. Finally, challenges and opportunities for further development and adaptation of physiotherapy programs are discussed to enable greater inclusion and more effective rehabilitation for individuals with Down syndrome in the community.

Keywords: *Down syndrome, physiotherapy, sports.*

UVOD

Down sindrom (DS) je autosomni poremećaj uzrokovan prisutnošću dodatnog kromosoma 21, također poznat kao trisomija 21. Navedeni poremećaj uzrokuje specifične fizičke karakteristike, poput okruglog lica, nisko postavljenih ušiju, kratkog vrata i slabog mišićnog tonusa, poznatog kao hipotonija koja može otežati kontrolu pokreta, što povećava rizik od padova i ozljeda (Wentz et al., 2021). Većina odraslih s DS živi sedentarnim načinom života. U odrasloj dobi fizioterapijski programi imaju za cilj održavanje i poboljšanje izdržljivosti, mišićne snage, kardiopulmonalnih funkcija i kontrole tjelesne težine, čime se poboljšava ukupna kvaliteta života osoba s DS-om (DE Luca Corrêa et al., 2025). Jedan od ključnih aspekata fizioterapije za osobe s Down sindromom su terapijske vježbe za jačanje mišića, poput vježbi s otporom, jer pomažu u smanjenju hipotonije i povećavaju stabilnost tijela. Također je vrlo bitan rad na ravnoteži i propriocepciji (Eid et al., 2017). Sport i rekreacija imaju značajan terapijski učinak na osobe s DS-om. Osim što pomažu u razvoju motoričkih vještina, sportske aktivnosti mogu poboljšati mentalno zdravlje, povećati samopouzdanje i omogućiti osobama s Down sindromom da se uključe u društvene aktivnosti. Specijalna olimpijada globalni je pokret koji kroz sport, zdravlje i edukaciju promiče inkluziju i osnaživanje osoba s intelektualnim teškoćama, uključujući osobe s Down sindromom. Ipak, zbog kompleksnosti sindroma i ograničenog broja istraživanja, potrebna su daljnja znanstvena istraživanja i razvoj specifičnih programa kako bi se poboljšala terapijska učinkovitost i dugoročni ishodi.

VAŽNOST FIZIOTERAPIJE I PRISTUP U RADU S OSOBAMA S DOWN SINDROMOM

Većina odraslih s DS živi sedentarnim načinom života. Prethodna istraživanja pokazala su da manje od 10% odraslih osoba s DS-om zadovoljava preporučenu količinu tjelesne aktivnosti (najmanje 150-300 minuta aerobne tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta; ili najmanje 75-150 minuta aerobne tjelesne aktivnosti snažnog intenziteta tjedno), (Mann et al., 2023). Osobe s DS imaju povećanu tjelesnu masnoću i smanjene motoričke sposobnosti u odnosu na vršnjake tipičnog razvoja, a povećana količina masnog tkiva u organizmu je povezana s nižom razinom tjelesne aktivnosti, lošijom ravnotežom i slabijom aerobnom izdržljivošću. Potrebno je rano uvođenje ciljanih programa koji potiču tjelesnu aktivnost i regulaciju tjelesne težine kako bi se unaprijedilo motoričko funkcioniranje i cjelokupno zdravlje osoba s DS (Binsaddiq et al., 2025). U tom kontekstu, fizioterapija ima ključnu ulogu u razvoju i očuvanju tjelesnih funkcionalnosti, poboljšanju ravnoteže i koordinacije te jačanju mišića (Wentz et al., 2021). Zbog toga je zadatak fizioterapeuta u ranom djetinjstvu usmjeren na poticanje razvoja osnovnih motoričkih vještina – poput hodanja, ravnoteže i koordinacije, kako bi se spriječile kasnije

komplikacije (Arslan et al., 2022). U odrasloj dobi fizioterapijski programi imaju za cilj održavanje i poboljšanje izdržljivosti, mišićne snage, kardiopulmonalnih funkcija i kontrole tjelesne težine, čime se poboljšava ukupna kvaliteta života osoba s Down sindromom (DE Luca Corrêa et al., 2025). Fizioterapija se temelji na pokretu kao osnovi cjelokupnog razvoja, pri čemu se povezuju tjelesni, osjetilni i mentalni aspekti (Suleyman, 2020).

Fizioterapija odraslih osoba s DS suočava se s izazovima poput nedostatka specifičnih i dokazom potkrijepljenih programa, ograničene dostupnosti terapijskih usluga i stručnog osoblja, te potreba za prilagodbom zbog kognitivnih, komunikacijskih i motoričkih specifičnosti i jakih komorbiditeta (Lee et al., 2025). Ipak, postoje značajne mogućnosti za poboljšanje uključivanjem specijaliziranih programa usmjerenih na snagu, ravnotežu i motoričke funkcije, poticanjem međusektorske suradnje s obiteljima i zajednicom te primjenom metoda koje uzimaju u obzir stil učenja i osobitosti osoba s DS, poput vizualnih poticaja, ponavljanja i rutine (Mann et al., 2023).

Utjecaj fizioterapije na tjelesno i mentalno zdravlje osoba s intelektualnim oštećenjem

Fizioterapija može značajno unaprijediti tjelesno i mentalno zdravlje osoba s intelektualnim i razvojnim teškoćama kroz poboljšanje pokretljivosti, snage i opće funkcionalnosti. Iako su navedene dobrobiti dokazane, mnoge osobe s DS i dalje rijetko imaju tjelesnu aktivnost (Ruiz-González et al., 2019). Terapijske vježbe imaju pozitivan učinak jer ublažavaju ili smanjuju motoričke i kognitivne promjene koje osobe s Down sindromom doživljavaju tijekom života (Méndez-Martínez, Rodríguez-Grande, 2023). Osobe s DS imaju povećan rizik od razvoja sekundarnih fizioloških patologija, prvenstveno zbog fizički neaktivnog načina života i loših prehrambenih izbora. Navedeni se često suočavaju s bolestima poput prirođenih srčanih mana, dijabetesa tipa 1, pretilosti, smanjenog tonusa mišića ili problema sa zglobovima (Paul et al., 2019). Redovita tjelesna aktivnost i posebno osmišljeni rehabilitacijski programi mogu znatno ublažiti posljedice tih stanja. Djeca s DS koja razvijaju dobre motoričke sposobnosti obično pokazuju veće zanimanje za kretanje i lakše sudjeluju u tjelesnim aktivnostima, dok ona s većim teškoćama pokazuju manji interes i izbjegavaju fizičke napore (Wentz et al., 2021).

Rehabilitacija osoba s Down sindromom

Fizioterapija ima ključnu ulogu u rehabilitaciji osoba s Down sindromom jer pomaže u razvoju osnovnih motoričkih vještina koje omogućuju veći stupanj samostalnosti (Eid et al., 2017). Fizioterapeuti koriste različite tehnike koje su prilagođene potrebama svakog pojedinca, uključujući terapijske vježbe, manipulaciju zglobova, masažu i tehnike propriocepcije. Istraživanje Alesia i suradnika iz 2022. godine, pokazuje da osobe s Downovim sindromom koje redovito sudjeluju u fizioterapijskim tretmanima ostvaruju značajan napredak u razvoju motoričkih vještina, što doprinosi većoj razini njihove neovisnosti i boljoj integraciji u društvo. (Alesi et al., 2022). Međutim, zbog nedostatka istraživanja o novim tehnologijama, fizioterapija i dalje uglavnom koristi konzervativnije metode (Souza Silva et al., 2021).

Fizioterapijski pristupi u radu s osobama s Down sindromom

Fizioterapijski pristupi bazirani su na poboljšanje motoričkih sposobnosti, snage, ravnoteže, koordinacije i funkcionalne neovisnosti, a temelje se na individualiziranom pristupu (Ruiz-González et al., 2019).

Terapijske vježbe kao dio fizioterapijskog pristupa

Prema smjernicama ACSM-a (American College of Sports Medicine), osobe s DS trebaju proći fizičku procjenu prije uključivanja u program vježbanja, s posebnim naglaskom na stabilnost zglobova. Smanjena izdržljivost kod osoba s DS-om opravdava uključivanje aerobnih vježbi u program. Prema istraživanju Mann i suradnika iz 2023. godine, intenzitet vježbanja trebao bi se temeljiti na formulama specifičnim za DS, jer je maksimalni broj otkucaja srca niži nego u općoj populaciji (formula: $179 - 0,56 \times \text{dob}$). Preporučuje se umjereno do intenzivno vježbanje (40-80% VO₂max), najmanje 3 puta tjedno po 30 minuta, uz postupno povećavanje intenziteta, učestalosti i trajanja kako bi se prilagodila smanjenoj izdržljivosti (Mann et al., 2023). Jedan od ključnih aspekata fizioterapije za osobe s Down sindromom su terapijske vježbe za jačanje mišića, poput vježbi s otporom, jer pomažu u smanjenju hipotonije i povećavaju stabilnost tijela. Također je vrlo bitan rad na ravnoteži i proprioceptiji (Eid et al., 2017). Trening snage kod osoba s DS-om potiče neuroplastične promjene u mozgu, osobito u frontalnom režnju i malom mozgu, što poboljšava motoričko učenje i koordinaciju. Uz neuronske prilagodbe dolazi i do povećanja mišićne mase i stabilnosti zglobova, čime se smanjuju učinci mišićne hipotonije (Post et al., 2022). Vježbe koje uključuju balansiranje na jednoj nozi, korištenje balansnih lopti ili terapijskih traka mogu pomoći osobama s DS u poboljšanju njihove sposobnosti da održavaju ravnotežu i pravilnu tjelesnu poziciju (Rezaee et al., 2025).

SPECIJALIZIRANI TERAPIJSKI PRISTUPI

Primjenjuju se i specijalizirani terapijski pristupi poput Halliwick metode (terapija u vodi), hipoterapije (terapijskog jahanja) te Bobath i Vojta terapije, koji potiču usvajanje pravilnih obrazaca pokreta i razvoj posturalne kontrole. Svi ovi pristupi usmjereni su na poticanje djetetova cjelokupnog razvoja, povećanje samostalnosti i poboljšanje kvalitete života (Klarić, 2022).

Halliwick metoda

Halliwick metoda (ili „Halliwick koncept”) razvijena je krajem 1940-ih i početkom 1950-ih od strane James McMillan i njegove supruge, sa svrhom podučavanja plivanja i samostalnog kretanja u vodi osobama s tjelesnim i/ili intelektualnim teškoćama. Metoda se temelji na fizičkim svojstvima vode (uzgonska sila, rotacija, otpor) i koristi vodeno okruženje kao medicinsko-pedagoški medij za razvoj ravnoteže, motoričke kontrole i osjećaja neovisnosti. Ključni element Halliwick metode je „Ten-Point Programme” – program od deset koraka koji vode polaznika kroz fazu prilagodbe na vodu do motoričkih i plivačkih vještina (Chandolias et al., 2021).

Hipoterapija

Hipoterapija (terapija jahanjem) koristi višedimenzionalno kretanje konja za poboljšanje držanja, ravnoteže i cjelokupne funkcije, kako motoričke tako i senzorne (Kaya, Saka, Tuncer, 2023). Prema istraživanju Espindula i suradnika iz 2021. godine, navodi se da hipoterapija kod osoba s DS može značajno poboljšati ravnotežu, simetriju tijela, duljinu i brzinu koraka, te time doprinosi funkcionalnom unapređenju hoda i opće motoričke stabilnosti (Espindula et al., 2016).

Bobath i Vojta terapija

Bobath terapija je fizioterapijski pristup koji potiče pravilne obrasce pokreta, kontrolu posture i funkcionalnu motoriku kroz aktivnu suradnju pacijenta i manualnu podršku terapeuta. Kod osoba s DS služi za poboljšanje motoričkih sposobnosti, ravnoteže i koordinacije, smanjenje neuromotoričkih ograničenja te poticanje samostalnog kretanja i svakodnevnih aktivnosti, posebno kod djece s kašnjenjem motoričkog razvoja (Santos et al., 2020). Vojta terapija, temelji se na principu refleksne lokomocije kojom se stimulacijom određenih zona aktiviraju urođeni obrasci pokreta radi poticanja pravilne motorike, posture i funkcionalnih sposobnosti. Ranim uključivanjem terapije mogu se spriječiti patološki obrasci kretanja te poboljšati motoričke, orofacijalne i respiratorne funkcije, osobito kod djece s Down sindromom (Podstawski et al., 2025). Iz istraživanja Paraua i suradnika iz 2023. godine, analiza podataka o primjeni Bobath i Vojta metoda pokazala je da njihova kombinacija omogućuje brži oporavak motoričkog deficita u usporedbi s primjenom samo jedne metode. Ova saznanja imaju značajan utjecaj pri odabiru rehabilitacijskih pristupa za dojenčad s neurološkim motoričkim teškoćama (Parau et al., 2023).

SPORT I REKREACIJA KAO DIO TERAPIJSKOG PROCESA

Osobe s DS često imaju malo prilika za društvene i rekreativne aktivnosti, a njihova motivacija za kretanje je ograničena, zbog čega je podrška roditelja i skrbnika posebno važna (Menear, 2007). Tjelesna aktivnost kod osoba s DS iznimno je važna i neizostavna za što kvalitetnije funkcioniranje sustava za kretanje (Alić, Kolega, 2021). Ona je ključna za opću dobrobit i kvalitetu života, no osobe s DS-om često su manje aktivne zbog fizičkih ograničenja, nedostatka mogućnosti i nedostatka svijesti o prednostima kretanja. Pravilno osmišljeni programi tjelesne aktivnosti mogu poboljšati tjelesno i kognitivno zdravlje, motoričke vještine te socijalnu uključenost, dok prepreke poput nedostatka prilagođenih programa i negativnih stavova otežavaju sudjelovanje (Muñoz-Llerena et al., 2024).

Sport i rekreacija imaju značajan terapijski učinak na osobe s DS. Osim što pomažu u razvoju motoričkih vještina, sportske aktivnosti mogu poboljšati mentalno zdravlje, povećati samopouzdanje i omogućiti osobama s DS da se uključe u društvene aktivnosti. Kroz sport, ove osobe mogu naučiti socijalne vještine, suradnju i timski rad, što im omogućuje bolju integraciju u zajednicu (Ilkim et al., 2021).

Specijalna Olimpijada

Na službenoj web stranici Special Olympics (<https://www.specialolympics.org/what-we-do>), navodi se da je Specijalna Olimpijada globalni pokret koji kroz sport, zdravlje i edukaciju promiče inkluziju i osnaživanje osoba s intelektualnim teškoćama, uključujući osobe s Down sindromom. Programi poput navedenoga potiču zajedničko sudjelovanje osoba sa i bez teškoća, razvoj motoričkih i socijalnih vještina te poboljšanje fizičkog i mentalnog zdravlja. Na taj način, sport postaje snažno sredstvo rehabilitacije, društvene integracije i unapređenja kvalitete života osoba s Down sindromom. Misija Specijalne olimpijade je omogućiti osobama s intelektualnim teškoćama, uključujući djecu i odrasle, kontinuirani sportski trening i natjecanja koja potiču tjelesnu spremnost, hrabrost, radost te povezivanje s obitelji, sportašima i zajednicom kroz sport.

ZAKLJUČAK

Osobe s DS-om u globalu žive sedentaran način života i često se suočavaju s poteškoćama u samostalnom kretanju te obavljanju aktivnosti svakodnevnog života. Te poteškoće proizlaze iz hipotonije nestabilnosti zglobova, smanjene ravnoteže, sporijeg motoričkog planiranja i koordinacije, što može otežati hodanje, trčanje, održavanje posture te izvođenje preciznih pokreta. Ipak, uz odgovarajuću podršku, djeca i odrasli s DS-om mogu razviti potrebne motoričke sposobnosti koje im omogućuju sudjelovanje u sportskim aktivnostima, uključujući i programe poput Specijalne Olimpijade. Tjelesna aktivnost i fizioterapija pozitivno utječu na kognitivne sposobnosti osoba s DS-om jer poboljšavaju opskrbu mozga kisikom, potiču neuroplastičnost te jačaju pažnju, koncentraciju i pamćenje. Ujedno smanjuju stres, potiču emocionalnu ravnotežu i socijalnu interakciju, čime doprinose cjelokupnom fizičkom, mentalnom i emocionalnom razvoju te boljoj kvaliteti života. Sveobuhvatan i kontinuiran pristup, koji uključuje ranu intervenciju, fizioterapiju, sportske programe i podršku obitelji, ključan je za unapređenje kvalitete života osoba s DS-om. Ipak, zbog kompleksnosti sindroma i ograničenog broja istraživanja, potrebna su daljnja znanstvena istraživanja i razvoj specifičnih programa kako bi se poboljšala terapijska učinkovitost i dugoročni ishodi.

LITERATURA

1. Alesi, M., Giustino, V., Gentile, A., Gómez-López, M., & Battaglia, G. (2022). Motor coordination and global development in subjects with Down syndrome: The influence of physical activity. *Journal of Clinical Medicine*, 11(17), 5031.
2. Alić, J., & Kolega, D. (2021). Tjelesna aktivnost kod učenice s Down sindromom – analiza slučaja. *Magistra Iadertina*, 16(1), 9–23.
3. Arslan, F. N., Dogan, D. G., Canaloglu, S. K., Baysal, S. G., Buyukavci, R., & Buyukavci, M. A. (2022). Effects of early physical therapy on motor development in children with Down syndrome. *Northern Clinics of Istanbul*, 9(2), 156–161.
4. Binsaddiq, D. W., Ibrahim, A. I., & Abualait, T. S. (2025). Body composition and adiposity in children with Down syndrome compared to typically developing children: The association with their motor performance. *Children*, 12(10), 1298.

5. Chandolias, K. , Konstantinidou, E. , Bikis, E. , Hourlia, A. , Besios, T. and Tsigaras, G. (2021). The Effectiveness of 6 Months Hydrotherapy Program Based on Halliwick Concept on the Respiratory System of Down Syndrome Children. *Journal of Biosciences and Medicines*, **9**, 20-26.
6. De Luca Corrêa, H., Dos Santos Rosa, T., Marques, R. S., Nascimento, E. F., Sampaio, W. C. M., Gomes, A. M. A., Cotta, R. F., Da Silva, T. F., De Oliveira, M. G. S., Dos Santos Lavarini, R., Reis, T. L., De Aguiar, L. S., Reis, T. L., Neves, R. V. P., Melo, G. F., Deus, L. A., & Reis, A. L. (2025). Exercise therapy in Down syndrome: A systematic review and meta-analysis focused on muscle strength, redox balance, and inflammatory profile. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **57**(9), 2073–2082.
7. Eid, M. A., Aly, S. M., Huneif, M. A., & Ismail, D. K. (2017). Effect of isokinetic training on muscle strength and postural balance in children with Down's syndrome. *International Journal of Rehabilitation Research*, **40**(2), 127–133.
8. Espindula, A. P., Ribeiro, M. F., Sande de Souza, L. A. P., Ferreira, A. A., Ferraz, M. L. D. F., & Teixeira, V. D. P. A. (2016). Effects of hippotherapy on posture in individuals with Down syndrome. *Fisioterapia em Movimento*, **29**(3), 497-506.
9. Ilkim, M., Özoglu, F., Şimsek, E., & Keskin, M. T. (2021). Evaluation of happiness and self-esteem levels of individuals with Down syndrome who participated in a regular physical activity by parents (the example of Malatya Province). *Journal of ROL Sport Sciences*, **2**(2), 71–77.
10. Kaya, Y., Saka, S., & Tuncer, D. (2023). Effect of hippotherapy on balance, functional mobility, and functional independence in children with Down syndrome: Randomized controlled trial. *European Journal of Pediatrics*, **182**(7), 3147–3155.
11. Klarić, N. (2022). *Fizioterapija kod djece s Dawnovim sindromom* (Završni rad). Koprivnica: Sveučilište Sjever. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:704406> (28.10.2025.)
12. Lee, S. M., Taylor, N. F., Said, C., & Shields, N. (2025). Community participation in adults with Down syndrome: A scoping review. *Disability and Rehabilitation*, **47**(21), 5451-5461.
13. Mann, S., Spiric, J., Mitchell, C., & Hilgenkamp, T. I. M. (2023). Development of a physical therapy-based exercise program for adults with Down syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**(4), 3667.
14. Méndez-Martínez, M., & Rodríguez-Grande, E. I. (2023). Effects of therapeutic exercise on the motor function of adults with Down syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, **13**(1), 21962.
15. Menear, K. (2007). Parents' perceptions of health and physical activity needs of children with Down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, **12**(1), 60–68.
16. Muñoz-Llerena, A., Ladrón-de-Guevara, L., Medina-Rebollo, D., & Alcaraz-Rodríguez, V. (2024). Impact of physical activity on autonomy and quality of life in individuals with Down syndrome: A systematic review. *Healthcare*, **12**(2), 181.
17. Parau, D., Todoran, A. B., Barcutean, L., Avram, C., & Balasa, R. (2023). The Benefits of Combining Bobath and Vojta Therapies in Infants with Motor Development Impairment- A Pilot Study. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, **59**(10), 1883.

18. Paul, Y., Ellapen, T. J., Barnard, M., Hammill, H. V., & Swanepoel, M. (2019). The health benefits of exercise therapy for patients with Down syndrome: A systematic review. *African Journal of Disability*, 8, a576.
19. Podstawski, R., Balewska-Juras, K., Boryśławski, K., Szabo, A., & Snarska, J. (2025). An Assessment of Motor Skills in Infants at Risk of Atypical Psychomotor Development Using the Vojta Method. *Children*, 12(8), 976.
20. Post, E. M., Kraemer, W. J., Kackley, M. L., Caldwell, L. K., Volek, J. S., Sanchez, B. N., Focht, B. C., Newton, R. U., Häkkinen, K., & Maresh, C. M. (2022). The Effects of Resistance Training on Physical Fitness and Neuromotor-Cognitive Functions in Adults With Down Syndrome. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 3, 927629.
21. Rezaee, A., Daneshmandi, H., Ramezanzade, H., Mohammadzadeh, S., Kurnaz, M., & Altınkök, M. (2025). Improving coordination, proprioception, balance and motor proficiency in Down syndrome with developmental games. *Experimental Physiology*, 1-14.
22. Ruiz-González, L., Lucena-Antón, D., Salazar, A., Martín-Valero, R., & Moral-Munoz, J. A. (2019). Physical therapy in Down syndrome: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Intellectual Disability Research*, 63(8), 1041–1067.
23. Santos, G. R. D., Cabral, L. C., Silva, L. R., & Dionisio, J. (2020). Physiotherapeutic stimulation in infants with Down syndrome to promote crawling. *Fisioterapia em Movimento*, 33, e003354.
24. Suleyman, J. (2020). Evidence based physiotherapy management guideline for children with Down's syndrome. *International Journal of Applied Sciences: Current and Future Research Trends*, 7(01), 35–47.
25. Souza Silva, Y., Gomes Da Silva, L. L., Da Silva, W. C., Nascimento Neto, A. G., De Sousa Pereira, T., Campos Araújo, A. K., Tavares A. J. G., Weber R. A. , De Oliveira L. G., Cunha N. E., Luz L.C. & Takada, J. A. P. (2021). Physiotherapy in Down syndrome: A literature review. *International Neuropsychiatric Disease Journal*, 15(4), 20–27.
26. Wentz, E. E., Looper, J., Menear, K. S., Rohadia, D., & Shields, N. (2021). Promoting participation in physical activity in children and adolescents with Down syndrome. *Physical Therapy*, 101(5), pzab032.

UČINCI UDARNOG VALA NA AHILOVU TENDINOPATIJU S POSEBNIM OSVRTOM NA OPORAVAK SPORTAŠA

EFFECTS OF SHOCKWAVE THERAPY ON ACHILLES TENDINOPATHY WITH SPECIAL EMPHASIS ON ATHLETE RECOVERY

Nikolina Blekić

Poliklinika za reumatske bolesti, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju dr. Drago Čop, Zagreb
blekicnikolina@gmail.com

Marinko Grgić

Poliklinika Grgić, Zagreb
Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
marinkogrgic17@gmail.com

Sažetak

Ahilova tendinopatija čest je sindrom prenaprezanja koji se javlja kod sportaša, fizičkih radnika te fizički neaktivnih osoba. Iako postoje brojne konzervativne metode liječenja, značajan broj pacijenata i dalje zahtijeva operativni zahvat, zbog čega se terapija udarnim valom sve češće koristi kao dodatak konzervativnom pristupu jer mehaničkom stimulacijom potiče cijeljenje i smanjuje bol. Međutim, točan mehanizam djelovanja još nije u potpunosti razjašnjen. Također, još uvijek nedostaju uvjerljivi podaci kojima će se opravdati relativno česta primjena udarnog vala u kliničkoj praksi. Zbog svega navedenog cilj ovog rada bio je, na temelju dostupne literature, utvrditi učinkovitost terapije udarnim valom kod Ahilove tendinopatije s posebnim naglaskom na oporavak sportaša. Pregledom baze podataka analizirano je sedam relevantnih studija, od čega pet randomiziranih kontroliranih i dvije kohortne. Rezultati pokazuju da je terapija udarnim valom sigurna i učinkovita kod neinsercijske tendinopatije, osobito kada se kombinira s ekscentričnim vježbama, dok su dugoročni učinci kod insercijskog oblika još uvijek nejasni. Prednosti za sportaše uključuju izbjegavanje operacije tijekom natjecateljske sezone i brži povratak na teren. Osim toga, terapija udarnim valom povezana je s manjim troškovima i većom sigurnošću za pacijenta. Udarni val ne uzrokuje trenutni nestanak simptoma, već potiče reparativne procese i omogućuje postupni funkcionalni oporavak tetive.

Ključne riječi: *sportaši, tendinopatije Ahilove tetive, udarni val.*

Abstract

Achilles tendinopathy is a common overuse syndrome that occurs in athletes, manual laborers, and physically inactive individuals. Although numerous conservative treatment methods exist, a significant number of patients still require surgical intervention. For this reason, shockwave therapy is increasingly used as an adjunct to conservative treatment, as mechanical stimulation promotes tissue healing and reduces pain. However, the exact mechanism of action has not yet been fully clarified, and convincing evidence to justify its relatively frequent use in clinical practice is still lacking. The aim of this paper was to determine, based on available literature, the effectiveness of shockwave therapy in the treatment of Achilles tendinopathy, with a particular emphasis on athlete recovery. A review of relevant databases identified seven

studies—five randomized controlled trials and two cohort studies. The results indicate that shockwave therapy is safe and effective in cases of non-insertional tendinopathy, especially when combined with eccentric exercises, while the long-term effects in insertional tendinopathy remain unclear. Benefits for athletes include avoiding surgery during the competitive season and achieving a faster return to play. Furthermore, shockwave therapy is associated with lower costs and greater patient safety. The therapy does not provide immediate symptom relief but rather stimulates reparative processes, enabling a gradual functional recovery.

Keywords: *athletes, Achilles tendinopathy, shockwave therapy.*

UVOD

Ahilova tendinopatija nastaje uslijed prekomjerne upotrebe ili ponavljajuće mikrotraume koje dovode do degeneracije tetivnih vlakana. Susreće se kod sportaša, fizičkih radnika koji su izloženi velikim mehaničkim opterećenjima, ali i kod fizički neaktivne starije populacije. Karakterizira ga trijas simptoma: bol, otekline i ograničenje funkcije (Singh et al., 2017). Moguće je da sportaš prije pojave boli doživi smanjenje svojih sposobnosti u vidu sporijeg trčanja ili manjeg skoka (Janssen et al., 2018). Prema anatomskom području zahvaćenosti razlikuju se dva oblika: neinsercijski, kod kojeg je bol prisutna 2-6 centimetara od hvatišta Ahilove tetive za kalkaneus. Ovo je područje najslabije krvne opskrbe i lošijeg cijeljenja (Rompe et al., 2009). Insercijska tendinopatija zahvaća područje 2 centimetra proksimalno od hvatišta Ahilove tetive na kalkaneusu te je često praćeno koštanim defektima, kalcifikacijama i uvećanjem retrokalkanealne burze (Zellers et al., 2019). Predstavlja čestu pojavu među sportašima, s učestalošću 1-11 % osobito tijekom visokointenzivnih natjecanja ili treninga (Vahdatpour et al., 2018). Može se javiti u bilo kojem sportu, ali najveću učestalost ima kod trkača i skakača, 43 % vrhunskih atletičara se suočilo s ovim stanjem (Janssen et al., 2018). Prema podacima, 60-80 % sportaša koji su razvili Ahilovu tendinopatiju kao uzrok navodi pogrešno opterećenje pri treningu, u vidu iznenadne promjene intenziteta ili trajanja treninga (Silbernagel et al., 2020). Radi se o multifaktorskom stanju koje nastaje međudjelovanjem više čimbenika rizika. Neki od potencijalnih su: starija dob, prevelik intenzitet, nedovoljno odmora, prethodna ozljeda, neravnoteža između mišića gastrocnemiusa i soleusa, hiperomobilnost subtalarnog zgloba, prekomjerna tjelesna težina, itd (Stania et al., 2019). Florit i suradnici (2019) uočili su kako je ovo stanje češće kod muškaraca, razlika u hormonima i u mehaničkim svojstvima Ahilove tetive mogu biti razlozi tome. Tendinopatiju obilježavaju brojne promjene: upalni proces, povećana količina proteoglikana i glikozaminoglikana, zadebljanje tetive te gubitak normalne strukture kolagena (Scott et al., 2019). Promjene kolagenih vlakana ogledaju se u njihovu stanjivanju, nabiranju i dezorijentaciji, što za posljedicu ima uvećanje tetive, smanjenja krutosti, promijenjena visukoelastična svojstva i smanjenu funkcionalnost (Scott et al., 2019). Terapija udarnim valom uglavnom se primjenjuje, kada drugi konzervativni postupci poput vježbi, protuupalnih lijekova i udloga nisu doveli do poboljšanja, a prije nego se liječnik odluči za operativni zahvat koji nosi rizik od postoperativnih komplikacija i dugotrajnog izostanka s terena (Korakakis et al., 2018). Prema dosadašnjim istraživanjima, mogla bi biti učinkovitija ako se kombinira s ekscentričnim vježbama. Usprkos relativno čestoj primjeni u praksi, još uvijek nema sigurnih dokaza o njegovoj učinkovitosti kao ni točnih smjernica za primjenu, što upućuje na potrebu za daljnim istraživanjima (Feeney et al., 2022). Cilj rada jest

kroz pregled ranije provedenih studija utvrditi stvarni učinak udarnog vala na Ahilovu tendinopatiju te način na koji ona utječe na oporavak i vraćanje sportaša na teren.

UDARNI VAL

Udarni valovi su zvučni impulsi s jedinstvenim fizičkim svojstvima: visoki pozitivan tlak, vrijeme porasta < 10 ns i visok vlačni val (Rola et al., 2022). Preporučuje se koristiti niske doze koje imaju stimulirajuće djelovanje. Na osnovu istraživanja ne smije se preći energija veća od $0,28 \text{ mJ/mm}^2$ jer može uzrokovati oštećenje tkiva (Caudell, 2017). Osim toga, niske doze su ugodnije za pacijenta, nema potrebe za anestezijom i tretmani se mogu ponavljati. Postoje dvije vrste udarnog vala: fokusirani, koji ima veću energiju i generira maksimalnu silu na točno određenoj dubini u jednoj točki i radijalni, koji ima manju energiju i generira najveći pritisak na površini kože, s postupnim slabljenjem prema dubini (Stania et al., 2019). Uveden je i fokusirani udarni val usmjeren na linije, koji ima veće područje djelovanja, ali nižu maksimalnu gustoću energije (Gatz et al., 2021). Djelovanje je složeno, ali još uvijek nedovoljno istraženo. Smatra se da može pokrenuti kataboličke i imunološke procese povezane s uklanjanjem oštećenog matriksa. Umnožavanjem tenocita i sintezom kolagenih vlakana dolazi do bržeg cijeljenja i regeneracije tetive (Chen et al., 2022). Jedan od glavnih učinaka je analgetski, jer udarni val utječe na aktivaciju sustava za suzbijanje boli na razini leđne moždine te u tretiranom području smanjuje otpuštanje tvari zaduženih za prijenos boli (Stania et al., 2019). Moguće nuspojave su crvenilo kože, bolnost nakon tretmana, hematomi, modrice, iritacije živca i edem. Opasnost od rupture je mala. Međutim prema istraživanju Coste i suradnika (2005) prije primjene udarnog vala kod osoba starijih od 60 godina potrebno je provesti detaljne dijagnostičke pretrage. Danas se upotreba udarnog vala kod tendinopatija zagovara zbog brojnih prednosti kao što su: izbjegavanje operacije, sigurnost, efikasnost te znatno manji i razumniji troškovi. Prema provedenim studijama, uspješnost liječenja iznosi 70-90 % (Dedes et al., 2018).

METODE I MATERIJALI

Prilikom pisanja ovog rada korištene su sljedeće baze podataka: Google znalac, „PubMed“ te Cochrane Library. Izdvojeno je sedam relevantnih istraživanja, najveći broj njih je iz vremenskog perioda od 2020. do 2024. godine, a manji broj radova bio je stariji od pet godina. Prema vrsti rada, pet radova bilo je randomizirano kontrolno istraživanje s visokom razinom dokaza, a preostala dva rada bila su kohortne studije s umjerenom razinom dokaza. Ključne riječi koje su se koristile za pretraživanje baze podataka su: Achilles tendinopathy, athletes, shockwave therapy.

REZULTATI

U ovom su poglavlju, kroz tablicu (Tablica 1.), prikazani odabrani radovi koji istražuju učinak udarnog vala na Ahilovu tendinopatiju. Iz tablice se mogu iščitati sljedeće podatke: autore i godinu objave rada, naslov studije, vrstu istraživanja i broj ispitanika, opis provedenih intervencija i dobiveni ishodi.

Tablica 1. Prikaz radova o učincima udarnog vala kao dodatka konzervativnom liječenju kod pacijenata s Ahilovom tendinopatijom

AUTORI I GODINA	STUDIJA	VRSTA ISTRAŽIVANJA I BROJ ISPITANIKA	INTERVENCIJE	ISHODI
Vahdatpour et al., 2018.	Effectiveness of extracorporeal shockwave therapy for chronic Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial	Randomizirano dvostruko slijepo kliničko istraživanje (n = 45)	Ispitivana skupina: radijalni i fokusirani udarni val s fizikalnom terapijom (masaža, ekscentrične vježbe i istezanje). Kontrolna skupina: placebo udarni val i fizikalna terapija.	Smanjenje boli i poboljšanje funkcionalnosti. Nakon 16 tjedana praćenja, ispitivana skupina postigla je bolje rezultate, dok u ranijim vremenskim točkama nije bilo značajne razlike među skupinama.
Gatz et al., 2021.	Line- and Point-Focused Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Placebo-Controlled RCT Study	Jednostruko zaslijepjeno placebo kontrolirano randomizirano kontrolirano ispitivanje (n = 66)	Tri skupine: prva je primila udarni val usmjeren na liniju, druga udarni val usmjeren na točku, a treća placebo. Provodili su identičan program fizioterapije (istezanje, ekscentrične i izometričke vježbe).	Poboljšanje funkcionalnosti tetive za sve skupine, posebice za one usmjerene na točku ali bez statistički značajne razlike. Ta skupina je pokazala značajno povećanje elastičnih svojstava tetive.
Rompe, Furia i Maffulli, 2008.	Eccentric Loading versus Eccentric Loading plus Shock-Wave Treatment for Midportion Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled	Randomizirano kontrolno ispitivanje (n = 68)	Jedna skupina provodila je samo ekscentrične vježbe, dok je druga skupina uz vježbe primala i udarni val niskog intenziteta.	Kombinacija ekscentričnih vježbi i udarnog vala dala je bolje rezultate nakon 4 mjeseca praćenja u odnosu na samo ekscentrične vježbe. Nakon godine dana nije bilo razlike između skupina.
Butler et al., 2024.	Outcomes After Extracorporeal Shockwave Therapy for Chronic Noninsertional Achilles Tendinopathy	Retrospektivni pregled (n = 86)	Terapija udarnim valom	Nakon šest mjeseci zabilježeno poboljšanje subjektivnih kliničkih ishoda za obje skupine. Međutim nakon

	Compared With Chronic Insertional Achilles Tendinopathy: A Retrospective Review			više od godinu dana praćenja skupina s insercijskojm tendinopatijom imala je značajno veću stopu neuspjeha. Dovodi se u pitanje dugoročni učinak kod ovog oblika tendinopatije.
Zhang et al., 2020.	Therapeutic Response of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Insertional Achilles Tendinopathy Between Sports-Active and Nonsports-Active Patients With 5-Year Follow-up	Retrospektivna kohortna studija (n = 33)	Radijalni udarni val primijenjen u obje skupine	Obje skupine su imale smanjenje boli i poboljšanje funkcionalnosti. Nakon pet godina praćenja, značajno bolji terapijski odgovor je imala skupina koja se bavila sportom. Nije bilo razlike u neovaskularizaciji i kalcifikaciji.
Abdelkader et al., 2021.	Short- and Intermediate-Term Results of Extracorporeal Shockwave Therapy for Noninsertional Achilles Tendinopathy	Dvostruko slijepo randomizirano kontrolno istraživanje (n = 50)	Obje skupine su provodile ekscentrične vježbe i istezanje; ispitivana skupina dodatno je primila terapiju udarnim valom, a kontrolna skupina placebo.	Nakon 1. i 16. tjedna praćenja zabilježeno je poboljšanje u obje skupine, ali rezultati su bili značajno bolji u ispitivanoj skupini.
Alsulaimani et al., 2024.	Does shockwave therapy lead to better pain and function than sham over 12 weeks in people with insertional Achilles tendinopathy? A randomised controlled trial	Randomizirano kontrolno istraživanje (n = 76)	Svi ispitanici su sudjelovali u programu vježbanja i edukaciji; ispitivana skupina je dodatno primila radijalni udarni val, a simulaciju udarnog vala.	Udarni val kao dodatak vježbanju i edukaciji kod insercijske tendinopatije nije doveo do smanjenja boli niti poboljšanja funkcije nakon 6. i 12. tjedna praćenja.

RASPRAVA

Terapija udarnim valom, kao minimalno invazivna metoda, mogla bi povećati učinkovitost liječenja zbog ciljanja točno određenog područja, međutim još uvijek nedostaju dovoljno

pouzdati podaci koji bi to potvrdili. Vahdatpour i suradnici (2018) su ispitivali učinak terapije udarnim valom kod Ahilove tendinopatije te su nakon 16 tjedana praćenja bolje rezultate imali pacijenti koji su primili fokusirani i radijalni udarni val u kombinaciji s fizioterapijom u odnosu na skupinu koja je primila placebo i fizioterapiju. Rezultati su pokazali smanjenje boli i poboljšanje funkcionalnosti, međutim nije bilo statistički značajne razlike između skupina u ranijim vremenima praćenja (četvrti tjedan i prije 16. tjedna). Prednosti udarnog vala uključuju minimalnu invazivnost, mogućnost ambulantnog liječenja i ciljanje točno određenog područja. Nije bilo prijavljenih komplikacija u vezi njegove primjene (Vahdatpour et al., 2018). Nova tehnika je ona usmjerena na liniju, koja isporučuje jednaku gustoću energije na dužini od 50 mm stoga je pogodna za tretiranje većih površina. Gatz i suradnici (2021) istraživali su razliku između ove vrste i standardne, usmjerene na točku, u usporedbi s placebom, u kombinaciji s fizioterapijom. Nakon 24 tjedna praćenja uočeno je značajno poboljšanje kod svih pacijenata, no bez statistički značajne razlike između skupina (Gatz et al., 2021). Udarni val fokusiran na točku davao je nešto bolje rezultate, razlog tomu može biti maksimalna distribucija energije u točki, međutim razlika nije bila statistički značajna. Pomoću elastografije posmičnim valovima uočeno je povećanje elastičnih svojstava tetive, pretpostavka jest da se smanjuje koncentracija proteoglikana koji su u većoj količini remetili kretanje fascikula za vrijeme pokreta (Gatz et al., 2021). Udarni val se može koristiti kao monoterapija, ali u većini slučajeva koristi se u kombinaciji s drugim procedurama. Smatra se da zajedno s ekscentričnim vježbama dovodi do dugoročnog poboljšanja stanja (Korakakis et al., 2018). Vježbanje omogućuje mehaničko opterećenje tetive te trbuha mišića gastrocnemiusa i soleusa, što posljedično dovodi do preoblikovanja tetive, smanjenja boli te veće snage i izdržljivosti mišića (Butler et al., 2024). U randomiziranom kontrolnom istraživanju Rompe i suradnici (2008) uspoređivali su terapiju ekscentričnim vježbama s kombinacijom ekscentričnih vježbi i terapije udarnim valom kod pacijenata s neinsercijskom Ahilovom tendinopatijom. Nakon 4 mjeseca praćenja, skupina koja je primila kombinaciju tretmana imala je bolje rezultate, dok nakon godinu dana nije bilo razlike između skupina. Istraživanje Abdelkadera i suradnika (2021) pokazalo je da se učinak istezanja i ekscentričnih vježbi kod Ahilove tendinopatije dodatno povećava ukoliko se kombiniraju s udarnim valom. Kroz svoj sustavni pregled Feeney (2022) je potvrdio da udarni val u kombinaciji s ekscentričnim i istezanjem može biti učinkovitiji od izolirane primjene udarnog vala kod neinsercijskog oblika. Ishod liječenja ovisi o mjestu ozljede Ahilove tetive i pridruženih patologija. Do sada nema istraživanja koja bi jasno utvrdila je li bolji fokusirani ili radijalni udarni val kod Ahilove tendinopatije (Stania et al., 2019). Zhang i suradnici (2020) su tijekom petogodišnjeg praćenja dokazali bolji terapijski učinak udarnog vala na insercijski oblik među sportašima u usporedbi s tjelesno neaktivnim osobama. Sportaši su pokazali manju bol i veću funkcionalnost tetive, dok nije bilo značajne razlike u neovaskularizaciji i kalcifikaciji (Zhang et al., 2020). Rezultati su u skladu s ranije provedenim istraživanjem od Maffuli i suradnika (2004) koji su utvrdili da pacijenti koji se ne bave sportom imaju veću stopu komplikacija i dulje trajanje oporavka nakon kirurškog liječenja tetive u odnosu na sportaše. Paantjens i suradnici (2022), kroz pregled randomiziranih kontrolnih istraživanja utvrdili su da primjena udarnog vala u kombinaciji s ekscentričnim vježbama povećava uspješnost liječenja neinsercijske tendinopatije. S druge strane dodavanje udarnog vala vježbama nije poboljšalo stanje kod pacijenata s insercijskim oblikom (Paantjens et al., 2022). Slabiji učinak u ovom slučaju moguće je zbog nekoliko razloga: uglavnom se ne radi o izoliranoj patologiji tetive,

može zahvatiti okolne strukture što otežava identifikaciju boli i otežano je liječenje u slučaju pridruženih metaboličkih bolesti (Zhi et al., 2021). U istraživanju Alusalaimani i suradnika (2024) dodavanje udarnog vala vježbama kod insercijske tendinopatije nije dovelo do smanjenja boli niti poboljšanja funkcije tetive u usporedbi s placebom. Nasuprot tome u drugom istraživanju došlo je do značajnog smanjenja boli, povećanja funkcionalnosti i do 24 mjeseca nakon primjene udarnog vala kod pacijenata s insercijskom tendinopatijom (Maffuli et al., 2018). Tijekom jednogodišnjeg praćenja Butler i suradnici (2024) utvrdili su kako udarni val ima veću stopu uspjeha kod neinsercijske tendinopatije, dok kod insercijskog oblika pruža samo privremeno olakšanje, uglavnom do šest mjeseci nakon tretmana. Autori su zaključili kako je usprkos tomu primjena udarnog vala kod insercijske tendinopatije sportaša opravdana budući olakšava simptome, omogućuje sudjelovanje u treninzima i natjecanjima tijekom sezone te odgađa kirurški zahvat za period izvan sezone (Butler et al., 2024). Uspoređivanje studija težak je zadatak i uglavnom se nepodudarnost javlja zbog različitih varijacija u primjeni. Učinak ovisi o: vrste udarnog vala, kombiniranih tretmana, količine energije, lokalizacije, broja šokova i sesija (Maffuli et al., 2018). Kroz sustavni pregled literature, Stania i suradnici (2019) su uočili kontradiktornost raznih studija i brojne nedoumice u vezi primjene udarnog vala. Probleme u procjeni njegove učinkovitosti stvara to što još uvijek nema odluke koja vrsta i metoda primjene je najbolja za ovo stanje. Dodatno postoji nejasan biološki odgovor i nedostatak objektivnih mjerenja. Usprkos tomu, zaključeno je kako udarni val predstavlja sigurnu metodu kod Ahilove tendinopatije koja se dobro podnosi (Stania et al., 2019). Autori su naglasili kako je za konačne rezultate potrebno dugoročno praćenje, budući udarni val ne izaziva brzo poboljšanje simptoma nego pokreće reparativne procese unutar ozlijeđenog tkiva (Stania et al., 2019). Prema Rompe i suradnicima (2007), završeno praćenje ne treba provoditi prije 4 mjeseca, jer je to minimalno razdoblje potrebno za obnovu kolagena i remodeliranje tkiva. Maffuli i suradnici (2018) uočili su kako je nestanak boli moguć nakon 3 mjeseca primjene, dok je za vraćanje funkcionalnosti potreban duži vremenski period od šest mjeseci ili više. Na osnovu podataka o vremenu poboljšanja može se uvidjeti kako nestanak simptoma ne znači nužno potpuni oporavak (Wang et al., 2022). Prerano vraćanje sportskim aktivnostima predstavlja primarni razlog ponovnog javljanja tendinopatije kod 27-44% sportaša. Prije povratka sportaša na prethodnu razinu potrebno je uzeti u obzir simptome, funkcionalnost, strukturu tetive i psihološke čimbenike (Corrigan et al., 2018).

ZAKLJUČAK

Pregledom dosadašnjih istraživanja zaključuje se kako je udarni val sigurna i učinkovita metoda liječenja srednjeg dijela Ahilove tendinopatije, dok je njegova primjena kod insercijskog oblika još uvijek upitna, osobito kada se govori o dugotrajnim učincima. Bolji terapijski učinak postiže se ukoliko se udarni val kombinira s ekscentričnim vježbama. Prednosti ove metode očituju se u neinvazivnosti, minimalnim troškovima i ono što je važno za sportaše posebno tijekom sezone jest da nema dugotrajnog izostanka s terena kao nakon operativnog zahvata. Važno je naglasiti kako udarni val ne dovodi do brzog oporavka, već pokreće reparativne procese u tetivi i zato je potreban oprez prilikom odlučivanju o povratku sportaša na teren. Nestanak simptoma ne znači nužno potpuni oporavak već treba uzeti u obzir i druge parametre poput strukture, funkcije tetive i psihološkog statusa sportaša. Potrebno je provoditi dugoročno praćenje od

minimalno šest mjeseci kako bi se dobio uvid u stvarni oporavak tetive. U budućnosti su potrebna visokokvalitetna istraživanja kojima bi se utvrdio optimalni protokol liječenja, odnosno potrebna doza, broj tretmana kao i vrijeme između njih radi postizanja najboljih terapijskih rezultata.

LITERATURA

1. Abdelkader, N. A., Helmy, M. N., Fayaz, N. A., & Saweeres, E. S. (2021). Short- and Intermediate-Term Results of Extracorporeal Shockwave Therapy for Noninsertional Achilles Tendinopathy. *Foot & Ankle International*, 42(6), 788-797.
2. Alsulaimani, B., Perraton, L., Vallance, P., Powers, T., & Malliaras, P. (2025). Does shockwave therapy lead to better pain and function than sham over 12 weeks in people with insertional Achilles tendinopathy? A randomised controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 39(2), 174-186.
3. Butler, J. J., DeClouette, B., Azam, M. T., Walls, R. C., Jejelava, G., Zheng, D., ... Kennedy, J. G. (2024). Outcomes After Extracorporeal Shockwave Therapy for Chronic Noninsertional Achilles Tendinopathy Compared With Chronic Insertional Achilles Tendinopathy: A Retrospective Review. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 12(9).
4. Caudell, G. (2017). Insertional Achilles Tendinopathy. *Clinics in Pediatric Medicine and Surgery*, 34(2), 195-205.
5. Chen, Y., Lyu, K., Lu, J., Jiang, L., Zhu, B., Liu, X., ... Li, S. (2022). Biological response of extracorporeal shock wave therapy to tendinopathy in vivo (review). *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 851-894.
6. Corrigan, P., Cortes, D., Pontiggia, L., & Silbernagel, K. G. (2018). The degree of tendinosis is related to symptom severity and physical oactivity levels in patients with midportion achilles tendinopathy. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(2), 196-207.
7. Costa, M. L., Shepstone, L., Donell, S. T., & Thomas, T. L. (2005). Shock wave therapy for chronic Achilles tendon pain: a randomized placebo-controlled trial. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 440, 199-204.
8. Dedes, V., Stergioulas, A., Kipreos, G., Dede, A. M., Mitseas, A., & Panoutsopoulos, G. I. (2018). Effectiveness and Safety of Shockwave Therapy in Tendinopathies. *Materia Socio Medica*, 30(2), 131-146.
9. Feeney, K. M. (2022). The Effectiveness of Extracorporeal Shockwave Therapy for Midportion Achilles Tendinopathy: A Systematic Review. *Cureus*, 14(7), 269.
10. Florit, D., Pedret, C., Casals, M., Malliaras, P., Sugimoto, D., & Rodas, G. (2019). Incidence of Tendinopathy in Team Sports in a Multidisciplinary Sports Club Over 8 Seasons. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(4), 80-788.
11. Gatz, M., Schweda, S., Betsch, M., Dirrichs, T., Fuente, M., Reinhardt, N., & Quack, V. (2021). Line- and Point-Focused Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Placebo-Controlled RCT Study. *Sports Health*, 13(5), 511-518.
12. Janssen, I., Worp, H., Hensing, S., & Zwerver, J. (2018). Investigating Achilles and patellar tendinopathy prevalence in elite athletics. *Research in Sports Medicine*, 26(1), 1-12.

13. Korakakis, V., Whiteley, R., Tzavara, A., & Malliaropoulos, N. (2018). The effectiveness of extracorporeal shockwave therapy in common lower limb conditions: a systematic review including quantification of patient-rated pain reduction. *British Journal of sports medicine*, 52(6), 387-407.
14. Maffulli, G., Padulo, J., Iuliano, E., Furia, J., Rompe, J., & Maffulli, N. (2018). Extracorporeal shock wave therapy in the management of insertional Achilles tendinopathy: the ASSERT database. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 8(3), 416-422.
15. Maffulli, N., Sharma, P., & Luscombe, K. L. (2004). Achilles tendinopathy: aetiology and management. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 97(10), 472-476.
16. Paantjens, M. A., Helmhout, P. H., Backx, F. J., Etten-Jamaludin, F. S., & Bakker, E. W. (2022). Extracorporeal Shockwave Therapy for Mid-portion and Insertional Achilles Tendinopathy: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 68.
17. Rola, P., Włodarczak, A., Barycki, M., & Doroszko, A. (2022). Use of the Shock Wave Therapy in Basic Research and Clinical Applications—From Bench to Bedside. *Biomedicines*, 10(3), 568.
18. Rompe, J. D., Furia, J., & Maffulli, N. (2008). Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. *The Journal of bone and joint surgery*, 90(1), 52-61.
19. Rompe, J. D., Furia, J., & Maffulli, N. (2009). Eccentric loading versus eccentric loading plus shock-wave treatment for midportion achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 463-470.
20. Rompe, J. D., Nafe, B., Furia, J. P., & Maffulli, N. (2007). Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, 35(3), 374-83.
21. Scott, A., Squier, K., Alfredson, H., Bahr, R., Cook, J., Coombes, B., ... Zwerv, J. (2019). ICON 2019: International Scientific Tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, 54(5), 260-262.
22. Silbernagel, K. G., Hanlon, S., & Sprague, A. (2020). Current Clinical Concepts: Conservative Management of Achilles Tendinopathy. *Journal of Athletic Training*, 55(5), 438-447.
23. Singh, A., Calafi, A., Diefenbach, C., Kreulen, C., & Giza, E. (2017). Noninsertional Tendinopathy of the Achilles. *Foot & Ankle Clinics*, 22(4), 745-760.
24. Stania, M., Juras, G., Chmielewska, D., Polak, A., Kucio, C., & Król, P. (2019). Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy. *BioMed Research International*, 17, 1686-1695.
25. Vahdatpour, B., Forouzan, H., Momeni, F., Ahmadi, M., & Taheri, P. (2018). Effectiveness of extracorporeal shockwave therapy for chronic Achilles tendinopathy: A randomized clinical trial. *Journal of Researches in Medical Sciences*, 23, 37.
26. Wang, Y., Zhou, H., Nie, Z., & Cui, S. (2022). Prevalence of Achilles tendinopathy in physical exercise: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine and Health Science*, 4(3), 152-159.

27. Zellers, J. A., Bley, B. C., Pohlig, R. T., Alghamdi, N. H., & Silbernagel, K. G. (2019). Frequency of pathology on diagnostic ultrasound and relationship to patient demographics in individuals with insertional achilles tendinopathy. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(5), 761-769.
28. Zhang, S., Li, H., Yao, W., Hua, Y., & Li, Y. (2020). Therapeutic Response of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Insertional Achilles Tendinopathy Between Sports-Active and Nonsports-Active Patients With 5-Year Follow-up. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 8(1).
29. Zhi, X., Liu, X., Han, J., Xiang, Y., Wu, H., Wei, S., & Xu, F. (2021). Nonoperative treatment of insertional Achilles tendinopathy: a systematic review. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16, 233.

FIZIOTERAPIJA KAO ZNANOST BUDUĆNOSTI: PREVENCIJA KROZ SPORT, REKREACIJU I WELLNESS U POTICANJU MOTORIČKOG I KOGNITIVNOG RAZVOJA DJECE

PHYSIOTHERAPY AS THE SCIENCE OF THE FUTURE: PREVENTION THROUGH SPORT, RECREATION AND WELLNESS IN PROMOTING MOTOR AND COGNITIVE DEVELOPMENT IN CHILDREN

Sena Bogdanović

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
sbogdanovic@fdmz.hr

Marin Buljan

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
mbuljan@fdmz.hr

Dorothea Bedeković

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
dbedekovic@fdmz.hr

Sažetak

Fizioterapija se u suvremenim istraživanjima sve više prepoznaje kao znanost budućnosti, osobito u području preventivne medicine, javnog zdravlja i edukacije. Cilj rada bio je analizirati ulogu fizioterapije u sportu, rekreaciji i wellnesu u poticanju motoričkog i kognitivnog razvoja djece te istaknuti njezin doprinos prevenciji neurorazvojnih odstupanja u digitalnom dobu. Metodološki, rad se temelji na analizi recentne znanstvene literature iz područja fizioterapije, kineziologije i neuroznanosti objavljene u razdoblju od 2008. do 2024. godine. Rezultati pregledanih istraživanja pokazuju da redovita tjelesna aktivnost, osobito kroz sport i strukturiranu rekreaciju, potiče neuroplastičnost, poboljšava pažnju i izvršne funkcije te pozitivno utječe na strukturne promjene u mozgu. Nasuprot tome, produljeno vrijeme provedeno pred ekranima povezano je sa smanjenom motoričkom koordinacijom, slabijom pažnjom i otežanim učenjem. Zaključuje se da integracija fizioterapijskih koncepata u sport i wellness predstavlja učinkovitu preventivnu strategiju za očuvanje zdravlja i poticanje cjelovitog razvoja djece. Interdisciplinarni pristup, u kojem fizioterapija ima središnju ulogu, može pridonijeti oblikovanju razvojno poticajnog i uravnoteženog digitalnog okruženja.

Ključne riječi: *fizioterapija, sport, motorički razvoj, kognitivni razvoj djece, neuroplastičnost.*

Abstract

Physiotherapy is increasingly recognized in contemporary research as a science of the future, particularly within preventive medicine, public health, and education. The aim of this paper was to analyze the role of physiotherapy in sport, recreation, and wellness in promoting motor and cognitive development in children, and to highlight its contribution to the prevention of neurodevelopmental disorders in the digital age. Methodologically, this paper is based on the analysis of recent scientific literature from the fields of physiotherapy, kinesiology, and

neuroscience published between 2008 and 2024. The reviewed studies indicate that regular physical activity, especially through sport and structured recreation, enhances neuroplasticity, improves attention and executive functions, and contributes to structural brain changes associated with learning and memory. In contrast, prolonged screen exposure is linked to reduced motor coordination, poorer attention, and learning difficulties. It is concluded that the integration of physiotherapy concepts into sport and wellness represents an effective preventive strategy for preserving health and fostering children's overall development. An interdisciplinary approach, in which physiotherapy plays a central role, may contribute to the creation of a developmentally stimulating and balanced digital environment.

Keywords: *physiotherapy, sport, motor development, cognitive development, neuroplasticity.*

UVOD

Fizioterapija se sve češće definira kao znanost budućnosti koja povezuje medicinu, kineziologiju, neuroznanost i edukaciju. Njezina uloga više ne obuhvaća samo rehabilitaciju, nego i prevenciju te promociju zdravlja u svim životnim razdobljima. U djetinjstvu, koje je ključno za oblikovanje motoričkih i kognitivnih sposobnosti, fizioterapija ima važnu edukativnu i razvojnu funkciju. Suvremeni način života obilježen je smanjenim kretanjem, sjedilačkim aktivnostima i dugotrajnim boravkom pred ekranima, što dovodi do porasta motoričkih deficita, problema s pažnjom, učenjem i regulacijom emocija (Best, 2010; WHO, 2019). Svjetska zdravstvena organizacija (WHO, 2019) upozorava da većina djece u Europi ne zadovoljava minimalne preporuke o svakodnevnom kretanju, što se povezuje s povećanim rizikom od pretilosti, smanjenog tonusa mišića, ali i narušenog emocionalnog zdravlja.

Neuroznanstvena istraživanja posljednjih dvadesetak godina potvrđuju da tjelesna aktivnost ima izravan učinak na razvoj struktura mozga odgovornih za pažnju, pamćenje i izvršne funkcije. Funkcionalna magnetska rezonancija (fMRI) i difuzijsko tenzorsko snimanje (DTI) pokazali su da redovita tjelesna aktivnost kod djece potiče rast i jačanje hipokampusa, što rezultira boljom sposobnošću učenja i dugotrajnog pamćenja (Chaddock et al., 2010; Erickson et al., 2011; Yang et al., 2023). Osim hipokampusa, povećana aktivnost u prefrontalnom korteksu povezuje se s poboljšanom pažnjom, planiranjem i kontrolom impulsa (Fernandes et al., 2024; Diamond, 2015), dok promjene u bazalnim ganglijima i malom mozgu doprinose boljoj motoričkoj koordinaciji i preciznosti pokreta (Chaddock et al., 2010). Ove spoznaje podupiru suvremene teorije o neuroplastičnosti koje ističu da mozak u razvoju ne sazrijeva pasivno, već kroz interakciju s okolinom i iskustvom kretanja (Kolb & Gibb, 2011; Merzenich, 2013; Mao et al., 2024).

Redovita fizička aktivnost potiče neuroplastičnost, odnosno sposobnost mozga da stvara nove neuronske veze i prilagođava se novim iskustvima. Ta se svojstva posebno intenzivno razvijaju u ranom i srednjem djetinjstvu, kada motorička aktivnost ima najveći utjecaj na kognitivni razvoj i emocionalnu stabilnost (Carcelén-Fraile et al., 2025; Tao, et al., 2025). Djeca koja se bave sportom i rekreativnim aktivnostima imaju bolje razvijene izvršne funkcije, višu razinu samoregulacije i uspješnije akademske rezultate (Khan & Hillman, 2014; Fernandes et al., 2024; Yang et al., 2024). Novija istraživanja potvrđuju da kombinacija aerobnih i kognitivno angažiranih aktivnosti ima najizraženiji učinak na razvoj izvršnih funkcija, radnog pamćenja i

pažnje (Mao et al., 2024; Tao et al., 2025; Song et al., 2024). Takve aktivnosti potiču aktivaciju frontalnih i cerebelarnih regija, koje imaju ključnu ulogu u planiranju, donošenju odluka i učenju.

Istodobno, digitalno doba donijelo je nove obrasce ponašanja koji mijenjaju svakodnevicu djece. Pretjerano vrijeme provedeno pred ekranima povezano je s promjenama u pažnji, motivaciji i emocionalnoj regulaciji, kao i s nižom razinom motoričke aktivnosti (Hutton et al., 2020; Stiglic, Viner, 2019; Geng et al., 2023). Nedostatak spontanog kretanja u ranom djetinjstvu povezuje se s lošijom senzomotoričkom integracijom i slabijim razvojem kortikalnih veza odgovornih za orijentaciju u prostoru (Carson et al., 2020; *Frontiers in Public Health*, 2023). Prema istraživanju Carsona i suradnika (2020), upravo su kombinirani obrasci pokreta, igre i društvene interakcije ključni za optimalan razvoj motoričkih, kognitivnih i socijalno-emocionalnih funkcija u predškolskoj dobi. Uloga fizioterapije u tom kontekstu jest prepoznati i poticati optimalne obrasce kretanja te kroz integraciju sa sportom i wellnessom stvarati multidisciplinarni okvir koji pridonosi zdravlju, razvoju i oblikovanju zdravih životnih navika.

Brojna istraživanja potvrđuju da redovita tjelesna aktivnost i strukturirani fizioterapijski programi imaju mjerljiv pozitivan utjecaj na pažnju, izvršne funkcije i akademske rezultate djece, čime se fizioterapija potvrđuje kao ključna karika između motoričkog i kognitivnog razvoja (Donnelly et al., 2016; Hillman, Erickson, Kramer, 2008). Fizioterapija se tako pozicionira kao temeljna znanost budućnosti koja objedinjuje znanstvena saznanja o neuroplastičnosti, ponašanju i učenju, pružajući dokazano učinkovite pristupe za poticanje motoričkog i kognitivnog razvoja djece u digitalnom dobu. Cilj rada je analizirati ulogu fizioterapije u poticanju motoričkog i kognitivnog razvoja djece kroz sport, rekreaciju i wellness te istaknuti njezin doprinos prevenciji neurorazvojnih odstupanja u digitalnom dobu. Poseban naglasak stavlja se na fizioterapijske pristupe koji nadilaze granice rehabilitacije i pridonose promicanju zdravog načina života od najranije dobi.

FIZIOTERAPIJA, RAZVOJ DJECE I IZAZOVI DIGITALNOG DOBA

Digitalno doba donijelo je velike promjene u načinu odrastanja djece. Prosječno dijete predškolskog i školskog uzrasta provodi između tri i šest sati dnevno pred ekranom, što značajno utječe na obrasce pažnje, emocionalnu regulaciju i motoričku aktivnost. Dok su ranije generacije razvijale pažnju i koordinaciju kroz igru, pokret i fizičku interakciju s okolinom, današnja djeca sve češće pokazuju deficite u posturalnoj kontroli, orijentaciji u prostoru i senzomotoričkoj integraciji. Sve veći broj istraživanja ukazuje na povezanost sjedilačkog načina života s pojavom tzv. hipokinetičkog sindroma u dječjoj dobi, koji obuhvaća smanjen tonus mišića, poremećaje držanja i smanjenu sposobnost koncentracije tijekom školskih aktivnosti (Hutton et al., 2020; Geng et al., 2023; Guellai et al., 2022; *Frontiers in Public Health*, 2023).

Neuroznanstvena istraživanja provedena u posljednjih nekoliko godina potvrđuju da prekomjerna uporaba digitalnih uređaja utječe na strukturalni razvoj mozga, posebno u regijama zaduženima za pažnju, jezik i izvršne funkcije. Povećano vrijeme provedeno pred ekranima povezano je sa smanjenom bijelom tvari u živčanim putevima koji prenose informacije između različitih regija mozga, što može rezultirati slabijom koncentracijom i otežanim usvajanjem

novih znanja (Hutton et al., 2020). Istraživanja provedena u razdoblju nakon pandemije dodatno upozoravaju da smanjeno kretanje i pojačana digitalna stimulacija u ranom djetinjstvu mogu imati dugoročne posljedice na razvoj pažnje, prostorne orijentacije i emocionalne regulacije (Frontiers in Public Health, 2023).

S druge strane, novije studije sve više ističu da kognitivno angažirana tjelesna aktivnost, koja kombinira pokret i misaone zadatke (npr. igre koje uključuju pamćenje pokreta, koordinaciju, planiranje), ima snažan utjecaj na razvoj izvršnih funkcija kod djece. Takve aktivnosti potiču aktivaciju prefrontalnog korteksa, hipokampusa i malog mozga, regija koje imaju ključnu ulogu u učenju, planiranju i emocionalnoj kontroli (Song et al., 2024; Li et al., 2022). Osim poboljšanja pažnje i radnog pamćenja, dokazano je da redovito uključivanje koordinacijskih i ritmičkih vježbi može pridonijeti većoj akademskoj uspješnosti, boljem socijalnom ponašanju i smanjenju simptoma poremećaja pažnje kod djece školske dobi (Li et al., 2022).

Fizioterapija u ovom kontekstu ima ključnu preventivnu, edukacijsku i razvojnu funkciju, jer ne djeluje samo korektivno na postojeće motoričke disbalanse, nego oblikuje programe koji ciljano potiču integraciju tjelesnih i kognitivnih funkcija (Donnelly et al., 2016; Hillman, Erickson & Kramer, 2008; Voss et al., 2011).

Strukturirani programi kretanja potiču aktivaciju neuralnih mreža odgovornih za pažnju, pamćenje i emocionalnu samoregulaciju. Suvremeni fizioterapijski pristupi, koji uključuju elemente neuroedukacije, proprioceptivnog treninga i senzomotorne stimulacije, predstavljaju snažan alat za jačanje kognitivnih i emocionalnih kapaciteta djece (Song et al., 2024).

U tom smislu fizioterapeut više nije samo stručnjak za rehabilitaciju, već postaje edukator i vodič u prevenciji neurorazvojnih odstupanja. U suradnji s učiteljima i roditeljima može osmisлити individualizirane programe koji kombiniraju vježbe ravnoteže, fine motorike, bilateralne koordinacije i pažnje. Takve aktivnosti, integrirane u obrazovne i sportske programe, istodobno potiču motorički razvoj i jačaju povezanost između fizičkog i kognitivnog sustava.

U digitalnom dobu, u kojem su djeca često preplavljena informacijama, fizioterapija pomaže u rebalansiranju živčanog sustava, smanjenju stresa i vraćanju pažnje na tjelesnu svjesnost. Na taj način fizioterapija postaje važan most između tehnologije i prirodnih razvojnih potreba djeteta, osiguravajući održivu ravnotežu između digitalnog i stvarnog svijeta te potvrđujući svoj interdisciplinarni karakter.

MATERIJALI I METODE

Ovaj pregledni rad temelji se na analizi recentnih znanstvenih spoznaja o ulozi fizioterapije u prevenciji motoričkih i kognitivnih deficita te promicanju cjelovitog razvoja djece u digitaliziranom okruženju. Integriraju se rezultati istraživanja iz fizioterapije, kineziologije, neuroznanosti i edukacijskih znanosti u jedinstveni teorijski okvir koji povezuje motorički razvoj s neuroplastičnošću i kognitivnim funkcijama.

Pretraga je provedena u bazama podataka PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar i Frontiers u razdoblju od rujna do listopada 2025. godine. Obuhvaćeni su recenzirani radovi objavljeni od 2008. do 2024., s naglaskom na posljednjih pet godina. Dodatno su analizirani

dokumenti Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) koji sadrže preporuke o tjelesnoj aktivnosti djece i mladih.

Korištene su kombinacije ključnih riječi: *physiotherapy, motor development, cognitive development, neuroplasticity, physical activity, exercise and brain, executive functions, digital media, screen time, sensorimotor integration, prevention, children, wellness*, uz Booleove operatore (AND, OR, NOT). Kombinacije poput *physiotherapy AND children AND cognition* ili *screen time AND neuroplasticity AND attention* omogućile su precizno prepoznavanje relevantnih studija.

Uključeni su recenzirani radovi provedeni na djeci i adolescentima (3-18 godina) koji su istraživali učinke tjelesne aktivnosti ili terapijskih intervencija na razvoj mozga, pažnje i motoričkih sposobnosti. Isključeni su nerecenzirani izvori, popularno-znanstveni tekstovi i studije provedene na odraslim ispitanicima.

Analiza je obuhvatila nekoliko faza: pregled metodologije, uzorka i instrumenata, tematsku klasifikaciju nalaza i kvalitativnu sintezu rezultata. Radovi su grupirani u tri tematska područja: (1) učinci tjelesne aktivnosti i fizioterapijskih pristupa na razvoj mozga i neuroplastičnost, (2) utjecaj sjedilačkog načina života i digitalnih medija na pažnju i motoričke sposobnosti, te (3) integrativna uloga fizioterapije u prevenciji motoričkih i kognitivnih deficita kroz sport, rekreaciju i wellness. Tijekom izrade rada poštovana su etička načela znanstvenog istraživanja, uz jasno navođenje svih korištenih izvora prema Harvard stilu citiranja, u skladu s *Uputama autorima* Veleučilišta Lavoslava Ružičke u Vukovaru (VEVU).

REZULTATI

Analiza znanstvene literature (2008.-2024.) pokazala je da se fizioterapija sve više profilira kao disciplina koja nadilazi granice rehabilitacije i postaje dio sustava prevencije, edukacije i promocije zdravlja. Sustavna tjelesna aktivnost, pravilno programirana i prilagođena dobi, ima izravan utjecaj na neuroplastičnost i razvoj kognitivnih funkcija djece (Erickson et al., 2011; Chaddock-Heyman et al., 2014; Song et al., 2024).

Neuroimaging studije potvrđuju da redovita aktivnost uzrokuje strukturne i funkcionalne promjene u mozgu povezane s učenjem i pažnjom. Djeca s višom aerobnom sposobnošću imaju veći volumen hipokampusa i bolje rezultate pamćenja (Chaddock et al., 2010; Erickson et al., 2011), dok je prefrontalni korteks posebno osjetljiv na promjene izazvane kretanjem (Diamond, 2015).

Meta-analize (Li et al., 2022; Song et al., 2024) dodatno potvrđuju da aktivnosti koje uključuju kognitivne izazove - koordinacijske, ritmičke i kombinirane senzorne zadatke, snažnije potiču razvoj pažnje i radnog pamćenja od monotonih aerobnih aktivnosti. Takve vježbe povećavaju sinaptičku gustoću i povezanost frontalnih i parijetalnih regija, što čini osnovu dječje neuroplastičnosti.

Motorički i kognitivni razvoj usko su povezani: motoričke vještine potiču pažnju i samoregulaciju, a kognitivne sposobnosti omogućuju složenije pokrete (Hillman et al., 2008; Esteban-Cornejo et al., 2015). Djeca koja redovito sudjeluju u sportskim i rekreativnim aktivnostima imaju bolje rezultate izvršnih funkcija i akademskog uspjeha (Voss et al., 2011).

Koordinacijske aktivnosti poput plesa, borilačkih sportova i gimnastike imaju veći učinak na razvoj mozga nego izolirane aerobne vježbe, jer uključuju planiranje, praćenje i kontrolu pokreta (Diamond, 2015; Chaddock-Heyman et al., 2014; Mao et al., 2024). Fizioterapija pritom ima važnu ulogu u ranoj detekciji motoričkih disbalansa i provođenju programa za razvoj pravilnih obrazaca kretanja, ravnoteže i koordinacije (Donnelly et al., 2016).

Znanstveni dokazi (Hutton et al., 2020; *Frontiers in Public Health*, 2023) ukazuju da dugotrajna izloženost ekranima negativno utječe na bijelu tvar mozga te pažnju, jezik i izvršne funkcije, posebno u predškolskoj dobi. Djeca koja provode više od četiri sata dnevno pred ekranom imaju slabiju koordinaciju i pažnju, dok fizički aktivna djeca zadržavaju bolju posturalnu stabilnost i kognitivnu fleksibilnost (Song et al., 2024).

Programi koji kombiniraju senzomotorne vježbe i edukaciju o zdravom korištenju tehnologije pokazali su se učinkovitima u vraćanju pažnje i poboljšanju emocionalne regulacije (Li et al., 2022). Fizioterapija se time potvrđuje kao interdisciplinarni most između medicine, obrazovanja i javnog zdravstva. Kroz takav integrirani pristup fizioterapija postaje znanost budućnosti, disciplina koja povezuje znanstvene dokaze i praktične metode, aktivno pridonoseći stvaranju zdravijih i kognitivno sposobnijih generacija djece.

RASPRAVA

Rezultati provedenog pregleda literature jasno ukazuju da fizioterapija, kao znanstvena i klinička disciplina sve više nadilazi tradicionalne granice rehabilitacije i prerasta u interdisciplinarno područje koje povezuje prevenciju, edukaciju, javno zdravlje i neuroznanost. Sve veći broj istraživanja potvrđuje da tjelesna aktivnost u dječjoj dobi, bilo kroz strukturirani fizioterapijski program, sport ili slobodnu igru, ima izravan i mjerljiv utjecaj na neuroplastičnost i kognitivne funkcije djece (Erickson et al., 2011; Chaddock-Heyman et al., 2014; Song et al., 2024). Ovi nalazi potvrđuju glavni cilj rada, koji ističe preventivnu i edukacijsku ulogu fizioterapije u poticanju motoričkog i kognitivnog razvoja djece.

Brojne neuroimaging studije pokazale su da kretanje uzrokuje strukturne i funkcionalne promjene u mozgu povezane s učenjem, pažnjom i emocionalnom regulacijom. Redovita tjelesna aktivnost dokazano povećava volumen hipokampusa i jača vezu između frontalnih i parijetalnih regija mozga, što dovodi do poboljšanja koncentracije, planiranja i pamćenja (Chaddock et al., 2010; Erickson et al., 2011; Diamond, 2015). Ovi procesi objašnjavaju zašto fizioterapijski pristupi koji uključuju motoričku stimulaciju i kognitivno angažirane zadatke imaju dugoročne učinke na dječji razvoj. Ti procesi odražavaju neuroplastične mehanizme, odnosno sposobnost mozga da reorganizira i stvara nove neuronske veze kao odgovor na motoričke i senzorne podražaje. Ovi nalazi ukazuju da je kretanje jedna od najvažnijih bioloških potreba mozga u razvoju, bez redovite tjelesne aktivnosti dolazi do usporenog sazrijevanja živčanih mreža koje su odgovorne za pažnju, motivaciju i regulaciju emocija.

Najnovije meta-analize (Li et al., 2022; Song et al., 2024) pokazuju da fizička aktivnost koja uključuje kognitivne izazove, poput koordinacijskih i ritmičkih zadataka, ima daleko snažniji učinak na razvoj pažnje i radnog pamćenja od monotonih aerobnih aktivnosti. Kognitivno angažirane vježbe zahtijevaju istodobnu aktivaciju više sustava, perceptivnog, motoričkog i

kognitivnog, što dovodi do jače sinkronizacije između kortikalnih i subkortikalnih struktura. Takva stimulacija pogoduje stvaranju novih sinapsi i stabilizaciji neuronskih mreža odgovornih za učenje i planiranje. To potvrđuje i koncept „učenja kroz pokret“, koji postaje temelj suvremene fizioterapije usmjerene na djecu i mlade.

Između motoričkog i kognitivnog razvoja postoji dvosmjerna i dinamična povezanost. Motoričke vještine doprinose razvoju pažnje, koncentracije i emocionalne stabilnosti, dok kognitivne sposobnosti omogućuju složenije obrasce pokreta i bolju kontrolu tijela (Hillman, Erickson, Kramer, 2008; Esteban-Cornejo et al., 2015). Motorički razvoj nije izoliran od razvoja mozga, već ga aktivno oblikuje. Djeca koja redovito sudjeluju u sportskim i rekreativnim aktivnostima pokazuju bolju sposobnost fokusiranja, planiranja i donošenja odluka, a time i bolje akademske rezultate.

S neurofiziološkog aspekta, redovito kretanje povećava razinu neurotrofnih čimbenika, posebice BDNF-a (*Brain Derived Neurotrophic Factor*), koji potiče rast dendrita, sinaptičku povezanost i preživljavanje neurona. Povišene razine BDNF-a povezane su s boljim izvršnim funkcijama, radnim pamćenjem i sposobnošću učenja, dok smanjena fizička aktivnost i sjedilački način života dovode do nižih koncentracija ovog proteina i smanjenja neuroplastičnosti (Khalil, 2024; de Azevedo et al., 2020; Szuhany et al., 2022). Sustavna istraživanja potvrđuju da aerobne aktivnosti, poput trčanja, plivanja ili igara na otvorenom, značajno povećavaju BDNF i IGF-1 (Insulin-like Growth Factor-1), što doprinosi rastu i funkcionalnom povezivanju neuronskih mreža kod djece i adolescenata (Loprinzi et al., 2023; Fernandes et al., 2024).

Nasuprot tome, prekomjerno sjedenje, gledanje televizije ili igranje videoigara izazivaju snažnu, ali kratkotrajnu aktivaciju dopaminskog sustava u mozgu. Igrice i digitalni sadržaji dizajnirani su da izazovu stalne “dopaminske skokove” u sustavu nagrađivanja. Dugoročno, taj obrazac može smanjiti osjetljivost dopaminskih receptora i umanjiti interes za aktivnosti koje zahtijevaju napor, strpljenje i tjelesni angažman, poput igre, sporta ili učenja (Premier Health, 2024; Nicklaus Children’s Hospital, 2023; Hutton et al., 2020). Djeca tako postaju sklonija traženju “brzih nagrada” i gube motivaciju za svakodnevno kretanje jer im ono više ne pruža isti osjećaj ugođe.

Takve promjene u dopaminskoj regulaciji i smanjenoj neurotrofnoj aktivnosti mogu dovesti do poremećaja pažnje, impulzivnosti, emocionalne nestabilnosti i slabije kontrole ponašanja (Hutton et al., 2020; Stiglic, Viner, 2019). Nedostatak spontanog kretanja u ranom djetinjstvu dodatno narušava senzomotoričku integraciju i razvoj moždanih mreža odgovornih za orijentaciju u prostoru i koordinaciju pokreta (Frontiers in Public Health, 2023). Zbog toga se uloga fizioterapije i kinezioloških programa u djetinjstvu nameće kao ključna, ne samo radi razvoja motoričkih sposobnosti, nego i radi očuvanja neurobiološke ravnoteže između dopaminskog sustava i neurotrofne podrške mozga, što dugoročno oblikuje djetetovu pažnju, motivaciju i emocionalnu stabilnost (Carcelén-Fraile et al., 2025; Tao, 2025).

Uloga fizioterapije u ovom procesu je višestruka, čime se razvijaju integrirane funkcionalne sposobnosti (Voss et al., 2011; Diamond, 2015; Donnelly et al., 2016). Kao disciplina koja razumije biomehaniku, motoričku kontrolu i neurofiziologiju, fizioterapija može pružiti strukturirane, ciljane programe koji istodobno potiču motorički i kognitivni razvoj. Takvi

programi ne uključuju samo korekciju posture i ravnoteže, nego i vježbe pažnje, propriocepcije i orijentacije u prostoru, čime se razvijaju integrirane funkcionalne sposobnosti. Fizioterapeuti tako djeluju kao posrednici između neuroznanosti i prakse, prevodeći znanstvena otkrića o plastičnosti mozga u konkretne terapijske i edukativne intervencije.

Istodobno, suvremeni društveni kontekst donosi brojne izazove. Povećana digitalizacija i smanjeno vrijeme provedeno u spontanom kretanju doveli su do pojave novog oblika neurorazvojnih poteškoća koje proizlaze iz tzv. „digitalne deprivacije pokreta“, što se povezuje s odgođenim sazrijevanjem frontalnih režnjeva i smanjenjem bijele tvari u mozgu (Hutton et al., 2020; Stiglic, Viner, 2019). Dugotrajna izloženost ekranima u ranoj dobi smanjuje gustoću bijele tvari i slabi povezanost između regija mozga odgovornih za jezik, pažnju i izvršne funkcije (Hutton et al., 2020; *Frontiers in Public Health*, 2023). Takve promjene mogu dovesti do odgođenog sazrijevanja frontalnih režnjeva, što se odražava kroz slabiju koncentraciju, impulzivnost i smanjenu sposobnost emocionalne samoregulacije.

Pandemijsko razdoblje dodatno je naglasilo važnost kretanja kao temeljnog biološkog i psihološkog regulatora, zadržala bolju posturalnu stabilnost i veću kognitivnu fleksibilnost (Wang et al., 2024; Song et al., 2024). Studije provedene nakon pandemije pokazale su da su djeca koja su provodila više od četiri sata dnevno pred ekranom pokazivala značajno nižu razinu pažnje i motoričke koordinacije, dok su ona koja su sudjelovala u fizičkim aktivnostima zadržala bolju posturalnu stabilnost i veću kognitivnu fleksibilnost (Wang et al., 2024). Ovi rezultati snažno upućuju na potrebu sustavne prevencije i edukacije roditelja, nastavnika i djece o rizicima pretjeranog digitalnog izlaganja i važnosti uravnoteženog odnosa između digitalnih i tjelesnih stimulusa.

Fizioterapija u tom smislu postaje ključni čimbenik u stvaranju novih obrazovnih i zdravstvenih modela koji povezuju pokret, učenje i mentalno zdravlje. Ograničenje ovog rada odnosi se na činjenicu da se temelji na dostupnoj literaturi te ne uključuje empirijska mjerenja, što otvara prostor za buduća istraživanja s eksperimentalnim dizajnom i objektivnim neurofiziološkim pokazateljima. Uvođenje fizioterapijskih koncepata u predškolske i školske programe može imati dalekosežne učinke, ne samo u smanjenju rizika od motoričkih disbalansa, nego i u jačanju pažnje, emocionalne regulacije i otpornosti na stres. Kroz strukturirane, ali motivirajuće aktivnosti, fizioterapeuti mogu pomoći djeci da ponovno uspostave vezu između tijela i kognicije, što predstavlja preduvjet za zdravo psihofizičko sazrijevanje.

S obzirom na složenost izazova modernog odrastanja, interdisciplinarna suradnja između fizioterapeuta, psihologa, pedagoga i liječnika postaje nužnost. Fizioterapija više ne može biti promatrana kao izolirano područje, nego kao središnja komponenta integriranog pristupa zdravlju djeteta. Njezina snaga leži u kombinaciji znanstvene preciznosti, individualiziranog pristupa i mogućnosti neposrednog djelovanja na neurofiziološke mehanizme koji određuju kognitivni i emocionalni razvoj.

U tom kontekstu fizioterapija ne samo da doprinosi rehabilitaciji, već i prevenciji neurorazvojnih odstupanja, promociji zdravih životnih navika i jačanju otpornosti djece na stresne podražaje modernog života. Time postaje aktivni sudionik u formiranju zdravijeg društva, onog koje prepoznaje pokret kao osnovni alat učenja, komunikacije i samoregulacije. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na razvoj i evaluaciju fizioterapijskih programa koji

uključuju elemente kognitivnog izazova, digitalne higijene i emocionalne svjesnosti. Takvi bi programi mogli postati temelj novih obrazovnih i zdravstvenih politika usmjerenih na djecu, čime bi se potvrdila vizija fizioterapije kao znanosti budućnosti, discipline koja objedinjuje tijelo, mozak i društvo u jedinstveni koncept zdravlja i razvoja.

ZAKLJUČAK

Suvremene neuroznanstvene spoznaje potvrđuju da tjelesna aktivnost ima ključnu ulogu u razvoju mozga djece, potičući neuroplastičnost i jačajući povezanost regija odgovornih za pažnju, pamćenje i emocionalnu regulaciju. Nasuprot tome, prekomjerna digitalna stimulacija povezuje se sa smanjenjem integriteta bijele tvari i slabijom funkcionalnom povezanošću mozga (Hutton et al., 2020; Frontiers in Public Health, 2023).

Fizioterapija, integrirajući motoričku i kognitivnu stimulaciju, može djelovati preventivno na te promjene te poticati zdravi neurokognitivni razvoj. Uključivanje fizioterapijskih koncepata u obrazovne programe može dugoročno pridonijeti očuvanju pažnje, emocionalne stabilnosti i otpornosti na stres.

Buduća istraživanja trebaju kvantificirati neurofiziološke učinke takvih intervencija i potvrditi njihov utjecaj u digitaliziranom okruženju. Fizioterapija se time potvrđuje kao interdisciplinarna znanost budućnosti koja povezuje tijelo i mozak u jedinstveni koncept zdravlja i razvoja.

LITERATURA

1. Best, J.R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351.
2. Carcelén-Fraile, M. del C., Hita-Contreras, F., Mesas-Aróstegui, M.A. & Aibar-Almazán, A. (2025). Effects of physical activity on executive function and emotional regulation in children and adolescents with neurodevelopmental disorders: a systematic review and meta-analysis. *Healthcare*, 13(19), 2415.
3. Carson, V., Lee, E.Y., Hewitt, L., Jennings, C., Hunter, S., Kuzik, N., Stearns, J.A., Unrau, S.P., Poitras, V.J., Gray, C.E. & Tremblay, M.S. (2020). Movement behaviours and physical, cognitive, and social-emotional development in preschool-aged children: cross-sectional associations. *BMJ Paediatrics Open*, 4(1), e000819.
4. Carson, V., Tremblay, M.S., Chaput, J.P. & Chastin, S.F.M. (2020). Associations between physical activity, sedentary time, and cognitive development in early childhood. *Frontiers in Psychology*, 11, 580698.
5. Chaddock, L., Erickson, K.I., Prakash, R.S., Kim, J.S., Voss, M.W., VanPatter, M., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Konkel, A., Hillman, C.H. & Kramer, A.F. (2010a). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Neuroscience*, 164(3), 611–615.
6. Chaddock, L., Erickson, K.I., Prakash, R.S., VanPatter, M., Voss, M.W., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Hillman, C.H. & Kramer, A.F. (2010b). A neuroimaging investigation of the

- association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358(1), 172–183.
7. Chaddock-Heyman, L., Hillman, C.H., Cohen, N.J. & Kramer, A.F. (2014). The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(4), 25–50.
 8. de Azevedo, K.P.M., de Oliveira Segundo, V.H., da Silva, R.A.R., Martins, A.K.L., de Abreu, J.C.G., Pereira, M.O. & Knackfuss, M.I. (2020). The effects of exercise on BDNF levels in adolescents: a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6056. [Pristupljeno 10.09.2025.]
 9. Diamond, A. (2015). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
 10. Donnelly, J.E., Hillman, C.H., Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K. & Szabo-Reed, A.N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197–1222.
 11. Erickson, K.I., Voss, M.W., Prakash, R.S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J.S., Heo, S., Alves, H., White, S.M., Wojcicki, T.R., Mailey, E., Vieira, V.J., Martin, S.A., Pence, B.D., Woods, J.A., McAuley, E. & Kramer, A.F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 108(7), 3017–3022.
 12. Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C.M., Sallis, J.F. & Veiga, O.L. (2015). Physical activity and cognition in adolescents: a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18(5), 534–539.
 13. Fernandes, V., Silva, A., Carvalho, A., Ribeiro, S. & Deslandes, A. (2024). Physical fitness, executive functions, and academic performance in children and youth: a cross-sectional study. *Behavioral Sciences*, 14(11), 1022.
 14. Geng, S., Wang, W., Huang, L., Xie, J., Williams, G.J., Baker, C., Du, W. & Hua, J. (2023). Association between screen time and suspected developmental coordination disorder in preschoolers: a national population-based study in China. *Frontiers in Public Health*, 11, 1152321.
 15. Guellai, B., Dalla Bella, S., Laurier, V. & Doyen, A.-L. (2022). Effects of screen exposure on young children's cognitive development. *Frontiers in Psychology*, 13, 923370. Dostupno na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.923370/full> [Pristupljeno 18.09.2025.]
 16. Hillman, C.H., Erickson, K.I. & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65.
 17. Hutton, J.S., Dudley, J., Horowitz-Kraus, T., DeWitt, T. & Holland, S.K. (2020). Associations between screen-based media use and brain white matter integrity in preschool-aged children. *JAMA Pediatrics*, 174(1), e193869.
 18. Khalil, M. (2024). Exercise-induced BDNF and its effects on neuroplasticity in children. *Neuroscience Letters*, 821, 137645.
 19. Kolb, B. & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 20(4), 265–276.

20. Li, X., Wong, S.H., Sum, R.K.W. & Sit, C.H.P. (2022). The effects of exercise interventions on executive functions in children and adolescents with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(1), 75–88.
21. Loprinzi, P.D., Tchounwou, P.B., Cardinal, B.J. & Harper, L.C. (2023). Aerobic exercise and neurotrophic factors in pediatric populations. *Frontiers in Physiology*, 14, 1248794.
22. Mao, F., Zhang, J. & Chen, X. (2024). Effects of cognitively engaging physical activity on executive functions and working memory in children and adolescents. *Frontiers in Psychology*, 15, 1454447.
23. Merzenich, M. (2013). *Soft-Wired: How the New Science of Brain Plasticity Can Change Your Life*. San Francisco: Parnassus Publishing.
24. Nicklaus Children's Hospital (2023). How excessive screen time affects the dopamine system in kids. Dostupno na: <https://www.nicklauschildrens.org> [Pristupljeno 15.10.2025.]
25. Premier Health (2024). Screen time, dopamine, and child brain development: understanding the connection. Dostupno na: <https://www.premierhealth.com> [Pristupljeno 15.10.2025.]
26. Song, J., Lin, L. & Zhao, Y. (2024). Aerobic and cognitively engaging physical activity improves attention and executive function in children: a randomized controlled trial. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1245576.
27. Stiglic, N. & Viner, R.M. (2019). Effects of screen time on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. *BMJ Open*, 9(1), e023191.
28. Szuhany, K.L., Bugatti, M. & Otto, M.W. (2022). A meta-analysis of the effect of exercise on BDNF levels in humans. *Psychoneuroendocrinology*, 137, 105640.
29. Tao, Y., Zhang, Y., Qian, H. & Cao, Z. (2025). Long-term effects of physical activity types on executive functions in school-aged children. *Scientific Reports*, 15, 30303. doi:10.1038/s41598-025-09674-9.
30. Tomporowski, P.D., McCullick, B. & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 47–55.
31. Voss, M.W., Nagamatsu, L.S., Liu-Ambrose, T. & Kramer, A.F. (2011). Exercise, brain, and cognition across the life span. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1505–1513.
32. Wang, J., Song, Y., Zhang, L. & Li, Y. (2024). Effects of different types of physical activity on executive functions in children and adolescents: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Psychology*, 15, 1446723.
33. World Health Organization (2019). *Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age*. Geneva: WHO. Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550536> [Pristupljeno 15.10.2025.]
34. Yang, L., Corpeleijn, E. & Hartman, E. (2024). Daily physical activity, sports participation, and executive function in children. *JAMA Network Open*, 7(12), e2449879.

ROBOTSKI SUSTAVI U REHABILITACIJI GORNJIH EKSTREMITETA NAKON MOŽDANOG UDARA

ROBOTIC SYSTEMS IN UPPER LIMB REHABILITATION AFTER STROKE

Teo Brkić

Veleučilište Ivanić-Grad

teo.brkic00@gmail.com

Dora Pavliša

Veleučilište Ivanić-Grad

dora.pavlisha1312@gmail.com

Josip Šubarić

Veleučilište Ivanić-Grad

jsubaric@vsig.hr

Sažetak

Uvod: Suvremeni robotski sustavi temeljeni na mehatronici i upravljačkom softveru sve se češće primjenjuju u neurorehabilitaciji, osobito u liječenju bolesnika nakon moždanog udara i drugih neuroloških oštećenja. Njihova uporaba omogućuje standardizaciju terapije, objektivno kvantitativno praćenje napretka te dodatnu motivaciju pacijenata kroz multisenzornu stimulaciju i elemente igre. *Cilj* rada je prikazati vodeće robotske sustave za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta, među kojima se ističu ARMeo, Amadeo, Myro i Vibramoov. Analizirane su njihove tehničke značajke, klinička primjena, prednosti i ograničenja, kao i potencijalna uloga u integraciji suvremenih rehabilitacijskih protokola. *Zaključak:* Unatoč izazovima, prvenstveno visokim troškovima i tehničkoj složenosti, robotski sustavi dokazano poboljšavaju motoričke funkcije i kvalitetu života pacijenata. Njihova primjena u multidisciplinarnoj rehabilitaciji pokazuje značajne prednosti u odnosu na konvencionalne metode, osobito u pogledu prilagodljivosti terapije i objektivnog mjerenja ishoda. Ovi uređaji predstavljaju ključnu tehnologiju budućnosti neurorehabilitacije te nude velik potencijal za daljnji razvoj i širu primjenu u kliničkoj praksi.

Ključne riječi: *mehatronika, multisenzorna stimulacija, multidisciplinarni pristup, neurorehabilitacija.*

Abstract

Introduction: Modern robotic systems based on mechatronics and control software are increasingly used in neurorehabilitation, especially in the treatment of post-stroke symptoms and other neurological injuries. Their use enables therapy standardization, objective quantitative monitoring of progress, and additional patient motivation through multisensory stimulation and game-like elements. *The aim* of this paper is to present advanced robotic systems for upper limb rehabilitation, among which ARMeo, Amadeo, Myro, and Vibramoov stand out. Their technical characteristics, clinical application, advantages and limitations, as well as their potential role in the integration of modern rehabilitation protocols, are analyzed.

Conclusion: Despite challenges, primarily high costs and technical complexity, robotic systems have been proven to improve motor functions and quality of life in patients. Their application in multidisciplinary rehabilitation shows significant advantages over conventional methods, particularly in terms of therapy adaptability and objective outcome measurement. These devices represent a key technology for the future of neurorehabilitation and offer great potential for further development and broader application in clinical practice.

Keywords: *mechatronics, multisensory stimulation, multidisciplinary approach, neurorehabilitation.*

UVOD

Moždani udar spada među glavne razloge smrti i dugotrajnih problema s pokretanjem kod odraslih diljem svijeta (Feigin, 2014). Svake godine više od 15 milijuna ljudi doživi moždani udar, dok gotovo dvije trećine pacijenata kasnije nosi trajne promjene u neurološkom sustavu - pogotovo onih koji imaju poteškoća s rukama (Langhorne, Bernhardt, Kwakkel, 2011). Podaci Svjetske zdravstvene organizacije ukazuju kako svake godine otprilike 5 milijuna osoba ostane fizički ograničeno nakon udara (Pollock et al., 2014). Stanje nastaje kad iznenada prestane protok krvi u mozgu, što je rezultat nedostatak kisika i hranjivih tvari za stanice, pa dolazi do njihovog oštećenja ili propadanja (Feigin et al., 2014). Ovisno o tome što se dogodilo, udari mogu biti ishemijskog tipa - gdje krvnu žilu blokiraju ugrušak ili strano tijelo, što vrijedi za oko 85 % slučajeva - ili pak hemoragijskog, ako je došlo do pucanja žile unutar glave. Funkcionalni problemi nakon moždanog udara mogu biti jako različiti, a nerijetko su i teški. Često se pojavljuju kao slabljenje jedne polovice tijela ili potpuno paralizirani pokret, ali i loša koordinacija, grčevi mišića, pogrešno osjećanje položaja dijelova tijela pa sve do nesigurne ravnoteže i slabije orijentacije u prostoru (Pollock et al., 2014). Oporavak ruku posebno je složen - tu pomažu napredni uređaji s senzorima i pomičnim dijelovima, no upravo ruke redovito ostaju nedovoljno funkcionalne (Nudo et al., 2013). Pokret prsta, snaga stiska ili preciznost hvata, što mjere senzori preko signala iz tijela, često su ozbiljno poremećeni, zbog čega pacijenti imaju veliku poteškoću sa hranjenjem, umivanjem, oblačenjem i drugim dnevnim aktivnostima. Ti zahtjevi svakodnevno utječu na raspoloženje, osjećaj vrijednosti te koliko netko sudjeluje u društvenim događanjima (Lo et al., 2010). Zbog tih stvari, početna i usmjerena neurorehabilitacija s uređajima koji spajaju senzore i mehaniku igra važnu ulogu kad je riječ o oporavku nakon moždanog udara (Maciejasz et al., 2014). Temelj ovoga je neuroplastičnost - sposobnost mozga da prilagodi strukturu i funkciju zbog ozljede ili terapije što mu dozvoljava da premjesti aktivnosti unutar korteksa, obnovi sinapse pa čak i osnaži postojeće neuronske puteve. Takve osobine izražene su baš u prvim tjednima poslije ozljede, upravo zato to vrijeme najviše odgovara za intenzivne vježbe. Postupci s puno pokreta, dugim serijama ponavljanja te zadacima bliskim svakodnevnom životu znatno bolje potiču pozitivne neuroplastične promjene.

PRIMJENA ROBOTSkih SUSTAVA

U zadnjih par desetljeća sve više se koriste roboti u liječenju bolesnika, pogotovo kad je riječ o oporavku nakon moždanog udara. Sustavi kao što su MIT-Manus, InMotion Arm, Arneo Power i ARMin nude velike tehničke mogućnosti za vježbanje pokreta – redovito, intenzivno i

precizno mjere koliko netko napreduje (Forbrigger et al., 2023). Terapije koje upotrebljavaju robote oslanjaju se na dokazane principe kako se mozak može reorganizirati - puno ponavljanja mijenja povezanosti između neurona. Ako pacijent slabo pomiče rukom, sustav prilagođava vrstu pomoći: od potpuno automatskog do samostalnog gibanja. Posebno izdvojen je utjecaj robota koji rade na principu mehatronike i pametnog softvera, a oslanjaju se na elektromehaničke pogone – oni prilagođavaju tretman uz pomoć pouzdano sakupljenih informacija (Forbrigger et al., 2023). Kada takvi roboti uđu u svakodnevnu bolničku rutinu, koristi nisu samo za bolesnika već i za terapeuta. Ovakva tehnologija smanjuje opterećenja terapeuta, daje točnije rezultate o napretku terapije pa čini protokole lakšima za primjenu (Louie, Eng, 2016). Smjernice Američke udruge za srce naglašavaju da ti uređaji – zasnovani na mehatronici, kontroli i električnim aktuatorima – trebaju biti dio vježbi za gornje udove nakon moždanog udara, osobito kad je stanje dugotrajno; također postoje ograničene preporuke i za ranu fazu oporavka. Ipak, još uvijek nedostaje dovoljno dodatne edukacije za terapeute, potrebna su ulaganja u opremu, kao i jasniji kriteriji za odabir pacijenta koji ima najveću korist od ovakve podrške (AHA/ASA, 2016). Različiti robotizirani aparati koji pomažu u vraćanju funkcija ruku obično spadaju u dvije glavne skupine - egzoskeletne i end-effector sustave. Egzoskeletni robotski sustavi prate anatomske strukturu ruke i koriste vanjsku konstrukciju koja drži ili pomiče zglobove, omogućavajući vježbanje kroz više faza pokreta. Takvi modeli rade uz generiranu kombinaciju akcije i povratne sprege, a unutar njih najčešće ima mjerila za silu, pomak i tempo kretanja (Krebs, Volpe, Hogan, 2009). End-effector robotski sustavi djeluju na području dlana i šake.

PREGLED ROBOTSКИH SUSTAVA

Robotski sustavi za rehabilitaciju ruku kombiniraju elektroniku, senzore i program kako bi omogućili puno ponavljanja vježbi koje ciljano djeluju na pokret – s fleksibilnom podrškom i davanjem povratnih informacija. Cilj im nije zamijeniti terapeuta već olakšati njegov posao, osigurati dosljednost u tretmanu te precizno pratiti napredak (kutovi pokreta, snaga, brzina i kvaliteta gibanja). U stvarnosti nisu samostalna metoda nego dodatak klasičnim postupcima; najbolji rezultati javljaju se kad je terapija dovoljno česta i dok pacijent aktivno surađuje. Uređaji se uglavnom dijele na egzoskeletne i “end-effector” sustave, a tu spadaju i posebni roboti namijenjeni za šaku kao i kognitivno-motoričke platforme. Odabir tehnologije i doze tretmana ovise o stadiju moždanog udara, osnovnoj težini povrede i ciljevima terapije – proksimalna stabilnost, distalna spretnost, propriocepcija. Treba redovito povezivati robote sa svakodnevnim aktivnostima kako bi napredak bio vidljiv u svakodnevnim aktivnostima. (Maciejasz et al., 2014; Veerbeek et al., 2017.).

ARMeo (Hocoma)

ARMeo je robotski sustav za rehabilitaciju ruke, kojeg je stvorila tvrtka Hocoma iz Švicarske. Taj uređaj spaja mehatroniku, upravljački softver i programsku potporu, a dolazi u tri modela - ARMeoSpring, ARMeoPower i ARMeoSenso. Svaki je s drugačijom vrstom asistencije i mogućnostima korištenja. Umjesto klasičnih metoda, on pruža redovite, dinamične i zanimljive treninge osobama koje imaju probleme s pokretima gornjih udova, naročito poslije moždanog

udara ili ozljede glave (Maciejasz et al., 2014). Sustav ima senzore za kretanje i snagu koji nadgledaju pokrete u stvarnom vremenu, a zatim sami podešavaju razinu asistencije. Uređaj ARMeoPower koristi elektromotore kako bi pomogao pri pokretanju, no model ARMeoSpring umjesto njih upotrebljava elastične opruge da rastereti ruku tijekom vježbanja. Povezanost s virtualnim zadacima omogućava ciljano vraćanje sposobnosti, potičući promjene u mozgu spajanjem fizičkog napora i kognitivnih aktivnosti (Taveggia, Borboni, Saletta, 2016). Uporaba ARMeo uređaja obuhvaća mnoga stanja. Ne služi samo osobama nakon moždanog udara - već i onima s multiplom sklerozom, traumatskih ozljeda mozga, spinalne mišićne atrofije kao i drugim bolestima živčanog sustava. Posebno dobro djeluje u subakutnoj fazi, kad je neuroplastični potencijal mozga najizraženiji – no i kasnije, u trajnom tijeku bolesti, koristi za očuvanje vještina te sprječavanje dodatnih problema (Nijenhuis et al, 2011.). Istraživanja s nasumičnim odabirom pokazuju kako sustav stvarno daje rezultate. Primjerice, Taveggia s timom testirao je uređaj na 48 osoba nakon moždanog udara te utvrdio jasna unapređenja nakon mjesec dana korištenja ARMeoSpringa (Taveggia, 2016). Pregled svih relevantnih radova u okviru Cochraneove grupe objedinio je podatke iz više istraživanja gdje je ARMeo bio dio terapije – a zaključeno je da robotizirano liječenje uz klasičnu fizioterapiju nosi veće koristi nego samo tradicionalni postupci u funkcionalnom oporavku gornjih ekstremiteta (Mehrholtz et al., 2018). Kako kažu Maciejasz i suradnici (2014), upravo zbog velike fleksibilnosti prema različitim razinama invaliditeta, ARMeo pripada grupi naprednijih robota namijenjenih takvim slučajevima. Njegovo korištenje pomaže u radu na više ciljeva tijekom jedne vježbe – povećava pokretljivost, povećava mišićnu snagu, unaprjeđuje koordinaciju, jača kognitivne procese i vizuomotorne integracije (Kwakkel, Kollen, Krebs, 2008). ARMeo ima prednosti poput dosljednih pokreta koje je lako ponavljati, ocjenjivanje napretka, podešavanje programa po mjeri korisnika, spajanje mentalnih zadataka preko virtualne stvarnosti te poticanje bolje suradnje pacijenta. No ipak, postoje manjkavosti: cijena uređaja, nužna edukacija stručnjaka, redovan tehnički nadzor i velik prostor za postavljanje sistema. Uz to, liječenje s ovim alatom treba uklopiti u širi program oporavka koji uključuje i svakodnevne aktivnosti, kako bi promjene bile upotrebljive i u realnim životnim situacijama (Mehrholtz et al., 2018). Istraživanja govore da se najveći efekti vide ako se terapija započne unutar prvih pola godine poslije moždanog udara, s tri do pet tretmana tjedno, u trajanju od 30 do 60 minuta (Taveggia et al., 2016; Mehrholtz et al., 2018).

Amadeo (Tyromotion)

Amadeo je robot koji pomaže u vraćanju pokreta ruke i prstiju. Tu spravu konstruirala je tvrtka iz Austrije Tyromotion. Radi uz kombinaciju pametnog mehaničkog dijela i sofisticiranog programa. U sebi ima električne pogone, a postavke se mogu mijenjati tijekom tretmana, tako da svaki prst dobije svoju vrstu vježbanja. Takva građa čini ga posebnim uređajem za oporavak nakon oštećenja živčanog sustava, prikladnim za liječenje mnogih bolesti poput moždanog udara, povrede leđne moždine ili MS-a (Tyromotion, 2025). Uređaj radi preko sofisticirane mreže senzora i mehanizama koji kontroliraju svaki prst pojedinačno kad se savija ili ispravlja. Zbog upotrebe točnih pokretača i izuzetno osjetljivih mjernih elemenata, stroj bilježi najmanje poteze te jačinu kojom pacijent djeluje tijekom vježbi. Način rada može biti potpuno automatski, s podrškom uređaja, ali i u opciji gdje korisnik sam obavlja kretanje, a sve uz dodatni

otpor ako je potrebno. Budući da se postupak lako podešava, prikladan je za ljude s jako slabom pokretljivošću, no isto tako i za one kojima treba kompleksniji zadatak kako bi vježbali precizne pokrete ruke (Tyromotion, 2025). Softverski sustav na uređaju donosi različite interaktivne igre koje potiču pacijente na veću razinu sudjelovanja. Uz to, okolina koju on stvara drži korisnika uključenim jer stalno daje povratne informacije o postignutom. Unutar sustava prate se brojke kao što su snaga fleksije i ekstenzije, otpornost tijekom vremena te preciznost gibanja prstiju. Terapeutski tim analizira dobivene podatke kako bi vidjela napredak i prema tome podešavala ciljeve terapije za svakog pojedinca (Lee, Cha, 2019). Amadeo radi kvalitetno cijelim tijekom oporavka, bez obzira je li stanje akutno ili kronično. Kada su ruke osjetljive ili slabe, ovaj uređaj pomaže zahvaljujući pametnom sustavu koji reagira čak i na najmanje mišiće i pokrete. Istraživanje iz 2017. pokazalo je bolje ocjene na Fugl-Meyeru testu, što upućuje da uređaj doista pomogne kod preciznih kretnji šake (Frolov et al., 2017). Ovaj aparat ima prednosti gdje se svaki prst može tretirati pojedinačno, senzori točno hvataju kako mišići reagiraju pa se vidi napredak, dok zabavni programi uz dinamičke zadatke drže pacijenta angažiranog. Može se koristiti bilo kad tijekom oporavka, čak i ako osoba ima minimalno očuvan pokret. No ipak postoji problem, fokus je samo na donjem dijelu ruke, gornji dio ostaje van programa, treba stalni nadzor terapeuta, redovito podešavanje sprave i servisi, plus troškovi su mnogo veći nego kod drugih pasivnih alata (Tyromotion, 2025).

Myro (Tyromotion)

Myro je sprava za vježbanje tijela i kognicije, napravio ju je tim iz tvrtke Tyromotion. Umjesto da samo pomiče ruke kao obični uređaji, zahtjevi su da korisnik sam vrši pokret. Radi na principu zadataka koje osoba mora aktivno obaviti, kada je zadatak odrađen, dobije znak preko ekrana ili zvuka. Takva veza pokreta i povratnih informacija čini proces privlačnim i dinamičnijim (Tyromotion, 2021). Na sredini uređaja nalazi se ekran koji reagira na dodir, spojeno s programom unutar računala. On prati pokrete, koliko brzo te u kojem smjeru radi uz razne dijelove poput kocki i magnetnih likova. Takva razlika daje priliku da se vježbe podešavaju na temelju sposobnosti svakog pojedinca. Zadaci nisu ograničeni samo na pokrete, nego obuhvaćaju i mentalne zadatke poput razvrstavanja stvari, snalaženja u prostoru ili treniranja sjećanja tako da se na taj način podražava više dijelova mozga istovremeno (Frolov et al., 2017). U stvarnom radu, Myro nalazi svoje mjesto u mnogim aspektima oporavka. Iznimno je koristan kod vježbanja usklađenosti očiju i ruku, ključne za poslove koji traže točnost i brzinu reakcije. Naprava podržava trening obje ruke zajedno, što pomaže ravnomjernijem napretku gibanja. Osim toga, sudjeluje u pokretima ruku i trupa, što vodi većoj ravnoteži tijela i kvalitetnijoj posturi. Prema korištenim priborima i ciljevima, rehabilitacija omogućuje preciznije ili veće pokrete, stoga odgovara svakom stupnju oporavka (Frolov et al., 2017). Ne služi samo rehabilitaciji moždanog udara. Dokazano je djelotvoran i poslije ozljeda glave, kod Parkinsona, MS-a te među ostalim neurološkim stanjima. Intuitivni dizajn olakšava korištenje čak i osobama starije dobi, podržavajući im pokretljivost tijela te rad na mentalnim segmentima oporavka. Postupak zahtijeva aktivno sudjelovanje, bez pacijentove osnovne kontrole nad mišićima uređaj nije indiciran. Tijekom vježbanja korisnici neprestano primaju znakove o tijeku i kvaliteti terapije, što ih dodatno potiče da nastave dalje (Frolov et al., 2017). Istraživanja u praksi pokazuju kako s ovim uređajem ljudi ulažu više truda nego kod klasičnih

terapijskih postupaka. Pojačalo se vrijeme provedeno u pokretu, pri čemu su napredci jasni kad je riječ o kvaliteti terapije. U zadacima ljudi postaju sve svjesniji detalja, najvjerojatnije zbog igre koja uključuje izazov. Istraživanje iz 2021. pokazalo je kvalitetnije pokrete ruku nakon mjesec dana koristeći uređaj Myra (Saghaei et al., 2021). Ključne prednosti su veća želja za sudjelovanjem, kombinacija fizičkog i mentalnog treninga te praćenje preciznih vrijednosti preko senzora. Tehnologiju može upotrijebiti puno različitih uzrasta, djeteta ili odrasla osoba. Ograničenje je što uređaj nema segment za pasivne pokrete odnosno, koristi samo onima koji imaju minimalno kontroliranog pokreta, uz dodatno i dovoljan nivo razumijevanja. Kod najtežih slučajeva djelotvornost pada budući treba stalna fizikalna podrška terapeuta (Frolov et al., 2017). Na kraju, Myro funkcionira kao moderna platforma gdje se pokret uči istovremeno s mentalnom vježbom. Pokazuje najbolje efekte kad se koristi kasnije tijekom liječenja, posebice kada ideja jest primjena naučenoga u običnim svakodnevnim situacijama. Zbog prilagodljivosti, jasnih mjerenja napretka te visokog stupnja angažmana pacijenta, smatra se korisnim dijelom timskih tretmana, pri čemu pozitivno utječe na bolji oporavak i svakodnevnicu bolesnika (Lee, Cha, 2019).

Vibramoov (Techno Concept)

Vibramoov je stvorio francuski proizvođač Techno Concept kao uređaj za oporavak nakon neuroloških ozljeda. Radi pomoću vibracija koje pokreću mišiće i poboljšavaju komunikaciju između tijela i mozga, tehnika poznata kao funkcionalna vibracijska stimulacija. Ova metoda djeluje čak i kad bolesnik ne može sam pokrenuti mišiće. Vibracije grade jače osjetne impulse unutar organizma, pomagajući u obnovi kontrole nad pokretima (Techno Concept, 2025). U srcu tehnike je sustav senzora koji se postavljaju na mišiće i tetive. Ti elementi proizvode ciljane impulse koji imitiraju normalne pokrete. Tako osoba osjeti kretanje kao da zaista tijelo obavlja pokret (Courtine, Gerasimenko, van den Brand, 2009). Uređaj radi na tri različita načina. Kod onih bez vlastite kontrole koristi se pasivni način, dok kod pokušaja pokreta dolazi do podržanog impulsa uz dodatnu vibraciju. Treći oblik djeluje u naprednijoj fazi, najčešće paralelno s robotiziranom terapijom ili električnim poticajem mišića (Duclos, Roll, Kavounoudias, 2015). Područje djelovanja Vibramoova obuhvaća različite slučajeve. Upotrebljava se za ljude koji su doživjeli moždani udar, oštećenje mozga ili leđne moždine, a također i kod onih s cerebralnom paralizom, parkinsonovim sindromom te drugim poremećajima živčanog sustava. Vrijedi posebno kad su pacijenti slabo pokretljivi ili gotovo nepokretni. U takvim situacijama vibracije potiču na aktivnost dijelove mozga iznad i ispod kore, pomažući preuređivanju motornih veza te povratku rehabilitacije tijela. Primjereno ga je koristiti na dlanovima, podlakticama, pa sve do mišića ramena (Delvaux, Alahakone, Detrembleu, 2014). Pojava zvana kinestetska iluzija, osoba osjeti pokret iako zapravo ništa nije pomaknula, što može jako pomoći u liječenju. U istraživanju iz 2014., ljudi s hemiparezom lakše su obavljali redovne zadatke ((Delvaux, Alahakone, Detrembleu, 2014). Istraživanje iz 2010. otkrilo je pomak u smanjenju mišićnog spazma i povećanju tonusa u mišićima (Huttina, Pradona i Barbiéra, 2010). Prema vodiču Techno Concept od 2025., uporaba Vibramovih uređaja jača djelovanje mozga već u prvom dijelu oporavka. Prednosti sistema su velike. Nije invazivan, ne boli te je siguran, uz to lako ide skupa s ostalim principima liječenja. Posebno pomaže u ranim danima oporavka kad bolesnici nemaju snage pa ne mogu samostalno izvoditi

pokret. Tad Vibramov održava živce i mišićne veze budnim, spremajući osobu za ozbiljniju terapiju koja dolazi poslije. Osim toga, jako podiže sposobnost osjećanja tijela i čini pokrete preciznijima, dok terapeuti imaju fleksibilnost u podešavanju pojedinačnih postavki. No ipak, djeluje manje na jačanje mišića nego kada se vježba samostalno, te treba terapeuta koji će pratiti kako se uređaj namješta i koristi (Techno Concept, 2025; Hutin, Pradon, Barbier, 2010). Na kraju, Vibramoov se ističe kao koristan pomoćnik u različitim programima za oporavak. Posebno djeluje kod ljudi s jakim problemima u pokretu ili na samom početku liječenja, kad standardni pristupi ne daju rezultate. Zato što može pokrenuti osjetilo ravnoteže i uključiti dijelove mozga odgovorne za kretanje u slučajevima kada osoba ne pomiče mišićima svjesno, postaje važan dio vježbi živčanog sustava, pripremajući tijelo za kasnije faze terapije i kvalitetnije svakodnevno funkcioniranje (Techno Concept Clinical Reference Guide, 2025).

ZAKLJUČAK

Zaključno, roboti za rehabilitaciju gornjih ekstremiteta donose veliku promjenu u liječenju poremećaja nakon moždanog udara. Pružaju preciznu, stalno dostupnu terapiju koja omogućuje više nego što to čini zasebno ručni pristup. Povezivanje ovih uređaja sa senzorima, igricama koje potiču dodatne napore te simulacijama okruženja omogućuje mozgu kvalitetnije održavanje neuroloških veza, a istodobno drži pacijenta aktivnim. Istraživanja jasno pokazuju bolji hvat, lakše kretanje zglobova te jače kontrole nad pokretima kad se ti aparati koriste uz klasične postupke fizioterapeuta. Ipak, skupa oprema, kompliciran rad i dugotrajno školovanje osoblja sprječavaju masovniju upotrebu takvih robota u zdravstvu. Također, kad i rezultati u motoričkim testovima jasno pokažu napredak, to ne znači da se isto tako lako prenosi u normalnu svakodnevnu aktivnost bolesnika. Dobar ishod ovisi o odabiru pacijenata za postupak, kakvi su ciljevi postavljeni, a još više o timskom radu medicinskih djelatnika. Osnovni cilj je napraviti uređaje lakše dostupnim te jeftinijim. Umjetna inteligencija, bolji senzori i podešeni programi mogu dati znatno jači efekt tijekom oporavka. Roboti sve više postaju dio ozbiljne terapije, pomagajući ljudima da ponovo obave osnovne stvari i žive bolje nakon insulta ili sličnih poremećaja.

LITERATURA

1. Courtine, G., Gerasimenko, Y., & van den Brand, R. (2009). Transformation of nonfunctional spinal circuits into functional states after the loss of brain input, *Nature Neuroscience*, 12(10), 1333–1342.
2. Delvaux, V., Alahakone, A. U., & Detrembleu, C. (2014). Effect of functional vibratory stimulation on motor recovery after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 28(8), 756–765.
3. Duclos, C., Roll, J. P., & Kavounoudias, A. (2015). Proprioceptive sensory stimulation to enhance motor rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(6), 573–583.
4. Feigin, V. L., Forouzanfar, M. H., Krishnamurthi, R., Mensah, G. A., Connor, M., Bennett, D. A., ... & Murray, C. (2014). Global and regional burden of stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 383(9913), 245–255.

5. Forbrigger, S., Liblong, M., & Hashtrudi-Zaad, K. (2023). Home-based upper limb stroke rehabilitation mechatronics: challenges and opportunities. *BioMedical Engineering OnLine*, 22(1), 67.
6. Frolov, A. A., Husek, D., Chernikova, L. A., Massion, J., Requin, J., & Tihonov, A. A. (2017). Post-stroke rehabilitation training with Myro interactive system: results of pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14, 123.
7. Hutin, E., Pradon, D., & Barbier, F. (2010). Effect of functional vibratory stimulation on spasticity after stroke. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(5), 376–384.
8. Krebs, H. I., Volpe, B. T., & Hogan, N. (2009). A working model of stroke recovery from rehabilitation robotics practitioners. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6, 6.
9. Kwakkel, G., Kollen, B. J. and Krebs, H. I. (2008). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(2), 111–121.
10. Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693–1702.
11. Lee, H. S., & Cha, H. G. (2019). The effects of Myro training on upper extremity function in patients with chronic stroke. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(5), 403–406.
12. Louie, D. R., & Eng, J. J. (2016). Powered robotic exoskeletons in post-stroke rehabilitation of gait: a scoping review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 13, 53.
13. Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. (2014). A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1), 3.
14. Mehrholz, J., Pohl, M., Platz, T., Kugler, J., & Elsner, B. (2018). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9, CD006876.
15. Nijenhuis, S. M., Prange-Lasonder, G. B., Stienen, A. H. A. et al. (2011). Effects of training with a passive hand orthosis and games at home in chronic stroke: a pilot randomised controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(7), 1047–1053.
16. Nudo, R. J., Plautz, E. J., & Frost, S. B. (2013). Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle & Nerve*, 48(4), 500–509.
17. Pollock, A., Farmer, S. E., Brady, M. C. et al. (2014). Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD010820.
18. Saghaei, E., Shaterzadeh-Yazdi, M. J., Jabbari, S., Torkaman, G. & Hadian, M.R. (2021). Efficacy of Myro interactive rehabilitation on motor recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 35(4), 287–296.
19. Taveggia, G., Borboni, A., Saletta, A. et al. (2016) Efficacy of Armeo Spring therapy in upper limb rehabilitation after stroke: a randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 48(5), 377–381.
20. Techno Concept (2025) ‘Vibramoov PRO’. Available at: <https://www.technoconcept.com/en/vibramoov-pro/> (Accessed: 16 August 2025).
21. Tyromotion GmbH. (2021). Clinical Experience with Amadeo. Internal report, Graz, Austria.

22. Tyromotion GmbH. (2025). Amadeo. Available at:
<https://tyromotion.com/en/products/amadeo/>
23. Veerbeek, J. M., Langbroek-Amersfoort, A. C., van Wegen, E. E. H., Meskers, C. G. M. & Kwakkel, G. (2017). Effects of robot-assisted therapy for the upper limb after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(2),107–121.

PREVENCIJA OZLJEDA U JUNIORSKOM NOGOMETU: PREGLED LITERATURE I SWOT ANALIZA ZDRAVSTVENIH I EKONOMSKIH UČINAKA

INJURY PREVENTION IN JUNIOR FOOTBALL: LITERATURE REVIEW AND SWOT ANALYSIS OF HEALTH AND ECONOMIC IMPACTS

Vesna Brumnić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

vbrumnic@vevu.hr

Darija Ivanković

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

divankovic@vevu.hr

Miroslav Matković

Klinički bolnički centar Osijek

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

mm125005@vevu.hr

Sažetak

Uvod: Nogomet je jedan od najpopularnijih sportova među mladima u Hrvatskoj, ali visoka učestalost ozljeda predstavlja ozbiljan problem za zdravlje sportaša i funkcioniranje sportskih sustava. Prevencija ozljeda prepoznata je kao ključni segment očuvanja kontinuiteta treninga i smanjenja troškova povezanih s liječenjem i rehabilitacijom. *Metode:* Proveden je narativni pregled literature korištenjem baza PubMed, Scopus i Google Scholar, s naglaskom na istraživanja o učinkovitosti preventivnih programa u juniorskom nogometu te na radove koji analiziraju ekonomske implikacije sportskih ozljeda. Relevantni nalazi sintetizirani su i prikazani u okviru SWOT analize kako bi se identificirale snage, slabosti, prilike i prijetnje primjene preventivnih protokola u sportu u kojem sudjeluju djeca i mladi. *Rezultati:* Međunarodne studije potvrđuju da programi poput FIFA 11+ značajno smanjuju učestalost ozljeda, dok hrvatska istraživanja ukazuju na obrasce ozljeđivanja u seniorskim i juniorskim ligama te na pozitivne učinke preventivnih mjera. Ekonomski aspekti ostaju nedovoljno istraženi, iako dostupni podaci sugeriraju da smanjenje ozljeda donosi mjerljive koristi u vidu racionalizacije troškova i očuvanja resursa. SWOT analiza pokazuje da su znanstveno utemeljeni programi i postojeća stručna praksa snage sustava, dok su slaba točka nedovoljna primjena i manjak ekonomskih analiza. Kao prilike izdvajaju se digitalna rješenja i edukacija stručnih kadrova, a prijetnje predstavljaju pritisak rezultata i gustoća natjecateljskog rasporeda. *Rasprava:* Rezultati potvrđuju važnost sustavne implementacije preventivnih programa u omladinskom nogometu te naglašavaju potrebu za interdisciplinarnim pristupom koji objedinjuje biomedicinsku i društveno-ekonomsku perspektivu. Ograničena dostupnost nacionalnih podataka, posebice ekonomskih, upućuje na potrebu za daljnjim istraživanjima. *Zaključak:* Preventivni programi u omladinskom nogometu imaju jasno dokazanu zdravstvenu učinkovitost i značajan, iako nedovoljno istražen, ekonomski potencijal. Sustavno praćenje i

šira primjena preventivnih mjera mogu doprinijeti očuvanju zdravlja mladih sportaša i održivosti sportskih organizacija.

Ključne riječi: *prevencija sportskih ozljeda, omladinski nogomet, sindromi prenaprezanja, FIFA 11+, SWOT analiza.*

Abstract

Introduction: Football is one of the most popular sports among youth in Croatia, but the high incidence of injuries poses a serious problem for the health of athletes and the functioning of sports systems. Injury prevention has been recognized as a key component in maintaining training continuity and reducing costs associated with treatment and rehabilitation. **Methods:** A narrative literature review was conducted using PubMed, Scopus, and Google Scholar databases, focusing on studies examining the effectiveness of injury prevention programs in youth football and research addressing the economic implications of sports injuries. Relevant findings were synthesized and presented through a SWOT analysis to identify the strengths, weaknesses, opportunities, and threats related to the implementation of preventive protocols in youth sports. **Results:** International studies confirm that programs such as FIFA 11+ significantly reduce injury rates, while Croatian research highlights injury patterns in senior and junior leagues as well as the positive effects of preventive measures. Economic aspects remain insufficiently explored, although available data suggest that reducing injuries brings measurable benefits in terms of cost rationalization and resource preservation. The SWOT analysis indicates that scientifically grounded programs and existing professional practice represent system strengths, while limited implementation and a lack of economic analyses are key weaknesses. Opportunities include digital solutions and professional education, whereas threats arise from performance pressure and the density of competitive schedules. **Discussion:** The results confirm the importance of systematically implementing preventive programs in youth football and emphasize the need for an interdisciplinary approach that integrates biomedical and socio-economic perspectives. Limited availability of national, especially economic, data indicates the need for further research. **Conclusion:** Preventive programs in youth football have a clearly proven health effectiveness and a significant, though insufficiently explored, economic potential. Systematic monitoring and broader implementation of preventive measures can contribute to preserving the health of young athletes and ensuring the sustainability of sports organizations.

Keywords: *sports injury prevention, youth football, overuse injuries, FIFA 11+, SWOT analysis.*

UVOD

Tjelesna aktivnost ima brojne pozitivne učinke na zdravlje, te rast i razvoj djece i mladih. Utječe na tjelesni, motorički, socijalni, kognitivni i psihički razvoj djece. Stoga se djeca i mladi potiču na sudjelovanje u različitim oblicima tjelesne aktivnosti, uključujući i rekreativne i organizirane sportske aktivnosti. Djeca se već u ranoj dobi potiču na specijalizaciju u sportu. Nogomet je jedan od najpopularnijih sportova među mladima u svijetu (Faude i sur., 2013; Franchina i sur., 2023; Attar i sur., 2025; Nguyen i Caine, 2025) i Hrvatskoj. Fizički je vrlo zahtjevan sport u kojem igrači moraju prijeći 10–12 km po utakmici, od čega gotovo 1 km pri velikim brzinama,

i izvesti veliki broj kratkotrajnih radnji visokog intenziteta poput ubrzanja, usporavanja i promjena smjera (Ade i sur., 2016).

Hrvatska ima registrirano 68.769 igrača nogometa mlađih od 18 godina, dok ukupni broj igrača iznosi 117.097 (Hrvatski nogometni savez, 2025). Iako sudjelovanje u sportu, pa tako i nogometu, ima brojne pozitivne učinke na zdravlje postoji visok rizik od ozljeda (Faude i sur., 2013; Franchina i sur., 2023). Visoka učestalost ozljeda predstavlja ozbiljan problem za zdravlje sportaša i funkcioniranje sportskih sustava. I akutne ozljede i sindromi prenaprezanja mogu imati kratkoročne, ali i dugoročne posljedice na djecu i mlade, čak i u njihovoj starijoj životnoj dobi. Stoga je prevencija ozljeda prepoznata kao ključni segment očuvanja kontinuiteta treninga i smanjenja troškova povezanih s liječenjem i rehabilitacijom. Velika većina svih sportskih ozljeda, oko 80%, odnosi se na ozljede lokomotornog sustava (Pećina, 2025). S obzirom na kompleksnost problematike cilj ovog rada je istražiti uzroke, posljedice i prevenciju prvenstveno sindroma prenaprezanja nogometaša dječje dobi te sagledati dugoročni utjecaj na zdravlje mladih sportaša, te kroz SWOT analizu prikazati ulogu pravilno strukturiranih treninga s pažljivo odabranim vježbama.

METODE

Proveden je narativni pregled literature korištenjem baza PubMed, Scopus i Google Scholar, s naglaskom na istraživanja o učestalosti i vrsti ozljeda, učinkovitosti preventivnih programa u juniorskom nogometu te na radove koji analiziraju ekonomske implikacije sportskih ozljeda. Relevantni nalazi sintetizirani su i prikazani u okviru SWOT analize kako bi se identificirale snage, slabosti, prilike i prijetnje primjene preventivnih protokola u sportu u kojem sudjeluju djeca i mladi.

REZULTATI

U usporedbi s drugim timskim sportovima, nogomet je jedan od sportova s najvećom učestalošću sportskih ozljeda, koje mogu biti uzrokovane promjenjivim i nepromjenjivim čimbenicima (Kolstrup i sur., 2016; Sadigursky i sur., 2017). Osobito su česti sindromi prenaprezanja koji se razvijaju postupno tijekom duljeg razdoblja kao posljedica ponavljajućih mikrotrauma i neadekvatnih čimbenika treninga (Roos i Marshall, 2014; Pećina, 2025).

Chan i suradnici (2024) su istražujući nogometne momčadi engleske profesionalne nogometne lige (*English Premier League*) utvrdili tri ključna prediktora ozljeda u nogometu: sastav momčadi, prosječna minutaža po utakmici i dobna kategorija. Unatoč tome što je dobna kategorija jedna od rizičnih čimbenika, podatci o ozljedama djece nogometaša gotovo da ne postoje (Faude i sur., 2013; Kolstrup i sur., 2016; Ekegren i sur., 2016), a same ozljede kod djece nisu opsežno proučavane (Kolstrup i sur., 2016). Kolstrup i suradnici (2016) navode da je stopa ozljeda kod djece između 2,0 i 21,9 na 1000 sati igranja, dok su Jones i suradnici (2019) utvrdili da je stopa incidencije ozljeda na utakmicama za mlade igrače na visokoj razini (kretala se od 0,4 do 80,0 na 1000 sati igranja). Stopa ozljeda na treninzima je od 0,69 do 7,9 na 1000 sati za djecu i mlade nogometaše zajedno (Jones i sur., 2019).

U nogometu su najčešće ozljede donjih ekstremiteta (Faude i sur., 2013; Kolstrup i sur., 2016; Sadigursky i sur., 2017). Prethodne ozljede povećavaju rizik od ponovnog nastajanja iste ozljede (Hägglund i sur., 2005), uzrokujući dulji izostanak nogometaša s treninga i natjecanja zbog liječenja i rehabilitacije (Ekstrand i sur., 2011; Jones i sur., 2019).

Prema istraživanju provedenom u Danskoj, na tri uzastopna nogometna turnira tijekom tri godine, najčešća ozljeda je kontuzija (Kolstrup i sur., 2016). Slično su utvrdili i Faude i suradnici (2013), s obzirom da je u njihovom istraživanju utvrđeno da su najčešće ozljede također kontuzije, te istegnuća i uganuća. Uočene su spolne razlike u obrascima ozljeđivanja: prijelomi su češći kod dječaka, a ozljede koljena i potkoljenice kod djevojčica (Kolstrup i sur., 2016). Prijelomi su češći kod djece mlađe od 15 godina nego kod starijih igrača. Stoga se pretpostavlja da status zrelosti i „skokovi“ u rastu utječu na karakteristike ozljeda (Faude i sur., 2013). Mlađi nogometaši imaju češće sindrome prenaprezanja, za razliku od starijih koji imaju češće akutne ozljede (Škomrlj i sur., 2025). U istraživanju provedenom u Finskoj na djeci nogometašima starim između 9 i 14 godina (N=733), utvrđeno je da je 46,8% djece imalo probleme sa sindromima prenaprezanja (Leppänen i sur., 2019). Prosječna tjedna prevalencija svih sindroma prenaprezanja iznosila je 12,8%, dok je prevalencija značajnih (ozbiljnijih) sindroma prenaprezanja iznosila 6% (Leppänen i sur., 2019). Najčešće je zahvaćeno koljeno (Whittaker i sur., 2015; Leppänen i sur., 2019). Međutim, uočavaju se spolne razlike među djecom (koljeno je češće zahvaćeno kod djevojčica, dok je kod dječaka češće zahvaćena peta), (Leppänen i sur., 2019). Faktori rizika razlikuju se ovisno o dobnoj skupini i vrsti ozljede (Rommers i sur., 2020). U mlađoj skupini djece nogometaša, rizik od nastanka sindroma prenaprezanja bio je povezan s rastom donjih ekstremiteta (povećanjem duljine nogu) tijekom sezone (Rommers i sur., 2020). U starijoj skupini, veća duljina nogu bila je povezana s povećanim rizikom od sindroma prenaprezanja, a veća težina i niža stopa rasta s povećanim rizikom od akutnih ozljeda (Rommers i sur., 2020). Kolstrup i suradnici (2016) su utvrdili da najmlađe djevojčice imaju veću učestalost gotovo svih kategorija ozljeda nego bilo koja druga skupina. U istraživanju kojeg su proveli O’Kane i suradnici (2017), a u kojem su sudjelovale djevojčice koje igraju nogomet (starosna dob od 12-15 godina), utvrđeno je da se 47% ozljeda odnosi na sindrome prenaprezanja koljenog zgloba. Igranje za više od jedne nogometne momčadi povezano je s 2,5 puta povećanim rizikom za nastajanje ozljeda koljena uzrokovane prenaprežanjem, a sudjelovanje u drugim tjelesnim aktivnostima povezano je sa 61% smanjenim rizikom (O’Kane i sur., 2017).

Leppänen i suradnici (2019) su utvrdili da se vjerojatnost pojavljivanja sindroma prenaprezanja povećava s dobi. I dok su Kolstrup i suradnici (2016) utvrdili da se učestalost ozljeda smanjuje s dobi, Faude i suradnici (2013) su utvrdili da učestalost ozljeda na utakmicama ima tendenciju rasta s dobi u svim dobnim skupinama, s prosječnom učestalošću od oko 15 do 20 ozljeda na 1000 sati utakmica kod igrača starijih od 15 godina. Također su utvrdili da su najčešće ozljede gležnja, koljena i bedra (Faude i sur., 2013), što se podudara i s rezultatima drugih istraživanja (Sadigursky i sur., 2017). Faude i sur. (2013) su utvrdili da je rizik od traumatskih ozljeda, a posebno od zadobivanja prijeloma, kontuzije ili potresa mozga, veći tijekom utakmice nego na treninzima. Traumatske ozljede su češće tijekom natjecateljske sezone, dok su tijekom predsezone češći sindromi prenaprezanja (Ekstrand i sur., 2011; O’Kane i sur., 2017). Rizik od ozljeda povećan je na utakmicama, i to pri kraju svakog poluvremena (Ekstrand i sur., 2011).

Ozljeđe ploča rasta česte su u omladinskom nogometu i predstavljaju specifičan rizik tijekom razdoblja intenzivnog rasta i povećanih trenažnih opterećenja. Ploče rasta su strukturno osjetljivije i manje otporne na mehanička opterećenja od zrele kosti, zbog čega su izrazito podložne oštećenjima u uvjetima ponavljanoog stresa, mikrotrauma i kumulativnog prenaprezanja karakterističnih za nogometni trening i natjecanja (Nguyen & Caine, 2025; Wik et al., 2022). Kao posljedica takvih opterećenja mogu nastati stres frakture, osobito tijekom razdoblja ubrzanog rasta, a rizik se dodatno povećava porastom volumena i intenziteta trenažnog procesa (Materne et al., 2022). Uz stresne ozljede, ploče rasta mogu biti ozlijeđene i u akutnim traumatskim situacijama te dovesti do frakture epifizne regije. Pravodobna dijagnostika ključna je za sprječavanje dugoročnih posljedica i funkcionalnih ograničenja (Arnold et al., 2017; Nguyen & Caine, 2025).

Osgood-Shlatterova bolest (OSB) najčešći je osteohondritis donjih ekstremiteta kod djece i adolescenata koji se bave sportom, uključujući i mlade nogometaše (Bezuglov i sur., 2020; Corbi i sur., 2022). Najčešće je povezana s ponavljajućim istegnućima m. quadriceps femoris i kroničnom avulzijom tubercula tibie (trakcijski apofizitis) (Green i sur., 2020). Oko 10% djece i adolescenata nogometaša koji igraju nogomet na umjetnoj travi razvije ovo stanje (Bezuglov i sur., 2020).

Jedan i više od pet sudionika prestaje se baviti sportom zbog bolova u koljenu, a oni koji su se nastavili baviti sportom imaju češće ozljede i osteoartritis koljena, te nižu kvalitetu života povezanu sa zdravljem (Holden i sur., 2021). U pojedinim situacijama dolazi do razvoja posttraumatskog osteoartrisa, lošije funkcija zglobova te većeg rizika od prekomjerne težine/pretilosti kroz 3 do 10 godina, kao posljedica ozljede koljena, ali i drugih zglobova, zglobova u dječjoj dobi (Whittaker i sur., 2015). Više od jedne trećine sudionika studije koju su proveli Holden i suradnici (2021) imalo je bol u koljenu nakon 2 godine praćenja, što je bilo povezano s nižom sportskom funkcijom i kvalitetom života povezanom sa zdravljem. I drugi autori su utvrdili smanjene kvalitete života mladih sportaša nakon ozljede koljena (Whittaker i sur., 2015; Lee i sur., 2025). Povratak sportu nakon ozljede podrazumijeva sudjelovanje igrača ne samo u treninzima, nego i na utakmicama, a trebao bi značiti da je igrač potpuno rehabilitiran nakon ozljede (Hägglund i sur., 2005).

Ozljeđe uzrokuju velike financijske gubitke za profesionalne nogometne lige, dovode do povlačenja igrača i smanjene timske učinkovitosti (Hägglund i sur., 2005), propuštanja dužeg razdoblja treninga i utakmica, što posljedično utječe na zdravlje i dobrobit te potencijalno opterećuje klupske/roditeljske financije, kao i zdravstveni sustav (Jones i sur., 2019). Programi prevencije ozljeda značajno smanjuju vjerojatnost ozljede (Castillo i sur., 2025). Stoga je potrebno obavezno provoditi mjere za prevenciju ozljeda (Faude i sur., 2013), što znači da bi ista trebala biti integrirana u svaki tečaj edukacije nogometnih trenera (Franchina i sur., 2023). Program prevencije ozljeda FIFA 11+ Kids, temeljen na vježbanju, široko je prepoznat po smanjenju općih ozljeda mišićno-koštanog sustava (Attar i sur., 2025). Attar i suradnici (2025) su utvrdili učinkovitost FIFA 11+ Kids programa, s obzirom da je eksperimentalna skupina imala 57% manje ozljeda nego djeca kontrolne skupine (smanjuje ukupnu stopu ozljeda kod djece koja igraju nogomet više nego uobičajeno zagrijavanje). Također je među nogometašima uočeno smanjenje akutnih ozljeda donjeg dijela leđa. Sadigursky i suradnici (2017) su utvrdili da je ovaj program zagrijavanja smanjio rizik od ozljeda nogometaša za 30%. Međutim,

pojedini autori sugeriraju da treba razmotriti prilagodbu programa FIFA 11+ Kids, posebno za najmlađe igrače (Franchina i sur., 2023). Ublažavanje preopterećenja u mladenačkom timskom sportu može biti uspješna strategija prevencije ozljeda (Sniffen i sur., 2022). Promjene u opterećenju treninga veće od 15% iz tjedna u tjedan rezultiraju povećanjem rizika od ozljeda za 21–49% (Gabbett, 2016). Osim toga, preporučuje se ograničiti broj sati koje djeca provode u organiziranom sportu (treningu i natjecanjima) tijekom tjedna, tako da njihov ukupni sportski angažman ne premašuje njihovu kronološku dob (Australian Government, 2022, str. 3; NATA, 2019). Ipak, važno je naglasiti da i pretjerano visoka, ali i relativno niska opterećenja treninga, kao i česta učestalost natjecanja, mogu dovesti do povećanja incidencije ozljeda (Gabbett, 2016).

Medicinski troškovi zbog sportskih ozljeda mladih sportaša su vrlo značajni (Ryan i sur., 2019). Ekonomski aspekti ozljeda djece i mladih nogometaša su u Hrvatskoj nedovoljno istraženi. Dostupni podaci sugeriraju da smanjenje ozljeda donosi mjerljive koristi u vidu racionalizacije troškova i očuvanja resursa.

RASPRAVA

Sve je veći broj djece i adolescenata koji od rane dobi sudjeluju u sportu, intenzivno treniraju i specijaliziraju se za jedan sport (Mosher i sur., 2020). Ovakav trend povezan je s povećanim rizikom od nastanka sportskih ozljeda kod sportaša mlađe dobi, posebno ozljeda prenaprezanjem donjih ekstremiteta koje nastaju kao posljedica ponavljajućih opterećenja (Mosher i sur., 2020; Strosser, 2023). Najčešće je riječ o sindromima prenaprezanja koji nastaju kao posljedica kumulativnih mikrotrauma uslijed ponavljajućih opterećenja (Patel i Baker, 2006). Specijalizirani mladi sportaši skloniji su ozljedama, stoga bi se djeca trebala suzdržati od specijalizacije barem do adolescencije (Strosser, 2023). Kod mlađe djece potrebno je promicati multisportski pristup tjelesnoj aktivnosti (Popović i sur., 2020; Stanković i sur., 2023), budući da djeca uključena u multisportske programe imaju višu razinu motoričke koordinacije od djece koja treniraju samo jedan sport, poput nogometa (Popović i sur., 2020). Rana sportska specijalizacija također pridonosi razvoju sindroma pretreniranosti i sagorijevanja (Logan i sur., 2018, str. 8; Australian Government, 2022, str. 3). Razvoju sindroma prenaprezanja pridonosi i prekoračeno vrijeme koje bi djeca smjela provesti trenirajući i natječući se, pri čemu je rizik veći s povećanjem dobi djeteta (Jayanthi i sur., 2015). Odnosno, vrijeme provedeno trenirajući i natječući se ne smije prelaziti starosnu dob djeteta (Australian Government, 2022, str. 3; NATA, 2019).

I akutne ozljede i sindromi prenaprezanja pridonose gubitku vremena treniranja odnosno igre, smanjenju razine aktivnosti te potrebe za liječenjem (Patel i Baker, 2006). Gubitak vremena igranja ili treniranja se često koristi kao pokazatelj težine ozljede (Ekegren i sur., 2016). O ozljedama kod kojih nema gubljenja vremena natjecanja ili treniranja nema izvješća, ozljede zbog kojih sportaš 1 do 7 dana ne sudjeluje na treningu/natjecanju nazivaju se manje ozljede, gubitak 8 do 21-og dan uzrokuju umjerene ozljede, dok gubitak 21 dana i više dana je uzrokovan teškim ozljedama koje rezultiraju trajnim invaliditetom (Patel i sur., 2017). Postoje i druge kategorizacije u težini ozljeda prema razdoblju neaktivnosti igrača i klasifikacije na sljedeći način: minimalne (1-3 dana), srednje (4-7 dana), umjerene (8-28 dana) ili teške (>28 dana)

(Sadigursky i sur., 2017). Uzimaju se i drugi čimbenici u obzir, npr. priroda ozljede, trajanje liječenja, izostanak iz škole, troškovi liječenja (Patel i sur., 2017). Mladi nogometaši imaju brojne vanjske i unutarnje čimbenike rizika za nastanak ozljeda. Rizik od sportskih ozljeda mišićno-koštanog sustava kod adolescenata donekle je uvjetovan određenim aspektima vezanim uz rast i razvoj (Patel i sur., 2017; Mandorino i sur., 2023). Psihološka zrelost, odnosno psihosocijalni čimbenici i razvoj, igraju važnu ulogu u tome kako adolescenti doživljavaju sudjelovanje u sportu (Patel i sur., 2017). To ima izravne implikacije na pridržavanje preporuka za liječenje i kako se nose s ozljedama (Patel i sur., 2017). Međutim, riziku od nastanka sindroma prenaprezanja doprinose umor i loš oporavak, dok prethodne ozljede povećavaju rizik od ponovnih ozljeda (Mandorino i sur., 2023). Visokokvalificirani igrači izloženiji su riziku od ozljeda, velika vanjska opterećenja povećavaju rizik od ozljeda, igračka pozicija, kao i sportska specijalizacija, izlažu mlade nogometaše većem riziku od ozljeda (Mandorino i sur., 2023). Tendencija prema cjelogodišnjim obrascima treninga, pretrpanim kalendarima natjecanja i sudjelovanju u više timova/sportova među mladim sportašima timskih sportova može općenito smanjiti potencijal ove populacije za oporavak i posljedično povećati rizik od ozljeda (Sniffen i sur., 2022), kao i pritisak zbog rezultata (Barić, 2025). Primjena moderne sportske medicine i preciznih sustava za praćenje opterećenja (poput Global Positioning Systems (GPS) tehnologije i različitih metoda monitoringa) omogućuje trenerima i stručnom timu da točno razumiju fizičke zahtjeve treninga i natjecanja, prilagode intenzitet rada te pravovremeno prepoznaju rizik od preopterećenja ili ozljede (Ravé i sur., 2020). Središnji ured za sport Republike Hrvatske (2019) napominje da je važno unaprijediti zdravstvenu skrb sportaša kako bi ostali zdravi.

Stoga je jasno da je timska suradnja stručnjaka (treneri, liječnici, fizioterapeuti, itd.) koji su uključeni u rad i skrb o mladim sportašima više nego neophodna. Bez kvalitetne međusobne suradnje stručnjaka zaduženih za brigu o mladim nogometašima teško je osigurati njihov siguran i održiv razvoj (Hrženjak, 2012 u Milanović i sur., 2016; Liukkonen, 2024). Stoga je interdisciplinarni timski rad ključan za pravodobno uočavanje rizika, kvalitetno planiranje treninga i pružanje adekvatne podrške svakom mladom sportašu. Stručno osoblje mora biti visokoprofilirano, kako bi podržali performanse i zdravlje igrača (Silva i sur., 2023), uključujući i fizioterapeute (Selomo i sur., 2023). Liukkonen (2024) je utvrdio da su fizioterapeuti najviše surađivali unutar tima s glavnim trenerima.

Na temelju sintetiziranih nalaza iz recentne literature o učestalosti ozljeda mladih nogometaša te identificiranih izazova u provedbi programa prevencije, provedena je SWOT analiza. Ona prikazuje ključne snage, slabosti, prilike i prijetnje povezane s implementacijom preventivnih programa u omladinskom nogometu te pruža podlogu za daljnje planiranje i optimizaciju pristupa prevenciji ozljeda u praksi.

Tablica 1. SWOT analiza programa prevencije ozljeda u omladinskom nogometu

SNAGE (S)	SLABOSTI (W)
- preventivni programi dokazano smanjuju rizik od ozljeda kod djece sportaša - program <i>FIFA 11+ Kids</i> predstavlja znanstveno utemeljen i validiran model prevencije - interdisciplinarna timska suradnja stručnjaka (trenera, fizioterapeuta, liječnika i kondicijskih trenera) optimizira proces treninga, smanjuje rizik od ozljeda i povećava vjerojatnost sportskog uspjeha - preventivni programi prilagođeni dobi djece poštuju jedinstvene fiziološke i biomehaničke potrebe mladih sportaša	- dječji natjecateljski nogomet karakterizira visoka učestalost sindroma prenaprezanja - preventivni programi nedovoljno se primjenjuju u praksi - rizici sportskih ozljeda nisu dovoljno prepoznati ni sustavno praćeni - psihološki učinci ozljeda, uključujući demotivaciju i odustajanje od sporta, nedovoljno su prepoznati u praksi - sportske ozljede predstavljaju potencijalno financijsko opterećenje za klubove, roditelje i zdravstveni sustav - nogomet spada među sportove s visokim troškovima liječenja i rehabilitacije - nedostaju konkretni ekonomski podaci za Hrvatsku o troškovima sportskih ozljeda - međunarodni podaci pokazuju da prosječni trošak hospitalizacije mladih nogometaša (5 do 18 godina) iznosi 5.502 USD po ozljedi
PRILIKE (O)	PRIJETNJE (T)
- edukacijski programi o prevenciji ozljeda za stručne kadrove, osobito trenere - edukacija roditelja o važnosti individualiziranih preventivnih vježbi - integracija <i>FIFA 11+ Kids</i> programa u svakodnevni proces treninga - digitalna rješenja za praćenje pridržavanja preventivnih protokola (npr. mobilne aplikacije) - razvoj vježbi specifičnih za poziciju igrača - potencijalne dugoročne financijske uštede smanjenjem učestalosti ozljeda - primjena moderne sportske medicine i tehnologija za praćenje opterećenja (Global Positioning Systems - GPS tehnologija, monitoring) - promicanje multisportskog pristupa u mladim dobnim kategorijama - unapređenje sustava zdravstvene skrbi mladih sportaša - poticanje daljnjih istraživanja i razvoja individualiziranih programa vježbanja kao strateških alata prevencije ozljeda	- mladi sportaši specijalizirani za jedan sport su skloniji ozljedama - razdoblja ubrzanog rasta mijenjaju biomehaniku kretanja i povećavaju vjerojatnost ozljeda - pritisak rezultata i kompetitivni zahtjevi mogu negativno utjecati na psihološko zdravlje sportaša - demotivacija i rani prestanak bavljenja sportom kao posljedica ozljeda - visoka učestalost natjecanja povećava rizik od ozljeda - otežavajuća provedba dodatnih programa - intenzivirana konkurencija potiče izazovniji proces - financijski i društveni pritisci na djecu i roditelje, - neadekvatne promjene u opterećenju - smanjena kvaliteta života mladih sportaša nakon ozljede koljena - povećan broj kroničnih ozljeda i zdravstvenih problema u kasnijoj dobi - razvoj posttraumatskog osteoartritisa, lošija funkcija zgloba te veći rizik od prekomjerne težine/pretilosti kroz 3 do 10 godina, kao posljedica ozljede zgloba u dječjoj dobi (najčešće koljena)

Izvor: izrada autora

ZAKLJUČAK

Preventivni programi u omladinskom nogometu dokazano smanjuju učestalost ozljeda i imaju značajan, ali još uvijek nedovoljno istražen ekonomski potencijal. Sustavna primjena preventivnih mjera i praćenje podataka doprinose očuvanju zdravlja mladih nogometaša, optimizaciji trenažnog procesa i održivosti sportskih organizacija. SWOT analiza pokazuje da su glavne snage jasno potvrđena učinkovitost preventivnih programa i snažna znanstvena podloga, a ključne slabosti ograničena primjena u praksi i nedostatak *cost-benefit* analiza potrebnih za argumentirano donošenje odluka. Najveće razvojne prilike odnose se na digitalna rješenja za praćenje opterećenja i ozljeda te unapređenje edukacije trenera i stručnih kadrova. Prijetnju sustavu predstavljaju pritisak rezultata, kratkoročno planiranje i preopterećen natjecateljski raspored koji često stavljaju izvedbu iznad zdravlja i dugoročnog razvoja sportaša. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na dugoročno praćenje učinaka preventivnih programa, analizu njihove stvarne isplativosti te razvoj održivih modela financiranja koji bi omogućili njihovu širu primjenu u sportskim okruženjima. Time bi se omogućio jasniji uvid u njihov potpuni zdravstveni i ekonomski značaj te bi se mladim nogometašima osigurali sigurniji uvjeti za rast i napredovanje.

LITERATURA

1. Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of sports sciences*, 34(24), 2205-2214.
2. Al Attar, W. S. A., Bizzini, M., Dvořák, J., Pappas, E., Alzahrani, H., Al Shaman, M., & Elkins, M. R. (2025). Effectiveness of the FIFA 11+ injury prevention programs in reducing acute lower back injury among soccer players: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17479541251364112.
3. Arnold, A., Thigpen, C. A., Beattie, P. F., Kissenberth, M. J., & Shanley, E. (2017). Overuse physal injuries in youth athletes. *Sports Health a Multidisciplinary Approach*, 9(2), 139–147.
4. Australian Government. (2022). Australian Sports Commission. Sport Specialisation in Young Athletes: Position Statement. Dostupno na: https://www.ais.gov.au/position_statements/content/sport-specialisation-in-young-athletes?utm_source=chatgpt.com
5. Barić, R. (2025). Vidimo li isto? Usporedba percepcije trenerovog rukovođenja i motivacijske klime između sportaša i trenera timskih sportova. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 40(1), 94-103.
6. Bezuglov, E. N., Tikhonova, A. A., Chubarovskiy, P. V., Repetyuk, A. D., Khaitin, V. Y., Lazarev, A. M., & Usmanova, E. M. (2020). Conservative treatment of Osgood-Schlatter disease among young professional soccer players. *International orthopaedics*, 44(9), 1737-1743.
7. Castillo, D., Marqués-Jiménez, D., Bertollo, M., López-Flores, M., Bovolon, L., De Fano, A., & Pompa, D. (2025). A systematic review and meta-analysis of various injury

- prevention programs in youth soccer players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 190.
8. Corbi, F., Matas, S., Álvarez-Herms, J., Sitko, S., Baiget, E., Reverter-Masia, J., & López-Laval, I. (2022, May). Osgood-Schlatter disease: appearance, diagnosis and treatment: a narrative review. *Healthcare*, 10 (6), 1011.
 9. Ekegren, C. L., Gabbe, B. J., & Finch, C. F. (2016). Sports injury surveillance systems: a review of methods and data quality. *Sports medicine*, 46(1), 49-65.
 10. Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British journal of sports medicine*, 45(7), 553-558.
 11. Faude, O., Rößler, R., & Junge, A. (2013). Football injuries in children and adolescent players: are there clues for prevention?. *Sports medicine*, 43(9), 819-837.
 12. Franchina, M., Turati, M., Tercier, S., & Kwiatkowski, B. (2023). FIFA 11+ Kids: Challenges in implementing a prevention program. *Journal of children's orthopaedics*, 17(1), 22-27.
 13. Gabbett, T. J. (2016). The training – injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?. *British journal of sports medicine*, 50(5), 273-280.
 14. Green, D. W., Sidharthan, S., Schlichte, L. M., Aitchison, A. H., & Mintz, D. N. (2020). Increased posterior tibial slope in patients with Osgood-Schlatter disease: a new association. *The American Journal of Sports Medicine*, 48(3), 642-646.
 15. Häggglund, M., Waldén, M., Bahr, R., & Ekstrand, J. (2005). Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British journal of sports medicine*, 39(6), 340-346.
 16. Holden, S., Olesen, J. L., Winiarski, L. M., Krommes, K., Thorborg, K., Hölmich, P., & Rathleff, M. S. (2021). Is the prognosis of Osgood-Schlatter poorer than anticipated? A prospective cohort study with 24-month follow-up. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 9(8), 23259671211022239.
 17. Hrvatski nogometni savez. (2025). Hrvatska nogometna obitelj u protekloj godini. Dostupno na: <https://hns.family/obitelj/generacija-111/> [25.10.2025.]
 18. Jayanthi, N. A., LaBella, C. R., Fischer, D., Pasulka, J., & Dugas, L. R. (2015). Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *The American journal of sports medicine*, 43(4), 794-801.
 19. Jones, S., Almousa, S., Gibb, A., Allamby, N., Mullen, R., Andersen, T. E., & Williams, M. (2019). Injury incidence, prevalence and severity in high-level male youth football: a systematic review. *Sports medicine*, 49(12), 1879-1899.
 20. Kolstrup, L. A., Koopmann, K. U., Nygaard, U. H., Nygaard, R. H., & Agger, P. (2016). Injuries during football tournaments in 45,000 children and adolescents. *European journal of sport science*, 16(8), 1167-1175.
 21. Leppänen, M., Pasanen, K., Clarsen, B., Kannus, P., Bahr, R., Parkkari, J., ... & Vasankari, T. (2019). Overuse injuries are prevalent in children's competitive football: a prospective study using the OSTRC Overuse Injury Questionnaire. *British journal of sports medicine*, 53(3), 165-171.

22. Liukkonen, S. (2024). Physiotherapists' experiences of multidisciplinary teamwork in sport clubs. Dostupno na: <https://www.theseus.fi/handle/10024/865157>
23. Logan, K., Cuff, S., Council on Sports Medicine and Fitness, LaBella, C. R., Brooks, M. A., Canty, G., ... i Stricker, P. R. (2019). Organized sports for children, preadolescents, and adolescents. *Pediatrics*, 143(6), e20190997.
24. Mandorino, M., Figueiredo, A. J., Gjaka, M., & Tessitore, A. (2023). Injury incidence and risk factors in youth soccer players: a systematic literature review. Part II: Intrinsic and extrinsic risk factors. *Biology of sport*, 40(1), 27-49.
25. Mosher, A., Fraser-Thomas, J., & Baker, J. (2020). What defines early specialization: A systematic review of literature. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 596229.
26. Milanović, D., Čustonja, Z., & Hrženjak, M. (2016). Sport u razvitku hrvatskoga društva. *Sport in the Development of the Croatian Society. In Croatian] In Zbornik radova*, 25, 41-50.
27. National Athletic Trainers' Association (NATA). (2019). National Athletic Trainers' Association Official Statement in Support of Sport Specialization Recommendations for Adolescent and Young Athletes. Dostupno na: https://www.nata.org/sites/default/files/youth_sports_specialization_recommendations.pdf?utm_source=chatgpt.com
28. Nguyen, J. C., & Caine, D. (2025). Youth soccer players: patterns of injury involving the primary growth plates of epiphyses. *Skeletal Radiology*, 54(4), 695-714.
29. O'Kane, J. W., Neradilek, M., Polissar, N., Sabado, L., Tencer, A., & Schiff, M. A. (2017). Risk factors for lower extremity overuse injuries in female youth soccer players. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 5(10), 2325967117733963.
30. Patel, D. R., & Baker, R. J. (2006). Musculoskeletal injuries in sports. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 33(2), 545-579.
31. Patel, D. R., Yamasaki, A., & Brown, K. (2017). Epidemiology of sports-related musculoskeletal injuries in young athletes in United States. *Translational pediatrics*, 6(3), 160-16.
32. Pečina, M. (2025). Medicinska disciplina sportska medicina. U: Pečina, M., Dumić -Čule, I. (ur.). *Sportska medicina – odabrana poglavlja*. Zagreb: Medicinska naklada, 1-6.
33. Popović, B., Gušić, M., Radanović, D., Andrašić, S., Madić, D. M., Mačak, D., ... & Trajković, N. (2020). Evaluation of gross motor coordination and physical fitness in children: Comparison between soccer and multisport activities. *International journal of environmental research and public health*, 17(16), 5902.
34. Ravé, G., Granacher, U., Boullosa, D., Hackney, A. C., & Zouhal, H. (2020). How to use global positioning systems (GPS) data to monitor training load in the “real world” of elite soccer. *Frontiers in physiology*, 11, 944.
35. Republika Hrvatska Središnji ured za sport. (2019). Nacionalni program športa 2019.-2026. Dostupno na: https://mint.gov.hr/UserDocsImages/AAA_2020_MINTIS/dokumenti/Nacionalni%20program%20%C5%A1porta%202019-2026.pdf
https://mint.gov.hr/UserDocsImages/AAA_2020_MINTIS/dokumenti/Nacionalni%20program%20%C5%A1porta%202019-2026.pdf [30.10.2025.]

36. Rommers, N., Rössler, R., Goossens, L., Vaeyens, R., Lenoir, M., Witvrouw, E., & D'Hondt, E. (2020). Risk of acute and overuse injuries in youth elite soccer players: body size and growth matter. *Journal of science and medicine in sport*, 23(3), 246-251.
37. Roos, K. G., & Marshall, S. W. (2014). Definition and usage of the term “overuse injury” in the US high school and collegiate sport epidemiology literature: a systematic review. *Sports medicine*, 44(3), 405-421.
38. Ryan, J. L., Pracht, E. E., & Orban, B. L. (2019). Inpatient and emergency department costs from sports injuries among youth aged 5–18 years. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1), e000491.
39. Sadigursky, D., Braid, J. A., De Lira, D. N. L., Machado, B. A. B., Carneiro, R. J. F., & Colavolpe, P. O. (2017). The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 9(1), 18.
40. Selomo, M., Cochrane, M. E., & Dawood, M. A. (2023). Profile of physiotherapists working with soccer teams in South Africa. *South African Journal of Physiotherapy*, 79(1), 1920.
41. Silva, J. R., Buchheit, M., Hader, K., Sarmiento, H., & Afonso, J. (2023). Building bridges instead of putting up walls: connecting the “teams” to improve soccer players’ support. *Sports Medicine*, 53(12), 2309-2320.
42. Sniffen, K., Noel-London, K., Schaeffer, M., & Owomeye, O. (2022). Is cumulative load associated with injuries in youth team sport? A systematic review. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 117.
43. Stanković, D., Horvatin, M., Vlašić, J., Pekas, D., & Trajković, N. (2023). Motor coordination in children: A comparison between children engaged in multisport activities and swimming. *Sports*, 11(8), 139.
44. Strosser, S. (2023). Youth sport specialization and risk of injury: a general review. *Clinical journal of sport medicine*, 33(6), 652-657.
45. Škomrlj, J., Versic, S., Kuko, M., Pavlinovic, V., & Sattler, T. (2025). Understanding Injury Dynamics in Youth Soccer: A Six-Season Study of Traumatic and Overuse Injuries. *Sport Mont*, 23(2), 3-9.
46. Whittaker, J. L., Woodhouse, L. J., Nettel-Aguirre, A., & Emery, C. A. (2015). Outcomes associated with early post-traumatic osteoarthritis and other negative health consequences 3-10 years following knee joint injury in youth sport. *Osteoarthritis and cartilage*, 23(7), 1122-1129.
47. Wik, E. H. (2022). Growth, maturation and injuries in high-level youth football (soccer): A mini review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 975900.

RAZLIČITI DEFORMITETI STOPALA KOD DJECE I MLADIH UZRASTA 14 DO 18 GODINA

DIFFERENT FOOT DEFORMITIES IN CHILDREN AND ADOLESCENTS AGED 14 TO 18 YEARS

Ante Burger

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu
anteburger@gmail.com, antburger@ozs.unist.hr

Nikola Foretić

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Splitu
nikolaforetic@gmail.com

Ana Ćurković

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu
ana.curkovic@ozs.unist.hr

Sažetak

Stopalo predstavlja jednu od ključnih struktura ljudskog lokomotornog sustava jer podnosi cjelokupnu tjelesnu težinu i ima važnu statičku i dinamičku funkciju. Sastoji se od 107 ligamenata, 19 mišića i 33 zglobova, a njegova složena građa čini ga posebno osjetljivim na razvoj deformiteta. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati stanje stopala kod dječaka sportaša i nesportaša u dobi od 14 do 18 godina. Uzorak je obuhvatio 468 ispitanika podijeljenih u dvije skupine: sportaše (košarka, nogomet, plivanje; ≥ 7 sati treninga tjedno) i nesportaše. Rezultati pokazuju da je 35,05% ispitanika imalo spuštено stopalo (Pes planus), dok je samo 14,52% imalo urednu strukturu stopala bez deformiteta. Analiza razlika između skupina potvrdila je statistički značajnu povezanost (Chi-Square=282,19; df=3; $p<0,00$). Najmanje odstupanja u odnosu na očekivane frekvencije zabilježena su kod plivača, a najveća kod nogometaša. Dodatne analize za pojedine deformitete također su pokazale značajne razlike među skupinama ($p<0,00$). Zaključci istraživanja ukazuju na važnost očuvanja zdravlja stopala. Nogometaši su imali najizraženije deformitete što se može povezati s prirodom igre, podlogama i obučom. Nesportaši su na drugom mjestu po učestalosti deformiteta, što se povezuje s nedostatkom tjelesne aktivnosti. Najbolje stanje stopala uočeno je kod plivača, što se pripisuje vježbanju u vodi i češćem hodanju bez obuće. U budućnosti se preporučuje razvoj personalizirane sportske obuće te promocija tjelesne aktivnosti koja potiče pravilan razvoj stopala.

Ključne riječi: *deformiteti, ozljeda, podloga, stopalo.*

Abstract

The human foot plays a crucial role within the locomotor system as it supports the entire body weight while fulfilling both static and dynamic functions. Its complex anatomical structure—comprising 107 ligaments, 19 muscles, and 33 joints—makes it particularly susceptible to deformities. The aim of this study was to examine the condition of the feet in adolescent boys, both athletes and non-athletes, aged 14 to 18 years. The sample included 468 participants

divided into two groups: athletes (basketball, football, swimming; ≥ 7 hours of weekly training) and non-athletes. Results showed that 35.05% of participants presented with pes planus (flat feet), while only 14.52% had normal foot structure without deformities. Statistical analysis revealed a significant difference between the observed and expected frequencies (Chi-Square=282.19; $df=3$; $p<0.00$). The smallest discrepancies were observed in swimmers, whereas the largest were recorded in football players. Separate analyses for individual deformities confirmed statistically significant differences among the groups ($p<0.00$). The findings highlight the importance of maintaining foot health for overall physical well-being. Football players showed the highest prevalence of foot deformities, likely due to the nature of the sport, frequent surface changes, and inappropriate footwear. Non-athletes ranked second, which may be attributed to sedentary lifestyle and insufficient physical activity. In contrast, swimmers demonstrated the healthiest foot structure, supported by the aquatic environment and barefoot activity around pools. In conclusion, promoting adequate physical activity and developing personalized footwear technology could contribute to healthier and more functional feet in the future.

Keywords: *deformities, injury surface, foot.*

UVOD

Stopalo se svojom strukturom sastoji od 107 ligamenata, 19 mišića i 33 zglobova. Zbog svoje složenosti ubraja se među najsloženije odvojene organe od iznimnog značaja za lokomotorni sustav čovjeka. Uvijek je opterećeno težinom tijela, neovisno o položaju osobe, stoga mu je potrebno posvetiti posebnu pažnju kako ne bi došlo do narušavanja njegove funkcije. Jedna od najvažnijih karakteristika funkcionalnog stopala jest sposobnost održavanja ravnoteže tjelesne mase na maloj površini, prijenosa tijela uz istovremenu prilagodbu neravnom terenu, kao i njegova uloga sekundarnog organa hvatanja i osjeta (Bal, Aydog, Aydog i Cakci, 2006). Deformiteti stopala predstavljaju problem kod 70-80% populacije obuhvaćene istraživanjima provedenima u različitim državama (Burger et al., 2012, 2021; Xu L et al., 2023). Među najčešćim deformitetima u široj populaciji ističu se ravna stopala. Ovaj deformitet sve češće stvara probleme kod djece, ponajprije zbog pretilosti, koja je usko povezana sa smanjenom tjelesnom aktivnošću odnosno hipokinezijom (Bajrić, Bajrić, 2012; Khalid, Rai, Mobeen i Amjad, 2015). Pretilost pokazuje negativan trend, osobito u mlađoj populaciji i kod djece predškolskog uzrasta (Krebs et al., 2003; Ogden et al., 2015; Zhang et al., 2024). Osim sjedilačkog načina života, koji rezultira prekomjernom tjelesnom težinom, uočen je i značajan utjecaj genetske komponente. Naime, mogućnost da dijete bude pretilo povećava se i do 80% ako su oba roditelja pretila (Granić, 2019). Zbog toga je od samog rođenja potrebno poticati djecu na sve oblike tjelesne aktivnosti kako bi se razvila odgovarajuća psihomotorna sposobnost cijelog organizma. Jedna od najvažnijih komponenti slobodnog vremena djece i mladih trebala bi biti bavljenje sportom (Mehlbye, Jensen, 2003). Sport pridonosi regulaciji tjelesne mase, smanjenju masnoća u krvi, prevenciji hipertenzije i šećerne bolesti. Osim toga, redovita tjelesna aktivnost dokazano smanjuje rizik od razvoja zloćudnih tumora (Guyton, Hall, 2012). Utjecaj sporta na zdravlje stopala različito je prikazan u zdravstvenim istraživanjima. Postoje sportovi koji, zbog specifične strukture igre, ali i kvalitete sportske obuće, potencijalno uzrokuju probleme sa stopalima sportaša. Tako su u istraživanju zabilježeni podaci da je samo 3%

nogometaša imalo uredno stopalo u odnosu na uzorak sportaša iz različitih sportova (Burger et al., 2021). U nekim je istraživanjima utvrđena povezanost između ravnih stopala i ozljeda donjih ekstremiteta (Michelson, Durant i McFarland, 2002; Murphy, Connolly, Beynnon, 2003). Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da zdravo, funkcionalno stopalo značajno pridonosi podnošenju statodinamičkih opterećenja, koja su u sportu vrlo česta. Iz svega navedenoga jasno je da različiti deformiteti stopala negativno utječu na posturu tijela. Stoga je cilj ovoga istraživanja utvrditi razlike u deformitetima stopala kod dječaka sportaša i nesportaša u dobi od 14 do 18 godina. Konačni cilj je osvijestiti djecu i roditelje na promjenu životnog stila koje generira pojedinca prema uspješnom i zdravom starenju.

METODE I MATERIJALI

Uzorak ispitanika činili su dječaci u dobi od 14 do 18 godina. Prvu skupinu predstavljali su sportaši koji su trenirali od 3 do 5 puta tjedno, dok su drugu skupinu činili ispitanici koji se nisu bavili nijednim sportom. Ukupno je testirano 468 ispitanika, od čega je: košarkaša (n=80), nogometaša (n=128), nesportaša (n=148) te plivača (n=112). Istraživanje je provedeno u periodu od 2022. do 2024. godine u ortopedskoj ustanovi. Provođenje mjerenja obavili su fizioterapeuti i kineziolozi educirani za rad na ortopedskoj opremi za utvrđivanje statusa stopala. Prije samog testiranja ispitanici su popunili kratki upitnik na numeričkoj skali za procjenu intenziteta boli (engl. *Numeric rating scale* -NRS). Numerička skala za procjenu intenziteta boli (NRS) predstavlja samoocjensku metodu u kojoj se bol ocjenjuje pomoću linije označene brojevima od 0 do 10. Brojevi između 0 i 10 koriste se za preciznije opisivanje jačine boli vrijednosti od 1 do 3 ukazuju na blagu bol, od 4 do 6 na umjerenu, a od 7 do 10 na jaku bol (Brevik et al., 2008). Rezultati upitnika bili su samo informativnog tipa kako bi se dobio još precizniji uvid o mogućem problemu zdravstvenog statusa prije samog mjerenja, ti podaci nisu navedeni u rezultatima. Utvrđivanje statusa stopala provedeno je pomoću grafopodograma model Foot Scanner proizvođač (Rothballer Electronic 2-D Systems -Njemačka). Postupak testiranja provodio se tako da je ispitanik bosim stopalima stao na staklenu platformu ispod koje se nalazio skener. Skener je snimio stopalo, a zatim je preko računalnog sustava kreirana trodimenzionalna slika koja je služila za detekciju stanja stopala.

Sustav je bilježio pet različitih stanja stopala:

- PP1 – Pes planus (blago spuštено stopalo),
- PP2 – Pes planus (umjereno spuštено stopalo),
- PP3 – Pes planus (potpuno spuštено stopalo),
- PESC – Pes excavatus (udubljeno stopalo),
- OK – uredno stopalo.

Najprije su izračunate frekvencije pojedinih skupina ispitanika s obzirom na status stopala. Nakon toga analizirane su razlike između ispitanika sa i bez deformiteta stopala prema pojedinim sportovima. Za svaku skupinu ispitanika utvrđene su opažene i očekivane frekvencije s ili bez deformiteta. Na kraju je proveden hi-kvadrat test za svaku vrstu deformiteta zasebno između promatranih skupina. Sve statističke analize provedene su korištenjem softvera STATISTICA, verzija 13 (StatSoft Inc., SAD).

REZULTATI

Rezultati u Tablici 1. ukazuju da je od 468 ispitanika samo 14,52% imalo uredno stopalo bez deformiteta. Ovako upozoravajući rezultati u svim istraživanjima ukazuju na činjenicu da na deset ispitanika manje od dvoje imaju uredno stopalo. Izdubljeno stopalo (PESC – Pes excavatus) zabilježen je sa 5,98% na postotnom udjelu svih ispitanika. Poznato je da je uzrok ovog deformiteta povezan sa narušavanjem ravnoteže u snazi mišića potkoljenice i stopala. Više je zastupljen kod djevojaka nego kod dječaka, a uzroci mogu biti kongenitalni ili neuromuskularni.

Tablica 1. Frekvencije pojedinih skupina ispitanika s obzirom na status stopala izražene u ukupnom postotku

SPORT	PP1	PP2	PP3	PESC	OK
KOŠARKA	36	16	16	8	4
NOGOMET	44	36	32	8	8
NTR	56	32	32	4	24
PLIVANJE	28	28	16	8	32
TOTAL	164	112	96	28	68
%	35,05	23,93	20,52	5,98	14,52

Legenda: PP1 – Pes planus (blago spuštено stopalo), PP2 – Pes planus (umjereno spuštено stopalo), PP3 – Pes planus (potpuno spuštено stopalo), PESC – Pes excavatus (udubljeno stopalo), OK – uredno stopalo, NTR – nesportaši (netrenirana djeca).

Razlike između ispitanika sa i bez deformiteta stopala prema pojedinim sportovima prikazane su u Tablici 2. Uočena je statistički značajna razlika između opaženih i očekivanih frekvencija ($\chi^2 = 282,1890$; $df = 3$; $p = 0,00$). Najveća razlika između opaženih i očekivanih frekvencija zabilježena je kod nogometaša ($O-E = -112,00$), zatim kod skupine nesportaša (NTR) ($O-E = -100,00$). Najmanje razlike utvrđene su kod plivača ($O-E = -48,00$).

Tablica 2. Razlike između ispitanika s deformacijama stopala i bez njih prema pojedinačnim sportovima

SPORT	PROMATRANE FREKVENCije OK	OČEKIVANE FREKVENCije S DEFORMITETOM	O - E	(O-E)**2 / E
KOŠARKA	4,00	76,00	-72,00	68,21
NOGOMET	8,00	120,00	-112,00	104,53
NTR	24,00	124,00	-100,00	80,64
PLIVANJE	32,00	80,00	-48,00	28,80
UKUPNO	68,00	400,00	-332,00	282,18
Promatrane naspram očekivanih frekvencija HI-kvadrat = 282,1890 stupnjevi slobode (df) = 3 p = 0,00				

Izračun hi-kvadrat testa za svaku pojedinu deformaciju između promatranih skupina prikazan je u Tablici 3. Dobiveni rezultati upućuju na postojanje statistički značajnih razlika među svim analiziranim skupinama s obzirom na status stopala ($p < 0,00$). Dobiveni rezultati ukazuju da je *Pes planus* (blago spuštено stopalo) učestalije kod nesportaša, dok su ravna stopala ozbiljnijeg stupnja češća u nogometaša. Uredna stopala najučestalija su kod plivača.

Tablica 3. Izračun hi-kvadrat testa za svaku pojedinu deformaciju između promatranih skupina

Status stopala	KOŠARKA	NOGOMET	NTR	PLIVANJE	Hi-kvadrat	P
PP1	36	44	56	28	151,79	<0,00
PP2	16	36	32	28	218,72	<0,00
PP3	16	32	32	16	242,97	<0,00
PESC	8	8	4	8	356,03	<0,00
OK	4	8	24	32	290,22	<0,00

Legenda: PP1 – *Pes planus* (blago spuštено stopalo), PP2 – *Pes planus* (umjereno spuštено stopalo), PP3 – *Pes planus* (potpuno spuštено stopalo), PESC – *Pes excavatus* (udubljeno stopalo), OK – uredno stopalo NTR – nesportaši (netrenirana djeca).

RASPRAVA

Ravno stopalo se najčešće dijeli na patološko, kruto ravno stopalo i fiziološko, fleksibilno ravno stopalo (Rota Čeprnja et al., 2022). U ovom istraživanju primjetno je da 79,5% ispitanika ima problem s jednim od oblika ravnog stopala zbog slabo razvijenog lokomotornog sustava i nedovoljne pripremljenosti za fizičke napore. Vrlo je važno na vrijeme prepoznati nastanak nekog od deformiteta stopala u ranom djetinjstvu kako ne bi došlo do progresije koja može ostaviti trajne posljedice vidljive tijekom cijelog života (Spiga et al., 2024). Stoga je izrazito važno provoditi kvalitetne trenažne procese usmjerene na jačanje mišićnih skupina koje imaju ključnu ulogu u održavanju posture tijela, kao i koristiti kvalitetnu obuču s ulošcima. Djeca i mladi u urbanim sredinama imaju veće probleme s ravnim stopalom u odnosu na djecu sa sela (Nikšić et al., 2019). Zbog sve izraženijeg iseljavanja u Republici Hrvatskoj te negativnih migracijskih trendova stanovništva sa sela u gradove, problem ravnog stopala postaje sve veći izazov za stručnjake koji brinu o zdravstvenom statusu nacije. Više istraživanja ukazalo je na to da je raspodjela plantarnog tlaka korisna u određivanju abnormalnog obrasca hoda (Dzjuba, Szapala, 2008; Gabriel et al., 2008; Jameson et al., 2008; Arzehgar et al., 2025). Dobiveni rezultati od 35,05% za PP1 – *Pes planus* (blago spuštено stopalo) u korelaciji su s istraživanjima koja su proveli Bakhsi (2016) i Burger et al. (2021). Ravno stopalo prvog stupnja najzastupljeniji je deformitet u svim dobnim skupinama (Pleiffer, Kotz i Ledl, 2006). Njegova pojava povezana je i s genetskom predispozicijom, pa je vjerojatnost pojave ravnog stopala veća kod djece čiji su roditelji imali isti problem. Prevalencija ravnog stopala u odrasloj populaciji iznosi između 15 i 23% (Hosalkar et al., 2011).

Varijabla PP3 – *Pes planus* (potpuno spuštено stopalo) zabilježena je u 20,52% ukupnog uzorka ovog istraživanja. U prosjeku, dvoje od desetero ispitanika trebalo bi ozbiljnije pristupiti

rješavanju problema ravnog stopala. Takav pristup zahtijeva upotrebu ortopedskih uložaka i adekvatne obuće kako bi se spriječila progresija deformiteta. Kod dijela ispitanika bila je prisutna bol u donjim ekstremitetima, osobito u koljenima. Učestala bol javljala se tijekom dugotrajnog stajanja ili trčanja, dok su kod nekih ispitanika bile vidljive i anomalije kralježnice, što posredno može uzrokovati bolove u kukovima i donjem dijelu leđa. Konzervativno liječenje preferira se u većini slučajeva te u pravilu daje zadovoljavajuće rezultate, dok se kirurško liječenje predlaže samo u rijetkim, odabranim i simptomatskim slučajevima koji ne reagiraju na konzervativnu terapiju (Pavone et al., 2018). Operativni zahvati mogu se provoditi na više načina. Ranije su se koristile kompleksne osteotomije, kod kojih je zabilježen veći broj komplikacija, dok se danas primjenjuju i druge metode, među kojima se ističe metoda *arthroeresis*, sve popularnija zbog kraćeg trajanja samog zahvata i manjeg broja komplikacija (Fernández de Retana, Alvarez i Bacca, 2012; Abbata-Czardybon et al., 2013).

U Tablici 2 prikazani su rezultati u kojima je primijećena značajna razlika između promatranih i očekivanih frekvencija ($\chi^2 = 282,1890$; $df = 3$; $p = 0,00$). Najveća je razlika uočena kod nogometaša ($O-E = -112,00$), kod kojih je zabilježen i najveći broj deformiteta stopala. U ranijim istraživanjima na uzorcima nogometaša dobiveni su slični rezultati (Ilić et al., 2015; Bukowska et al., 2021). Struktura nogometne igre, koja uključuje velik broj udaraca, skokova, uklizavanja i konfrontacija s protivničkim igračima, može uzrokovati znatan broj ozljeda ako stopalo nije dovoljno snažno da podnese sve opterećenja.

Istraživanje koje su proveli Hunt et al. (2016) pokazuje da je više od 50% ozljeda u grupnim sportovima bilo povezano sa stopalima, pri čemu je najveća incidencija ozljeda bila u nogometu (14%) i američkom nogometu (20%). Stoga je važno obratiti pažnju na kvalitetnu obuću, kao i na preventivne vježbe jačanja stopala koje imaju ulogu pripreme za trenažni proces, koji je zbog svoje strukture podložan degenerativnim promjenama. Zdravo i fleksibilno stopalo kod nogometaša može doprinijeti smanjenju ozljeda, što potvrđuje i činjenica da je 85% ozljeda u tom sportu zabilježeno na donjim ekstremitetima (Waldén, Häggglund i Ekstrand, 2005). Rezultati ovog istraživanja pokazuju da su plivači imali najpovoljniji status stopala ($O-E = -48,00$), što je i bilo očekivano s obzirom na specifičnu strukturu samog sporta, koji se odvija u drugom mediju. Poznato je da je najveći broj ozljeda kod plivača povezan s ramenima, a zabilježeno je da plivačice imaju 58% više ozljeda uslijed prekomjernog treninga (Nichols, 2015). Izračun hi-kvadrat testa za svaku pojedinu deformaciju između promatranih skupina ukazuje na postojanje statistički značajnih razlika između svih analiziranih skupina u odnosu na status stopala ($p < 0,00$). Rezultati prikazani u Tablici 3. ukazuju da svaki sport ima svoju specifičnu strukturu, uključujući i djecu koja nisu trenirala ni jedan sport. Osim nasljedne komponente, koja ima značajnu ulogu u strukturi stopala, način života i kvalitetna prevencija u nastanku deformiteta ubrajaju se među najvažnije parametre očuvanja zdravlja i stabilnosti ovog ključnog organa za kretanje.

ZAKLJUČAK

Rezultati ovoga istraživanja ukazuju na zabrinjavajuću pojavu koja je sve više prisutna kod svih dobnih skupina a odnosi se na slabu strukturu stopala, te je samo 14,52% ispitanika imalo uredno stopalo. Svaki peti ispitanik imao je u prosjeku PP3-Pes planus (potpuno spuštено

stopalo) što inicira korištenje uložaka za stopalo ili ozbiljniju medicinsku opservaciju koja može završiti i operativnim zahvatom. Nogometaši su imali najveću učestalost deformacija stopala, nakon njih netrenirani sportaši i košarkaši dok je stopalo kod plivača bilo sa najmanjim brojem zabilježenih deformiteta. Dobiveni rezultati su očekivani s obzirom da novi trendovi i način života pri kojem dolazi do smanjenja kretne aktivnosti posebice kod mladih dovode do degenerativnih pojava u lokomotornom sustavu. Važno je ustvrditi da ne postoje razlike između dječaka koji se bave sportom i onih koji se ne bave kada se analizira pes valgus, pes planovalgus, i pes excavatus obzirom da je dob, a ne aktivnost, faktor utjecaja lakših anomalija stopala. Prevencijske vježbe koje treba od ranog djetinjstva provoditi važan su prediktor uspješnosti smanjenja nastanka nekog od deformiteta. Ključno je provoditi programe koji bi trebali biti usmjereni na unaprjeđenje vezivnih struktura lokomotornog sustava te živčano mišićnih podražaja. Postupno ovisno stanju subjekta treba primjenjivati primarne i sekundarne intervencije. Primarna intervencija obuhvaća redovitu tjelesnu aktivnost, suzbijanje pretilosti i kvalitetnu ishranu. Sekundarna intervencija upućuje na ranu dijagnostiku te praćenje fizičke aktivnosti u skladu sa postojećim zdravstvenim stanjem. Struktura pojedinog sporta može ubrzati nastajanje deformiteta stopala a kako bi se smanjila takva mogućnost treba na vrijeme upotrebljavati ortopedске uloške i koristiti vježbe fizikalne terapije. Ovo istraživanje treba pomoći svim sudionicima odgojnog i trenažnog procesa da shvate važnost koje stopalo ima na cjelokupni lokomotorni sustav kretanja i na samo zdravlje svakog pojedinca.

LITERATURA

1. Abbata-Czardybon, M., Wingefeld, C., Arbab, D., & Frank, D. (2013). Options and limits of subtalar arthroereisis in childhood. *Der Orthopade*, 42(1), 12-19.
2. Arzehegar, A., Nia, R. G. N. N., Hoseinkhani, M., Masoumi, F., Sayyed-Hosseini, S. H., & Eslami, S. (2025). An overview of plantar pressure distribution measurements and its applications in health and medicine. *Gait & posture*, 117, 235-244.
3. Bajrić, O., Bajrić S. (2012). Lower-extremity deformities in students of primary school-age, Sport science. *International scientific journal of kinesiology*, 5(2), 1-111.
4. Bakhshi, M. (2016). Comparison of the longitudinal arch of the foot male elite athletes and non-athletes in swimming and track and field. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 1(3), 1-11.
5. Bal, A., Aydog, E., Aydog, S. T., & Cakci, A. (2006). Foot deformities in rheumatoid arthritis and relevance of foot function index. *Clinical rheumatology*, 25(5), 671-675.
6. Breivik, H., Borchgrevink, P. C., Allen, S. M., Rosseland, L. A., Romundstad, L., Breivik Hals, E. K., et al. (2008). Assessment of pain. *British Journal of Anaesthesia*, 101(1), 17-24.
7. Bukowska, J. M., Jekielek, M., Kruczkowski, D., Ambroży, T., & Jaszczur-Nowicki, J. (2021). Biomechanical Aspects of the foot arch, body balance and body weight composition of boys training football. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 5017.
8. Burger, A., Bjelanović, L., Matana, A., Srzić, M., & Pejić, D. (2021). Foot deformities in boys athletes and non-athletes aged 9 to 14 years. Proceedings "Physiotherapy in sports, recreation and wellness". Vukovar: veleučilište Lavoslav Ružička u Vukovaru, 35-42.

9. Burger, A., Srzić, M., Jelaska, I., & Foretić, N. (2012). Deformities in boys athletes and non-athletes aged 13 to 15 years. 5 International Symposium on Sport and Health, Tuzla, 396-399.
10. de Retana, P. F., Álvarez, F., & Bacca, G. (2012). Is there a role for subtalar arthroereisis in the management of adult acquired flatfoot?. *Foot and ankle clinics*, 17(2), 271-281.
11. Dziuba, A., & Szpala, A. (2008). Foot kinematics in gait of children with cerebral palsy (CP). *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 10(4), 3-6.
12. Gabriel, R., Monteiro, M., Moreira, H., & Maia, M. (2008). Contribution of plantar pressure to the prevention and quantification of the muscle-skeletal injury risk in hiking trails—a pilot study. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 10(3), 51-54.
13. Granić M. (2019). Go healthy. <https://www.krenizdravo.rtl.hr/mame-i-bebe/zdravlje-djece/pretilost-kod-djece-vrste-uzroci-posljedice-i-prevencija>, pristupljeno: 13.8.2019.
14. Guyton A. C., Hall J. E (2012). Medical Physiology - Textbook. 12th edition. Zagreb: Medicinska naklada, 1031-1041.
15. Hosalkar, H.S., Spiegel, D., Davidson, R., Kliegman, R.M., Stanton, B.F., Schor, N.F. (2011). The foot and toes. Nelson textbook of pediatrics 19th ed. Philadelphia, USA: Elsevier Saunders, 2335–2344.
16. Hunt, K. J., Hurwit, D., Robell, K., Gatewood, C., Botser, I. B., & Matheson, G. (2017). Incidence and epidemiology of foot and ankle injuries in elite collegiate athletes. *The American journal of sports medicine*, 45(2), 426-433.
17. Ilić, D., Stojaković, S., Fišeković, N., & Đurić, S. (2015). Feet status in football players of different competition categorie. *Sportlogia*, 11(1), 57.
18. Jameson, E. G., Davids, J. R., Anderson, J. P., Davis III, R. B., Blackhurst, D. W., & Christopher, L. M. (2008). Dynamic pedobarography for children: use of the center of pressure progression. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 28(2), 254-258.
19. Khalid, Z., Rai M. A., Mobeen B., & Amjad I. (2015). Pesplanus & genu valgum; factors associated. *Professional Medical Journal*, 22(10), 1237-1244.
20. Krebs, N.F., Jacobson, M.S. (2003.). American Academy of Pediatrics, Committee on Nutri-tion. Prevention of pediatric overweight and obesity. *Pediatrics*, 112, 424–430.
21. Mehlbye, J., & Jensen, U. (2003). Children and Young People's Leisure Time Activities in the Municipality of Frederiksberg. *Copenhagen: Danish Institute of Governmental Research*.
22. Michelson, J. D., Durant, D. M., & McFarland, E. (2002). The injury risk associated with pes planus in athletes. *Foot & ankle international*, 23(7), 629-633.
23. Murphy, D. F., Connolly, D. A. J., & Beynnon, B. D. (2003). Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *British journal of sports medicine*, 37(1), 13-29.
24. Nichols W.A. (2015). Medical care of the aquatics athlete. *Sport-specific illness and injury*. 14(5), 389-396.
25. Nikšić, E., Rašidagić, F., Beganović, E., & Németh, Z. (2019). Analysis of feet status of students of classroom teaching in urban and rural areas of Sarajevo. *Sport Science, International scientific journal of kinesiology*, 12(1), 27-35.
26. Ogden, C. L., Carroll, M. D., Fryar, C. D., & Flegal, K. M. (2015). Prevalence of obesity among adults and youth: United States, 2011-2014.

27. Pavone, V., Vescio, A., Di Silvestri, C. A., Andreacchio, A., Sessa, G., & Testa, G. (2018). Outcomes of the calcaneo-stop procedure for the treatment of juvenile flatfoot in young athletes. *Journal of children's orthopaedics*, 12(6), 582-589.
28. Pfeiffer, M., Kotz, R., Ledl, T., Hauser, G., & Sluga, M. (2006). Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*, 118(2), 634-639.
29. Rota Čepnja, A., Parlov, M., Kuzmičić, S., Bilandžić, V., Rota, M. i Čepnja, T. (2022). Ravno stopalo u djece. *Hrvatski časopis zdravstvenih znanosti*, 2 (1), 53-58.
30. Spiga, F., Davies, A. L., Tomlinson, E., Moore, T. H., Dawson, S., Breheny, K., ... Summerbell, C. D. (2024). Interventions to prevent obesity in children aged 5 to 11 years old. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 5, Article CD013367.
31. Waldén, M., Hägglund, M., Ekstrand, J. (2005). UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during 2001-2002 season .*British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 542-546.
32. Xu, L., Gu, H., Zhang, Y., Sun, T., & Yu, J. (2022). Risk Factors of Flatfoot in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8247.
33. Zhang, X., Liu, J., Ni, Y., et al. (2024). Global prevalence of overweight and obesity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, 178(8), 800–813.

VISOKOINTENZIVNI INTERVALNI TRENING I NJEGOVI EFEKTI NA ZDRAVLJE KARDIOVASKULARNOG SUSTAVA

HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING AND ITS EFFECTS ON CARDIOVASCULAR HEALTH

Filip Carević

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
fc525007@vevu.hr

Erna Davidović Cvetko

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
erna@vevu.hr

Ivana Lovrić

Privatna praksa fizikalne terapije Ivana Lovrić, Vukovar
fizio.lorem@gmail.com

Sažetak

Kardiovaskularne bolesti jedan su od vodećih uzroka smrtnosti u svijetu, a jedan od glavnih čimbenika rizika koji do njih dovodi je tjelesna neaktivnost. Cilj ovog rada je prikazati učinke visokointenzivnog intervalnog treninga (HIIT) na zdravlje kardiovaskularnog sustava, te kako se ova vrsta treninga može koristiti u prevenciji i rehabilitaciji kardiovaskularnih bolesnika. Ovaj oblik treninga se sastoji od izmjene intervala vježbanja visokog intenziteta s periodima odmora. Mnoga istraživanja na ovu temu pokazuju da pozitivno djeluje na kardiorespiratornu izdržljivost (VO₂max), smanjuje razine glukoze i inzulina u krvi, poboljšava lipidni profil te doprinosi kontroli tjelesne mase i sastava tijela. Pozitivno djeluje i na krvni tlak, funkciju endotela, arterijsku elastičnost, strukturu i funkciju srca kod različitih populacija. Pogodan je za bolesnike s koronarnom bolesti srca, srčanom insuficijencijom, pretilošću, hipertenzijom i drugim sličnim bolestima uz medicinski nadzor pri vježbanju te individualizaciju treninga. HIIT je visokoučinkovita strategija za unaprjeđenje kardiovaskularnog zdravlja, pod uvjetom da se pravilno izvodi u kontroliranim uvjetima i da je prilagođen zdravstvenom stanju pojedinca.

Ključne riječi: *kardiovaskularno zdravlje, visokointenzivni trening, intervalni trening.*

Abstract

Cardiovascular diseases are one of the leading causes of mortality worldwide. One of the main risk factors contributing to their development is physical inactivity. The aim of this paper is to present the effects of High intensity interval training (HIIT) on cardiovascular health and to explore how this type of training can be used in the prevention and rehabilitation of cardiovascular patients. This form of training consists of alternating intervals of high-intensity exercise and periods of rest. Numerous studies have shown that HIIT has positive effects on aerobic capacity (VO₂max), reduces blood glucose and insulin levels, improves lipid profile, and contributes to body weight and composition control. It also has beneficial effects on blood

pressure, endothelial function, arterial elasticity, and the structure and function of the heart across different populations. HIIT is suitable for patients with coronary heart disease, heart failure, obesity, hypertension, and other similar conditions, provided that exercise is conducted under medical supervision and the training is individualized. HIIT is a highly effective strategy for improving cardiovascular health, provided that it is performed correctly under controlled conditions and tailored to the individual's health status.

Keywords: *cardiovascular health, interval training, high intensity training.*

UVOD

Bolesti srca i krvnih žila i vodeći su javnozdravstveni problem u svijetu. U zemljama Europske unije (EU) u 2022. godini od kardiovaskularnih bolesti umrlo je 1.6 milijuna ljudi, što čini 32.7% svih smrtnih slučajeva, dok je u Hrvatskoj u isto vrijeme 34.1% svih umrlih umrlo od kardiovaskularnih bolesti, po čemu je Hrvatska na 7. mjestu po smrtnosti od ovih oboljenja u EU (Eurostat, 2025). Jedan od važnih čimbenika koji utječu na ovakve podatke jest suvremeni način života, obilježen sjedilačkim poslovima, velikom konzumacijom digitalnih sadržaja i nedostatkom kretanja tj. neredovitom i nedovoljnom tjelesnom aktivnošću. Posebno mjesto među obilježjima suvremenog života kao čimbenik rizika za razvoj kardiovaskularnih bolesti ima upravo tjelesna neaktivnost (Moxley, Webber-Ritchey & Hayman, 2022). Uvođenjem redovite tjelesne aktivnosti može se smanjiti rizik od obolijevanja od kardiovaskularnih bolesti (Cillekens et al., 2022) jer redovita tjelesna aktivnost dovodi do brojnih kroničnih prilagodbi kardiovaskularnog sustava koje imaju pozitivan utjecaj na zdravlje srca i krvnih žila. Sve više istraživanja ukazuje na to da visokointenzivni intervalni trening (HIIT) može biti vremenski učinkovita strategija za poticanje fizioloških prilagodbi koje se uobičajeno povezuju s treningom izdržljivosti (Gibala, 2007). Ovaj način vježbanja se već desetljećima koristi među sportašima za unapređenje sportskih performansi (Coates et al., 2023), međutim, tek zadnja dva desetljeća je njegova učinkovitost u poboljšanju općega zdravlja kod nesportske populacije privukla značajniju znanstvenu i kliničku pozornost (Kessler et al., 2012, Coates et al., 2023). Stoga je cilj ovog rada prikazati učinke HIIT na zdravlje kardiovaskularnog sustava, te na koje načine se ovi učinci mogu koristiti u prevenciji, ali i u rehabilitaciji kardiovaskularnih bolesnika.

VISOKOINTENZIVNI INTERVALNI TRENING (HIIT)

Intervalni trening podrazumijeva strukturirani oblik tjelesne aktivnosti u kojem se izmjenjuju kratka razdoblja vježbanja višeg intenziteta s fazama odmora (Batacan et al., 2017). Visokointenzivni intervalni trening ili HIIT (*High intensity interval training*) se sastoji od kratkih, ponavljajućih intervala snažne tjelesne aktivnosti koji se obično izvode pri intenzitetu 70-90% VO_2max ili 85-95% maksimalne srčane frekvencije osobe (Batacan et al., 2017). Intervali tjelesne aktivnosti se izmjenjuju s fazama odmora koje mogu biti pasivan odmor (potpuni odmor) ili aktivan odmor (lagana aktivnost nižeg intenziteta, npr. hodanje), a omjer trajanja aktivne faze vježbanja i odmora ovisi o cilju treninga i razini spremnosti pojedinca (Ito, 2019). Takav pristup treningu omogućuje povećanje aerobne izdržljivosti, ubrzavanje metabolizma i potiče brže trošenje masti i energije (Syamsudin et al., 2021).

Protokoli izvođenja HIIT-a mogu se značajno razlikovati po duljini trajanja intervala, ukupnom volumenu treninga, intenzitetu te trajanju programa (Ito, 2019). U kliničkoj primjeni, kada se radi s kardiovaskularnim bolesnicima ili dijabetičarima, protokoli su uglavnom prilagođeni, pri čemu se moraju uzeti u obzir spol, dob i zdravstveno stanje osobe, kao i željeni rezultati kako bi se odabrao najbolji trening (Ribeiro et al., 2017). HIIT protokoli omogućuju fleksibilnost i personalizaciju za svaku osobu te omogućuju učinkovit trening za sve populacije i ciljeve (Wen et al., 2019). Najistraženiji i najčešće korišteni protokol HIIT treninga je „4x4 min“ koji uključuje 4 intervala po 4 minute na 90-95% maksimalne srčane frekvencije (Karlsen et al., 2017). Između svakog intervala je aktivni odmor u trajanju od 3 min pri 60-70% maksimalne frekvencije srca. Ukupno trajanje HIIT sesije ovim protokolom traje 38 minuta. Ovaj se pristup pokazao kao vrlo učinkovit, a posebno kod ljudi s srčanom insuficijencijom ili koronarnom bolešću, što potvrđuju kliničke studije na kardiovaskularnim bolesnicima poput istraživanja Taylora i suradnika (Taylor et al., 2022, Taylor et al., 2020) i meta-analize (Ito, 2019, Fuertes-Kenneally et al., 2023). Drugi model je „10x1 min“ koji se sastoji od 10 jednodominutnih intervala vježbanja na razini blizu VO_2max , koji su razdvojeni 1 minutom aktivnog odmora. Ovaj protokol je lakše izvediv, pogotovo za osobe koje su tjelesno neaktivne, pretili ili imaju neki blaži oblik kardiovaskularne bolesti (Ito, 2019, McGregor et al., 2023). Iako ovaj model daje nešto slabije rezultate poboljšanja maksimalne potrošnje kisika u usporedbi s „4x4 min“ protokolom, njegova dostupnost i niža fiziološka zahtjevnost ga čine vrlo pogodnim za korištenje u praksi (Ito, 2019). Treći najpopularniji oblik HIIT-a je „Tabata“ trening. Ovaj protokol sastoji se od 8 serija vježbi koje su u trajanju od 20 sekundi po vježbi sa 10 sekundi pauze između vježbi (Tabata, 2019). Studije su pokazale da je „Tabata“ najučinkovitija kada se izvodi na 70-80% maksimalne srčane frekvencije te značajno poboljšava aerobne i anaerobne kapacitete (Lu et al., 2023). HIIT ne obuhvaća samo vježbe poput trčanja, bicikliranja ili hodanja, već može uključivati i vježbe snage s vlastitim tijelom ili dodatnim opterećenjem u obliku utega ili guma. Neke od vježbi koje se mogu raditi su i sklekovi, čučnjevi, iskoraci, skokovi, ali i klasične vježbe snage poput mrtvog dizanja, čučnja i bench pressa (Scoubeau et al., 2023). Prilikom kreiranja treninga izbor vježbi ovisi o zdravstvenom i općem stanju, te o kondiciji osobe (Wen et al., 2019).

Uz HIIT najčešće korišteni oblici intervalnog treninga su SIT (*sprint interval training*) i MIIT (*Moderate intensity interval training*) (Ito, 2019). SIT se najčešće izvodi u 4 do 6 ciklusa maksimalnih sprintova ili vježbi maksimalnog intenziteta koji traju 30 sekundi nakon kojih slijedi faza oporavka 4-4,5 minuta (Kessler et al., 2012). Ovaj tip vježbanja izaziva nagle hemodinamske promjene, uključujući porast krvnog tlaka i srčane frekvencije (Weston, Wisloff & Coombes, 2014). Te promjene mogu dovesti do destabilizacije aterosklerotskih plakova i do smanjenog dotoka krvi u visceralne organe zbog preraspodijele cirkulacije (Khalafi et al., 2022). Zbog toga se klasični SIT protokol preporuča isključivo mlađim, zdravim osobama sjedilačkog ili rekreativnog života, a ne preporuča se osobama s hipertenzijom, kroničnim bolestima bubrega i postojećim kardiovaskularnim bolestima (Ito, 2019). Kratki intervali HIIT-a su pokazali slične trenažne učinke kao i SIT, ali uz niži intenzitet i veći broj ponavljanja (Wen et al., 2019). To nam govori, da iako je SIT vremenski učinkovitiji, kratki intervalni HIIT može biti dobra zamjena pogotovo kada se radi o općoj populaciji ili osobama sa poremećajima i bolestima kardiovaskularnog sustava (Wen et al., 2019). MIIT (*Moderate intensity interval*

training) predstavlja oblik intervalnog treninga koji je obilježen nižim intenzitetima aktivnog intervala, najčešće u rasponu 50-70% VO_2max ili 60-75% maksimalne srčane frekvencije (Karlsen et al., 2017). Ovu vrstu intervalnog treninga karakterizira duže trajanje aktivnosti s manjim opterećenjem i to ga čini pogodnim za početnike, starije osobe, kardiovaskularne bolesnike i respiratorne bolesnike (Su et al., 2019). Za razliku od HIIT-a, MIIT se provodi u trajanju od 30 do 60 minuta kontinuiranog rada. Međutim, najnovija istraživanja pokazuju da HIIT može donijeti čak jednake ili čak bolje fiziološke i zdravstvene koristi uz kraće trajanje treninga (Su et al., 2019). Također u usporedbi s MIIT-om HIIT se pokazao boljom metodom za povećanje VO_2max i poboljšanje kardiovaskularnog zdravlja (Karlsen et al., 2017).

Ključna prednost HIIT u usporedbi sa drugim intervalnim treninzima je što se u kraćem vremenskom razdoblju postižu jednaki ili čak bolji rezultati u odnosu na druge treninge (Su et al., 2019). Istraživanja pokazuju da HIIT donosi jednaka ili veća poboljšanja u VO_2max (Hwang et al., 2016, Cadenas-Sanchez et al., 2024), krvnom tlaku (Taylor, Barnes & Johnson, 2022), osjetljivosti na inzulin (Hwang et al., 2016) i sastavu tijela (McGregor et al., 2023, Taylor et al., 2020), što je vrlo važno za prevenciju i liječenje kardiovaskularnih bolesti (Wen et al., 2019, McGregor et al., 2023). Tijekom svakog intervala dolazi do povećanja frekvencije srca, minutnog volumena i protoka krvi kroz koronarne arterije, što dugoročno rezultira fiziološkom hipertrofijom srca, povećanjem kapilarne gustoće i poboljšanom funkcijom endotela (Wen et al., 2019). Zbog svih svojih učinaka HIIT smanjuje kardiovaskularni rizik kod populacije s metaboličkim sindromom, dijabetesom tipa 2 i pretilošću (Kessler et al., 2012).

UČINCI HIIT NA KARDIOVASKULARNI SUSTAV

Tjelesni napor izaziva akutne promjena u radu srca i krvnih žila. Jedna od prvih reakcija koje se događaju je povećanje frekvencije srca i minutnog volumena srca. Minutni volumen srca može se povećati s 5L/min u mirovanju na 20L/min kod vježbača početnika, pa sve do 35-40L/min kod elitnih sportaša, čime se omogućuje povećani dotok kisika tkivima u skladu s rastućim metaboličkim zahtjevima vježbanja (Lavie et al., 2015). Istovremeno dolazi i do porasta sistoličkog krvnog tlaka koji se nakon prestanka vježbanja brzo vraća u normalu, a dijastolički tlak se može blago sniziti ili ostati nepromijenjen (Benson et al., 2020). Dolazi i do redistribucije protoka krvi. Smanjuje se dotok u visceralne organe, koji su manje aktivni, dok se znatno povećava protok krvi kroz skeletne mišiće. Ova promjena posredovana je djelovanjem simpatičkog živčanog sustava, mehaničkih učinaka mišićne kontrakcije, ali i lokalnih metabolita (adenozin, kaliji, vodikovi ioni i sl.) koji uzrokuju vazodilataciju u aktivnim područjima (Whyte i Harold Laughlin, 2010). Endotelne stanice tijekom vježbanja pomažu u širenju krvnih žila otpuštanjem dušikovog oksida i prostaciklina, što za posljedicu ima povećan protok krvi koji stvara mehanički podražaj na stjenku krvnih žila za vrijeme vježbanja (*shear stress*) (Whyte i Harold Laughlin, 2010). Akutni kardiovaskularni odgovor sličan je kod intervalnog treninga kao i kod kontinuiranog aerobnog treninga, iako intervalni trening može uzrokovati više oscilacija u nekim parametrima. U fazi visokog intenziteta srčana frekvencija i tlak brzo rastu, a zatim u fazi oporavka brzo padaju. Te oscilacije mogu predstavljati veće opterećenje za kardiovaskularni sustav, ali isto tako dovode i do jačeg odgovora organizma na trening (Benson et al., 2020).

Redovito vježbanje izaziva kronične promjene koje se događaju kako bi se kardiovaskularni sustav prilagodio povećanom opterećenju i adekvatno odgovorio na njega. Dolazi do povećanja volumena i mase lijevog ventrikula, povećanja udarnog volumena te poboljšanja dijasoličke funkcije (Valenzuela et al., 2023). Ove promjene dovode do povećanja minutnog volumena srca i većeg VO_2 max (Lavie et al., 2015). Također, vježbanje uzrokuje pozitivne strukturalne promjene poput povećanja kapilarne gustoće i povećanja elastičnosti arterija (Lavie et al., 2015). Te promjene nastaju kao posljedica ponavljanja povećanog protoka i pripadajućeg sheer stresa, što stimulira aktivaciju zaštitnih gena u endotelnim stanicama. Posljedično dolazi do smanjenja upale i prevencije razvoja ateroskleroze (Valenzuela et al., 2023). Također se i smanjuje sistolički i dijasolički krvni tlak (Valenzuela et al., 2023). Osim toga redoviti trening poboljšava endotelnu funkciju jer dovodi do aktivacije velikog broja bioloških puteva koji dugoročno mijenjaju ekspresiju gena u endotelu. Te promjene uzrokuju trajne prilagodbe vaskularnog sustava, poput bolje sposobnosti širenja krvnih žila, otpornosti na upale i smanjenje rizika od ateroskleroze (Valenzuela et al., 2023).

Redovita primjena HIIT ima značajan utjecaj na funkciju srca, te dovodi do funkcionalnih i strukturalnih prilagodbi srca kako kod zdravih, tako i kod osoba s raznim oblicima kardiovaskularnih bolesti (Astorino et al., 2012). Jedna od najvažnijih adaptacija je povećanje udarnog volumena, što je izravna posljedica poboljšanja sistoličke funkcije lijevog ventrikula (Ross et al., 2016). Dugoročnim provođenjem HIIT-a se poboljšava i dijasolička funkcija srca (Ross et al., 2016). Ove promjene i prilagodbe dovode do toga da srce u mirovanju i umjerenom naporu radi štedljivije, s manje otkucaja, ali s jednakim ili većim protokom krvi što se očituje nižom frekvencijom srca u mirovanju i njenim bržim oporavkom nakon napora (Karlsen et al., 2017). Na strukturalnoj razini dolazi do fiziološke hipertrofije srca, osobito vidljive na lijevom ventrikulu (Huang et al., 2019). Debljina srčane stijenke raste proporcionalno s povećanjem volumena ventrikula, što omogućuje snažniji i učinkovitiji rad (Huang et al., 2019).

Kod osoba s kardiovaskularnim bolestima, uključujući arterijsku hipertenziju i zatajenje srca s očuvanom ejekcijskom frakcijom (HFpEF), HIIT se pokazao kao vrlo učinkoviti trening jer poboljšava funkcionalne sposobnosti, snižava krvni tlak i smanjuje opterećenje srca (Edwards et al., 2023). U usporedbi s MIIT, HIIT često donosi brže i izraženije poboljšanje u funkcionalnim pokazateljima srčane aktivnosti, uključujući ejekcijsku frakciju i sposobnost rada pri višem opterećenju (Angadi et al., 2015).

Važan aspekt utjecaja HIIT-a na rad srca je i neuromodulacija. Redoviti HIIT trening smanjuje tonus simpatičkog živčanog sustava i povećava parasimpatičku aktivnost (de Abreu et al., 2019). To dovodi do veće autonomne ravnoteže, koja je važna za prevenciju aritmija i poboljšanje srčane varijabilnosti. Ova ravnoteža smanjuje rizik od iznenadne srčane smrti i poboljšava kvalitetu života kardioloških pacijenata (de Abreu et al., 2019).

HIIT ima važan učinak i na strukturu i funkciju krvnih žila. Najviše se to ogleda u utjecaju na arterijsku elastičnost, funkciju endotela i mikrocirkulaciju (Li et al., 2023). Te promjene imaju ključnu ulogu u prevenciji i liječenju kardiovaskularnih bolesti jer omogućuju bolju kontrolu krvnog tlaka, poboljšanu isporuku kisika i smanjeni periferni otpor (Li et al., 2023).

Jedna od primarnih promjena do koje dolazi redovitim primjenom HIIT je poboljšanje funkcije endotela, koja se mjeri povećanjem vazodilatacijske sposobnosti arterija (Li et al., 2023).

Istraživanja pokazuju da HIIT povećava vazodilatacijsku sposobnost arterija za 2,6% kod pretilih osoba dok ga MIIT povećava za 1,3% (Li et al., 2023). Isto tako HIIT se pokazao učinkovitim i u povećanju elastičnosti arterija, što je važan čimbenik rizika za bolesti srca i krvnih žila. Ovi učinci izravno dovode do rasterećenja srca, smanjuju sistolički tlak i ukupni vaskularni otpor (Taha et al., 2023). Također HIIT može utjecati i na povećanje kapilarne gustoće u skeletnim mišićima i miokardu, što poboljšava isporuku kisika i uklanjanje metaboličkih produkata tijekom i nakon tjelesne aktivnosti (Karlsen et al., 2017). Ova promjena je posebno značajna za osobe s dijabetesom tipa 2, metaboličkim sindromom i hipertenzijom, kod kojih je mikrovaskularna funkcija oštećena (Karlsen et al., 2017). Čak i kod pacijenata nakon infarkta miokarda HIIT ima zaštitni učinak na krvne žile. Istraživanja su pokazala da već kratke HIIT sesije (10 minuta intervalnog treninga) značajno utječu na širenje krvnih žila i to za 58% do 94% (Aispuru-Lanche et al., 2024). Osim toga ova vrsta treninga utječe i na debljinu i strukturu stijenki arterija, što znači da se krvne žile strukturno poboljšavaju i postaju zdravije (Aispuru-Lanche et al., 2024).

Osim pozitivnog djelovanja na srce i krvne žile, HIIT utječe i na metaboličke čimbenike koji su izravno povezani s kardiovaskularnim zdravljem, poput glukoze u krvi, inzulinske osjetljivosti, lipidnog profila i krvnog tlaka (Batacan et al., 2017). Redovito izvođenje HIIT-a poboljšava regulaciju glukoze i osjetljivost na inzulin što je od velike važnosti za prevenciju dijabetesa tipa 2. Istraživanja pokazuju da već 2 do 4 tjedna HIIT-a mogu značajno poboljšati unos glukoze u mišiće i smanjiti razine šećera u krvi (Batacan et al., 2017). HIIT isto tako pozitivno utječe i na lipidni profil. Dolazi do smanjenja koncentracija ukupnog kolesterola, LDL kolesterola i triglicerida, a u nekim slučajevima dolazi i do porasta koncentracije HDL kolesterola u krvi (Astorino et al., 2012). Istraživanja također pokazuju da je HIIT jednako utjecao na smanjenje tjelesne mase, BMI-a i ukupnog kolesterola kao i MIIT, ali u kraćem vremenskom roku (Batacan et al., 2017). Jedan od najučestalijih i najpouzdanijih utjecaja HIIT-a je smanjenje krvnog tlaka, osobito kod osoba koje već imaju hipertenziju (Astorino et al., 2012). Učinci se primjećuju u smanjenju i sistoličkog i dijastoličkog tlaka i to već unutar nekoliko tjedana od početka izvođenja HIIT-a (Astorino et al., 2012). Do smanjenja krvnog tlaka djelomično dovodi i povećanje elastičnosti arterija i bolja funkcija endotela (Astorino et al., 2012).

Jedna od najviše istraživanih fizioloških adaptacija na HIIT je povećanje aerobnog kapaciteta ($VO_2\max$). HIIT dovodi do povećanja $VO_2\max$ i to i kod zdravih pojedinaca, ali i kod osoba s metaboličkim i kardiovaskularnim bolestima (Astorino et al., 2012). Istraživanja su pokazala da nekoliko tjedana HIIT-a može dovesti do značajnog poboljšanja $VO_2\max$ (Astorino et al., 2012). Ovo povećanje $VO_2\max$ primjećuje se i kod starijih i kod dekompenziranih osoba što ukazuje na široku mogućnost primjene ovog treninga (Wen et al., 2019). Prema nekim autorima kratke intenzivne sesije vježbanja koje se provode tokom HIIT dovoljne su da pokrenu adaptaciju u srčanoj funkciji i mišićnom protoku što izravno doprinosi povećanju $VO_2\max$ (Wen et al., 2019). Također je potvrđeno da HIIT poboljšava $VO_2\max$ kroz niz mehanizama koji uključuju povećanje kapilarne gustoće, poboljšanje funkcije lijevog ventrikula i bolju ventilacijsko-perfuzijsku usklađenost što doprinosi većoj iskoristivosti kisika u mišićima (Su et al., 2019). HIIT je pokazao posebno dobre rezultate kod ljudi s niskom početnom kondicijom, gdje je porast $VO_2\max$ nakon nekoliko tjedana značajniji nego kod MIIT-a (Wen et al., 2019).

RIZICI I OGRANIČENJA ZA PRIMJENU HIIT

HIIT pokazuje značajne koristi za kardiovaskularno zdravlje, no zbog visoke razine opterećenja zahtijeva oprez pri primjeni, posebno kod osoba koje imaju već razvijenu srčanu ili metaboličku bolest (Ito, 2019).

Neka istraživanja su zabilježila nešto veću učestalost akutnih nuspojava (vrtoglavice, povećanje krvnog tlaka i sl.) kod HIIT u odnosu na MIIT (Levinger et al., 2015), te ozljede koljena kod pretilih osoba tijekom HIIT (Tjønnå et al., 2008). Rizik od ozbiljnih kardiovaskularnih nuspojava i poremećaja za vrijeme HIIT se smatra niskim, iako neka istraživanja pokazuju da je rizik nešto veći nego kod MIIT zbog većeg radnog opterećenja (Ito, 2019, Rognmo et al., 2012 i Weston, Wisloff & Coombes, 2014). S druge strane, HIIT u kontroliranim uvjetima pokazao se sigurnim i kod osoba s koronarnom bolešću (Rognmo et al., 2012). Učestalost ozbiljnih neželjenih događaja je sličan ili niži kod HIIT nego u tradicionalnim oblicima treninga, dok koristi značajno nadmašuju takav rizik kada je trening adekvatno nadziran te se preporučuje koristiti ovakav trening uz medicinsku kontrolu (Weston, Wisloff & Coombes, 2014). Jedan od glavnih izazova u provedbi HIIT-a kod osoba s kroničnim bolestima odnosi se na teškoće u postizanju ciljanih intenziteta vježbanja. Prema podacima iz literature (Ito, 2019), kliničke studije pokazuju da pacijenti često ne uspijevaju doseći preporučeni intenzitet od 90-95% maksimalne srčane frekvencije tijekom HIIT sesije. Visoki intenzitet posebno je zahtijevan za početnike i osobe s niskom razinom kondicije (Weston, Wisloff & Coombes, 2014). Zbog toga se u novijim smjernicama sve više preporučaju postepene prilagodbe HIIT programa, uključujući niži početni intenzitet, kraće intervale rada te dulje faze aktivnog odmora (Ito, 2019). što omogućuje sigurnije uključivanje u program te povećava šansu za pozitivne zdravstvene ishode (Weston, Wisloff & Coombes, 2014).

ZAKLJUČAK

U usporedbi s tradicionalnim metodama aerobnog treninga HIIT omogućuje postizanje jednakih ili čak boljih zdravstvenih koristi uz kraće vrijeme vježbanja, što ga čini vrlo atraktivnim za suvremeno društvo u kojem je manjak vremena čest razlog za izostanak tjelesne aktivnosti. Unatoč brojnim koristima, zbog svoje visoke intenzivnosti HIIT zahtijeva oprez pri primjeni, osobito kod osoba s kroničnim bolestima, niskom tjelesnom spremom ili kod starijih. Istraživanja su pokazala da je kod takvih populacija važno individualno prilagoditi trajanje, intenzitet i strukturu treninga kako bi se povećala tolerancija, sigurnost i dugoročna motivacija. Također, HIIT protokoli trebaju biti jasno strukturirani i provoditi se po uputama i pod nadzorom liječnika specijaliste, posebno u rizičnim skupinama. S obzirom na njegovu učinkovitost, prilagodljivost i sve širu znanstvenu podršku, HIIT ima potencijal zauzeti važno mjesto u preventivnim i rehabilitacijskim programima, ali i u javnozdravstvenim strategijama koje promiču zdrav način života.

LITERATURA

1. Aispuru-Lanche, R., Jayo-Montoya, J. A., & Maldonado-Martín, S. (2024). Vascular-endothelial adaptations following low and high volumes of high-intensity interval training in patients after myocardial infarction. *Therapeutic advances in cardiovascular disease*, 18, 17539447241286036.
2. Angadi, S. S., Mookadam, F., Lee, C. D., Tucker, W. J., Haykowsky, M. J., & Gaesser, G. A. (2015). High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 119(6), 753–758.
3. Astorino, T. A., Allen, R. P., Roberson, D. W., & Jurancich, M. (2012). Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 138-145.
4. Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British journal of sports medicine*, 51(6), 494-503.
5. Benson, A., Price, K., Gordon, B., & Bird, S. (2020). Acute cardiovascular responses to interval exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 38, 970-984.
6. Cadenas-Sanchez, C., Fernández-Rodríguez, R., Martínez-Vizcaíno, V., de Los Reyes González, N., Lavie, C. J., Galán-Mercant, A., Jiménez-Pavón, D. (2024) A systematic review and cluster analysis approach of 103 studies of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness. *European Journal of Preventive Cardiology*, 31(4), 400-411.
7. Cillekens, B., Huysmans, M. A., Holtermann, A., van Mechelen, W., Straker, L., Krause, N., van der Beek, A. J., Coenen, P. (2022). Physical activity at work may not be health enhancing. A systematic review with meta-analysis on the association between occupational physical activity and cardiovascular disease mortality covering 23 studies with 655 892 participants. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 48(2), 86.
8. Coates, A. M., Joyner, M. J., Little, J. P., Jones, A. M., & Gibala, M. J. (2023). A perspective on high-intensity interval training for performance and health. *Sports Medicine*, 53(Suppl 1), 85-96.
9. de Abreu, R. M., Rehder-Santos, P., Simões, R. P., & Catai, A. M. (2019). Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Brazilian journal of physical therapy*, 23(4), 279-289.
10. Edwards, J., Shanmugam, N., Ray, R., Jouhra, F., Mancio, J., Wiles, J., Marciniak, A., Sharma, R., & O'Driscoll, J. (2023). Exercise Mode in Heart Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine - open*, 9(1), 3.
11. Eurostat Cardiovascular Disease Statistics (2025). Dostupno na: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cardiovascular_diseases_statistics#Data_sources [1.11.2025.]
12. Fuertes-Kenneally, L., Blasco-Peris, C., Casanova-Lizon, A., Baladzhaeva, S., Climent, V., Sarabia, J. M., & Manresa-Rocamora, A. (2023). Effects of high-intensity interval training on vascular function in patients with cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 14, 1196665.

13. Gibala, M. J. (2007). High-intensity interval training: a time-efficient strategy for health promotion? *Current sports medicine reports*, 6(4), 211-213.
14. Huang, Y. C., Tsai, H. H., Fu, T. C., Hsu, C. C., & Wang, J. S. (2019). High-Intensity Interval Training Improves Left Ventricular Contractile Function. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(7), 1420–1428.
15. Hwang, C. L., Yoo, J. K., Kim, H. K., Hwang, M. H., Handberg, E. M., Petersen, J. W., Christou, D. D. (2016) Novel all-extremity high-intensity interval training improves aerobic fitness, cardiac function and insulin resistance in healthy older adults. *Experimental Gerontology*, 82, 112-9.
16. Ito, S. (2019). High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases-the key to an efficient exercise protocol. *World journal of cardiology*, 11(7), 171.
17. Karlsen, T., Aamot, I. L., Haykowsky, M., & Rognmo, Ø. (2017). High intensity interval training for maximizing health outcomes. *Progress in cardiovascular diseases*, 60(1), 67-77.
18. Kessler, H. S., Sisson, S. B., & Short, K. R. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports medicine*, 42(6), 489-509.
19. Khalafi, M., Sakhaei, M. H., Kazeminasab, F., Symonds, M. E., & Rosenkranz, S. K. (2022). The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 1046560
20. Lavie, C. J., Arena, R., Swift, D. L., Johannsen, N. M., Sui, X., Lee, D. C., ... & Blair, S. N. (2015). Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. *Circulation research*, 117(2), 207-219.
21. Levinger, I., Shaw, C. S., Stepto, N. K., Cassar, S., McAinch, A. J., Cheetham, C., & Maiorana, A. J. (2015). What doesn't kill you makes you fitter: a systematic review of high-intensity interval exercise for patients with cardiovascular and metabolic diseases. *Clinical Medicine Insights: Cardiology*, 9, CMC-S26230.
22. Li, Q. Q., Qin, K. R., Zhang, W., Guan, X. M., Cheng, M., & Wang, Y. X. (2023). Advancements in the Regulation of Different-Intensity Exercise Interventions on Arterial Endothelial Function. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 24(11), 306.
23. Lu, Y., Wiltshire, H. D., Baker, J. S., Wang, Q., & Ying, S. (2023). The effect of Tabata-style functional high-intensity interval training on cardiometabolic health and physical activity in female university students. *Frontiers in physiology*, 14, 1095315.
24. McGregor, G., Powell, R., Begg, B., Birkett, S. T., Nichols, S., Ennis, S., McGuire, S., Prosser, J., Fiassam, O., Hee, S. W., Hamborg, T., Banerjee, P., Hartfiel, N., Charles, J. M., Edwards, R. T., Drane, A., Ali, D., Osman, F., He, H., Lachlan, T., Haykowsky, M. J., Ingle, L., Shave, R. (2023) High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a multi-centre randomized controlled trial. *European Journal of Preventive Cardiology*, 30(9), 745-755.
25. Moxley, E., Webber-Ritchey, K. J., & Hayman, L. L. (2022). Global impact of physical inactivity and implications for public health nursing. *Public Health Nursing*, 39(1), 180-188.
26. Ribeiro, P. A., Boidin, M., Juneau, M., Nigam, A., & Gayda, M. (2017). High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: prescription models and perspectives. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 60(1), 50-57.

27. Rognmo, Ø., Moholdt, T., Bakken, H., Hole, T., Mølsted, P., Myhr, N. E., Grimsmo, J., & Wisløff, U. (2012). Cardiovascular risk of high- versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation*, 126(12), 1436–1440.
28. Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases – R1. *Journal of Sport and Health Science*, 281, 1-6.
29. Scoubeau, C., Carpentier, J., Baudry, S., Faoro, V., & Klass, M. (2023). Body composition, cardiorespiratory fitness, and neuromuscular adaptations induced by a home-based whole-body high intensity interval training. *Journal of exercise science and fitness*, 21(2), 226.
30. Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C., & Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one*, 14(1), e0210644
31. Syamsudin, F., Wungu, C. D. K., Qurnianingsih, E., & Herawati, L. (2021). High-intensity interval training for improving maximum aerobic capacity in women with sedentary lifestyle: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Physical Education and Sport®(JPES)*, 21(4), 1788-1797.
32. Tabata, I. (2019). Tabata training: One of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *Journal of Physiological Sciences*, 69 (4), 559-572.
33. Taha, M. M., Aneis, Y. M., Hasanin, M. E., Felaya, E. E., Aldhahi, M. I., & Abdeen, H. A. (2023). Effect of high intensity interval training on arterial stiffness in obese hypertensive women: a randomized controlled trial. *European review for medical and pharmacological sciences*, 27(9), 4069-4079.
34. Taylor, J. L., Barnes, J. N., Johnson, B. D. (2022) The Utility of High Intensity Interval Training to Improve Cognitive Aging in Heart Disease Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 19(24), 16926.
35. Taylor, J. L., Holland, D. J., Mielke, G. I., Bailey, T. G., Johnson, N. A., Leveritt, M. D., Gomersall, S. R., Rowlands, A. V., Coombes, J. S., Keating, S. E. (2020) Effect of High-Intensity Interval Training on Visceral and Liver Fat in Cardiac Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. *Obesity*. 28, 1245-1253.
36. Taylor, J. L., Keating, S. E, Holland, D. J., Green, D. J., Coombes, J. S., Bailey, T. G. (2022) Comparison of high intensity interval training with standard cardiac rehabilitation on vascular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(3), 512-520.
37. Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognmo, Ø., Stølen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., ... & Wisløff, U. (2008). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*, 118(4), 346-354.
38. Valenzuela, P. L., Ruilope, L. M., Santos-Lozano, A., Wilhelm, M., Kränkel, N., Fiuza-Luces, C., & Lucia, A. (2023). Exercise benefits in cardiovascular diseases: from mechanisms to clinical implementation. *European Heart Journal*, 44(21), 1874-1889.
39. Wen, D., Utesch, T., Wu, J., Robertson, S., Liu, J., Hu, G., & Chen, H. (2019). Effects of different protocols of high intensity interval training for VO2max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of science and medicine in sport*, 22(8), 941-947.

40. Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(16), 1227–1234.
41. Whyte, J. J., & Harold Laughlin, M. (2010). The effects of acute and chronic exercise on the vasculature. *Acta physiologica*, 199(4), 441-450.

PRIMJENA PROPRIOCEPTIVNE NEUROMUSKULARNE FACILITACIJE U FIZIOTERAPIJSKOJ PRAKSI

APPLICATION OF PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION IN PHYSIOTHERAPY PRACTICE

Marija Crnković Knežević

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

mcrnkovic@vevu.hr

Ivana Tančik

Zdravstvena i veterinarska škola Dr. Andrije Štampara Vinkovci

ivy.vkci@gmail.com

Sonja Iža

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

sonja.iza@gmail.com

Sažetak

Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF) rehabilitacijski je koncept koji se primjenjuje radi olakšavanja pokreta, poboljšanja elastičnosti i fleksibilnosti mišića te postizanja najviše razine funkcionalnosti pacijenta. Funkcionalno kretanje i unapređenje tjelesnih sposobnosti ostvaruju se inhibicijom, facilitacijom, jačanjem i opuštanjem mišića. Kombinacija primjerenog otpora te izvođenje koncentričnih, ekscentričnih i izometričnih kontrakcija mišića čini PNF primjenjivim kod osoba s različitim dijagnozama. Cilj ovoga rada jest utvrditi moguće prednosti primjene PNF-a u rehabilitaciji pacijenata s različitim dijagnozama i simptomima, s naglaskom na poboljšanje mišićne funkcije i fleksibilnosti, povećanje opsega pokreta, smanjenje boli te unapređenje kvalitete života. Rad donosi sustavni prikaz dostupnih istraživanja o PNF-u u rehabilitaciji. Analizirani su relevantni znanstveni radovi iz bibliografskih baza podataka objavljeni u razdoblju od 2005. do 2023. godine. Analizom znanstvenih radova preuzetih iz mrežnih bibliografskih baza podataka (PubMed Central, Medline, ResearchGate, Google Scholar i ScienceDirect) odabrano je 20 publikacija koje odgovaraju temi. Uključene su studije različitih metodoloških pristupa, uključujući randomizirana kontrolirana ispitivanja, metaanalize i pregledne radove. Rezultati analize pokazuju pozitivne učinke korištenja PNF-a u fizioterapijskoj praksi. PNF se pokazao učinkovitim u poboljšanju funkcije mišića, povećanju snage mišića, povećanju raspona pokreta i smanjenju boli kod pacijenata s različitim dijagnozama. Na temelju analize dostupnih radova, preporučuje se provođenje PNF-a u kliničkoj praksi. Unatoč potvrđenim pozitivnim učincima, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se preciznije utvrdio utjecaj PNF-a na što većem uzorku pacijenata te kako bi se osigurala njegova šira primjena u različitim kliničkim područjima.

Ključne riječi: fizioterapija, koncept rehabilitacije, PNF, pokret.

Abstract

Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) is a rehabilitation concept applied to facilitate movement, improve muscle elasticity and flexibility, and achieve the highest level of patient functionality. Functional movement and enhancement of physical abilities are achieved through inhibition, facilitation, strengthening, and relaxation of muscles. The combination of adequate resistance and the performance of concentric, eccentric, and isometric muscle contractions makes PNF applicable to individuals with various diagnoses. The aim of this paper is to identify the potential benefits of applying PNF in the rehabilitation of patients with different diagnoses and symptoms, with an emphasis on improving muscle function and flexibility, increasing range of motion, reducing pain, and enhancing quality of life. This paper presents a systematic review of available research on PNF in rehabilitation. Relevant scientific studies published between 2005 and 2023 in bibliographic databases were analyzed. Through the analysis of scientific papers obtained from online bibliographic databases (PubMed Central, Medline, ResearchGate, Google Scholar, and ScienceDirect), 20 publications relevant to the topic were selected. The review included studies with different methodological designs, including randomized controlled trials, meta-analyses, and review articles. The analysis showed positive effects of PNF in physiotherapy practice. PNF proved effective in improving muscle function, increasing muscle strength, expanding range of motion, and reducing pain in patients with various diagnoses. Based on the analysis of available studies, the application of PNF in clinical practice is recommended. Despite its confirmed positive effects, further research is needed to more precisely determine the impact of PNF on larger patient samples and to ensure its wider application across different clinical areas.

Keywords: *physiotherapy, concept of rehabilitation, PNF, movement.*

UVOD

Proprioceptivna neuromuskularna facilitacija (PNF) široko je korišten koncept rehabilitacije (Smedes et al., 2016) koji postoji od kasnih 1930-ih godina kada su liječnik i neurolog Herman Kabat i fizioterapeutkinja Margaret Knott počeli koristiti proprioceptivne tehnike na mlađim osobama s cerebralnom paralizom i s drugim neurološkim stanjima (Guiu-Tula et al., 2017). Glavni cilj ove intervencijske metode je osobama s navedenim dijagnozama pomoći postići svoju najvišu funkcionalnu razinu koristeći spiralne, dijagonalne i trodimenzionalne obrasce pokreta. Fizioterapeut pruža maksimalan otpor jačim motoričkim komponentama, dolazi do iradijacije signala u druge mišiće i na taj način se olakšava izvođenje slabijih komponenti obrazaca. Maksimalna aktivnost mišića postiže se trodimenzionalnim pokretom. Sama definicija PNF-a obuhvaća pojmove proprioceptivni (koji se odnosi na bilo koji od senzornih receptora koji daju informacije o pokretu i položaju tijela); neuromuskularni (koji uključuje živce i mišiće); i facilitacija (olakšavanje). PNF se bazira na pet osnovnih načela koja uključuju: integrirani pristup, najvišu razinu funkcioniranja, pozitivan pristup, uključivanje mobilizacijskih rezervi te motoričko učenje i motoričku kontrolu (Beckers, Buck, 2021).

U okviru proprioceptivne neuromuskularne facilitacije koristi se tehnika istezanja, kao važan dio rehabilitacijskih programa i sportskih aktivnosti, jer vraća mišićima optimalnu duljinu i fleksibilnost (Mišić, Crnković Knežević i Petko, 2024). Primjena PNF istezanja povećava fleksibilnost, smanjuje ukočenost te povoljno djeluje na aktivni i pasivni raspon pokreta

zahvaljujući produljenju mišića i poboljšanoj neuromuskularnoj učinkovitosti (Funk et al., 2003). Osim toga, pozitivno utječe na motoričke sposobnosti poput snage i brzine, čime doprinosi boljoj sportskoj izvedbi. Utvrđeno je da PNF istezanje povećava opseg pokreta kod treniranih, kao i kod netreniranih pojedinaca, a učinci mogu trajati 90 minuta ili više nakon završetka istezanja (Hindle et al., 2012). PNF tehnike istezanja mogu proizvesti veća povećanja opsega pokreta od pasivnih, balističkih ili statičkih metoda istezanja, što su pokazale brojne studije (Spernoga et al., 2001; Lazarou et al., 2018; Alahmari et al., 2020; Konrad, Stafilidis i Tilp, 2017; Wanderley et al, 2019, Akbaş et al., 2015). Treba obratiti pažnju kada će se vršiti istezanje, jer je utvrđeno da se sportska izvedba smanjuje kada se PNF istezanje izvodi prije aktivnosti i/ili vježbanja, a povećava se kada se izvodi tijekom ili nakon završetka aktivnosti i/ili vježbanja (Mikolajec et al., 2012).

Cilj je analizom postojećih istraživanja utvrditi utjecaj PNF istezanja na funkciju mišića, fleksibilnost i sportsku izvedbu, utjecaj PNF-a na povećanje opsega pokreta i na smanjenje boli kod pacijenata s različitim dijagnozama.

METODE I MATERIJALI

Provedena je elektronička pretraga online baza podataka: PubMed Central, Medline, ResearchGate, Google Znalac i Science Direct. Uključeni su pregledni radovi i metaanalize te randomizirana kontrolirana ispitivanja o PNF intervenciji kod različitih stanja u fizioterapijskoj praksi u rasponu od 2005. do 2023. godine. Uključeni pojmovi za pretraživanje su bili "PNF in rehabilitation". Dokazi su organizirani u tri različita presjeka: utjecaj PNF istezanja na funkciju mišića, fleksibilnost i sportsku izvedbu, učinak PNF-a na raspon pokreta i učinak PNF-a na smanjenje boli.

Metodološka kvaliteta potencijalno prikladnih studija procijenjena je kroz nekoliko ključnih kriterija kako bi se osigurala pouzdanost i valjanost rezultata istraživanja. Procjena procesa temelji se na odabiru studija koje zadovoljavaju specifične uvjete. Uključene su studije koje su randomizirana kontrolirana ispitivanja, sustavni pregledi, metaanalize i pregledni radovi, jer ove vrste studija pružaju najvišu razinu dokaza, čime se osigurava da rezultati istraživanja budu pouzdani i primjenjivi na širu populaciju. Na temelju ovih metodoloških kriterija, procijenjeno je da odabrane studije pružaju valjane dokaze o učincima PNF istezanja u rehabilitaciji, s naglaskom na funkciju mišića, fleksibilnost, opseg pokreta i smanjenje boli. Ovaj postupak selekcije studija omogućuje da se rezultati temeljeni na visokokvalitetnim podacima koriste za izradu preporuka i smjernica u kliničkoj praksi. Ovakav pristup osigurava da se u analizu uključe samo relevantne, pouzdane i kvalitetne studije, čime se povećava vjerodostojnost zaključaka i smanjuje rizik od pristranosti ili pogrešnih interpretacija. Korištenjem ovih kriterija, dobiveni rezultati mogu se smatrati čvrstim temeljem za buduća istraživanja i kliničku primjenu PNF-a. Detaljnom analizom dostupnih cjelovitih radova izabrali smo one koji najviše odgovaraju temi koja se istražuje. Za konačnu analizu iz online bibliografskih baza podataka izabrano je ukupno 20 istraživanja od kojih je 5 o utjecaju PNF-a na funkciju mišića, 10 o utjecaju PNF-a na povećanje opsega pokreta i 5 o utjecaju PNF-a na smanjenje boli.

U rezultatima rada nalaze se najbitniji podatci: naslov i autori, godina objavljivanja, vrsta studije, broj ispitanika i rezultati odnosno zaključak autora.

REZULTATI

Rezultati istraživanja podijeljeni su u tablice, ovisno o učincima proprioceptivne neuromuskularne facilitacije na određeno stanje.

Utjecaj na funkciju mišića

U tablici 1. prikazan je utjecaj PNF istezanja na funkciju mišića, fleksibilnost i sportsku izvedbu.

Tablica 1. Popis radova o utjecaju PNF istezanja na funkciju mišića, fleksibilnost i sportsku izvedbu

AUTORI	NASLOV RADA	GODINA OBJAVE	VRSTA ISTRAŽIVANJA	BROJ ISPITANIKA	ZAKLJUČAK AUTORA
Ai L, Hang X.	Impacts of PNF stretching on joint flexibility in volleyball athletes.	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	30	PNF vježbe istezanja mogu poboljšati fleksibilnost ramenog zgloba odbojkaša kao i stabilnost ramena (Ai, Hang, 2023).
Zhang X, Liu Z.	Relief of sports fatigue after marathon races by pnf stretching.	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	160	PNF vježba istezanja pozitivno utječe na otklanjanje sportskog umora nakon maratonskih utrka (Zhang, Liu, 2023).
Pérez-Bellmunt A, Casasayas-Cos O, Ragazzi P et al.	Foam rolling vs. proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in the hamstring flexibility of amateur athletes.	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	80	PNF skupina imala je veći porast fleksibilnosti, pri čemu je ta razlika bila statički značajna u odnosu na skupinu s pjenastim valjkom eng. foam roller-om (Pérez-Bellmunt et al., 2023).
Coskunsu DK, Mutlu EK, Ozdincler AR.	Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching combined with Kinesio taping for hamstring flexibility in amateur athletes.	2021	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	128	Od četiri intervencijske skupine (PNF, kinesio taping, PNF + kinesio taping i kontrolne skupine) autori su zaključili da su PNF + kinesio taping učinkovitiji u povećanju fleksibilnosti m. hamstringsa i performansi skakanja, nego svaka metoda zasebno (Coskunsu, Mutlu i Ozdincler, 2021).
Ren H.	Impacts of proprioceptive neuromuscular	2022	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	12	Došlo je do značajne razlike u maksimalnoj

facilitation on flexibility in chinese boxing athletes.

linearnoj brzini u nožnom i koljenom zglobo kod sportaša koji su koristili PNF istezanje, u odnosu na regularni trening (Ren, 2022).

Utjecaj na opseg pokreta

U tablici 2. prikazan je utjecaj različitih PNF intervencija na povećanje opsega pokreta.

Tablica 2. Popis radova o utjecaju PNF-a na opseg pokreta

AUTORI	NASLOV RADA	GODINA OBJAVE	VRSTA ISTRAŽIVANJA	BROJ ISPITANIKA	ZAKLJUČAK AUTORA
Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E.	Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain.	2018	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	22	Programi za poboljšanje propriocepcije, ravnoteže i PNF preporučuju se u kliničkoj praksi za ublažavanje bolova, povećanje opsega pokreta i funkcionalne izvedbe gležnja kod osoba s uganućem (Lazarou et al., 2018).
Alahmari KA, Silvian P, Ahmad I. et al.	Effectiveness of Low-Frequency Stimulation in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques for Post Ankle Sprain Balance and Proprioception in Adults.	2020	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	60	Program liječenja koji je uključivao PNF istezanje m. triceps surae u kombinaciji s TENS-om doveo je do značajnih poboljšanja u ravnoteži, propriocepciji, snazi i opsegu pokreta, uz smanjenje boli kod osoba nakon uganuća gležnja. Učinak liječenja održao se nakon prestanka liječenja (Alahmari et al., 2020).
Pyszora A, Budzyński J, Wójcik A, Prokop A, Krajnik M.	Physiotherapy programme reduces fatigue in patients with advanced cancer receiving palliative care.	2017	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	60	Program fizioterapije, koji je uključivao aktivne vježbe, miofascijalno opuštanje i PNF tehnike, imao je blagotvorne učinke na simptome kod pacijenata s karcinomom koji su primali palijativnu skrb (Pyszora et al., 2017).

Lin P, Yang M, Huang D et al.	Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on the treatment of frozen shoulder.	2022	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	48	Kao pomoćna terapija, PNF može poboljšati strukturu ramenog zgloba pacijenata sa smrznutim ramenom i učinkovita je strategija liječenja za smrznuto rame (Lin et al., 2022).
Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J.	The Effectiveness of PNF Versus Static Stretching on Increasing Hip-Flexion Range of Motion.	2018	Sustavni pregled literature	5 studija, 255	Unatoč nedostatku dosljednih dokaza koji potvrđuju učinkovitost PNF istezanja u odnosu na statičko istezanje, čini se da za kliničare postoji minimalan ili zanemariv rizik pri samostalnom odlučivanju o odabiru vrste istezanja u kliničkoj primjeni (Lempke et al., 2018).
Konrad A, Stafilidis S, Tilp M.	Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties.	2016	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	122	Statička, balistička ili PNF vježba istezanja povećava opseg pokreta dorzalne fleksije i smanjuje ukočenost mišića. Promjene opsega pokreta bile su slične u svim skupinama (Konrad, Stafilidis i Tilp, 2016).
Nafees K, Baig AAM, Ali SS, Ishaque F.	Dynamic soft tissue mobilization versus proprioceptive neuromuscular facilitation in reducing hamstring muscle tightness in patients with knee osteoarthritis.	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	48	Dinamička mobilizacija mekog tkiva i PNF jednako su učinkoviti u liječenju osteoartritisa koljena u vidu smanjenja napetosti tetive koljena, smanjenja intenziteta boli i poboljšanja funkcionalne pokretljivosti (Nafees et al., 2023).
Gao B, Li L, Shen P. et al.	Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in relieving pain and balancing knee loading during stepping over	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	32	Osmotjedni program PNF istezanja u intervencijskoj skupini rezultirao je smanjenjem boli u koljenu, uravnoteženjem opterećenja zgloba tijekom prelaska

	obstacles among older adults with knee osteoarthritis.				preko prepreka te povećanjem brzine njihova savladavanja. (Gao et al., 2023).
Guloglu S, Basim P, Algun ZC.	Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation in improving shoulder biomechanical parameters, functionality, and pain after axillary lymph node dissection for breast cancer.	2023	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	66	U obje skupine (PNF i progresivni trening otpora) zabilježene su statistički značajne promjene u mišićnoj snazi i razini boli. Autori su zaključili da je PNF učinkovita metoda za povećanje snage mišića gornjih ekstremiteta, smanjenje boli te poboljšanje funkcionalne sposobnosti u bolesnika koje se liječe od karcinoma dojke (Guloglu, Basim i Algun, 2023).
Wanderley D, Lemos A, Moretti E, Barros MMB, Valença MM, de Oliveira DA.	Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation compared to other stretching modalities in range of motion gain in young healthy adults.	2019	Sustavni pregled	46 studija, 1,864 odraslih osoba	Opseg pokreta može se poboljšati bez pojave štetnih učinaka. Utvrđena je statistički značajna razlika u poboljšanju opsega pokreta u skupinama koje su provodile PNF istezanje u odnosu na kontrolne skupine (Wanderley et al., 2019).

Utjecaj na smanjenje boli

U tablici 3. prikazan je utjecaj različitih PNF intervencija na smanjenje boli kod različitih bolnih stanja.

Tablica 3. Popis radova o utjecaju PNF intervencija na smanjenje boli

AUTORI	NASLOV RADA	GODINA OBJAVE	VRSTA ISTRAŽIVANJA	BROJ ISPITANIKA	ZAKLJUČAK AUTORA
Tedla JS, Sangadala DR.	Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in adhesive capsulitis	2019	Sustavni pregled i meta analiza	10 studija, 403 ispitanika	PNF smanjuje bol, poboljšava funkciju ramena, te je superiorniji od klasičnog fizioterapijskog tretmana (Tedla, Sangadala, 2019).
Akbaş E, Güneri S, Tas S, Erdem EU,	The effects of additional proprioceptive neuromuscular	2015	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	36	Ovo je istraživanje pokazalo da PNF obrasci značajno doprinose

Yüksel İ.	facilitation over conventional therapy in patients with adhesive capsulitis				smanjenju pojave noćne boli i poboljšavaju raspon pokreta fleksije i abdukcije (Akbaş et al., 2015).
Arcanjo FL, Martins JVP, Moté P et al.	Proprioceptive neuromuscular facilitation training reduces pain and disability in individuals with chronic low back pain.	2022	Sustavni pregled i meta analiza	16 studija, 722 ispitanika	PNF trening predstavlja učinkovitu strategiju za smanjenje boli i invaliditeta te za poboljšanje kvalitete života u osoba s bolovima u donjem dijelu leđa (Arcanjo et al., 2022).
Areeudomwong P, Wongrat W, Neammesri N, Thongsakul T.	A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain.	2017	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	42	Četverotjedni program PNF treninga pokazao je pozitivne dugoročne učinke na ishode povezane sa smanjenjem boli i invaliditeta u osoba s kroničnom boli u donjem dijelu leđa (Areeudomwong et al., 2017).
Kim BR, Lee HJ.	Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation-based abdominal muscle strengthening training on pulmonary function, pain, and functional disability index in chronic low back pain patients.	2017	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	30	Primjena PNF metode pokazala je značajnu učinkovitost u poboljšanju plućne funkcije, smanjenju boli te ublažavanju funkcionalne onesposobljenosti u bolesnika s kroničnom boli u donjem dijelu leđa (Kim, Lee, 2017).

RASPRAVA

Provedena su brojna istraživanja kako bi se utvrdili učinci PNF-a kod pacijenata s različitim dijagnozama, poteškoćama i simptomatologijom. PNF istezanje učinkovito je u poboljšanju i održavanju opsega pokreta, povećanju mišićne snage i pridonosi povećanju atletske izvedbe, osobito nakon vježbanja (Hindle et al., 2012). U istraživanju Mareka et al. (2005) sudjelovalo

je 19 zdravih, rekreativno aktivnih osoba (10 žena i 9 muškaraca) koje su u nasumičnom redoslijedu provodile dva različita protokola istezanja. Svaka intervencija obuhvaćala je četiri vježbe istezanja mišića ekstenzora dominantne noge. Prije i nakon istezanja mjerili su se vršni moment sile, srednja snaga, opseg pokreta te amplitude EMG i MMG signala. Izokinetički dinamometar korišten je za procjenu snage, EMG i MMG sustavi za analizu mišićne aktivacije, a goniometar za procjenu opsega pokreta. Rezultati istraživanja su pokazali smanjenje mišićne snage i aktivacije kada je istezanje bilo provedeno prije aktivnosti.

PNF istezanje prije vježbanja može smanjiti izvedbu u aktivnostima koje zahtijevaju maksimalan mišićni napor, poput pliometrije, sprinta, dizanja utega i drugih vježbi visokog intenziteta (Bradley, Olsen i Portas, 2007). Iako može negativno utjecati na izvedbu pri maksimalnim naporima, PNF istezanje poboljšava učinkovitost u submaksimalnim aktivnostima, primjerice tijekom trčanja umjerenog intenziteta. Kako bi se zadržao povećan opseg pokreta i pozitivni učinci na funkciju mišića, preporučuje se njegova primjena nakon vježbanja, najmanje dva puta tjedno.

Caplan et al. (2009) utvrdili su značajno povećanje brzine i duljine koraka nakon petotjednog PNF protokola kod 18 profesionalnih igrača ragbija. Sudionici su bili raspoređeni u dvije skupine koje su provodile program istezanja četiri puta tjedno kroz pet tjedana, s naglaskom na istezanje tetiva koljena. Analiza trčanja pri 80% maksimalne brzine sprinta provedena je video digitalizacijom radi precizne procjene kinematičkih pokazatelja. Osim toga, PNF istezanje pokazalo se korisnim u smanjenju sportskog umora nakon maratonskih utrka (Zhang i Liu, 2023), kao i u fizioterapijskim programima za palijativne pacijente, gdje je doprinijelo ublažavanju umora, boli i drugih simptoma povezanih s karcinomom (Pyszora et al., 2017).

Uporaba foam rollera sve je raširenija u području sporta i rehabilitacije, stoga su Pérez-Bellmunt et al. (2023) nastojali utvrditi u kojem je slučaju fleksibilnost mišića hamstringsa veća – pri uporabi foam rollera ili pri PNF istezanju. Provedeno je randomizirano kontrolirano ispitivanje u kojem je sudjelovalo 80 zdravih mladih sportaša. Cilj istraživanja bio je usporediti učinkovitost PNF istezanja i uporabe foam rollera na fleksibilnost tetiva koljena. Sudionici su nasumično raspoređeni u dvije skupine. Opseg pokreta procijenjen je modificiranim testom „sjedi i dohvati“ prije intervencije, nakon 30 sekundi te po završetku intervencije (nakon 2 minute). Rezultati su pokazali da je u skupini koja je provodila PNF istezanje došlo do značajnijeg porasta fleksibilnosti, pri čemu je ta razlika bila statistički značajna u odnosu na skupinu koja je koristila foam roller.

Coskonsu et al. (2021) proučavali su učinke četiri intervencijske skupine: PNF, kineziotaping, kombinaciju PNF-a i kineziotapinga te kontrolnu skupinu, kod sportaša amatera sa skraćenim mišićem hamstringsom. Metodologija istraživanja uključivala je nasumično raspoređivanje 128 sportaša amatera u četiri skupine. Fleksibilnost tetiva koljena procijenjena je testom aktivnog podizanja ispružene noge uz primjenu digitalnog goniometra, dok je izvedba skokova ocijenjena testovima vertikalnog skoka i trostrukog skoka u daljinu (triple hop distance). Mjerenja su provedena u tri navrata: prije intervencije, neposredno nakon intervencije te 30 minuta nakon njezina završetka. Statističkom analizom uspoređene su promjene između početnih i postintervencijskih rezultata u svim skupinama. Autori su zaključili da je kombinacija PNF-a i kineziotapinga najučinkovitija u poboljšanju fleksibilnosti mišića

hamstringsa i izvedbe skokova kod sportaša amatera, u odnosu na primjenu svake metode zasebno.

PNF istezanje pokazuje široku primjenjivost u rehabilitaciji i sportu te pozitivne učinke na fleksibilnost, bol i funkcionalnost mišićno-koštanog sustava. Preporučuje se u kliničkoj praksi kod osoba s uganućem gležnja radi smanjenja boli te poboljšanja opsega pokreta i funkcionalne izvedbe (Lazarou et al., 2018). U sportskom kontekstu, primjena PNF-a nakon treninga može povećati brzinu pokreta u nožnom i koljenom zglobovima (Ren, 2022), dok kombinacija PNF istezanja mišića triceps surae s TENS-om pridonosi poboljšanju ravnoteže, propriocepcije, snage i smanjenju boli (Alahmari et al., 2020). PNF je učinkovit i u liječenju smrznutog ramena (Lin et al., 2022) te u povećanju fleksibilnosti i stabilnosti ramenog zgloba kod odbojkaša (Ai i Hang, 2023).

Analiza rezultata istraživanja Lempke et al. (2018) pokazala je da niti PNF, niti statičko istezanje nisu dali značajno bolje rezultate u povećanju fleksibilnosti tetive koljena ili opsega pokreta kuka. Iako su obje metode učinkovite, ne postoji dokaz da je PNF istezanje superiornije u odnosu na statičko istezanje. Slično, Konrad et al. (2016) utvrdili su da statičko, balističko i PNF istezanje podjednako povećavaju opseg pokreta i smanjuju mišićnu ukočenost.

Neka istraživanja ipak ukazuju na prednosti PNF-a: Pérez-Bellmunt et al. (2023) izvijestili su o većem povećanju fleksibilnosti tetiva koljena u usporedbi s foam rolerom, dok su Coskons et al. (2020) pokazali da kombinacija PNF-a i kinezio tapinga poboljšava fleksibilnost i skakačke performanse. Nadalje, PNF je učinkovit u smanjenju boli i poboljšanju pokretljivosti kod osteoartritisa koljena (Nafees et al., 2023), te u povećanju stabilnosti i brzine pokreta kod osoba s bolovima u koljenu (Gao et al., 2023). Kod pacijenata liječenih od karcinoma dojke, PNF je pridonio smanjenju boli i povećanju snage gornjih ekstremiteta (Guloglu et al., 2023).

Sustavni pregled Wanderleyja et al. (2019) pokazao je da PNF može povećati opseg pokreta kod zdravih odraslih osoba, bez štetnih učinaka, iako dokazi o njegovoj prednosti u odnosu na druge metode istezanja nisu bili dovoljno snažni da bi se mogao izvesti jasan zaključak. Sustavni pregled i meta-analiza Tedla et al. (2019) pokazali su da PNF istezanje može učinkovito smanjiti bol i poboljšati funkciju ramena, s boljim rezultatima u odnosu na klasične fizioterapijske tretmane. Slične pozitivne rezultate utvrdili su Akbas et al. (2015), koji su pokazali da PNF obrasci značajno smanjuju noćnu bol i povećavaju opseg pokreta kod bolesnika s adhezivnim kapsulitisom ramena.

Arcanjo et al. (2022) su utvrdili da PNF smanjuje bol i invalidnost te poboljšava kvalitetu života osoba s križoboljom. Njihov sustavni pregled, koji je uključio 16 studija s ukupno 722 sudionika, pokazao je da je PNF učinkovitiji od vježbi za jačanje cora u smanjenju boli i poboljšanju funkcionalnosti, iako je kvaliteta dokaza bila niska do umjerena. Također, Kim i Lee (2017) dokazali su da PNF poboljšava plućnu funkciju te smanjuje bol i funkcionalnu nesposobljenost kod pacijenata s kroničnom križoboljom.

Istraživanje Areeudomwong et al. (2017) potvrdilo je dugoročne učinke PNF treninga kod pacijenata s kroničnom križoboljom. Nakon četverotjednog programa, sudionici su pokazali značajno smanjenje boli i funkcionalne nesposobnosti te povećano zadovoljstvo i kvalitetu života, uz trajne učinke i 12 tjedana nakon završetka intervencije.

ZAKLJUČAK

Rezultati većine studija uključenih u ovaj rad potvrđuju pozitivne učinke primjene proprioceptivne neuromuskularne facilitacije (PNF) u fizioterapijskoj praksi. PNF protokol istezanja može pridonijeti povećanju brzine i duljine koraka kod trkača, a kombinacija PNF-a i kineziotapinga pokazala se najučinkovitijom za brzo postizanje fleksibilnosti m. hamstrings-a te općenito boljih performansi u skokovima. Također, povoljno djeluje na smanjenje sportskog umora. Kako bi se održao trajan opseg pokreta i očuvali korisni učinci na funkciju mišića, PNF je preporučljivo provoditi nakon vježbanja, najmanje dva puta tjedno. Ovaj stručni rad potvrđuje da je PNF siguran i učinkovit u poboljšanju mišićne funkcije, povećanju snage mišića i opsega pokreta, smanjenju boli te podizanju kvalitete života pacijenata, zbog čega se preporučuje njegova primjena u kliničkoj praksi. Potrebna su daljnja istraživanja radi boljeg razumijevanja pojedinih komponenti PNF terapijskih pristupa i njihove šire primjene u različitim kliničkim područjima.

LITERATURA

1. Ai L, Hang, X. (2023). Impacts of pnf stretching on joint flexibility in volleyball athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29, e2023_0046.
2. Akbaş E, Güneri S, Tas S, Erdem EU, Yüksel İ. (2015). The effects of additional proprioceptive neuromuscular facilitation over conventional therapy in patients with adhesive capsulitis. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 26(2), 78-85.
3. Alahmari KA, Silvian P, Ahmad I, Reddy RS, Tedla JS, Kakaraparthi VN, Rengaramanujam K. (2020). Effectiveness of Low-Frequency Stimulation in Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques for Post Ankle Sprain Balance and Proprioception in Adults: A Randomized Controlled Trial. *Biomed Res Int.*, 9012930.
4. Arcanjo FL, Martins JVP, Moté P, Leporace G, Oliveira DA, Sousa CS, Saquetto MB, Gomes-Neto M. (2022). Proprioceptive neuromuscular facilitation training reduces pain and disability in individuals with chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Clin Pract.*, 46:101505.
5. Areeudomwong P, Wongrat W, Neammesri N, Thongsakul T. (2017). A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain. *Musculoskeletal Care*, 15(3):218-229.
6. Beckers D, Buck M. (2021). PNF in practice: an illustrated guide. *Springer Nature*, 1-13.
7. Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res / Natl Str Cond Assoc J.*, 21(1):223–226.
8. Caplan N, Rogers R, Parr MK, Hayes PR. (2009). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *J Strength Cond Res / Natl Str Cond Assoc J.*, 23(4):1175–1180.
9. Coskunsu DK, Mutlu EK, Ozdincler AR. (2021). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching combined with Kinesio taping for hamstring flexibility in amateur athletes: a single-blind, randomized, controlled trial. *Physiotherapy Quarterly*, 29(3), 56-61.

10. Funk DC, Swank AM, Mikla BM, Fagen TA, Farr BK. (2003). Impact of Prior Exercise on Hamstring Flexibility: A Comparison of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching. *Natl Str Cond Assoc J.*, 17(3):489–492.
11. Gao B, Li L, Shen P, Zhou Z, Xu P, Sun W, Song Q. (2023). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in relieving pain and balancing knee loading during stepping over obstacles among older adults with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Plos one*, 18(2), e0280941.
12. Guiu-Tula FX, Cabanas-Valdés R, Sitjà-Rabert M, Urrútia G, Gómara-Toldrà N. (2017). The Efficacy of the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) approach in stroke rehabilitation to improve basic activities of daily living and quality of life: a systematic review and meta-analysis protocol. *BMJ Open*, 12;7(12):e016739.
13. Guloglu S, Basim P, Algun ZC. (2023). Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation in improving shoulder biomechanical parameters, functionality, and pain after axillary lymph node dissection for breast cancer: A randomized controlled study. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 50, 101692.
14. Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, Hong J. (2012). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *J Hum Kinet.*, 31:105-13.
15. Kim BR, Lee HJ. (2017). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation-based abdominal muscle strengthening training on pulmonary function, pain, and functional disability index in chronic low back pain patients. *J Exerc Rehabil.*, 13(4):486-490.
16. Konrad A, Stafilidis S, Tilp M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports.*, 27(10):1070-1080.
17. Lazarou L, Kofotolis N, Pafis G, Kellis E. (2018). Effects of two proprioceptive training programs on ankle range of motion, pain, functional and balance performance in individuals with ankle sprain. *J Back Musculoskelet Rehabil.*, 31(3):437-446.
18. Lempke L, Wilkinson R, Murray C, Stanek J. (2018). The Effectiveness of PNF Versus Static Stretching on Increasing Hip-Flexion Range of Motion. *J Sport Rehabil.*, 27(3):289-294.
19. Lin P, Yang M, Huang D, Lin H, Wang J, Zhong C, Guan L. (2022). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation technique on the treatment of frozen shoulder: a pilot randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.*, 23(1):367.
20. Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S, Fitz KA, Culbertson JY. (2005). Clinical Studies - Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Ath Training.*, 40(2):94.
21. Mikolajec K, Waskiewicz Z, Maszczyk A, Bacik B, Kurek P, Zajac A. (2012). Effects of Stretching and Strength Exercises on Speed and Power Abilities in Male Basketball Players. *Isokinet Exerc Sci.*, 20:1–22.
22. Mišić K, Crnković Knežević M, Petko L. (2024). Utjecaj istezanja prema proprioceptivnoj neuromuskularnoj facilitaciji na različite mišićno-tetivne parametre kod sportaša i opće populacije. In: *32. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske*, 676-680.

23. Nafees K, Baig AAM, Ali SS, Ishaque F. (2023). Dynamic soft tissue mobilization versus proprioceptive neuromuscular facilitation in reducing hamstring muscle tightness in patients with knee osteoarthritis: randomized control trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1), 1-9.
24. Pérez-Bellmunt A, Casasayas-Cos O, Ragazzi P, Rodríguez-Sanz J, Hidalgo-García C, Canet-Vintró M, López-de-Celis C. (2023). Foam rolling vs. proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in the hamstring flexibility of amateur athletes: control trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*., 20(2), 1439.
25. Pyszora A, Budzyński J, Wójcik A, Prokop A, Krajnik M. (2017). Physiotherapy programme reduces fatigue in patients with advanced cancer receiving palliative care: randomized controlled trial. *Support Care Cancer*., 25(9):2899-2908.
26. Ren H. (2022). Impacts of proprioceptive neuromuscular facilitation on flexibility in chinese boxing athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29.
27. Smedes F, Heidmann M, Schäfer C, Fischer N, Stępień A. (2016). The proprioceptive neuromuscular facilitation-concept; the state of the evidence, a narrative review. *Physical Therapy Reviews*., 21(1), 17-31.
28. Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, Gansneder BM. (2001). Duration of Maintained Hamstring Flexibility After a One-Time, Modified Hold-Relax Stretching Protocol. *J Athl Train*., 36(1):44-48.
29. Tedla JS, Sangadala DR. (2019). Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in adhesive capsulitis: a systematic review and meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact*., 19(4):482-491.
30. Wanderley D, Lemos A, Moretti E, Barros MMB, Valença MM, de Oliveira DA. (2019). Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation compared to other stretching modalities in range of motion gain in young healthy adults: A systematic review. *Physiother Theory Pract*., 35(2):109-129.
31. Zhang X, Liu Z. (2023). Relief of sports fatigue after marathon races by pnf stretching. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29, e2023_0041.

PRIMJENA VIRTUALNE REALNOSTI U LIJEČENJU VESTIBULARNIH POREMEĆAJA

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY IN THE TREATMENT OF VESTIBULAR DISORDERS

Olivera Čejčić

Nacionalna memorijalna bolnica „Dr. Juraj Njavro“ Vukovar

oliveracejic@gmail.com

Aleksandra Ogrizović

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

aleksandra.ogrizovic11@gmail.com

Sažetak

Vestibularni poremećaji često uzrokuju neugodne simptome vrtoglavice i poremećaja ravnoteže te smanjuju kvalitetu života oboljele osobe. Tradicionalne metode vestibularnih vježbi su učinkovite, ali imaju određena ograničenja u motivaciji i prilagodbi terapije individualnim potrebama. U posljednjih nekoliko godina, primjena virtualne realnosti (VR) u vestibularnoj rehabilitaciji pokazuje velik potencijal kao nova terapijska metoda, a omogućava sigurno i kontrolirano okruženje u kojem se oboljele osobe izlažu specifičnim vizualnim i vestibularnim podražajima, što doprinosi jačanju neuroplastičnosti i adaptivnim mehanizmima vestibularnog sustava, tj. centralnoj kompenzaciji oštećenoga vestibularnog sustava. Osim što povećava angažman pacijenta kroz interaktivnost, virtualna realnost također omogućava precizno praćenje napretka i prilagodbu terapijskih protokola. Iako postoje izazovi poput moguće pojave „cyber sicknessa“, nove studije potvrđuju da virtualna realnost predstavlja učinkovitu i sigurnu dopunu klasičnoj vestibularnoj rehabilitaciji. U ovom radu je prikazano trenutno stanje primjene virtualne realnosti u liječenju vestibularnih poremećaja, ističući njene prednosti, ograničenja, kao i pretpostavke i perspektive daljnjeg razvoja ove terapije.

Ključne riječi: *virtualna realnost, vestibularni poremećaj, vrtoglavica, vestibularne vježbe.*

Abstract

Vestibular disorders often cause dizziness, balance impairment, and reduced quality of life for patients. Traditional vestibular rehabilitation methods, while effective, have certain limitations in patient motivation and individualized therapy adaptation. In recent years, the application of virtual reality (VR) in vestibular rehabilitation has shown great potential as an innovative therapeutic approach. Virtual reality provides a safe and controlled environment where patients are exposed to specific visual and vestibular stimuli, which contributes to enhancing neuroplasticity and adaptive mechanisms of the vestibular system. Besides increasing patient engagement through gamification and interactivity, VR also allows precise monitoring of progress and customization of therapy protocols. Although challenges such as possible occurrence of “cyber sickness” in some users exist, clinical studies confirm that virtual reality represents an effective and safe complement to classical vestibular rehabilitation. This paper

analyzes the current state of VR application in treating vestibular disorders, highlighting its advantages, limitations, and future development perspectives.

Keywords: *virtual reality, vestibular disorder, vertigo, vestibular exercises.*

UVOD

Vestibularni sustav je odgovoran za održavanje ravnoteže, stabilnosti glave i tijela te prostornu orijentaciju (Angelaki & Cullen, 2008). Poremećaji ovog sustava često dovode do vrtoglavice, nesigurnosti u hodu i povećanog rizika od padova (Bhattacharyya et al., 2017). Vestibularno osjetilo nalazi se u unutarnjem uhu, unutar koštanog labirinta unutarnjeg uha. Glavne strukture perifernog dijela sustava su: tri polukružna kanalića (prednji, bočni i stražnji) koji detektiraju rotacijska (kutna) ubrzanja glave i dva otolitna organa – utrikulus i sakulus u kojima se nalaze otoliti, sitni kristali kalcijum karbonata koji detektiraju linearna ubrzanja (uključujući gravitaciju) i položaj glave u prostoru. Receptorske stanice imaju stereocilije i kinocilije; pomicanje endolimfe ili otolitnih kristala uzrokuje pomak stereocilija što dovodi do depolarizacije odnosno hiperpolarizacije i prijenosa signala (Casale et al., 2023). Signal iz receptora prenosi se putem vestibularnog živca (dio vestibulokohlearnog, 8.moždanog živca) u središnji živčani sustav, preko vestibularnih jezgara u moždanom deblu i malom mozgu (Vasković, 2023). Središnji dio sustava provodi refleksne puteve: vestibulo-okularni refleks (VOR) koji stabilizira pogled za vrijeme pokreta glave i vestibulospinalni i vestibulokolični refleksi koji prilagođavaju mišićni tonus i posturu tijela pri pokretima glave i tijela. Vestibularni sustav je također povezan s vidom, propiocepcijom (osjet položaja i pokreta tijela) i drugim senzornim informacijama, a ova integracija je vrlo važna za održavanje ravnoteže. Vestibularni sustav omogućuje detekciju promjena položaja glave i tijela u prostoru, što je ključno za održavanje ravnoteže, stabilnog pogleda i koordinaciju pokreta. Možemo reći da kada sustav radi normalno, tijelo brže i automatski reagira na promjene, npr. prisiljava oči da se kreću u suprotnom smjeru prilikom okreta glave kako bi zadržale fokus. Poremećaji vestibularnog sustava poput oštećenja receptora, živčanih puteva ili integracijskih procesa mogu rezultirati vrtoglavicom, nesigurnim hodom, nistagmusom i većim rizikom od padova (Maslovara et al, 2022). Poznavanje anatomije i fiziologije je ključno za razumijevanje nastanka ovih poremećaja.

VESTIBULARNI POREMEĆAJI I VESTIBULARNA REHABILITACIJA

Vestibularni poremećaji su skup stanja uzrokovanih disfunkcijom unutarnjeg uha (vestibularnog osjetila) ili pripadajućih moždanih centara koji obrađuju informacije potrebne za ravnotežu i prostornu orijentaciju (Dougherty, 2023). Ključni simptomi uključuju vrtoglavicu, osjet vrtnje (vertigo), nestabilnost pri hodu, mučninu i poremećaj vidne stabilnosti pri kretanju. Najčešće dijagnoze u kliničkoj praksi su benigna paroksizmalna položajna vrtoglavica (BPPV), vestibularni neuritis i labirinitis, Ménièreova bolest i periferne vestibularne hipofunkcije; postoje i centralne vestibularne bolesti te mješoviti oblici, kao i perzistentna posturalno-percepcijska vrtoglavica (PPPD) (Vestibular Disorders Association, 2010). Uzroci mogu biti razni: od vestibularne infekcije, ototoksičnosti i degenerativnih

promjena do posttraumatskih i neuroloških uzroka, pa je diferencijalna dijagnoza važna za odabir terapije (Dougherty, 2023).

Znatan dio pacijenata s vestibularnim poremećajima doživljava značajnu smetnju u svakodnevnom životu: povećan rizik od padova, narušenu kvalitetu života, radnu nesposobnost i velike zdravstvene troškove (Neuhauser, Radtke & von Brevern, 2008). Zbog toga je rana identifikacija i adekvatna terapija važna kako bi se maksimalno iskoristio potencijal za vestibularnu kompenzaciju, odnosno prilagodbu centralnog živčanog sustava na promijenjene vestibularne ulaze (Hall et al., 2022).

Vestibularna rehabilitacija je planirani sustav vježbi prilagođen pojedinom bolesniku koji ubrzava proces središnje kompenzacije oštećenoga vestibularnog sustava. Godinama su postojali prijevori o učinkovitosti ovakvog liječenja, no kliničke studije koje su učinjene posljednjih desetljeća dokazale su važnost vestibularnih vježbi kao i njihov povoljan učinak na smanjenje simptoma bolesti, poboljšanje ortostatike i dinamostatike i poboljšanje zdravlja općenito (Maslovara & Butković-Soldo, 2011).

Tradicionalne metode vestibularne rehabilitacije temelje se na specifičnim vježbama i pristupima koji potiču kompenzaciju, prilagodbu i habituaciju vestibularnog sustava nakon oštećenja. Ove metode dokazano poboljšavaju funkcionalnu stabilnost, smanjuju vrtoglavicu i potiču neuroplastičnost mozga. Njihov je cilj smanjiti vrtoglavicu, poboljšati ravnotežu, stabilizirati pogled i povećati sigurnost pri kretanju. Tradicionalna vestibularna terapija razvijala se još od sredine 20. stoljeća, osobito zahvaljujući radovima Cawthorna i Cookseya (1940-ih godina), koji su prvi sustavno uveli vježbe za bolesnike s vestibularnim oštećenjem. Glavni mehanizmi na kojima se temelji rehabilitacija su:

1. Prilagodba (adaptacija): mozak se prilagođava promijenjenim signalima iz oštećenog vestibularnog osjetila. Vježbe stabilizacije pogleda kako bi se poboljšala funkcija vestibulo-okularnog refleksa (VOR).
2. Habituacija: ponavljano izlaganje pokretima koji izazivaju vrtoglavicu dovodi do smanjenja simptoma.
3. Supstitucija: oslanjanje na druge senzorne sustave (vid, propriocepciju) radi nadoknade vestibularne funkcije, poboljšava korištenje vizualnog i somatosenzornog inputa za kompenzaciju vestibularnog deficita (Herdman & Clendaniel, 2014).

Uz klasične komponentne vestibularne rehabilitacije koriste se i trening ravnoteže, vježbe koordinacije i vježbe hoda s promjenama smjera i brzine. Najbolje rezultate daju ako se provode redovito i individualno prilagode vrsti oštećenja i sposobnostima bolesnika.

VESTIBULARNA REHABILITACIJA: KONCEPT I DOKAZI

Terapija vestibularne rehabilitacije (VRT – *vestibular rehabilitation therapy*) temelji se na specijaliziranim vježbama. Učinkovitost ove terapije je dokazana: sustavni pregledi literature pokazuju da VRT smanjuje subjektivne simptome (vrtoglavica, osjećaj nesigurnosti), poboljšava stabilnost pogleda i posturalnu stabilnost te omogućuje bolju funkcionalnu sposobnost u populacijama s perifernom vestibularnom hipofunkcijom. Međutim, postoji određeni broj izazova: razlike u protokolima vježbi (vrsta, trajanje, učestalost), heterogenost

populacije (različiti stupnjevi oštećenja), te manjak jasnih smjernica za kronične ili složene slučajeve, npr. kod perzistentne posturalno-percepcijske vrtoglavice (PPPD) (Hall CD et al., 2022). Također, klasične vježbe VRT mogu biti monotone za pacijente, što može otežati motivaciju i redovito vježbanje, što je važno jer redovitost i angažman izravno utječu na uspjeh rehabilitacije (Neuhauser et al., 2008). Snažan konsenzus smjernica i nekoliko velikih sustavnih pregleda pokazuju da VRT smanjuje subjektivni osjećaj vrtoglavice, poboljšava stabilnost pogleda i posturu te povećava funkcionalnu sposobnost kod pacijenata s perifernom vestibularnom hipofunkcijom. Međutim, doziranje, optimalna kombinacija vježbi i učinkovitost kod određenih kroničnih stanja (npr. PPPD) još su predmet istraživanja i prilagodbe terapije (Piatti et al., 2025).

INOVACIJE U VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI

Razvojem tehnologije mikroprocesora posljednjih nekoliko desetljeća, danas postoji mogućnost za potrebe vestibularne rehabilitacije koristiti se uređajima i napravama koje bi se do nedavno svrstali u domenu znanstvene fantastike ili zabave. U široj primjeni koristio se *Wii Nintendo*. Budućnost pripada sustavima prividne, virtualne stvarnosti (*virtual reality*), kojima se NASA već duže vrijeme koristi u pripremama astronauta na bestežinske uvjete i prostor bez jasnih orijentira, a odnedavno su pušteni u široku, komercijalnu primjenu (Maslovara et al., 2022).

VIRTUALNA REALNOST U VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI

Virtualna realnost (VR) u vestibularnoj rehabilitaciji koristi digitalne vizualne i/ili auditivne okoline (od neimerzivnih zaslona do imerzivnih HMD-ova) kako bi kontrolirano izložila pacijenta senzornim izazovima važnim za rehabilitaciju (Xie et al., 2021). VR omogućava preciznu kontrolu vizualnih stimulusa (brzina, kontrast, optokinetički podražaj), simulaciju realnih svakodnevnih situacija i veću motivaciju tj. veće angažiranje pacijenta u odnosu na klasične vježbe (Hong, 2024).

Postoje dvije glavne kategorije: neimerzivna VR (npr. zasloni, projektori, optokinetički stimulatori) i imerzivna VR (*Head-mounted displays* – HMD) koja potpuno okružuje korisnika vizualnim podražajima; obje su korištene u kliničkim studijama. Sustavni pregledi i meta-analize izvještavaju o obećavajućim rezultatima: mnoge studije pokazuju poboljšanja u subjektivnim testovima procjene *Dizziness Handicap Inventory* (DHI), stabilnosti i funkciji, no ukupna metodološka heterogenost i studije s manje ispitanika ograničavaju čvrste zaključke (Xie et al., 2021). Nekoliko kontroliranih ispitivanja prikazuje da VR nadopunjena VRT može biti korisnija ili barem jednako korisna u odnosu na konvencionalnu VRT, posebice kada se koristi imerzivna tehnologija, ali potrebne su veće, dobro dizajnirane randomizirane kontrolirane studije za potvrdu učinkovitosti (Başoğlu et al., 2022). Glavne prednosti VR pomoći u rehabilitaciji su: precizno doziranje senzorne stimulacije, mogućnost individualizacije vježbi, bolja motivacija pacijenata i potencijal za provođenje tretmana na daljinu (telerehabilitacija) (Hong, 2024). Rizici i ograničenja uključuju mogućnost simulatorne mučnine (*cybersickness*) kod nekih pacijenata, potrebu za tehnološkom infrastrukturom i pravilnim kliničkim protokolima kako bi se spriječilo preopterećenje senzora (Xie et al., 2021).

Virtualna realnost u vestibularnoj rehabilitaciji definira se kao korištenje simuliranih trodimenzionalnih okruženja koja omogućuju pacijentima izvođenje kontroliranih vježbi ravnoteže i pokreta glave i tijela. Glavni ciljevi VR rehabilitacije su: poticati vestibulo-okularni refleks (VOR), smanjiti osjetljivost na pokrete koji izazivaju vrtoglavicu, poboljšati posturalnu kontrolu i ravnotežu, kao i povećati motivaciju i angažman pacijenta. VR omogućuje kreiranje realističnih, ali sigurnih situacija poput hodanja u gužvi, vožnje ili penjanje stepenicama, čime se stimulira vestibularni sustav i vizualno-proprioceptivne funkcije.

UREĐAJI I TEHNOLOGIJE U VR VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI

1. Head-mounted display (HMD) sustavi

Head-mounted display sustavi predstavljaju potpuno imerzivnu VR tehnologiju što znači da korisnik doživljava virtualno okruženje kao da je stvarno oko njega, gdje korisnik nosi naočale koje ga „uronjavaju“ u virtualno okruženje. Ovi sustavi omogućuju praćenje pokreta glave, ponekad i tijela, što je ključno za vježbe koje stimuliraju vestibulo-okularni refleks (VOR) i ravnotežu. *Oculus/Meta Quest, HTC Vive, PlayStation VR* omogućuju izvođenje kontroliranih zadataka poput praćenja objekata u pokretu, simulacije hodanja u gužvi ili balansiranja po nestabilnoj podlozi. Fizioterapeut može prilagoditi vizualne stimulanse (brzina, smjer, intenzitet pokreta) prema toleranciji pacijenta, što smanjuje rizik od vrtoglavice i nesigurnosti. Pogodni su za zdravstvene ustanove, ali i za kućnu primjenu ako postoji nadzor i edukacija pacijenta (Hong, 2024; Xie et al., 2021).

2. Polu-imerzivni sustavi

Polu-imerzivni VR sustavi nude djelomičnu „uronjenost“ u virtualno okruženje, obično kroz projekcijske ekrane ili kupole koje prikazuju simulirane scenarije. Pacijent može stajati ili hodati u prostoru, dok sustav prati njegove pokrete. Primjeri: projekcijske kupole, CAVE sustavi (*Cave Automatic Virtual Environment*). Omogućuju izvođenje složenijih vestibularnih i posturalnih zadataka uz kontrolu fizioterapeuta. Često se koriste u istraživačkim i rehabilitacijskim centrima zbog veće tehničke zahtjevnosti i troškova. Idealni su za simulaciju realističnih situacija, npr. hodanja kroz gužvu, penjanje stepenicama ili kretanje po neravnom terenu (Hong, 2024).

3. Mobilne i desktop VR aplikacije

Ove aplikacije nude jednostavnije VR iskustvo koristeći tablete, računala ili 360° videozapise. Iako nisu potpuno imerzivne, omogućuju izvođenje vježbi vizualne i vestibularne stimulacije. Primjeri: mobilne aplikacije za rehabilitaciju ravnoteže, desktop VR simulacije, 360° video simulacije okoline. Pogodne za kućnu upotrebu, posebno uz nadzor fizioterapeuta putem videopoziva ili aplikacije koja bilježi napredak. Mogu uključivati jednostavne zadatke poput praćenja pokretnih objekata, vožnje virtualnim prostorom ili izvođenja vježbi ravnoteže. Njihova prednost je dostupnost, fleksibilnost i niska cijena u usporedbi s HMD i polu-imerzivnim sustavima (Başoğlu et al., 2022; Piatti et al., 2025).

Optimalni rezultati postižu se kombinacijom VR vježbi s klasičnom vestibularnom rehabilitacijom.

VIRTUALNA REALNOST U VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI – TEORIJA I PRAKSA

Uvođenje tehnologije u rehabilitaciju omogućilo je primjenu virtualne realnosti (VR) kao dopune ili čak alternative klasičnoj VRT-u. VR omogućava stvaranje kontroliranih, ponovljivih i motivirajućih senzorskih okruženja: vizualni tok, optokinetička stimulacija, promjene brzine i smjera, simulacije realnih situacija (npr. hodanje, okretanje u gužvi), a sve to unutar sigurnog terapijskog okruženja. Do danas su dostupne kliničke studije i sustavni pregledi: primjerice, jedna sustavna revizija je identificirala 6 randomizirano kontroliranih studija i 4 dodatne studije, s uzorcima od 13 do 70 sudionika, koje su koristile različite VR intervencije za vestibularnu rehabilitaciju.

Rezultati su obećavajući: VR intervencije su u mnogim studijama pokazale poboljšanja u rezultatima kao što su *Dizziness Handicap Inventory* (DHI), posturografski parametri, stabilnost hodanja (Xie et al., 2021). Meta-analiza je pokazala da i neimerzivna i imerzivna VR značajno poboljšavaju simptome vrtoglavice kod periferne vestibularne disfunkcije (PVD), ali da imerzivna VR pokazuje veći efekt ($SMD \approx -2.08$; 95 % CI -3.13 do -1.04 ; $p < 0.001$) (Liu et al., 2025). Također, istraživanje o izboru slike i okoline u VR pokazuje da „opuštajuće“ video-okoline mogu bolje stimulirati vestibularni sustav bez izazivanja dodatnog vizualnog stresa, što je važno za pacijente s vestibularnom disfunkcijom (Ersin et al., 2023). S druge strane, treba istaknuti moguća ograničenja i rizike: heterogenost protokola (trajanje, učestalost, tip VR zadataka), mali uzorci u mnogim studijama, mogućnost simulacijske mučnine (*cybersickness*) kod nekih korisnika VR-a, te činjenicu da nije jasno da li VR može u svim slučajevima zamijeniti konvencionalnu VRT ili joj je samo dodatak. (Le Perf et al., 2025). Još jedna važna napomena: studija koja je uspoređivala VR-intervenciju i klasičnu VRT kod subakutnih pacijenata nakon moždanog udara pokazala je da je VR bila učinkovitija za poboljšanje ravnoteže i hoda, dok je klasična VRT bila bolja za smanjenje subjektivnih simptoma vrtoglavice (Sana et al., 2023).

Većina istraživanja VR pomoći u vestibularnoj rehabilitaciji koristi dizajne s jednom od sljedećih struktura: randomizirano kontrolirane studije (RCT), nekontrolirane pilot studije i sustavne revizije/meta-analize koje objedinjuju rezultate iz manjih studija (Xie et al., 2021). U RCT se često uspoređuje VR nadopunjena VRT (ili potpuni VR program) s konvencionalnom VRT ili s placebom, s ishodima koji uključuju *Dizziness Handicap Inventory* (DHI), objektivne posturografske mjere i parametre hoda (Le Perf et al., 2025). Veličine uzoraka variraju značajno: mnoge studije imaju manje uzorke (npr. 20-70 sudionika), dok novije multicentrične studije i meta-analize uključuju veći objedinjeni broj ispitanika što povećava statističku snagu (Xie et al., 2021). Tip VR intervencije razlikuje se po stupnju „uronjenosti“: neimerzivni sustavi (ekrani, optokinetički stimulatori), poluimerzivni uređaji (projekcijski sustavi, balansne platforme s vizualnim okruženjima) i imerzivni HMD-ovi; svaki pristup ima različit potencijal za kontrolu vizualnog toka i angažman pacijenta (Heffernan et al., 2023). Trajanje intervencija u studijama obično je između 2 i 8 tjedana, s frekvencijom od 2 do 7 tretmana tjedno i trajanjem tretmana između 10 i 45 minuta, pri čemu su kraći, učestali i kontrolirani imerzivni tretmani često bolje opisani u novijim istraživanjima (Liu et al., 2025). Ishodni mjerni instrumenti uključuju: *Dizziness Handicap Inventory* (DHI) kao subjektivnu mjeru funkcionalnog učinka,

posturografske parametre (površina oscilacija, brzina pomaka centra mase), mjerenja VOR-a (videonistagmografija/vHIT) i mjere hoda/funkcije (TUG, brzina hoda) (Xie et al., 2021).

U mnogim studijama važna su i sekundarna mjerenja: pojava simulatorne mučnine (*cybersickness*), prihvatljivost i zadovoljstvo pacijenata te pridržavanje kućnih programa vježbanja (Heffernan et al. 2023).

Glavni metodološki izazovi koje autori navode su heterogenost intervencija (različiti VR sustavi i parametri), manji uzorak pojedinačnih studija, neujednačeni ishodni mjerni alati i često kratki periodi praćenja, što ograničava mogućnost izvođenja općih zaključaka i preporuka (Xie et al., 2021).

BUDUĆNOST VR-a U VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI

Budućnost će vjerojatno uključiti personalizirane VR programe temeljene na objektivnim senzorima (IMU, *force-plate*, *eye-tracking*), veće multicentrične studije, integraciju s telemedicinom i upotrebu strojnog učenja za prilagodbu težine zadataka u stvarnom vremenu. Ako se standardiziraju protokoli i riješe pitanja sigurnosti i pristupačnosti, VR bi u sljedećem desetljeću mogao postati rutinska dopuna (ili alternativa) konvencionalnim programima VRT, posebno za pacijente kojima su potrebne visoko reproducibilne i motivirajuće terapijske situacije (Le Perf et al, 2025).

Nekoliko trendova i izazova oblikuju budućnost primjene VR-a u vestibularnoj rehabilitaciji:

- Personalizacija terapije: integracija senzora poput inercijskih mjernih jedinica (IMU), *force-plate* sustava, *eye-trackinga* i/ili bioloških povratnih informacija u realnom vremenu omogućit će prilagodbu zadataka u VR okruženju prema individualnim deficitima pacijenta.
- Telerehabilitacija i kućni programi: VR sustavi koji se mogu koristiti kod kuće, uz nadzor ili povratnu informaciju fizioterapeuta na daljinu, mogu povećati dostupnost terapije za pacijente koji nemaju lak pristup kliničkim centrima.
- Veće i rigoroznije kliničke studije: potrebne su multicentrične randomizirane kontrolirane studije s većim brojem sudionika kako bi se ustanovile optimalni protokoli: učestalost, trajanje, tip VR zadatka, učinak u različitim populacijama (npr. stariji pacijenti i kronični slučajevi).
- Standardizacija protokola: kako bi VR terapija bila prihvaćena i integrirana u kliničku praksu, potrebno je uspostaviti smjernice i protokole (npr. koliko tretmana tjedno, koliko minuta po tretmanu, što je optimalna težina zadatka i sl.). Postoje neke meta-analize koje sugeriraju optimalne parametre (npr. imerzivna VR trajanje ≤ 7 tjedana, sesije < 30 min, ≥ 5 -puta tjedno) za najbolji učinak (Liu et al, 2025).
- Troškovna efikasnost i implementacija: za širu primjenu potrebno je razmotriti troškove hardvera/softvera, tehničku podršku, prihvatljivost kod starijih pacijenata ili pacijenata s drugim komorbiditetima, te mogućnost prilagodbe u kliničkim okruženjima.
- Sigurnost i tolerancija: iako su dosadašnje studije pokazale razmjerno sigurnu upotrebu VR, potrebna je procjena dugoročne tolerancije (npr. mučnina od simulacije, opterećenje vizualnog sustava), posebno kod osjetljivih pacijenata (Lee et al., 2025).

ZAKLJUČAK

Primjena VR-tehnologije u rehabilitaciji vestibularnih poremećaja predstavlja vrlo obećavajući pristup: kombinira kontroliranu senzornu stimulaciju, mogućnost individualizacije i veći angažman pacijenta. Njena primjena omogućuje sigurnu, kontroliranu i motivirajuću okolinu za vježbanje, što može poboljšati ravnotežu, smanjiti vrtoglavicu i unaprijediti kvalitetu života pacijenata. Fizioterapeuti mogu koristiti VR kao dopunu tradicionalnim metodama, uz pažljivo prilagođene protokole i nadzor. Iako trenutačni dokazi pokazuju povoljne rezultate, VR još uvijek nije uspostavljena kao standardna samostalna terapija, već najčešće kao dodatak konvencionalnoj VRT. U budućnosti, s većim kliničkim dokazima, standardiziranim protokolima i proširenom primjenom (uključujući kućnu telerehabilitaciju), VR bi mogla zauzeti značajnije mjesto u terapiji vestibularnih poremećaja.. Daljnja istraživanja i razvoj standardiziranih protokola ključni su za širu primjenu u kliničkoj praksi.

LITERATURA

1. Angelaki, D. E., & Cullen, K. E. (2008). Vestibular system: The many facets of a multimodal sense. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 125–150.
2. Başoğlu, Y., Şerbetçioğlu, M. B., Çelik, I., & Demirhan, H. (2022). Effectiveness of virtual reality based vestibular rehabilitation in patients with peripheral vestibular hypofunction. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 52(6), 1970–1983.
3. Bhattacharyya, N., Baugh, R. F., Orvidas, L., et al. (2017). Clinical practice guideline: Benign paroxysmal positional vertigo. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 156(3_suppl), S1–S47.
4. Casale, J., Browne, T., Murray, I. V., & Gupta, G. (2023). Physiology, vestibular system. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing. Retrieved October 31, 2025, from
5. Dougherty, J. M. (2023). Vestibular dysfunction. *StatPearls [Internet]*.
6. Ersin, K., Gürlek, E., Güler, H., Kalaycık Ertugay, Ç., & Şerbetçioğlu, M. B. (2023). Appropriate image selection with virtual reality in vestibular rehabilitation: Cross-sectional study. *JMIR Serious Games*, 11, e40806
7. Hall, C. D., Herdman, S. J., Whitney, S. L., Anson, E. R., Carender, W. J., Hoppes, C. W., ..., Woodward, N. J. (2022). Vestibular rehabilitation for peripheral vestibular hypofunction: An updated clinical practice guideline from the Academy of Neurologic Physical Therapy of the American Physical Therapy Association. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 46(2), 118–177.
8. Heffernan, A., Booth, L., Fletcher, R., & Nunez, D. A. (2023). Vestibular rehabilitation potential of commercially available virtual reality video games. *Journal of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 52(1), s40463-023.
9. Herdman, S. J., & Clendaniel, R. A. (2014). *Vestibular rehabilitation* (4th ed.). F. A. Davis.
10. Hong, S. K. (2024). Clinical application of virtual reality for vestibular rehabilitation. *Research in Vestibular Science*, 23(4), 124–131
11. Lee, J. W., Yoon, C. Y., Kim, J. H., Seo, Y. J., & Kong, T. H. (2025). Virtual reality-based vestibular rehabilitation therapy in patients with acute unilateral vestibulopathy: A randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology*, 16, 1519470.

12. Le Perf, G., Thebault, G., Duflos, C., Herman, F., Cauquil Gleizes, S., & Laffont, I. (2025). Can virtual reality replace conventional vestibular rehabilitation tools in multisensory balance exercises for vestibular disorders? A non-inferiority study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22(1), 86.
13. Liu, X., Yang, S., Wang, Y., Tong, Z., An, X., Ren, X., Sun, X., Zhou, Z., Wang, H., & Liu, X. (2025). Comparison of the effectiveness of immersive and non-immersive virtual reality in the treatment of vertigo in patients with peripheral vestibular dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Neurology*, 16, 1638868.
14. Maslovara, S., & Butković Soldo, S. (2011). *Vestibularna rehabilitacija*. Vukovar: Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru.
15. Maslovara, S., i suradnici. (2021). *Otoneurologija*. Zagreb: Medicinska naklada.
16. Neuhauser, H. K., Radtke, A., & von Brevern, M. (2008). Burden of dizziness and vertigo in the community. *Archives of Internal Medicine*, 168(19), 2118–2124.
17. Piatti, D., De Angelis, S., Paolucci, G., Minnetti, A., Manzari, L., Verdecchia, D. H., Indovina, I., & Tramontano, M. (2025). The role of vestibular physical therapy in managing persistent postural-perceptual dizziness: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 14(15), 5524.
18. Sana, V., Ghous, M., Kashif, M., Albalwi, A., Muneer, R., & Zia, M. (2023). Effects of vestibular rehabilitation therapy versus virtual reality on balance, dizziness, and gait in patients with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, 102(24), e33203.
19. Vasković, J. (2023). Vestibular system: Anatomy, pathway and function. Kenhub.
20. Vestibular Disorders Association. (2010). Vestibular disorders: An overview.
21. Xie, M., Zhou, W., Halmagyi, G. M., & MacDougall, H. G. (2021). Virtual reality for vestibular rehabilitation: A systematic review. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 42(7), 967–977.

REZULTATI PROJEKTA „VJEŽBANJE JE POLA ZDRAVLJA“

RESULTS OF THE PROJECT “EXERCISE IS HALF THE BATTLE FOR HEALTH”

Erna Davidović Cvetko

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

erna@vevu.hr

Vesna Šeper

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

vseper@vevu.hr

Nebojša Nešić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

nnesic@vevu.hr

Sažetak

Tijekom 2024.godine proveden je projekt „Vježbanje je pola zdravlja“ tijekom kojeg su sudionicima prezentirani znanstveno utemeljeni podaci vezani uz to kako očuvati i unaprijediti svoje zdravlje minimalnim preinakama svakodnevnog života. Glavni cilj ovog pilot istraživanja bio je utvrditi kako će redovito vježbanje provođeno tijekom ovog projekta utjecati na promjene u tijelu ispitanika, u smislu sastava tjelesne mase i pokazatelja kardiovaskularnog zdravlja. Dodatni cilj bio je ispitati koliko je projekt uticao na njihov svakodnevni život, te kako se to odražava na njihovo zdravlje. U istraživanju je sudjelovalo 11 ispitanika (4 muškarca i 7 žena) u dobi od 42 do 63 godina, pretežno sjedilačkih zanimanja. Na početku projekta prikupljeni su osnovni demografski podaci ispitanika, te razina tjelesne aktivnosti standardiziranim upitnikom IPAQ-kratka verzija. Ispitanici su slušali nekoliko predavanja o utjecaju tjelovježbe na zdravlje, te su vježbali pod nadzorom kineziologa 2 puta tjedno tijekom 5 tjedana. Tri puta ispitanici su prošli mjerenje krvnog tlaka i procjenu sastava tjelesne mase segmentnim analizatorom Tanita MC780MA: 1) na početku, prije uključivanja u program vježbanja, 2) na kraju 5-tjednog programa vježbanja i 3) follow-up mjerenje nakon 3 mjeseca od završetka programa vježbanja. Rezultati pokazuju da nije došlo do promjena u sastavu tjelesne mase, ali se fazni kut značajno promijenio na kraju programa vježbanja, kao i metabolička starost ispitanika indicirajući poboljšanje u ukupnom zdravstvenom stanju ispitanika. Mali dio uzorka je nastavio s redovitim vježbanjem i nakon završetka programa, te su evidentne razlike u sastavu tjelesne mase i zdravstvenim pokazateljima između onih koji su nastavili i onih koji nisu nastavili vježbati.

Ključne riječi: *fazni kut, metabolička starost, vježbanje, zdravlje.*

Abstract

Project “Exercise is Half the Battle for Health”, implemented in 2024., presented scientifically based knowledge on how to preserve and improve health with minimal changes to lifestyle to its participants. The main goal of this study was to determine how regular exercise performed during this project would affect changes in the subjects' bodies, in terms of body composition and cardiovascular health indicators. An additional goal was to examine how much the project

had affected their daily lives, and how that reflected on their health. The study involved 11 sedentary subjects (4 men and 7 women) aged 42 to 63. At the start of the project, demographic data of the subjects were collected, as well as the level of physical activity using IPAQ-short version. The subjects attended lectures on the impact of exercise on health and exercised under the supervision of a kinesiologist 2 times/ week for 5 weeks. The subjects underwent blood pressure measurement, and body composition assessment three times: 1) before the start of the exercise program, 2) at the end of the 5-week exercise program, and 3) follow-up measurement 3 months after the end of the exercise program. Body mass composition did not change during this period, but the phase angle changed significantly at the end of the exercise program, as did the metabolic age, indicating an improvement in the overall health. Follow up measurements showed difference in body mass composition and health indicators between those who did and those who did not continue to exercise after the program.

Keywords: *phase angle, metabolic age, exercise, health.*

UVOD

Nedovoljna tjelesna aktivnost i sjedilački način života dokazano su povezani s povećanim rizikom od brojnih kroničnih nezaraznih bolesti (Fülöp, Larbi & Witkowski, 2019, Frank et al., 2020, Mandili et al., 2022), te doprinose velikom porastu pojavnosti metaboličkih i ostalih nezaraznih kroničnih bolesti (Chen, Chiu & Chen, 2021, Mandili et al., 2022, Singh et al., 2024). U zadnjim desetljećima sjedilački način života postao je uobičajen, posebno kod radno sposobne populacije. Uredski poslovi povezani su s dugotrajnim periodima sjedenja, a također i načini transporta, druženje i aktivnosti socijalizacije te provođenje slobodnog vremena povezani su uglavnom sa sjedilačkim ponašanjem (Owen et al., 2010). Stoga je i pojavnost stanja i bolesti koje su povezane sa sjedilačkim načinom života u stalnom porastu (Rojer et al., 2020). Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO) nedovoljna tjelesna aktivnost je četvrti uzrok smrtnosti, odgovorna za oko 5,3 miliona smrti godišnje u svijetu (Ekelund et al., 2019). Stoga je SZO izdala nove preporuke o tjelesnoj aktivnosti i sjedilačkom ponašanju koje su donesene u sklopu Globalnog akcijskog plana tjelesne aktivnosti 2018.-2030. godine (WHO, 2020). Prema ovim preporukama vrijeme provedeno u sjedilačkim aktivnostima je potrebno ograničiti i kad god je to moguće zamijeniti tjelesnom aktivnošću, bez obzira na njen intenzitet (Bull et al., 2020). Također u istim smjernicama preporuča se 150-300 min/tjedan aerobnog treninga umjerenog intenziteta ili 75-150 min/ tjedan visokog intenziteta, uz obvezno kombiniranje aerobnog vježbanja s vježbama snage 2 ili više puta tjedno (Bull et al., 2020).

Kako bi se negativni trendovi sjedilaštva usporili i na taj način poboljšalo zdravlje opće populacije potrebno je djelovati na populaciju i provoditi različite akcije kako bi se što više ljudi uključilo u organizirane oblike aktivnosti i na taj način sačuvali ili unaprijedili svoje zdravlje. U toku 2024. godine na Veleučilištu „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru proveden je jedan takav projekt nazvan „Vježbanje je pola zdravlja“, koji je za glavni cilj imao osvijestiti važnost tjelovježbe za zdravlje među radno sposobnom populacijom koja se bavi pretežno sjedilačkim zanimanjima. Tijekom ovog projekta sudionicima su prezentirani znanstveno utemeljeni podaci vezani uz to kako očuvati i unaprijediti svoje zdravlje minimalnim preinakama svakodnevnog života. Također osim nekoliko predavanja, sudionici su vježbali u fitnes-dvorani 2 puta tjedno tijekom 5 tjedana uz stručni nadzor i pomoć kineziologa. U toku

ovog projekta provedeno je pilot istraživanje na sudionicima čiji je glavni cilj bio utvrditi kako će redovito vježbanje provedeno tijekom ovog projekta utjecati na promjene u tijelu ispitanika, u smislu sastava tjelesne mase i pokazatelja kardiovaskularnog zdravlja. Dodatni cilj bio je ispitati koliko je projekt uticao na njihov svakodnevni život, te kako se to odražava na njihovo zdravlje. Podaci skupljeni na taj način vrlo su vrijedne informacije o učinkovitosti ovog tipa projekta i mogućnostima utjecaja na pokazatelje stanja tijela tijekom kratkog perioda od 5 tjedana.

METODE I MATERIJALI

U ovom pilot istraživanju je sudjelovalo 11 ispitanika (4 muškarca i 7 žena) u dobi od 42 do 63 godina, zaposleni u pretežno sjedilačkim zanimanjima. Prilikom uključivanja u istraživanje kriterij uključenja je bio pripadnost grupi radno-sposobne populacije, dakle dob 18-65 godina života i sjedilačko zanimanje. Sudionici projekta „Vježbanje je pola zdravlja“ su na početku upoznati s istraživanjem, te su u isto uključeni svi koji su pristali na sudjelovanje, zadovoljili ključne kriterije, te koji su bili nazočni svim terminima vježbanja u toku programa vježbanja. Svi ispitanici potpisali su informirani pristanak na sudjelovanje u istraživanju. Istraživanje je dobilo pozitivno mišljenje Etičkog povjerenstva za znanstveno-stručna istraživanja/projekte Veleučilišta „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru (ur br 2196-115/01-24-65).

Na početku su upitnikom prikupljeni osnovni demografski podaci ispitanika, te razina tjelesne aktivnosti standardiziranim upitnikom IPAQ-kratka verzija dostupnim na hrvatskom jeziku (Sember et al., 2020) na službenoj stranici upitnika. Ispitanicima je izmjeren krvni tlak na brahijalnoj arteriji manualnim tlakomjerom standardnom metodom nakon čega im je segmentnim analizatorom Tanita MC780MA metodom bioimpedance izmjerena tjelesna masa uz procjenu sastava tjelesne mase. Ispitanici su prilikom dogovora o terminu mjerenja upoznati sa zahtjevima koje je potrebno ispuniti kako bi mjerenja sastava tjelesne mase dala točne i pouzdane rezultate, a koji obuhvaćaju: uzdržavanje od konzumacije hrane minimalno 4 sata prije mjerenja, te alkohola minimalno 48 sati prije mjerenja, uzdržavanje od vježbanja 12 sati prije mjerenja, te pražnjenje mjehura 30 minuta prije mjerenja. Ispitanici su mjereni prema instrukcijama proizvođača uređaja tako da su postavljeni bosi na dvije elektrode dok su dvije elektrode držali rukama, te je propušтана električna struja niske jakosti kroz tijelo ispitanika. Sastav tjelesne mase je izračunat temeljem izmjerene impedance software-om ugrađenim u uređaj. Segmentnim analizatorom su dobivene sljedeće varijable: Tjelesna masa, indeks tjelesne mase (BMI), postotak masnog tkiva u tijelu (PBF) i procjena udjela mase mišića (PMM) u tjelesnoj masi.

Mjerenje krvnog tlaka i mjerenje biimpedancom ponovljeno je još dva puta: na kraju programa vježbanja (nakon 5 tjedana vježbanja), te u follow-up mjerenju 3 mjeseca nakon završetka programa vježbanja. Sva mjerenja su obavljena u istim uvjetima, u jutarnjim satima od strane iste osobe. Na zadnjem mjerenju uzeti su podaci o redovitosti vježbanja i načinu života ispitanika nakon prestanka organiziranih termina vježbanja.

Ispitanici su slušali nekoliko predavanja o utjecaju tjelovježbe na zdravlje te su vježbali pod nadzorom kineziologa 2 puta tjedno tijekom 5 tjedana. Svaki trening sastojao se od tri dijela zagrijavanje, vježbe snage, istezanje. Zagrijavanje u trajanju 10 min, sadržavalo je dinamičke

vježbe za povećanje opsega pokreta koje su uključivale pojedinačne segmente na početku i cijelo tijelo na kraju vježbi. Vježbe snage provođene su bez dodatnog opterećenja samo vlastitom težinom. Provođene su po principu agonisti-antagonisti. Ispitanici su podijeljeni u parove i vježbe su izvodili naizmjenično kako bi imali dovoljno vremena da se odmore između serija, sveukupno u trajanju 35-40 min. Svaki trening završavao je istezanjem u trajanju 10-15 min zavisno od intenziteta drugog dijela treninga. Korištene su različite metode vježbi istezanja kako bi se ispitanici upoznali s više različitih načina istezanja.

Statistička obrada rezultata

Statistička obrada rezultata je napravljena uz pomoć programa IBM SPSS Statistics 29 (IBM, Armonk, NY, USA). Rezultati su prezentirani aritmetičkim sredinama i standardnim devijacijama ($AS \pm SD$). Zbog veličine uzorka (<30) neparametrijski testovi korišteni su za testiranje razlika (Simundic, 2012). Za testiranje razlika između tri mjerenja tijekom istraživanja korišten je Friedman test s Bonferroni korigiranim post-hoc testovima (za cijeli uzorak i posebno po spolu). Nakon završetka studije razlike među ispitanicima koji su nastavili vježbati i onih koji nisu testirane su Mann-Whitney U testom. Nivo statističke značajnosti postavljen je na $p=0.05$.

REZULTATI

U pilot istraživanju sudjelovalo je ukupno 11 ispitanika (4 muškarca i 7 žena) srednje dobi 53.5 ± 6.51 godina, s rasponom dobi u uzorku od 42 do 65 godina. Svi ispitanici su zaposleni i uglavnom rade uredske poslove koji su povezani uz dugotrajno sjedenje za stolom. Među ispitanicima je bilo 6 osoba koje redovito uzimaju terapiju zbog sljedećih zdravstvenih problema: 4 se liječe od hipertenzije, te po jedna od hipotireoze i hiperlipidemije. Suplemente u obliku vitamina, minerala i omega-masnih kiselina uzima 4 osobe. Podaci skupljeni upitnikom tjelesne aktivnosti koji se odnose na nivo tjelesne aktivnosti prije početka programa vježbanja u okviru projekta „Vježbanje je pola zdravlja“ prikazani su tablicom 1.

Tablica 1. Rezultati upitnika IPAQ short form kojim je ispitana tjelesna aktivnost ispitanika

	NAPORNA AKTIVNOST		UMJERENA AKTIVNOST		HODANJE		UKUPNO MET/tjedan
	min/tjedan	MET/tjedan	min/tjedan	MET/tjedan	min/tjedan	MET/tjedan	
AS	213	1704	169	678	402	1328	3710
SD	241	1928.1	181.4	725.6	435.6	1437.5	3279.9
median	135	1080	120	480	250	825	2709
min-max	0-720	0-5760	0-480	0-1920	0-1260	0-4158	0-8958

AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija, min – minimalna vrijednost, max – maksimalna vrijednost

Među ispitanicima je 7 osoba koje su adekvatno aktivne prema smjernicama SZO. Po ukupnoj potrošnji MET/tjedan prema protokolu procjene rezultata IPAQ upitnika 2 osobe imaju manje od 600 MET/ tjedan što ih svrstava u kategoriju neaktivnih, 5 osoba su umjereno aktivne, što znači da su između 600 i 3000 MET/tjedan, dok su ostalih 4 osoba se svrstava u aktivne s više

od 3000 MET/tjedan. Rezultati bioelektrične impedance i mjerenja tlaka tokom istraživanja, zajedno s rezultatima testiranja statističke značajnosti promjena istih tijekom projekta prikazani su tablicom 2.

Tablica 2. Rezultati mjerenja bioelektričnom impedancom i krvnog tlaka tijekom istraživanja izraženi kao $AS \pm SD$, s rezultatima statističke značajnosti razlika među mjerenjima testirane Friedman testom

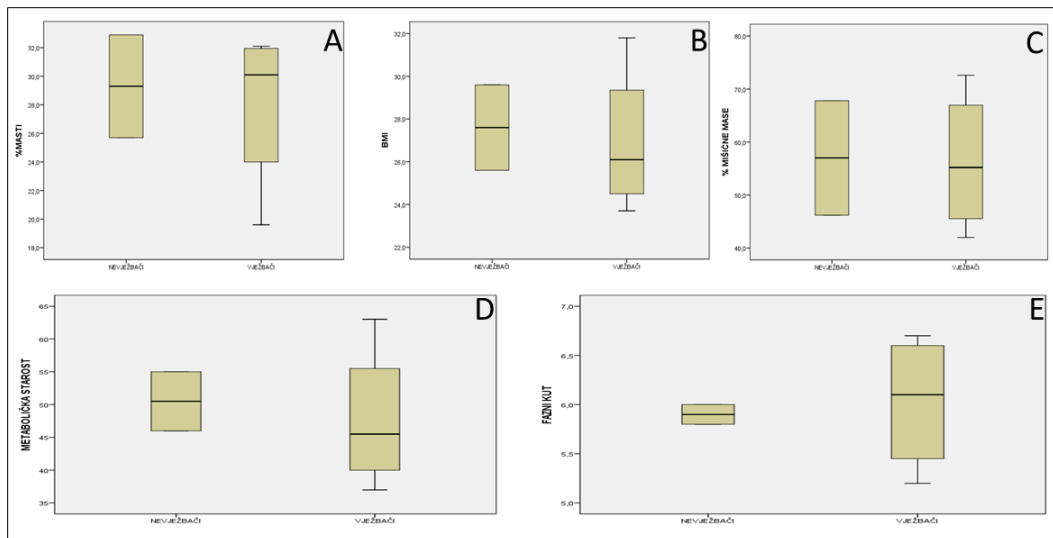
	<i>MJERENJE 1 (POČETNO)</i>	<i>MJERENJE 2 (KRAJ VJEŽBANJA)</i>	<i>MJERENJE 3 (FOLLOW-UP)</i>	<i>p(Friedman test)</i>
	<i>AS$\pm$SD(MIN-MAX)</i>	<i>AS$\pm$SD(MIN-MAX)</i>	<i>AS$\pm$SD(MIN-MAX)</i>	
MASA (kg)	79.7 $\pm$ 20.7 (55.9-119.9)	79.6 $\pm$ 20.3 (56-118.2)	79.2 $\pm$ 17.2 (58.5-106.6)	0.190
BMI (kg/m ²)	26.5 $\pm$ 4.64 (20.6-33.8)	26.5 $\pm$ 4.49 (20.8-33.3)	26.8 $\pm$ 4.26 (21.2-34.2)	0.217
%MASNOG TKIVA	27.2 $\pm$ 4.9 (19.5-36.6)	26.4 $\pm$ 5.7 (16.6-35.2)	28.9 $\pm$ 5.07 (19.6-35.7)	0.069
% MIŠIĆA	54.9 $\pm$ 13.81 (41.1-81.9)	55.4 $\pm$ 14.27 (41.4-83.2)	53.4 $\pm$ 12.14 (40.0-72.6)	0.895
FAZNI KUT	5.83 $\pm$ 0.48* (5.2-6.5)	6.1 $\pm$ 0.47* (5.3-6.7)	5.9 $\pm$ 0.47 (5.2-6.7)	0.004
METABOLIČKA STAROST	45.2 $\pm$ 10.8* (27-63)	43.4 $\pm$ 8.5* (27-58)	44.1 $\pm$ 10.6 (28-63)	0.041
SISTOLIČKI TLAK	126 $\pm$ 15.7 (105-150)	125.6 $\pm$ 11.6 (110-140)	128 $\pm$ 14.9 (110-155)	0.054
DIJASTOLIČKI TLAK	82.5 $\pm$ 12 (70-105)	85 $\pm$ 9.4 (70-100)	84.4 $\pm$ 7.2 (70-90)	0.540

*statistički značajna razlika

U uzorku je na početku studije (mjerenje br 1) bilo 5 osoba s BMI između 18.5 i 25 kg/m² tj normalne tjelesne mase, dok su ostalih 6 s većim BMI, tj prekomjerne tjelesne mase, među kojima je 3 osobe s vrijednošću BMI preko 30 kg/m², tj u kategoriji pretilosti.

Program vježbanja 2 puta tjedno tokom 5 tjedana koliko je projekt trajao nije izazvao statistički značajne promjene u sastavu tjelesne mase, ali se fazni kut statistički značajno promijenio između početnog mjerenja i mjerenja nakon 5 tjedana redovitog vježbanja, kao i metabolička starost.

Rezultati finalnog mjerenja provedenog nakon 3 mjeseca od završetka organiziranog vježbanja pokazali su da je 4 ispitanika nastavilo vježbati tempom kako su to radili i tokom projekta, dok su ostali ili prestali s aktivnostima, ili ih provodili neredovito. Razlike rezultatima mjerenja bioelektričnom impedancom između osoba koje su nastavile vježbati i onih koji nisu prikazane su grafikonom 1. Razlike nisu statistički značajne.



Grafikon 1. Rezultati folow-up mjerenja za ispitanike koji su nastavili vježbati (vježbači) i onih koji nisu nastavili vježbati (nevježbači). Pojednim dijelovima grafikona prikazani su: A – % masti u tjelesnoj masi ($p=0.289$), B – BMI ($p=0.301$), C – % mišićne mase u tjelesnoj masi ($p=0.368$), D – metabolička starost ($p=0.061$), E – fazni kut ($p=0.068$)

RASPRAVA

Glavni cilj ovog pilot istraživanja bio je utvrditi kako će redovito vježbanje provedeno tijekom 5 tjedana projekta „Vježbanje je pola zdravlja“ utjecati na promjene u tijelu ispitanika, u smislu sastava tjelesne mase i pokazatelja kardiovaskularnog zdravlja. Dodatni cilj bio je ispitati koliko je projekt uticao na njihov svakodnevni život, te kako se to odražava na njihovo zdravlje. Rezultati su pokazali da se sastav tjelesne mase nije značajno promijenio tokom ovog perioda, ali je fazni kut mjeren metodom bioelektrične impedance pokazao da se neke promjene u tijelu ipak događaju, bez obzira na kratko vrijeme provođenja redovitog vježbanja.

Ispitanici u ovom pilot istraživanju koji su zaposleni uglavnom u uredskim zanimanjima i tijekom svog radnog dana većinu vremena provode u sjedećem položaju uz minimalnu tjelesnu aktivnost ipak su pokazali da većinom zadovoljavaju preporuke SZO (Bull et al, 2020) o nivou tjelesne aktivnosti. S obzirom da je ovo bio projekt koji je bio i namijenjen osobama koje se bave pretežno sjedilačkim zanimanjima, s obzirom na rezultate IPAQ upitnika moglo bi se pretpostaviti da su se uglavnom i prijavile osobe koje već imaju neka saznanja o pozitivnim učincima tjelovježbe na zdravlje, pa su u svom svakodnevnom rasporedu već i prije odvojili neko vrijeme za vježbanje i tjelesnu aktivnost. Što se tiče uhranjenosti, nešto više od polovine ispitanika je prekomjerne tjelesne mase, što može biti povezano uz način života, prehranu i dugotrajno sjedenje na poslu (Masood, Moorthy, 2023). Pokazano je da je dugotrajno sjedenje povezano uz rizike od brojnih oboljenja i rizik od pretilosti (Mandili et al., 2022).

Program vježbanja tijekom 5 tjedana nije doveo do značajnih promjena u masi i sastavu tijela ispitanika. Moguće objašnjenje za to je kratak period koji možda nije bio dovoljan da se vide neki veći rezultati s obzirom na godine i navike ispitanika u ovom uzorku. U literaturi postoje podaci o studijama koje su se bavile efektima vježbanja tokom 2-24 tjedana, ali s obzirom na tip treninga prvi rezultati mogu očekivati u različitim vremenskim intervalima (Bellicha et al.,

2021) Također, naši ispitanici su već bili aktivni i prije ulaska u studiju, pa je moguće i da je dodatna aktivnost koju su provodili vježbajući u sklopu projekta bila nedovoljnog intenziteta za neke veće promjene u sastavu tjelesne mase.

Ipak, fazni kut se značajno povećao u ovom uzorku tokom perioda vježbanja, što govori o tome da se promjene u tijelu ipak događaju iako nisu vidljive na makroskali kroz promjene mase i sastava tjelesne mase. Fazni kut dobiva se iz rezistencije i reaktancije i smatra se indikatorom kvalitete i kvantitete stanica u tijelu (Norman et al., 2012). Povezan je s integritetom stanične membrane i stoga je indirektni pokazatelj zdravlja i sve potentniji prediktor stanja organizma, mortaliteta i rizika od brojnih bolesti (Pereira et al., 2018, Belarmino et al., 2017, Maddocks et al., 2015, Genton et al., 2017) Visoke vrijednosti faznog kuta povezuju se s većom mišićnom masom, dok je niska vrijednost faznog kuta povezana s malnutricijom (Mattiello et al., 2020), niskom mišićnom snagom (Slee, Birch & Stokoe, 2015) i mortalitetom (Kilic et al., 2017). Stoga je povećanje faznog kuta koje se dogodilo nakon 5 tjedana redovitog vježbanja mogući pokazatelj pozitivnih pomaka u tijelu ispitanika koji su u svoju svakodnevnicu uveli redovitu tjelesnu aktivnost.

Također slična situacija je s metaboličkom starošću ispitanika. Već nakon 5 tjedana metabolička starost ispitanika, koja se izračunava na osnovu baznog metabolizma, se smanjila, te pokazala povoljnije stanje organizma u odnosu na početak istraživanja, prije vježbanja. Ovakav rezultat je u skladu s dokazima iz dostupne literature (Hanson et al., 2024). Metabolička dob je prediktor metaboličkog sindroma, te je povezana s inzulinskom rezistencijom (Ramirez-Gallegos et al., 2025). Značajno veća metabolička starost od kronološke starosti povezuje se s rizikom od kroničnih bolesti kao što su dijabetes tip 2, kardiovaskularne bolesti i neki tipovi kancerogenih bolesti (la Torre, Lo Vecchio & Greco A, 2023). Stoga je smanjenje metaboličke starosti kroz provođenje ovog projekta vrlo važan rezultat koji govori o poboljšanju stanja organizma ispitanika nakon uvođenja redovite tjelesne aktivnosti u svakodnevnicu.

Dodatno poboljšanje kod ispitanika koji su nastavili s redovitim vježbanjem nakon prestanka organiziranih vježbanja u projektu očitovalo se u daljem povećanju faznog kuta i smanjenju metaboličke starosti dok je kod ispitanika koji su prestali vježbati došlo do pada faznog kuta i povećanja metaboličke starosti. Ove razlike nisu se pokazale statistički značajnim, ali ukazuju na trend promjena mjerenih varijabli s vježbanjem i bez vježbanja.

Ovo istraživanje ima nekih ograničenja koja utječu na mogućnost generalizacije rezultata. Prije svega to je pitanje uzorka. Zbog veličine i načina uzorkovanja ograničena je mogućnost generalizacije zaključaka na opću populaciju, jer je veličina uzorka mala i u uzorku su zastupljeni samo oni ispitanici koji su bili zainteresirani za uvođenje dodatne tjelesne aktivnosti u svoju svakodnevnicu. Međutim, kako je cilj projekta „Vježbanje je pola zdravlja“ bio osvijestiti važnost tjelesne aktivnosti za zdravlje, a s obzirom na to da je ciljana populacija ljudi srednjih godina uglavnom povezana s pratećim dijagnozama, male grupe su optimalne za poluindividualni rad s korisnicima. Nadalje, tokom ove studije nisu prikupljeni podaci o prehranbenim navikama, čija promjena može utjecati na promjene tjelesne mase. Svi ispitanici savjetovani su da ne mijenjaju svoje prehranbene navike tijekom studije. Na kraju, trajanje projekta (vježbanja tijekom projekta) bilo je 5 tjedana i izazvalo promjene koje govore o poboljšanju zdravlja. Projekt duljeg trajanja bi možda pokazao i promjene u tjelesnoj masi i

sastavu tjelesne mase. Ipak, rezultati ovog pilot istraživanja nude vrlo vrijedna saznanja o učinkovitosti projekata koji promoviraju tjelesnu aktivnost kao put prema zdravlju.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da redovito vježbanje 2 puta tjedno u toku 5 tjedana donosi poboljšanje zdravlja i općeg stanja organizma, što se ogleda kroz povećanje faznog kuta mjerenog bioelektričnom impedancijom i smanjenje metaboličke starosti koja je pokazatelj stanja organizma. Iako nije došlo do promjene sastava tjelesne mase u uzorku osoba srednjih godina koje se bave sjedilačkim zanimanjima, ove dvije varijable koje su pokazatelji zdravlja i općeg stanja organizma pokazuju pozitivne pomake uz redovito vježbanje. Ovakvi projekti su vrlo važni za borbu protiv neaktivnosti i negativnih trendova sve učestalijeg sjedilačkog načina života u općoj populaciji, te borbu za zdravlje i dugovječnost.

LITERATURA

1. Belarmino, G, Gonzalez, MC, Torrinhas, RS, Sala, P, Andraus, W, D'Albuquerque, LA. (2017) Phase angle obtained by bioelectrical impedance analysis independently predicts mortality in patients with cirrhosis. *World Journal of Hepatology*, 9(7), 401e8.
2. Bellicha, A, van Baak, MA, Battista, F, Beaulieu, K, Blundell, JE, Busetto, L, Carraça, EV, Dicker, D, Encantado, J, Ermolao, A, Farpour-Lambert, N, Pramono, A, Woodward, E, Oppert, JM. (2021) Effect of exercise training on weight loss, body composition changes, and weight maintenance in adults with overweight or obesity: An overview of 12 systematic reviews and 149 studies. *Obes Rev.* 22 (Suppl 4):e13256.
3. Bull, FC, Al-Ansari, SS, Biddle, S, Borodulin, K, Buman, MP, Cardon, G, Carty, C, Chaput, JP, Chastin, S, Chou, R, Dempsey, PC, DiPietro, L, Ekelund, U, Firth, J, Friedenreich, CM, Garcia, L, Gichu, M, Jago, R, Katzmarzyk, PT, Lambert, E, Leitzmann, M, Milton, K, Ortega, FB, Ranasinghe, C, Stamatakis, E, Tiedemann, A, Troiano, RP, van der Ploeg, HP, Wari, V, Willumsen, JF. (2020) World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, 54(24), 1451-1462.
4. Chen, M, Chiu, C, Chen, S (2021) Risk assessment of metabolic syndrome prevalence involving sedentary occupations and socioeconomic status. *BMJ Open*, 11, e042802.
5. Ekelund, U, Tarp, J, Steene-Johannessen, J, Hansen, BH, Jefferis, B, Fagerland, MW (2019). Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis. *BMJ*, 366, 14570.
6. Frank, J, Abel, T, Campostrini, S, Cook, S, Lin, VK, McQueen, DV. (2020). The Social Determinants of Health: Time to Re-think? *IJERPH*, 17 (16), 5856.
7. Fülöp, T, Larbi, A, Witkowski, JM. (2019). Human Inflammaging. *Gerontology*, 65 (5), 495–504.
8. Genton, L, Norman, K, Spoerri, A, Pichard, C, Karsegard, VL, Herrmann, FR. (2017) Bioimpedance-derived phase angle and mortality among older people. *Rejuvenation Research*, 20(2), 118e24.

9. Hanson, MT, Dong, Y, Zhu, H, Soares, A, Hergott, C, Waller, JL, Young, L, Robinson-Johnson, D, Sams, R, Hamrick, M, Jehu, DA. (2024), Exercising Physiological Pathways: The Impact of Exercise on Metabolic Aging, Cellular Aging, and Inflammatory Biomarkers in All-Cause Dementia. *Alzheimer's Dement.*, 20, e088007.
10. Kilic, MK, Kizilarlanoglu, MC, Arik, G, Bolayir, B, Kara, O, Dogan Varan, H. (2017). Association of bioelectrical impedance analysis–derived phase angle and sarcopenia in older adults. *Nutrition in Clinical Practice*, 32(1), 103-109.
11. la Torre, A, Lo Vecchio, F, Greco, A.(2023) Epigenetic Mechanisms of Aging and Aging-Associated Diseases. *Cells*, 12, 1163.
12. Maddocks, M, Kon, SS, Jones, SE, Canavan, JL, Nolan, CM, Higginson, IJ. (2015) Bioelectrical impedance phase angle relates to function, disease severity and prognosis in stable chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Nutrition*, 34(6), 1245e50.
13. Mandili, IM, Balobaid, AN, Alzahrani, HH, Almalki, MA, Alghamdi, AA, Alaradi, RR, ... & Eid, S. S. (2022). Types of chronic diseases associated with sedentary behaviour and physical inactivity. *Int. J. Community Med. Public Health*, 9, 3965-3970.
14. Mandili, IM, Balobaid, AN, Alzahrani, HH, Almalki, MA, Alghamdi, AA, Alaradi, RR, ... & Eid, SS. (2022) Types of chronic diseases associated with sedentary behaviour and physical inactivity. *Int. J. Community Med. Public Health*, 9, 3965-3970.
15. Masood, B, Moorthy, M. (2023). Causes of obesity: a review. *Clinical Medicine*, 23(4), 284-291.
16. Mattiello, R, Amaral, MA, Mundstock, E, Ziegelmann, PK (2020) Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clinical Nutrition*, 39, 1411-1417.
17. Norman, K, Stobaus, N, Pirlich, M, Bosy-Westphal, A (2012) Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical Nutrition* 31, 854-861.
18. Owen, N, Healy, GN, Matthews, CE, Dunstan, DW(2010) Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*, 38, 105.
19. Pereira, MME, Queiroz, M, de Albuquerque, NMC, Rodrigues, J, Wiegert, EVM, Calixto-Lima, L. (2018) The prognostic role of phase angle in advanced cancer patients: a systematic review. *Nutrition in Clinical Practice* 33(6), 813e24.
20. Ramírez-Gallegos, I, Tárraga López, PJ, Paublini Oliveira, H, López-González, ÁA, Martorell Sánchez, C, Martínez-Almoyna-Rifá, E, Ramírez-Manent, JI. (2025). Relationship Between Metabolic Age Determined by Bioimpedance and Insulin Resistance Risk Scales in Spanish Workers. *Nutrients*, 17(6), 945.
21. Rojer, AGM, Ramsey, KA, Trappenburg, MC, van Rijssen, NM, Otten, RHJ, Heymans, MW (2020) Instrumented measures of sedentary behaviour and physical activity are associated with mortality in community-dwelling older adults: a systematic review, meta-analysis and meta-regression analysis. *Ageing Res Rev*, 61, 101061.
22. Sember, V, Meh, K, Sorić, M, Starc, G, Rocha, P, Jurak, G (2020) Validity and reliability of International Physical Activity Questionnaires for Adults across EU Countries: Systematic Review and Meta analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 7161.

23. Simundic, AM.(2012) Practical recommendations for statistical analysis and data presentation in Biochemia Medica journal. *Biochem Med* , 22, 15-23.
24. Singh, C, Bandre, G, Gajbe, U, Shrivastava, S, Tiwade, Y, Bankar, N. (2024) Sedentary Habits and Their Detrimental Impact on Global Health: A Viewpoint. *Natl J Community Med*, 15(2), 154-160.
25. Slee, A, Birch, D, Stokoe, D (2015). Bioelectrical impedance vector analysis, phase-angle assessment and relationship with malnutrition risk in a cohort of frail older hospital patients in the United Kingdom. *Nutrition*, 31(1), 132-137.
26. WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. Geneva: World Health Organization; (2020). PMID: 33369898. Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128> [25.10.2025.]

TJELESNA AKTIVNOST KAO TERAPIJSKA METODA ZA SMANJENJE MENSTRUALNIH SENZACIJA UZROKOVANIH PRIMARNOM DISMENOREJOM

PHYSICAL ACTIVITY AS A THERAPEUTIC METHOD FOR REDUCING MENSTRUAL SENSATIONS CAUSED BY PRIMARY DYSMENORRHEA

Tea Dodlek

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

tdodlek@vevu.hr

Marina Horvat

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

marina.dzapo@gmail.com

Sažetak

Cilj: Cilj rada bio je istražiti doprinos tjelesne aktivnosti kao terapijske metode izbora u smanjenju tegoba uzrokovanih primarnom dismenorejom. **Metode:** Pregledane su literature i baze podataka (PubMed, PEDro, Research Gate i Elsevier) s relevantnom istraživanjima u razdoblju od 2003. do 2025. godine. U analizu su uključeni sustavni pregledi, randomizirana kontrolirana istraživanja te kliničke studije koje su ispitala učinak različitih oblika tjelesne aktivnosti na intenzitet i učestalost pojavnosti simptoma dismenoreje. **Rezultati:** Većina analiziranih studija pokazala je da tjelesna aktivnost dovodi do značajnog smanjenja intenziteta menstrualne boli, smanjenja psihičkih simptoma te poboljšanja kvalitete života. Istraživanja ukazuju na statistički značajan učinak u korelaciji s kontinuiranim vježbanjem tijekom svih faza menstrualnog ciklusa. **Zaključak:** Tjelesna aktivnost predstavlja učinkovitu nefarmakološku metodu u smanjenju tegoba povezanih s dismenorejom. Integracija vježbanja u svakodnevni život može doprinijeti smanjenju simptoma te predstavlja važan element preventivnog i terapijskog pristupa kod žena s primarnom dismenorejom.

Ključne riječi: *aerobne vježbe, dismenoreja, istezanje, kvaliteta života, tjelesna aktivnost.*

Abstract

Aim: The aim of this paper was to investigate the contribution of physical activity as a therapeutic method of choice in reducing discomfort caused by primary dysmenorrhea. **Methods:** A review of the literature and databases (PubMed, PEDro, ResearchGate, and Elsevier) was conducted for relevant studies published between 2003 and 2025. The analysis included systematic reviews, randomized controlled trials, and clinical studies examining the effects of various forms of physical activity on the intensity and frequency of dysmenorrhea symptoms. **Results:** Most of the analyzed studies demonstrated that physical activity leads to a significant reduction in the intensity of menstrual pain, a decrease in psychological symptoms, and an improvement in quality of life. Research indicates a statistically significant effect correlated with continuous exercise throughout all phases of the menstrual cycle. **Conclusion:** Physical activity represents an effective non-pharmacological method for reducing discomfort associated with dysmenorrhea. Incorporating exercise into daily life may contribute to symptom

reduction and represents an important element of preventive and therapeutic approaches in women with primary dysmenorrhea.

Keywords: *aerobic exercise, dysmenorrhea, stretching, quality of life, physical activity.*

UVOD

Razvojem i sazrijevanjem organizma djevojčice i prelaskom u pubertetsku fazu, dolazi do krajnjeg sazrijevanja sveza između hipotalamusa, hipofize i jajnika, zbog čega posljedično dovodi do menarhe. Sazrijevanje djevojačkog reproduktivnog sustava potaknuto je hipotalamusom koji aktivira rad hipofize s ciljem lučenja folikulostimulirajućeg i luteinizirajućeg hormona sa svrhom poticanja jajnika na lučenje estrogena i progesterona (Koltun et al., 2020). Hormoni jajnika svoju funkciju očituju u rastu folikula, omogućavanju ovulacije i dovode do menstruacije. Menstruacijski ciklus počinje prvim danom menstrualnog krvarenja i završava zadnjim danom prije pojave ponovnog krvarenja (Bull et al., 2019). Ciklus u prosjeku traje 28 dana te se periodizacijski dijeli na dvije polovine. U prvoj polovini odvijaju se menstrualna i folikularna faza u kojima razine estrogena rastu, te završava periovularnom fazom u kojoj folikulostimulirajući (FSH) i luteinizirajući hormon (LH) postižu vrhunac. Druga polovina obilježena je lutealnom fazom (razina estrogena raste zajedno sa progesteronom koji doseže vrhunac) i predmenstrualnom fazom (razine estrogena i progesterona naglo padaju) (Draper et al., 2018, Tucker et al., 2025).

Nezametanjem jajne stanice u dobro prokrvljenu, zadebljanu maternicu, započinje se proces ljuštenja epitela u vidu izbacivanja krvi, menstruacije. Samočišćenje maternice većina žena osjeti u vidu boli, dismenoreje (Latthe, Champaneria, 2014). Primarna dismenoreja karakteristična je srednje do jako snažna bol u zdjelici sa simptomima grčeva suprapubičnog područja. Bol se karakterizira kao grčevita i varijabilnog je intenziteta te se često širi u područje gornjeg djela bedara uz remisijski karakter dolaskom novog ciklusa. Popratni simptomi uz bol su mučnina, povraćanje, umor, nadutost, proljev i poremećaj spavanja (Ferries-Rowe, Corey i Archerr, 2020). Bol se manifestira unutar 8 do 72 sata po početku menstruacije te perzistira 2 do 3 dana (Armour et al., 2019).

Najčešće se javlja kod žena mlađih od 25 godina te započinje unutar tri godine od menarhe. Pojavom menstrualne krvi, unutar 8 do 72 sata javljaju se zapaženi bolovi te svoj vrhunac dostižu povećanjem menstrualnog protoka (Armour et al., 2019). Prema Latthe i Champaneria (2014) 25 do 50% odraslih žena osjeti menstrualne tegobe, a u adolescentskoj dobi čak 75%, dok prema drugim autorima dismenoreju osjeti 85.7% žena (Heidarmoghadam et al., 2019). Dvije trećine žena bolove opisuju kao umjerene i vrlo jake (Unsal et al., 2010), dok 20% osjeti više od 3 simptoma.

Zbog jakih simptoma dismenoreje, 30% učenica izostane iz škole i izvan nastavnih aktivnosti (Šikanić Dugić, 2017), te radno sposobne žene zbog primarne dismenoreje izostaju sa posla oko 600 radnih sati godišnje, što je oko 2 bilijarde američkih dolara financijski gubitak (Zheng et al., 2024). Za smanjenjem bolnosti 61% žena poseže za analgeticima kod jakih simptoma, a 13,8% uzima analgetike svaki puta kada osjeti bol (Vranješ, 2015; El Refaye et al., 2019, Cahyanto et al., 2021). Sve je veća zastupljenost žena u rekreativnom, aktivnom te vrhunskom sportu. Najveći sportski događaj, Olimpijske igre, zastupao je 26% žena u Seulu 1988., nakon

čega je uslijedio skok na 46% u Rio de Janeirou 2016., a gotovo potpuno izjednačenje dogodilo se u Tokiju 2020. s 49% sudionica ženskog spola (McNulty et al., 2020). S druge pak strane, javljaju se i poremećaji menstrualnog ciklusa prekomjernog vježbanja. Ovisno o karakteristikama i vrsti sporta, u 20% žena izostane ovulacija, 7% ima oligomenoreju dužu od 45 dana, te 37% doživi amenoreju (Lieberman et al., 2018).

Etiologija dismenoreje broji mnoge psihofizičke karakteristike kao što su dob ispod 30 godina, BMI manji od 20 (Ferries-Rowe, Corey i Archerr, 2020), pušenje, menarha prije 12 godine, duži ciklusi, obilni menstrualni protoci, seksualno zlostavljanje i visoka razina stresa (Latthe, Campaneria, 2014). Prema Zebitay et al. (2016) veća duljina vrata maternice, veća poprečna os vrata maternice i ukupna zapremnina u volumenu maternice osnova su za dismenoreju sa vizualno analognom skalom boli (VAS) većom od 7. Nadalje, teorija o mehanizmu nastanka dismenoreje odgovor također pronalazi u povećanoj aktivnosti miometrija kao posljedice prekomjerne proizvodnje prostaglandina, lipida zaduženog za kontrakciju i relaksaciju glatkih mišića (Raine-Fenning, 2005, Wang et al., 2022). Prostaglandini uzrokuju sužavanje krvnih žila koje opskrbljuju maternicu i abnormalno je kontrahiraju što dovodi do ishemije i hipoksije maternice i prouzrokuje povećanu osjetljivost živčanih završetaka (Lopez-Liria et al., 2021).

Za dijagnosticiranje primarne dismenoreje ne postoji standardizirani klasifikacijski test, nego se uspostavlja postupkom isključenja organske patologije ginekološkog porijekla (Lopez-Liria et al., 2021). Stanje primarne dismenoreje zahtjeva maternicu normalne veličine, bez priraslica i patofizioloških nalaza (Ferries-Rowe, Corey i Archerr, 2020). Liječenje je najčešće simptomatskog karaktera. Za smanjenje boli najčešće se pristupa nesteroidnim protuupalnim lijekovima koji inhibiraju prostaglandine (primjer Ibupofen) i hormonskim terapijama kao što su kontraceptivi uz poznate nuspojave njihove konzumacije (Lopez-Liria et al., 2021; Latthe, Champaneria, 2014; Zahradnik et al., 2009). Novija istraživanja također pružaju uspješnost smanjenja boli u vidu holističkih fizikalnih procedura kao što su akupunktura, biofeedback, toplinski tretmani i TENS (Lopez-Liria et al., 2021), te kineziterapijskim vježbanjem (Armour et al., 2019).

Vrijeme pojave prve menarhe, jačina bolova korištenjem odabrane numerološke skale boli, količina promijenjenih uložaka i/ili tampona, vremensko trajanje ciklusa i same menstruacije te dosadašnji pristup umanju tegoba, podaci su koje će fizioterapijskoj procjeni pružiti jasnije smjernice za intervenciju. Od velike važnosti je i status aktivnosti dnevnog života kako bi se odredio stupanj disfunkcionalnosti uzrokovane pojavom menstrualnih simptoma i tegoba. Prilikom prikupljanja podataka važno je uvrstiti i procjena razine stresa i anksioznosti kao modaliteta za odabir ciljane terapije. Praktičan upitnik za procjenu depresije, anksioznosti i stresa je upitnik DASS-21 (Özgül et al., 2018). Upitnici poput Upitnika menstrualnih simptoma (MAQ) valjan su odabir za mjerenje prisutnosti i veličinu menstrualnih tegoba. Prema Lopez-Liria et al. (2021) fizioterapijski tretmani i intervencijske metode ne pružaju neželjene nuspojave, za razliku od farmakoloških terapija.

Fizioterapijski pristupi najčešće korišteni za smanjenje tegoba uzrokovanih dismenorejom su terapijska masaža donjeg djela abdomena (Azima et al., 2015), izometrijske vježbe, Kegelove vježbe, pilates (Azima et al., 2015; Ortiz et al., 2015), te fizioterapijske procedure poput TENS-a, kineziotrake i manipulacija vezivnog tkiva (Lopez-Liria et al., 2021).

Temeljna struja edukacije pacijentica sa i bez menstrualnih tegoba prije svega počiva u redovitim ginekološkim pregledima svakih 6 mjeseci. Kontroliranim ginekološkim praćenjem pacijentice, te samokontrolom stanja menstruacijskog ciklusa i samoga krvarenja, menstruacija postaje, uz disanje, puls, krvni tlak i temperaturu, peti vitalni znak kao signalizacija za stanje cjelokupnog zdravlja žene (Šikanić Dugić, 2017). Novim jekom tehnoloških noviteta, praćenje menstruacijskog ciklusa i prisutnih simptoma pojednostavljeno je bilježiti na softverskim aplikacijama. Prednost takvih aplikacije leži u jednostavnosti i financijskoj prihvatljivosti (većinom su besplatne). S druge pak strane, podaci zabilježeni korištenjem aplikacija, istraživačima omogućuju veći priljev informacija velike skupine žena, pomoću kojih se lakše i brže dolazi do valjanih zaključaka vezanih uz menstrualna stanja i tegobe šarolike svjetske populacije žena (Bull et al., 2019).

Poznavanje vlastitog tijela i djelovanje s obzirom na prepoznavanje anomalija, stručnjacima pružaju bržu i kvalitetniju intervenciju. Djevojke prvi ginekološki pregled obavljaju u medijanu 15.3 godina (± 3.8) (Cavadias et al., 2025). Iako ginekološki savjeti slove za obavljanje prvog pregleda prije prvog spolnog čina, sa psihološke strane, ranije upoznavanje mlade djevojke sa ginekološkim uputama unutar ordinacije razvija svijest o vlastitom tijelu i zdravlju, te izostaje tjeskoba, anksioznost i nelagoda uzrokovana ginekološkim pregledom (Demirel, Ertekin Pinar, Bilgic, 2020).

METODE ISTRAŽIVANJA

U svrhu istraživanja odgovarajuće tjelesne aktivnosti za smanjenje menstrualnih senzacija uzrokovanih primarnom dismenorejom, pregledane su baze podataka PubMed, PEDro, Research Gate i Elsevier s relevantnim istraživanjima u periodu od 2003. do 2025. godine od kojih je samo 1 stariji od 10 godina, dok ostalih 16 su unutar vremenskog okvira novijih istraživanja. Razina kvaliteta dokaza bazirana je na randomiziranim kontrolnim istraživanjima i meta analizama, te kvazi eksperimentalnim istraživanjima.

Ciljevi ovoga istraživačkog rada su postavljeni u pet skupina. Glavne osvrte na koja je istraživanjem trebalo pronaći odgovore sažeto je u temama: Utjecaj tjelesne aktivnosti na menstrualnu bol; Utjecaj fizioterapijskih metoda na smanjenje menstrualnih tegoba; Razina motoričkih sposobnosti za vrijeme menstruacije; Utjecaj vježbi istezanja na dismenoreju; Utjecaj Kegelovih vježbi na dismenoreju.

U svrhu zaključivanja utjecaja tjelesnih aktivnosti na menstrualne tegobe postavljena je radna i nulta hipoteza. Radna hipoteza postavljena je sa zaključkom kako tjelesna aktivnost pozitivno utječe na smanjenje tegoba uzrokovanih dismenorejom. Nulta hipoteza je postavljena kao suprotnost radnoj hipotezi i ona govori kako tjelesna aktivnost nije povezana sa smanjenjem tegoba uzrokovanih dismenorejom.

REZULTATI

S ciljem utvrđivanja utjecaja tjelesne aktivnosti na menstrualnu bol pronađena su tri rada i pregledno raspoređena u Tablici 1.

Tablica 1. Utjecaj tjelesne aktivnosti na menstrualnu bol

Ime autora	Naslov rada	Vrsta istraživanja	Broj ispitanika	Zaključak
Kannan et al. (2019)	Učinkovitost aerobne intervencije na traci za trčanje na bol, svakodnevno funkcioniranje i kvalitetu života kod žena s primarnom dismenorejom: randomizirano kontrolirano ispitivanje	Randomizirano kontrolno ispitivanje	N=70 N(e) = 35 (3x45min; 4tj; 6mj kućni trening) N(k) = 35 (bez trenažnih aktivnosti)	Bol sa 6,76 po VAS smanjena 1,86 Bol se više smanjivala sa utreniranošću u odnosu na početnike
Heidarimoghadam et al. (2019)	Učinak vježbanja temeljenog na FITT protokolu na primarnu dismenoreju kod studenata medicine: kliničko istraživanje	Randomizirano kliničko istraživanje	N = 86 Dob = 18 do 24 8tjedana (3xtj; 40-60%VO2max; 20 prema 47min; aerobno) Kontrolna: vježbe istezanja	Uz BMI 21: Aerobni trening smanjuje jačinu boli (sa 4,5 na 2) i trajanje (sa 2,4 dana na 0,9) boli Kontrolna skupina prosječno povećala bolnost
Atashak, Rashidi (2018)	Učinak osmotjednog visoko intenzivnog intervalnog treninga i suplementacije đumbirom na primarnu dismenoreju kod studentica nespportašica	Kvazirandomizirano kontrolno istraživanje	N = 45 sedentarne studentice Dob = 20 N1 = 15 trening + đumbir (3x250mg) N2 = 15 trening + placebo Trening 80-90% HRmax HIIT 3xtj – 8tjedana N = 15 kontrolna	Bez razlike u skupinama u odnosu na tjelesnu težinu i trajanje dismenoreje N1 manji intenzitet boli u odnosu na N2 Statistički mala razlika u odnosu na kontrolnu skupinu

S ciljem utvrđivanja utjecaja fizioterapijskih postupaka na smanjenje tegoba uzrokovane dismenorejom pretražena su tri rada i pregledno sumirana u Tablici 2.

Tablica 2. Utjecaj fizioterapijskih metoda na smanjenje menstrualnih bolova

Ime autora	Naslov rada	Vrsta istraživanja	Broj ispitanika	Zaključak
Forozeshfard et al. (2016)	Kratkoročni učinak kineziotapinga na bol i funkcionalni ograničenje kod mladih žena s menstrualnom bolom u donjem dijelu leđa: Randomizirano kontrolno istraživanje	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 32	VAS smanjen za 2,8 McGill smanjen za 20,1 nakon 3.dana ciklusa
Özgül et al. (2018)	Kratkoročni učinak manipulacije vezivnim tkivom kod žena s primarnom	Randomizirano kontrolno ispitivanje	N = 44 N(e) = 21 N(k) = 23	VAS značajno smanjen Smanjena konzumacija analgetika

	dismenorejom: randomizirano kontrolirano ispitivanje			Bez značajnih promjena u MAQ upitniku
El Refaya et al. (2019)	Elektromagnetsko polje nasuprot djelovanja diklofena na primarnu dismenoreju: slijepo randomizirano kontrolirano ispitivanje	Randomizirano kontrolno ispitivanje	N = 40 Grupa A = PEMF na zdjelicu 3x20min/ciklus (3ciklusa) Grupa B = konzumiranje diklofena	Smanjena bolnost, psihofizički osjećaj poboljšan, razina progesterona uravnotežena
Jo, Lee (2018)	Terapija toplinom za primarnu dismenoreju: Sustavni pregled i meta-analiza njezinih učinaka na ublažavanje boli i kvalitetu života	Meta-analiza	11 baza podataka; 6 randomiziranih kontroliranih istraživanja	2 istraživanja pokazala pozitivan učinak naspram placeba 3 daju prednost toplinskim jastučićima naspram analgetika 1 prednost topline naspram ničega

S ciljem utvrđivanja kvalitete izvedbe i razine motoričkih sposobnosti za vrijeme menstrualne boli uzrokovane dismenorejom pretražene su baze podataka te su rezultati prikazani u Tablici 3.

Tablica 3. Razina motoričkih sposobnosti za vrijeme menstruacije

Ime autora	Naslov rada	Vrsta istraživanja	Broj ispitanika	Zaključak
Wiecek et al. (2016)	Razlika utjecaj spola i menstrualnog ciklusa kod žena na početnu brzinu, anaerobnu izdržljivost i snagu mišića	Randomizirano kontrolno istraživanje	N=16 žena + 16 muškaraca Max brzina u 20s sobni bicikl Ž 2x folikularna f; 2x lutealna f	Hormonalne promjene tijekom ciklusa NE UTJEČU na anaerobne performanse, početnu brzinu i anaerobnu izdržljivost
Sunderland, Nevill (2003)	Utjecaj menstrualnog ciklusa na izvedbu srednjem, visokointenzivnog trčanja kretnih dionica u vrućem okruženju	Randomizirano kontrolno istraživanje	N= 7 normalna menstruacija N = 8 oralni kontraceptivi Srednja točka folikularne i lutealne faze	Bez razlike u performansu između faza menstrualnog ciklusa; bez razlike između korisnica OC i bez
Jeon et al. (2016)	Varijacije pulsni valova tijekom menstrualnog ciklusa kod žena s menstrualnom boli	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 541 (19 – 30 god) N (mp) = 329 N (nomp) = 212	Nemenstrualni period: veći lijevi radijalni augmentacijski indeks; desna radijalna arterija manji pulsni val i kraće vrijeme prvog peak-a

				Menstrualni period: lijeva RA slabiju dijastolu i pulsni val, jači pulsni val sistole Veći otpor krvnih žila
Findlay et al. (2020)	Kako menstrualni ciklus i menstruacija utječu na sportske rezultate: iskustvo i percepcije elitnih ragbijašica	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 15 Upitnik: simptomi, utjecaj, tretman, podrška	93% ima simptomatske probleme; 33% obilno krvarenje 67% ima dojam o lošijem performansu

S ciljem utvrđivanja utjecaja vježbi istezanja na simptome i pojavnost dismenoreje, sumirane su informacije i zaključci u Tablici 4.

Tablica 4. Utjecaj vježbi istezanja na dismenoreju

Ime autora	Naslov rada	Vrsta istraživanja	Broj ispitanika	Zaključak
Gomathi, Goerge (2017)	Utjecaj vježbi istezanja odabranih mišića na primarnu dismenoreju među studentima sestrinstva	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 70 Istezanje abdomena, mišića zdjelice i prepona 8tj (6d/tjx10min	BMI = 21 Bol sa 6,75 nakon 1.tretmana 5,12; nakon 8 tj. 4,33
Tharani et al. (2018)	Usporedba učinka istezanja u odnosu na aerobni ples među studentima s primarnom dismenorejom	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 30 N(A) = 15 istezanje N(B) = 15 aerobik Dob = 17 - 23 8tjx45minx3tj VAS >6 DASS21 >19	VAS (A) = prije 7.20±0.560; nakon 5.60±1.05 VAS (B) = prije 7.26±0.798; nakon 4.46±0.915 Aerobni trening veći utjecaj od treninga istezanja
Barati, Farhadi, Khalily (2021)	Usporedba učinka istezanja te kombinacije masaže i istezanja na primarnu dismenoreju kod studentica Sveučilišta Razi u Kermanshahu	Kvazirandomizirano kontrolno istraživanje	N = 90 N = 30 švedska masaža N = 30 8 vježbi istezanja N = 30 istezanje + masaža McGill Pain Score	N(M) = bolovi prije 71.86 ± 42.10; poslije 55.76 ± 37.16 Trajanje prije 2.67 ± 1.24; poslije 2.37 ± 1.09 N(I) = prije 71.43 ± 40.33; poslije 54.20 ± 35.52 Trajanje prije 2.63 ± 1.27; poslije 2.50 ± 1.10 N(M+I) prije 75.70 ± 39.40; poslije 52.60 ± 29.82 Trajanje prije 2.73 ± 1.38; poslije 2.03 ± 0.928

Za utvrđivanje utjecaja Kegellovih vježbi na simptome dismenoreje, pregledana je literatura te raspoređena u Tablicu 5.

Tablica 5. Utjecaj Kegellovih vježbi na dismenoreju

Ime autora	Naslov rada	Vrsta istraživanja	Broj ispitanika	Zaključak
Karimi, Kamali, Ghasemi (2021)	Učinak Kegellovih vježbi na bol i kvalitetu života kod djevojaka u dobi od 18 do 25 godina s primarnom dismenorejom	Kvazirandomizirano kontrolno istraživanje	N = 40 N(e) = 20 Kegelove vježbe 15min x 3tj x 12tj N(k) = 20 bez tretmana	N(e) znatno veće smanjenje boli u odnosu na kontrolnu skupinu
Sandhiya et al. (2021)	Učinak vježbanja mišića zdjeličnog dna na kvalitetu života kod žena s primarnom dismenorejom	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 60 Dob 18 – 25 N(a) = 30 kegelove vježbe + istezanje N(b) = vježbe istezanja	McGill Grupa A prije 55,73; poslije 39,90 Grupa B prije 59,13, poslije 48,80 Statistički važna razlika u obje skupine uz bolje rezultate Kegellovih vježbi zajedno sa vježbama istezanja
Kirmizigil, Demiralp (2020)	Učinkovitost funkcionalnih vježbi na bol i kvalitetu sna kod pacijenata s primarnom dismenorejom: randomizirano kontrolno ispitivanje	Randomizirano kontrolno istraživanje	N = 28 Dob 21 do 24 N(e) = 14 vježbe zdjeličnog dna 3xtj x 8tj N(k) = 14 bez treninga Menstrual Symptom Questionnaire (MSQ)	N(e) 76.9±13.3; poslije 52.6±11.4 N(k) 70.4±18.2; poslije 65.2±14.6 Kegelove vježbe znatno reducirale ukupnu bol, bol u donjem djelu abdomena i donjem djelu leđa

RASPRAVA

Tjelovježba kao sinonim zdravoga života osnovna je hipotetska pozadina ovoga istraživanja. Iako sveprisutnost menstrualnih tegoba koje, osim što zadaju i tjelesnu bol, ostavljaju i psihosocijalne neželjene učinke, dokazano je kako redovita tjelovježba značajno smanjuje bolne manifestacije (Kannan et al., 2019; Heidarimoghadam et al., 2019; Gothami, George 2017, Fallah, Mirfeizi, 2018). Jedan od oblika provođena tjelesne aktivnosti su vježbe istezanja i fleksibilnosti. Vježbe istezanja u pregledu utjecaja na dismenoreju pri tome daju suprotstavljene rezultate. Kontinuirano izolirano provođenje vježbi istezanja za vrijeme trajanje dismenoreje povećalo je razinu boli (Heidarimoghadam et al., 2019) dok su vježbe istezanja abdomena i zdjeličnog obruča prilikom akutne manifestacije boli nakon osmotjedne intervencije dale statistički značajne rezultate (Gomathi, George, 2017; Barati, Farhadi, Khalily, 2021). Također je zabilježen pozitivan učinak na smanjenje boli provođenjem vježbi istezanja uz relaksacijske tehnike švedske masaže uz kraće trajanje simptoma dismenoreje (Barati, Farhadi, Khalily, 2021). Ipak, u korelaciji vježbi istezanja u odnosu na aerobni tip

vježbanja, bolji učinak u smanjenju bolova uzrokovane dismenorejom postižu aerobne vježbe. Uspješnost aerobnog vježbanja postignuta je smanjenjem VAS sa 7,2 na 5,6 u odnosu na skupinu koja je provodila vježbe istezanja te je VAS smanjena sa 7,2 na 5,6 (Tharani et al., 2018). Longitudinalnim istraživanjem provedenim kroz 6 mjeseci zapaženo je smanjenje bolnosti u početnom stadiju pojave menstrualne boli, što ukazuje na važnost vježbanja kako tijekom cijeloga ciklusa, tako i preko cijele godine. Drugim riječima, tjelesnu aktivnost je važno provoditi kontinuirano. Uočen je nedovoljan broj ponovljenih istraživanja sa istim zadanim ciljem. Stoga nije pronađena korelacija istraživanja vrste vježbanja kao najuspješnije metode odabira.

Brojne su fizikalne procedure za smanjivanje boli općenito. Fizioterapijski tretman, kada nije usmjeren na prevenciju, uvijek je usmjeren na otklanjanje tegoba, prvenstveno boli. Prisutnost manifestacija menstrualnih tegoba zasigurno oduzima normalan način života. Metoda kineziotapinga jedna je od najkorištenijih metoda korekcije posture sa svrhom povratka funkcionalnosti. Istraživanje učinka kineziotaping metode na smanjenje menstrualne boli na uzorku od 32 ispitanice ukazalo je na prosječno smanjenje bolnosti za 2,8 po VAS skali boli. Metodom odvajanja mišićne fascija i kože, svježa krv bogata kisikom ima brži i lakši pristup bolnom i grčevitom tkivu, te takvom proliferacijom, učinkovito smanjuje upalno i bolno stanje (Forozeshfard et al., 2016). Slično metodologijom odvajanja mišićne fascije, „Connective Tissue Manipulation“ CTM za smanjenje manifestacije dismenoreje značajno je smanjila trenutnu bolnost, ali longitudinalno je pružila učinak smanjenje konzumacije oralnih analgetika i time smanjila njihove neželjene nuspojave (Özgül et al., 2018). Za smanjenje bolnosti, pozitivne učinke je pokazalo i istraživanje učinka PEMF uređaja koji otpušta elektromagnetsko polje s ciljanim tretmanom na zdjelično područje. Tretmani su provedeni kroz tri ciklusa u sesijama od tri ponavljanja u trajanju po dvadeset minuta. Osim smanjenja bolnosti menstrualnih manifestacija, došlo je do značajnog psihofizičkog poboljšanja, ali i hormonalne uravnoteženosti progesterona. Nadalje, kontrolna skupina sa konzumacijom diklofena je zadobila trenutno olakšanje, ali ne i u longitudinalnom smislu poboljšanje (Rafava et al., 2019). Nedostatak ove metode liječenja leži u visokoj cijeni samoga uređaja. S obzirom na prisutnost grčeva maternice uzrokovane hormonalnim aktivnostima, termoterapija također je pronašla svoje pozitivne učinke na smanjenje boli (Jo, Haeng Lee, 2018).

Pojavnost dismenoreje zabilježen trag ostavlja i na psihosocijalnom životu. Izostanci iz škole, sa posla, izvan nastavnih aktivnosti kao i neodrađivanje sportskih trenažnih jedinica kreira psihički pritisak na mlade djevojke. Unatoč tome, nema dokaza kako manifestacija boli smanjuje performans motoričke izvedbe niti u jednoj fazi menstrualnog ciklusa (Wiecek et al., 2016; Sunderland, Nevill, 2003). Iako bez zabilježene smanjenje sposobnosti, mišljenje ispitanica na upitniku je suprotno. Od 93% ispitanica koje imaju jake menstrualne tegobe, čak 67% smatra kako ostvaruje lošiji performans za vrijeme menstruacije (Findlay et al., 2020). Neovisno o kvaliteti motoričke izvedbe, krvožilni sustav ukazuje kako žene sa menstrualnom boli u odnosu na žene bez boli imaju jači pulsni val sistole i veći otpor krvnih žila, dok za vrijeme nemenstrualne faze imaju kraće vrijeme prije prvog udara srca (Jeon et al., 2016). Takvo fiziološko saznanje, pruža istraživačima daljnje mogućnosti u pronalasku rješenja u pogledu menstrualnih grčeva i boli.

Kegelove vježbe su osmišljene sa ciljem jačanja mišića zdjeličnog dna. Iako primarno korištenje kao tretman pacijenata s inkontinencijom, svoje redove također pronalaze i u tretiranju menstrualnih tegoba. S obzirom na činjenicu kako su poprečno prugasti mišići pod utjecajem ljudske volje, jačanje mišića zdjeličnog dna pružit će nove sarkomere unutar mišićnih stanica te na taj način znatno smanjiti bol uzrokovanu dismenorejom (Karimi, Kamali, Ghasemi, 2021; Kirmizigil, Demiralp 2020). Sandhiya et al. (2021) istraživali su kvalitetu života mladih sedentarnih žena u dobi između 18 i 26 godina sa primarnom dismenorejom. Svakodnevnim vježbanjem u periodu od 4 tjedna ispitanice skupine koja je provodila Kegelove vježbe sa vježbama istezanja smanjile su bol prema McGill Score-u sa 55,7 na 39,9, dok ispitanice koje su provodile samo vježbe istezanja ostvarile manji učinak sa 59,13 na 48,8.

ZAKLJUČAK

Pregledom podataka može se ustvrditi kako je statistički podjednaka korelacija tjelesnog vježbama i fizioterapijskih procedura uz opasku kako naučen oblik samostalnog provođenja tjelesne aktivnosti financijski je pristupačniji oblik i zasigurno valjan odabir u vidu prevencije oboljenja i očuvanja cjelokupnog zdravlja.

Na zadane ciljeve kako i da li tjelesna aktivnost može biti terapijska metoda odabira za smanjenje menstrualnih senzacija uzrokovanih primarnom dismenorejom može se zaključiti kako: redovita tjelesna aktivnost značajno reducira menstrualnu bol; fizioterapijske procedura za smanjenje boli pomažu redukciju menstrualne boli; motoričke sposobnosti nisu umanjene za vrijeme menstruacije i njezinih bolnih manifestacija; vježbe istezanja smanjuju manifestaciju dismenoreje uz znatno bolji učinak u kombinaciji sa tehnikama relaksacije; Kegelove vježbe osnažuju zdjelično dno što dovodi do smanjenja bolnosti. Provođenjem Kegelovih vježbi uz vježbe istezanja dodatno se smanjuje bol.

Ovim istraživanjem literature, potvrđena je radna hipoteza te se sa sigurnošću može zaključiti kako bilo koji oblik tjelesne aktivnosti pruža brojne pozitivne benefite na smanjenje menstrualnih tegoba i manifestacija uzrokovane dismenorejom. Zaključno, nedostatak je istraživanja koji ukazuju na prevalenciju odabira tjelesne aktivnosti kao terapijske metode za smanjenje senzacija uzrokovanih dismenorejom kao i nedovoljan broj istraživanja utjecaja iste tjelesne aktivnosti na smanjenje menstrualnih bolova te zbog toga preporuku za odabir načina tjelesnog vježbanja nije moguće iznijeti. Dodatno, istraživanje tipa vježbanja u odnosu na hormonalnu fazu menstruacijskog ciklusa, zasigurno bi pružilo detaljniji uvid u fiziološke i psihofizičke promjene na ženskom tijelu.

LITERATURA

1. Armour, M., Ee, C. C., Naidoo, D., Ayati, Z., Chalmers, K. J., Steel, K. A., ... & Delshad, E. (2019). Exercise for dysmenorrhoea. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9).
2. Atashak, S., & Rashidi, S. (2018). Effect of eight-week high-intensity interval training and ginger supplementation on primary dysmenorrhea in nonathletic female students. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*, 20(12), 23-31.

3. Azima, S., Bakhshayesh, H. R., Kaviani, M., Abbasnia, K., & Sayadi, M. (2015). Comparison of the effect of massage therapy and isometric exercises on primary dysmenorrhea: a randomized controlled clinical trial. *Journal of pediatric and adolescent gynecology*, 28(6), 486-491.
4. Barati, A. A., Farhadi, L., & Khalily, M. (2021). Comparison of the Effect of Stretching Exercises and Combination of Massage-Stretching Exercises on Primary Dysmenorrhea of Female Students of Razi University of Kermanshah. *Journal of Clinical Research in Paramedical Sciences*, 10(1).
5. Bull, J. R., Rowland, S. P., Scherwitzl, E. B., Scherwitzl, R., Danielsson, K. G., & Harper, J. (2019). Real-world menstrual cycle characteristics of more than 600,000 menstrual cycles. *NPJ digital medicine*, 2(1), 1-8.
6. Cahyanto, E. B., Nugraheni, A., Sukamto, I. S., Musfiroh, M., & Argaheni, N. B. (2021). The effect of exercise mat pilates on pain scale, anxiety, heart rate frequency in adolescent principle with primary dismenorhea in Surakarta. *Jurnal Ners dan Kebidanan Indonesia*, 9(1), 29-38.
7. Cavadias, I., Viaud, M., Falampin, M., Cheikhelard, A., Gueniche, K., Ouallouche, C., & Da Costa, S. (2025). Gynecological issues in children and adolescents seen at rare-disease referral centers: an observational retrospective cohort study. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 20(1), 117.
8. Demirel, G., Ertekin Pinar, S., & Bilgic, D. (2020). Anxiety levels and methods of coping with stress of adolescents undergoing their first gynecological examination. *Journal of Psychosomatic Obstetrics & Gynecology*, 41(2), 131-136.
9. Draper, C. F., Duisters, K., Weger, B., Chakrabarti, A., Harms, A. C., Brennan, L., & Van Der Greef, J. (2018). Menstrual cycle rhythmicity: metabolic patterns in healthy women. *Scientific reports*, 8(1), 1-15.
10. El Refaye, G. E., Botla, A. M., Hussein, H. A. D., Hamada, H. A., & Wadee, A. N. (2019). Electromagnetic field versus diclofenac drugs on primary dysmenorrhea: A single-blind randomized controlled trial. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, 10(2), 202-6.
11. Fallah, F., Mirfeizi, M. (2018). How is the quality and quantity of primary dysmenorrhea affected by physical exercises? A study among Iranian students. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 6(1), 60-66.
12. Ferries-Rowe, E., Corey, E., & Archer, J. S. (2020). Primary dysmenorrhea: diagnosis and therapy. *Obstetrics & Gynecology*, 136(5), 1047-1058.
13. Findlay, R. J., Macrae, E. H., Whyte, I. Y., Easton, C., & Forrest, L. J. (2020). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *British journal of sports medicine*, 54(18), 1108-1113.
14. Forozeshfard, M., Bakhtiary, A. H., Aminianfar, A., Sheikhan, S., & Akbarzadeh, Z. (2016). Short term effects of kinesio taping on pain and functional disability in young females with menstrual low back pain: A randomised control trial study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 29(4), 709-715.
15. Gomathi, B., Goerge, U. (2017). Effect of Selected Muscle Stretching Exercises on Primary Dysmenorrhoea among Student Nurses. *International Journal of Nursing Education*, 9(3).

16. Heidarimoghadam, R., Abdolmaleki, E., Kazemi, F., Masoumi, S. Z., Khodakarami, B., & Mohammadi, Y. (2019). The effect of exercise plan based on FITT protocol on primary dysmenorrhea in medical students: A clinical trial study. *Journal of research in health sciences*, 19(3), e00456.
17. Jeon, S. H., Kim, K. K., Lee, I. S., Lee, Y. T., Kim, G. C., Chi, G. Y., ... & Kim, J. W. (2016). Pulse wave variation during the menstrual cycle in women with menstrual pain. *BioMed research international*, 2016.
18. Jo, J., Lee, S. H. (2018). Heat therapy for primary dysmenorrhea: A systematic review and meta-analysis of its effects on pain relief and quality of life. *Scientific reports*, 8(1), 1-8.
19. Kannan, P., Chapple, C. M., Miller, D., Claydon-Mueller, L., & Baxter, G. D. (2019). Effectiveness of a treadmill-based aerobic exercise intervention on pain, daily functioning, and quality of life in women with primary dysmenorrhea: A randomized controlled trial. *Contemporary clinical trials*, 81, 80-86.
20. Karimi, E., Kamali, A., & GHasemi, B. (2021). The effect of Kegel exercises on pain and quality of life in girls aged 18 to 25 years with primary dysmenorrhea. *journal of motor and behavioral sciences*, 4(4).
21. Kirmizigil, B., & Demiralp, C. (2020). Effectiveness of functional exercises on pain and sleep quality in patients with primary dysmenorrhea: a randomized clinical trial. *Archives of gynecology and obstetrics*, 302(1), 153-163.
22. Koltun, K. J., De Souza, M. J., Scheid, J. L., & Williams, N. I. (2020). Energy availability is associated with luteinizing hormone pulse frequency and induction of luteal phase defects. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 105(1), 185-193.
23. Latthe, P. M., & Champaneria, R. (2014). Dysmenorrhoea. *BMJ clinical evidence*, 2014.
24. Lieberman, J. L., De Souza, M. J., Wagstaff, D. A., & Williams, N. I. (2018). Menstrual disruption with exercise is not linked to an energy availability threshold. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(3), 551.
25. Lopez-Liria, R., Torres-Álamo, L., Vega-Ramírez, F. A., García-Luengo, A. V., Aguilar-Parra, J. M., Trigueros-Ramos, R., & Rocamora-Pérez, P. (2021). Efficacy of physiotherapy treatment in primary dysmenorrhea: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7832.
26. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., ... & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 1-15.
27. Ortiz, M. I., Cortés-Márquez, S. K., Romero-Quezada, L. C., Murguía-Cánovas, G., & Jaramillo-Díaz, A. P. (2015). Effect of a physiotherapy program in women with primary dysmenorrhea. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 194, 24-29.
28. Özgül, S., Üzelpasaci, E., Orhan, C., Baran, E., Beksac, M. S., & Akbayrak, T. (2018). Short-term effects of connective tissue manipulation in women with primary dysmenorrhea: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in clinical practice*, 33, 1-6.
29. Raine-Fenning, N. (2005). Dysmenorrhoea. *Current Obstetrics & Gynaecology*, 15(6), 394-401.

30. Sandhiya, D. M., Kumari, D. P., Arulya, A., Selvam, D. P. S., Abraham, D. M. M., Palekar, D. T. J. (2021). The Effect of Pelvic Floor Muscles Exercise on Quality of Life in Females with Primary Dysmenorrhea. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 3111-3117.
31. Sunderland, C., & Nevill, M. (2003). Effect of the menstrual cycle on performance of intermittent, high-intensity shuttle running in a hot environment. *European journal of applied physiology*, 88(4), 345-352.
32. Šikanić Duganić, N. (2017). Menstruacijski ciklus u adolescentica – peti vitalni znak, *Paediatrica Croatica*, 61, 44-45.
33. Tucker, J. A., McCarthy, S. F., Bornath, D. P., Khoja, J. S., & Hazell, T. J. (2025). The effect of the menstrual cycle on energy intake: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition reviews*, 83(3), e866-e876.
34. Tharani, G., Dharshini, E., Rajalaxmi, V., Kamatchi, K., & Vaishnavi, G. (2018). To compare the effects of stretching exercise versus aerobic dance in primary dysmenorrhea among collegiates. *Drug Invention Today*, 10(Special Issue 1), 2844-2848.
35. Unsal, A., Ayranci, U., Tozun, M., Arslan, G., & Calik, E. (2010). Prevalence of dysmenorrhea and its effect on quality of life among a group of female university students. *Upsala journal of medical sciences*, 115(2), 138-145.
36. Vranješ, I. (2015). *Uporaba i zlouporaba analgetika kod žena tijekom menstrualnog ciklusa* (Diplomski rad). Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:152:767021>
37. Wang, L., Yan, Y., Qiu, H., Xu, D., Zhu, J., Liu, J., & Li, H. (2022). Prevalence and risk factors of primary dysmenorrhea in students: a meta-analysis. *Value in Health*, 25(10), 1678-1684.
38. Wiecek, M., Szymura, J., Maciejczyk, M., Cempla, J., & Szygula, Z. (2016). Effect of sex and menstrual cycle in women on starting speed, anaerobic endurance and muscle power. *Acta Physiologica Hungarica*, 103(1), 127-132.
39. Zebitay, A. G., Verit, F. F., Sakar, M. N., Keskin, S., Cetin, O., & Ulusoy, A. I. (2016). Importance of cervical length in dysmenorrhoea aetiology. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 36(4), 540-543.
40. Zheng, Q., Huang, G., Cao, W., & Zhao, Y. (2024). Comparative effectiveness of exercise interventions for primary dysmenorrhea: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Women's Health*, 24(1), 61

UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA VASKULARNO STARENJE

THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON VASCULAR AGING

Klara Findrik

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

klara.findrik@kifos.hr

Davor Kuna

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

davor.kuna@kifos.hr

Danijela Kuna

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

danijela.kuna@kifos.hr

Marko Kunac

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ Vukovar

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

mkunac@vevu.hr

Petar Šušnjara

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

psusnjara@kifos.hr

Sažetak

Starenje je složen proces koji uključuje biološke promjene organizma te socijalne aspekte određene kulturnim i društvenim čimbenicima. Iako fiziološke promjene povezane s dobi ne impliciraju nužno bolest, rizik za razvoj kroničnih nezaraznih bolesti značajno raste. Koncepti zdravog i uspješnog starenja naglašavaju očuvanje tjelesnog i mentalnog zdravlja te produljenje funkcionalne sposobnosti što postaje ključno u kontekstu demografskog starenja populacije. Starenje se očituje smanjenjem mišićne mase i snage, padom respiratorne funkcije i povećanom prevalencijom kroničnih bolesti pri čemu sedentarni način života i pretilost dodatno pogoršavaju zdravstvene ishode. Kardiovaskularne bolesti vodeći su uzrok smrtnosti, a vaskularno starenje, obilježeno arterijskom krutošću i endotelnom disfunkcijom, predstavlja važan patofiziološki mehanizam njihova razvoja. Brzina pulsog vala prepoznata je kao zlatni standard u procjeni arterijske krutosti i vaskularnog zdravlja. Redovita tjelesna aktivnost dokazano smanjuje oksidativni stres i upalu, poboljšava funkciju endotela te usporava proces vaskularnog starenja. Najveće učinke imaju aerobni i kombinirani programi dok trening snage doprinosi očuvanju mišićne mase i funkcionalnih sposobnosti. Preporučuje se najmanje 150 minuta umjerene aerobne aktivnosti tjedno uz vježbe snage dva puta tjedno u sklopu individualno prilagođenih multikomponentnih programa. Takav pristup smanjuje rizik od

kognitivnog i funkcionalnog propadanja, depresije, padova i kardiometaboličkih bolesti. Suvremene dijagnostičke metode poput Doppler ultrazvuka, mjerenja brzine pulsno vala i procjene glikokaliksa omogućuju ranu detekciju promjena u vaskularnom zdravlju. Tjelesna aktivnost stoga predstavlja ključan nefarmakološki čimbenik u očuvanju zdravlja starije populacije i smanjenju javnozdravstvenog tereta kroničnih bolesti.

Ključne riječi: *arterijska krutost, kardiovaskularne bolesti, starenje, tjelesna aktivnost, vaskularno zdravlje.*

Abstract

Aging is a complex process that involves biological changes of the organism as well as social aspects determined by cultural and societal factors. Although age-related physiological changes do not necessarily imply disease, the risk of developing chronic non-communicable diseases increases significantly. The concepts of healthy and successful aging emphasize the preservation of physical and mental health and the extension of functional capacity, which becomes crucial in the context of demographic population aging. Aging is manifested through reduced muscle mass and strength, decreased respiratory function, and increased prevalence of chronic diseases, with sedentary lifestyle and obesity further exacerbating health outcomes. Cardiovascular diseases are the leading cause of mortality, and vascular aging – characterized by arterial stiffness and endothelial dysfunction – represents an important pathophysiological mechanism in their development. Pulse wave velocity is recognized as the gold standard in the assessment of arterial stiffness and vascular health. Regular physical activity has been proven to reduce oxidative stress and inflammation, improve endothelial function, and slow down the process of vascular aging. The greatest benefits are observed with aerobic and combined programs, while strength training contributes to the preservation of muscle mass and functional capacity. It is recommended to engage in at least 150 minutes of moderate-intensity aerobic activity per week, complemented by strength exercises twice a week, within individually tailored multicomponent programs. Such an approach reduces the risk of cognitive and functional decline, depression, falls, and cardiometabolic diseases. Modern diagnostic methods, such as Doppler ultrasound, pulse wave velocity measurement, and glycocalyx assessment, enable early detection of changes in vascular health. Therefore, physical activity represents a key non-pharmacological factor in preserving the health of the elderly population and reducing the public health burden of chronic diseases.

Keywords: *cardiovascular diseases, physical activity; vascular health; vascular aging; arterial stiffness.*

UVOD

Tehnološki razvijeno društvo suočava se s nizom javnozdravstvenih izazova koji proizlaze iz promjene demografske strukture i načina života. Jedan od najizraženijih problema je starenje stanovništva, što znači da sve veći udio čine starije osobe sklone kroničnim nezaraznim bolestima. Uz to brojne epidemiološke studije pokazuju kako se Hrvatska ubraja među europske zemlje s niskom razinom tjelesne aktivnosti i visokim udjelom prekomjerne tjelesne mase. Nedovoljno kretanje, sjedilački način života i nepravilne prehrambene navike čine osnovu

složene mreže čimbenika rizika koji doprinose razvoju kardiovaskularnih bolesti, vodećeg uzroka smrtnosti u zemlji (HZJZ, 2025).

Podaci Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo ukazuju da više od 35% odraslih Hrvata ima povišen krvni tlak, a gotovo svaki drugi odrasli muškarac ima prekomjernu tjelesnu težinu ili pretilost. Takvi pokazatelji odražavaju zabrinjavajući trend prema pogoršanju vaskularnog zdravlja populacije. Međutim, unatoč lošim pokazateljima, znanstveni dokazi jasno sugeriraju da se redovitom tjelesnom aktivnošću i pravilno doziranom fizičkom intervencijom mogu značajno smanjiti ovi rizici. Umjerena aerobna aktivnost, poput hodanja, plivanja ili vožnje bicikla, poboljšava funkciju endotela, unutarnjeg sloja krvnih žila, stimulirajući proizvodnju dušikovog oksida (NO), snažnog vazodilatatora koji potiče elastičnost i zdravu reakciju arterija (HZJZ, 2025; Peršić, 2016).

Razvoj sofisticirane tehnologije u području sportskih i medicinskih znanosti omogućuje sve preciznije praćenje vaskularne funkcije i ranu detekciju patoloških promjena poput endotelne disfunkcije. Digitalni senzori, ultrazvučna mjerenja i neinvazivne metode procjene protoka krvi postaju ključni alati u prevenciji i personaliziranoj procjeni rizika. Time se otvara prostor da se tjelesna aktivnost ne promatra samo kao terapija, već i kao znanstveno mjerljiv i dokaziv način očuvanja zdravlja krvnih žila i produljenja vitalnosti hrvatske populacije (Sena, 2022).

Cilj ovog rada je rasvijetliti ulogu tjelesne aktivnosti na proces zdravog i uspješnog vaskularnog starenja, a posebna pozornost posvećena je mehanizmima djelovanja tjelesne aktivnosti na vaskularno starenje koje se može kvantificirati razinom arterijske krutosti i funkcijom vaskularnog endotela. Također, razmatra se i uloga suvremenih dijagnostičkih metoda u procjeni vaskularnog zdravlja.

STARENJE

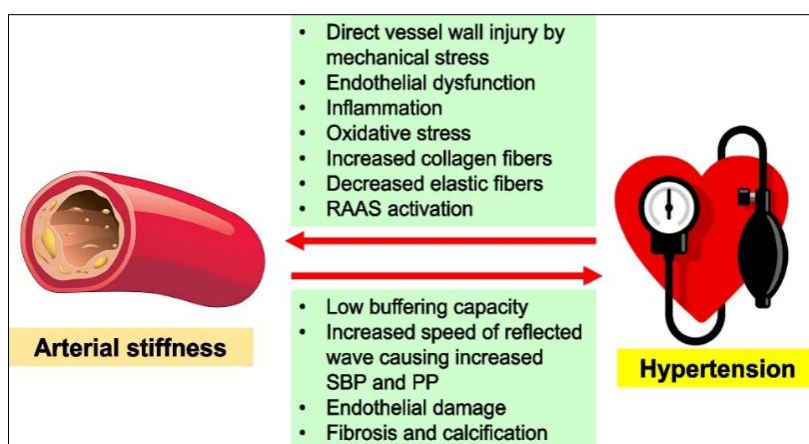
Starenje je primarno biološki proces u zavisnosti od vremenske komponente kojeg karakterizira postupno smanjenje učinkovitosti fizioloških funkcija, a proces starenja također se može promatrati iz sociološke perspektive (Foster i Walker, 2021). Način starenja kojeg karakterizira odsustvo bolesti, zadržavanje optimalne razine tjelesnog i mentalnog zdravlja, ali i produljenja radne sposobnosti može se pronaći u literaturi pod pojmom *zdravo starenje*, *aktivno starenje*, *uspješno starenje* i dr. (Foster i Walker, 2021). S demografskog stajališta, povećanje očekivane životne dobi dovelo je do porasta udjela starog stanovništva u brojnim zemljama, a sami proces u kojemu od visoke stope rodности i smrtnosti dolazi do niske stope rodности i smrtnosti u populaciji naziva se demografska tranzicija (Ismail i sur., 2021). U tom se kontekstu na globalnoj razini predviđa gotovo dvostruko povećanje populacije starije od 60 godina s 12% na 22% u vremenskom periodu između 2015. i 2050. godine (WHO, 2024). Fenomen povećanja udjela starog stanovništva posebice je izražen u ekonomski naprednijim zemljama, poput Japana, u kojemu je već u 2017. godini udio stanovništva preko 65 godina iznosio 27,7% ukupne populacije (Nakatani, 2019). Vrijedi spomenuti da je 2021. godine u Hrvatskoj udio stanovništva od 65 i više godina iznosio 22,45%, dok je za populaciju od 0-14 godina iznosio samo 14,27% (Državni zavod za statistiku, 2022). Imajući u vidu demografsku tranziciju stanovništva u trajanju, zdravo će se starenje pozitivno odraziti na sociološki i zdravstveni status pojedinca, što povratno može generirati pozitivne sociološke, ekonomske i ostale dobrobiti na

razini cijelog društva (Hornby-Turner, Peel i Hubbard, 2017). Iz biološke perspektive, starenjem dolazi do smanjenja adaptivne homeostaze uslijed različitih oblika stresa, posebice u zadnjoj trećini životnog vijeka čovjeka (Pomatto i Davies, 2017). Također, dolazi do pada u mišićnoj masi skeletnih mišića (sarkopenije), kao i smanjenja mišićne jakosti i funkcije (diapenije) te su ta, primarno gerijatrijska stanja povezana s povećanim rizicima od padova, hospitalizacije i mortaliteta (Senior i sur., 2015). Starenjem također dolazi do promjena u respiratornoj funkciji, odnosno opadanja mišićne jakosti respiratornih mišića te povećanja alveolarnog mrtvog prostora, što naposljetku dovodi do smanjenja maksimalnog primitka kisika (Wilson i Tanaka, 2000). Također, kod populacije iznad 60 godina visoka je prevalencija kroničnih bolesti i stanja, poput osteoporoze, dijabetesa, Parkinsonove bolesti, Alzheimerove bolesti, kronične opstruktivne plućne bolesti i dr. (Guo i sur., 2022). Barnett i sur. (2012) navode da 64.9 % ispitanika u dobi od 65 do 84 godine imaju najmanje dvije kronične bolesti. Pojavi navedenih nezaraznih kroničnih bolesti u velikoj mjeri pridonosi sedentarni način života, posebice naglašen u ekonomski razvijenim državama (Goyal i Rakhra, 2024). Jedna od glavnih značajki takvog načina života je nedovoljna količina tjelesne aktivnosti, za koju postoje snažni dokazi da njeno kontinuirano provođenje smanjuje rizike (visoki krvni tlak, indeks tjelesne mase, razina kolesterola) za nastanak kardio-metaboličkih bolesti (Masmoum i sur., 2024). Navedena spoznaja posebice je relevantna za naše podneblje, znajući da je u Hrvatskoj 2019. godine skoro dvije trećine stanovništva (65 %) imalo prekomjernu tjelesnu masu ili debljinu (42 % i 23 %, pojedinačno) (HZJZ, 2021). Podatak da su 2023. godine u Hrvatskoj kardiovaskularne bolesti bile vodeći uzrok smrti (ukupno 19937 umrlih) s udjelom od 38,9 % u ukupnom mortalitetu (Kralj i Andrijašević, 2025) dodatno upućuje na važnost prevencije kardio-vaskularnih bolesti, od kojih se tjelesna aktivnost ističe kao učinkovita i dostupna strategija prevencije.

VASKULARNO STARENJE

Vaskularno starenje proces je koji se odvija na razini krvožilnog sustava, a očituje se u strukturalnim i mehaničkim promjenama stijenki krvnih žila što naposljetku dovodi do smanjenja arterijske elastičnosti i reducirane arterijske popustljivosti (Jani i Rajkumar, 2006). Del Mar González i sur. (2023) smatraju upravo da je arterijska krutost (*eng. arterial stiffness*) najznačajnija manifestacija vaskularnog starenja što naposljetku dovodi do, među ostalom, povećanja arterijskog tlaka. Arterijska krutost opisuje se kao smanjena mogućnost arterije da se širi i kontrahira kao odgovor na promjene u tlaku, a tijekom procesa starenja dolazi do redukcije sadržaja elastina u srednjem dijelu arterije (intima media) te povećanja udjela kolagena, što u konačnici dovodi do takvog nepovoljnog stanja (Kim, 2023). Jedan od važnijih faktora koji pridonosi krutosti krvnih žila jest narušeni odnos između vazokonstriktorskih i vazodilatacijskih medijatora koji se sintetiziraju u endotelu krvne žile (Herrera i sur., 2010). Proces vazodilatacije reguliran je medijatorima poput dušikovog oksida, prostaglandina (PGI₂ i PGE₂) i faktora iz EDHF skupine (*eng. endothelial-derived hyperpolarizing factors*) (Giles i sur., 2012), dok se s druge strane adrenalin i vazopresin ponašaju kao vazokonstriktorski medijatori (Ahn i sur., 2025). Sami proces unutar vaskularnog endotela koji je okarakteriziran smanjenom produkcijom dušikovog oksida, odnosno narušenim odnosom vazokonstriktorskih i vazodilatacijskih medijatora naziva se endotelna disfunkcija (Wang i He, 2024). Postoji

nekoliko načina mjerenja arterijske krutosti, među kojima se 'brzina pulsno vala' (eng. PWV - pulse wave velocity) smatra zlatnim standardom – njime se kvantificira stopa kojom se arterijski puls kreće arterijskim sustavom, pri čemu brži puls označava povećanu arterijsku krutost (Kim, 2023). Primjerice, vrijednosti cfPWV-a (PWV koji se mjeri između karotidne i femoralne arterije) veće od 10 m/s kod ljudi između 50 i 60 godina indikatori su velike arterijske krutosti (Mancia i sur., 2023). Uzajamni odnos arterijske krutosti i hipertenzije (Slika br. 1) može poslužiti u jasnijem predočavanju fiziološke pozadine nastanka jednog od najučestalijeg patološkog stanja kao što je hipertenzija. Naime, hipertenzija je vodeći uzrok kardiovaskularnih bolesti i prerane smrtnosti u svijetu te se procjenjuje da svaka treća osoba preko 30 godina ima ovo stanje dok samo 54% od njih ima pravilno postavljenu dijagnozu (WHO, 2023). Prema podacima iz 2019. godine, u Hrvatskoj je prevalencija hipertenzije iznosila 44,3 % (dob ispitanika ≥ 15 godina) (Ivičević Uhernik i sur., 2023).



Slika 1. Patofiziološki odnos između arterijske krutosti i hipertenzije (Preuzeto s: <https://clinicalhypertension.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40885-023-00258-1#citeas>)

VAŽNOST KONTINUIRANOG PROVOĐENJA TJELESNE AKTIVNOSTI

Tjelesna neaktivnost postala je jedno od glavnih obilježja suvremenog načina života. Na nju utječu vanjski čimbenici poput klimatskih promjena i urbanizacije te unutarnji čimbenici kao što su nezdrave životne navike. Može se javiti u svim životnim dobima, ali je posebno izražena kod starijih osoba. U Europi je tjelesna neaktivnost vrlo raširena, više od 40 % odraslih nije tjelesno aktivno, a tek 8 % redovito vježba. Kod starijih osoba ona je često povezana sa starenjem, depresijom i kognitivnim poteškoćama. Redovita aktivnost osnovni je element neovisnog i zdravog starenja, a pojedinci s većom razinom aktivnosti imaju manju vjerojatnost razvitka depresije kao i simptoma fizičke nefunkcionalnosti (Marinović Glavić i sur., 2020). Pojmovi *tjelesna aktivnost* i *tjelesno vježbanje* često se koriste kao sinonimi. Unatoč tome što oba uključuju pokret koji zahtijeva potrošnju energije i mišićni rad veću nego u stanju mirovanja, njihova značenja nisu potpuno ista. *Tjelesna aktivnost* označava svako kretanje tijela koje uključuje mišićnu kontrakciju i dovodi do većeg troška energije u odnosu na mirovanje. U to se ubrajaju radne aktivnosti, briga o osobnoj higijeni, aktivnosti u slobodnom vremenu poput kućanskih poslova, sporta i rekreacije, vrtlarstva i sličnog (Mišigoj-Duraković, 2018). *Tjelesno vježbanje* označava sustavno i namjerno izvođenje vježbi prema određenom planu i programu. Njegova svrha je unapređenje tjelesnih sposobnosti i njihovih komponenti. Provođi se s jasno

određenim ciljem koji određuje vrstu, učestalost, intenzitet i trajanje aktivnosti (Mišigoj-Duraković, 2018). Razlikujemo aerobno vježbanje i anaerobno vježbanje. Aerobno vježbanje opisuje svaku aktivnost koja uključuje velike mišićne skupine, može se kontinuirano izvoditi i ima ritmičan karakter (Wahid i sur., 2016). Mišići uključeni u ovu vrstu vježbanja koriste aerobni metabolizam za proizvodnju energije u obliku ATP-a iz aminokiselina, ugljikohidrata i masnih kiselina. Primjeri takvih vježbi su biciklizam, ples, planinarenje, dugoprugaško trčanje, hodanje i plivanje. Anaerobno vježbanje opisuje kratkotrajnu, vrlo intenzivnu tjelesnu aktivnost koja koristi energetske rezerve unutar samih mišića i ne oslanja se na kisik iz disanja kao izvor energije (American College of Sports Medicine, 2013). Kada nema kisika, stanice proizvode ATP putem glikolize što stvara znatno manje energije nego aerobni metabolizam i uzrokuje nakupljanje mliječne kiseline. Anaerobne vježbe obično uključuju aktivnosti koje aktiviraju brza mišićna vlakna, poput sprinta, visokointenzivnog intervalnog treninga (HIIT), power-liftinga i sličnih. (Wasserman, 1986). Za starije osobe redovita i primjereno prilagođeno tjelesna aktivnost ima veliku važnost jer usporava proces starenja, pridonosi očuvanju i poboljšanju zdravlja te time omogućuje kvalitetniji život. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) procjenjuje da je niska razina tjelesne aktivnosti jedan od ključnih čimbenika rizika za zdravlje (Marinović Glavić i sur., 2020). Američko Ministarstvo zdravstva i socijalne zaštite (U.S. Department of Health and Human Services – DHHS) uspostavilo je Smjernice za tjelesnu aktivnost 2008. godine. Prema njima, preporuke za starije odrasle osobe identične su onima za mlađu populaciju te uključuju najmanje 150 minuta umjereno intenzivne aerobne aktivnosti tjedno uz vježbe snage najmanje dva puta tjedno (Warburton & Bredin, 2017). Istraživanja pokazuju da redovita tjelesna aktivnost pruža brojne koristi za tjelesno i mentalno zdravlje starijih osoba, značajno smanjujući rizik od funkcionalnog i kognitivnog propadanja. Osim toga, aktivno sudjelovanje u tjelesnim aktivnostima doprinosi smanjenju rizika od padova kroz jačanje mišića, povećanje opsega pokreta, poboljšanje ravnoteže, ubrzanje hodanja te skraćivanje vremena reakcije na promjene u okolini (Finger i sur., 2017). Redovita tjelesna aktivnost također smanjuje vjerojatnost razvoja koronarne bolesti, moždanog udara, arterijske hipertenzije i srčanog zatajenja dok kod pacijenata s već prisutnom kardiovaskularnom bolešću poboljšava ishode, uključujući sniženje arterijskog tlaka, povećanje funkcionalnog kapaciteta i kvalitete život. Nadalje, kod osoba s dijabetesom i metaboličkim sindromom tjelesna aktivnost dodatno štiti endotel, smanjujući upalu i oksidativni stres te poboljšavajući osjetljivost na inzulin, čime se dodatno podupire kardiovaskularno zdravlje i opća fiziološka funkcija (Man i sur., 2020).

UTJECAJ TJELESNE AKTIVNOSTI NA VASKULARNO ZDRAVLJE

S godinama krvne žile gube snagu zbog oštećenja endotela i povećane krutosti velikih žila što je uglavnom uzrokovano povećanim oksidativnim stresom, kroničnom niskointenzivnom upalom, disfunkcijom mitohondrija te smanjenom razinom dušikovog oksida. Kao rezultat toga dolazi do smanjene sposobnosti vazodilatacije i promjena u strukturi krvnih stijenki (El Assar i sur., 2022). Redovita tjelesna aktivnost doprinosi zdravlju krvnih žila tako što smanjuje oksidativni stres i upalu, potiče djelovanje antioksidativnih enzima, održava razinu dušikovog oksida te poboljšava funkciju mitohondrija i mehanizme stresa koji povećavaju vaskularnu otpornost. Tjelesna aktivnost usporava starenje endotela i glatkih mišićnih stanica u krvnim

žilama, čime pomaže očuvanju njihove strukture i funkcije te sprječava dobno povezanu vaskularnu disfunkciju (Meng i sur., 2023). Tjelesna aktivnost izaziva akutno povećanje reaktivnih kisikovih i dušikovih spojeva pri čemu se razine dušikovog oksida posebno povećavaju tijekom vježbanja. Kod visokointenzivnih tjelesnih aktivnosti koncentracije ovih spojeva u krvi i imunološkim stanicama znatno rastu neposredno nakon vježbanja. Nasuprot tome, redovita umjerena tjelesna aktivnost postupno regulira antioksidativne obrambene mehanizme i smanjuje intenzitet oksidativnog stresa induciranog vježbanjem što je u skladu s hormetičkim učinkom (Falone i sur., 2010). Konačni učinci, bilo adaptivni ili štetni, ovise o kontekstu uključujući intenzitet, trajanje, trenažni status i individualne karakteristike pojedinca. Meta-analiza randomiziranih studija pokazala je da aerobni trening značajno poboljšava dilataciju krvnih žila posredovanu protokom i smanjuje brzinu pulsog vala u usporedbi s kontrolnom skupinom (da Silva i sur., 2024). Kombinirani programi aerobnog treninga i treninga snage također pozitivno utječu na ove parametre, dok samostalni trening snage pokazuje manje dosljedne učinke (da Silva i sur., 2024). Preporuke za starije osobe naglašavaju značaj multikomponentnih, individualno prilagođenih i nadziranih programa tjelesne aktivnosti kao terapijske mjere pri čemu plan treninga treba biti usklađen s ciljevima i sposobnostima svakog pojedinca. Multikomponentni pristup podrazumijeva kombinaciju aerobnog treninga, progresivnog treninga snage te vježbi za ravnotežu i fleksibilnost s ciljem maksimalnog poboljšanja vaskularnih i funkcionalnih sposobnosti tijekom starenja (Izquierdo i sur., 2021). Prednost treba dati aerobnim i kombiniranim programima jer oni najefikasnije poboljšavaju funkciju endotela i smanjuju krutost arterija što dosljedno potvrđuju nalazi randomiziranih kontroliranih studija kod starijih osoba (da Silva i sur., 2024). Progresivni trening snage ključan je za očuvanje mišićne mase i funkcije u starijih osoba, a posredno doprinosi i zdravlju krvnih žila kroz metaboličke i upalne mehanizme (Izquierdo i sur., 2021). Dozu i intenzitet tjelesne aktivnosti treba prilagoditi individualno jer učinak ovisi o količini. Veća kardiorespiratorna spremnost te veći intenzitet ili volumen aktivnosti obično donose veće vaskularne koristi, no treba ih uskladiti sa sigurnošću i prisutnim komorbiditetima (Streese i sur., 2020).

DIJAGNOSTIČKE METODE PROCJENE VASKULARNOG ZDRAVLJA

Procjena vaskularnog zdravlja zahtijeva multidisciplinarni pristup koji uključuje klasične slikovne, hemodinamske i suvremene biološke metode za kvantificiranje funkcije, strukture i integriteta krvnih žila. Osnovu čine ultrazvučne tehnike poput Doppler i color Doppler ultrazvuka koje omogućuju vizualizaciju protoka krvi, dijagnosticiranje vaskularnih suženja i kvantificiranje funkcionalnih anomalija u arterijama i venama. Slikovne metode poput CT angiografije, MR angiografije i digitalne subtrakcijske angiografiju daju nam detaljan prikaz vaskularne arhitekture i patoloških promjena, dok su invazivnije dijagnostičke metode tehnike ordinirane za kompleksne slučajeve (Frolow i sur. 2015). Hemodinamske metode igraju ključnu ulogu u procjeni funkcionalne sposobnosti cirkulacije. Mjerenje brzine pulsog vala (PWV) smatra se zlatnim standardom za procjenu arterijske krutosti te pruža vrijedne informacije o vaskularnom starenju i riziku od kardiovaskularnih bolesti. Osim PWV-a, različitim neinvazivnim metodama možemo dobiti parametre kao što su minutni volumen srca (CO), srčani indeks (CI), srednji arterijski tlak (MAP), varijabilnost pulsa (SVV, PPV) te indeksi vaskularnog otpora. Impedancijska kardiografija omogućuje kontinuiranu i minimalno

invazivnu evaluaciju ovih parametara, dok aplanacijska tonometrija precizno analizira pulsnu krivulju i augmentacijski indeks koji korelira s vaskularnom rigidnošću (Milan i sur. 2019). Nadalje, Laser Doppler flowmetar donosi inovativan pogled na mikrovaskulature omogućujući neinvazivno, kontinuirano praćenje promjena perfuzije na razini kapilara, važno za dijagnostiku i praćenje perifernih vaskularnih poremećaja. U novije vrijeme, pažnja se usmjerava na procjenu glikokaliksa, složenog sloja glikoproteina, na luminalnoj površini endotelnih stanica koji ima ključnu ulogu u zaštiti vaskularnog integriteta, regulaciji propusnosti i međustaničnoj komunikaciji. Moderne metode, poput “sidestream dark field” mikroskopije, omogućuju vizualizaciju i mjerenje debljine glikokaliksa, otkrivajući subklinična oštećenja koja prethode manifestaciji kardiovaskularnih patologija (Nieuwdorp i sur. 2008). Procjena vaskularnog zdravlja različitim dijagnostičkim metodama ključna je za praćenje i procjenu vaskularnog starenja i procjene rizika nastanka od kardiovaskularnih bolesti. Metode poput mjerenja brzine pulsog vala (PWV) omogućuju kvantifikaciju arterijske krutosti, što je glavni pokazatelj vaskularnog starenja i kumulativnog učinka štetnih čimbenika na stijenku žile. Ultrazvučni Doppler i color Doppler pružaju informacije o funkciji i protoku u većim krvnim žilama, dok laser Doppler flowmetar prati mikrocirkulaciju na razini kapilara što je važno za razumijevanje ranih vaskularnih promjena. Procjena stanja glikokaliksa dodatno obogaćuje dijagnostiku, otkrivajući subklinične promjene endotelne funkcije povezane s vaskularnim starenjem. Kombinacija ovih metoda omogućuje sveobuhvatnu i pouzdanu procjenu vaskularnog zdravlja, a motivira i na pravovremene intervencije za usporavanje starenja krvnih žila i prevenciju kardiovaskularnih komplikacija.

ZAKLJUČAK

Starenje je neizbježan proces praćen složenim biološkim i funkcionalnim promjenama koje često povećavaju rizik za razvoj kroničnih nezaraznih bolesti, osobito kardiovaskularnih. Ako još k tome pridružimo nezdrave životne navike, narušavamo vaskularno zdravlje, odnosno, pospješujemo vaskularno starenje. Vaskularno starenje je obilježeno arterijskom krutošću i često disbalansom u vazodilatirajućim medijatorima, koji je ključan mehanizam u stvaranju endotelne disfunkcije i razvoju kardiovaskularnih bolesti te danas predstavlja važan javnozdravstveni izazov. Rezultati dosadašnjih istraživanja potvrđuju da redovita tjelesna aktivnost, osobito aerobnog i kombiniranog tipa, značajno usporava vaskularno starenje tako što blagotvorno djeluje na vazodilataciju, oksidativni stres i upalu. Isto tako, treninzi snage dodatno doprinosi očuvanju mišićne mase i samostalnosti starijih osoba, čime se povećava kvaliteta života i vitalnost. Razvoj suvremenih dijagnostičkih metoda omogućuje nam ranu detekciju promjena u vaskularnom zdravlju te nam daje mogućnost djelovanje (promjene životnih navika) za nemedikamentozne intervencije, kao što je usmjerena tjelesna aktivnost, čime možemo modulirati vaskularno zdravlje. Tjelesna aktivnost stoga se nameće kao ključan nefarmakološki pristup u očuvanju funkcionalnih sposobnosti, smanjenju rizika od kroničnih bolesti i produženju aktivnog životnog vijeka, čime ujedno doprinosi smanjenju zdravstvenog i ekonomskog opterećenja društva.

LITERATURA

1. Ahn, S., Jin, B., Lee, S., Park, J., Cho, H., & Moon, S. (2025). Comparison between norepinephrine plus epinephrine and norepinephrine plus vasopressin after return of spontaneous circulation in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Scientific Reports*, 15(1), 13375. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96857-z>
2. Thompson, P. D., Arena, R., Riebe, D., & Pescatello, L. S. (2013). ACSM's New Preparticipation Health Screening Recommendations from ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, Ninth Edition. *Current Sports Medicine Reports*, 12(4), 215–217. <https://doi.org/10.1249/jsr.0b013e31829a68cf>
3. Da Silva, R. S. N., Da Silva, D. S., De Oliveira, P. C., Waclawovsky, G., & Schaun, M. I. (2024). Effects of aerobic, resistance and combined training on endothelial function and arterial stiffness in older adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 19(12), e0308600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308600>
4. Državni zavod za statistiku (2022). Objavljeni konačni rezultati Popisa 2021. Preuzeto 30. 9. 2025. s: <https://dzs.gov.hr/print.aspx?id=1270&url=print>
5. Assar, M. E., Álvarez-Bustos, A., Sosa, P., Angulo, J., & Rodríguez-Mañas, L. (2022). Effect of Physical Activity/Exercise on oxidative stress and inflammation in muscle and vascular aging. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8713. <https://doi.org/10.3390/ijms23158713>
6. Falone, S., Mirabilio, A., Pennelli, A., Cacchio, M., Di Baldassarre, A., Gallina, S., Passerini, A., & Amicarelli, F. (2010). Differential impact of acute bout of exercise on redox- and oxidative damage-related profiles between untrained subjects and amateur runners. *Physiological Research*, 59(6), 953–961. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931884>
7. Finger, J. D., Mensink, G., Lange, C., & Manz, K. (2017). Health-enhancing physical activity during leisure time among adults in Germany. *PubMed*, 2(2), 35–42. <https://doi.org/10.17886/rki-gbe-2017-040>
8. Foster, L., & Walker, A. (2021). Active Ageing across the Life Course: Towards a Comprehensive Approach to Prevention. *BioMed Research International*, 2021(1), 6650414. <https://doi.org/10.1155/2021/6650414>
9. Frołow, M., Drozd, A., Kowalewska, A., Nizankowski, R., & Chlopicki, S. (2015). Comprehensive assessment of vascular health in patients; towards endothelium-guided therapy. *Pharmacological reports: PR*, 67(4), 786–792. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2015.05.010>
10. Giles, T. D., Sander, G. E., Nossaman, B. D., & Kadowitz, P. J. (2012). Impaired vasodilation in the pathogenesis of hypertension: focus on nitric oxide, Endothelial-Derived Hyperpolarizing factors, and prostaglandins. *Journal of Clinical Hypertension*, 14(4), 198–205. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7176.2012.00606.x>
11. Del Mar González, L., Romero-Orjuela, S. P., Rabeya, F. J., Del Castillo, V., & Echeverri, D. (2023). Age and vascular aging: an unexplored frontier. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10, 1278795. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1278795>
12. Goyal, J., & Rakhra, G. (2024). Sedentarism and chronic health problems. *Korean Journal of Family Medicine*, 45(5), 239–257. <https://doi.org/10.4082/kjfm.24.0099>

13. Guo, J., Huang, X., Dou, L., Yan, M., Shen, T., Tang, W., & Li, J. (2022b). Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1), 391. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01251-0>
14. Herrera, M. D., Mingorance, C., Rodríguez-Rodríguez, R., & De Sotomayor, M. A. (2009). Endothelial dysfunction and aging: An update. *Ageing Research Reviews*, 9(2), 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2009.07.002>
15. Hornby-Turner, Y. C., Peel, N. M., & Hubbard, R. E. (2017). Health assets in older age: a systematic review. *BMJ Open*, 7(5), e013226. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013226>
16. Hrvatski zavod za javno zdravstvo (2021). Gotovo dvije trećine odraslih osoba u Hrvatskoj ima prekomjernu tjelesnu masu ili debljinu! Preuzeto 30. 9. 2025. s: <https://www.hzjz.hr/aktualnosti/gotovo-dvije-trecine-odraslih-osoba-u-hrvatskoj-ima-prekomjernu-tjelesnu-masu-ili-debljinu/>
17. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. (2025). Svjetski dan hipertenzije 2025. Preuzeto 30. 9. 2025. s: <https://www.hzjz.hr/aktualnosti/svjetski-dan-hipertenzije-2025/>
18. Ismail, Z., Ahmad, W. I. W., Hamjah, S. H., & Astina, I. K. (2021). The Impact of Population Ageing: A Review. *Iranian journal of public health*, 50(12), 2451–2460. <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i12.7927>
19. Ivičević Uhernik, A., Kralj, V., Čukelj, P., Brkić-Biloš, I., Erceg, M., Benjak, T., & Stevanović, R. (2023). Undiagnosed hypertension in Croatia. *Croatian medical journal*, 64(1), 4–12. <https://doi.org/10.3325/cmj.2023.64.4>
20. Izquierdo, M., Merchant, R., Morley, J., Anker, S., Aprahamian, I., Arai, H., Aubertin-Leheudre, M., Bernabei, R., Cadore, E., Cesari, M., Chen, L., De Souto Barreto, P., Duque, G., Ferrucci, L., Fielding, R., García-Hermoso, A., Gutiérrez-Robledo, L., Harridge, S., Kirk, B., . . . Singh, M. F. (2021). International Exercise Recommendations in Older Adults (ICFSR): Expert Consensus guidelines. *The Journal of Nutrition Health & Aging*, 25(7), 824–853. <https://doi.org/10.1007/s12603-021-1665-8>
21. Jani, B., & Rajkumar, C. (2006). Ageing and vascular ageing. *Postgraduate medical journal*, 82(968), 357–362. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.036053>
22. Kim H. L. (2023). Arterial stiffness and hypertension. *Clinical hypertension*, 29(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40885-023-00258-1>
23. Kralj, V. & Andrijašević, I. (2025). Kardiovaskularne bolesti u Republici Hrvatskoj. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Preuzeto 2. 10. 2025. s: https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2025/09/Bilten-2023_final-1.pdf
24. Man, A. W. C., Li, H., & Xia, N. (2020). Impact of lifestyles (Diet and exercise) on vascular health: oxidative stress and endothelial function. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2020/1496462>
25. Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., Muiesan, M. L., Tsioufis, K., Agabiti-Rosei, E., Algharably, E. a. E., Azizi, M., Benetos, A., Borghi, C., Hitij, J. B., Cifkova, R., Coca, A., Cornelissen, V., Cruickshank, J. K., Cunha, P. G., ... Kjeldsen, S. E. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of

- Hypertension. *Journal of Hypertension*, 41(12), 1874-2071. <https://doi.org/10.1097/hjh.0000000000003480>
26. Marinović Glavić, M., Mandić, A., Juraga, D., Vasiljev, V., Rukavina, T. i Bilajac, L. (2020). Samoprocjena zdravlja i funkcionalna sposobnost osoba treće životne dobi. *Medica Jadertina*, 50 (4), 285-291. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/250749>
 27. Masmoum, M. D., Khan, S., Usmani, W. A., Chaudhry, R., Ray, R., Mahmood, A., Afzal, M., & Mirza, M. S. S. (2024). The Effectiveness of Exercise in reducing Cardiovascular Risk Factors among Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, 16(9), e68928. <https://doi.org/10.7759/cureus.68928>
 28. Meng, J., Geng, Q., Jin, S., Teng, X., Xiao, L., Wu, Y., & Tian, D. (2023). Exercise protects vascular function by countering senescent cells in older adults. *Frontiers in physiology*, 14, 1138162. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1138162>
 29. Milan, A., Zocaro, G., Leone, D., Tosello, F., Buraioli, I., Schiavone, D., & Veglio, F. (2019). Current assessment of pulse wave velocity: comprehensive review of validation studies. *Journal of hypertension*, 37(8), 1547–1557. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002081>
 30. Mišigoj-Duraković, M. (2018). *Tjelesno vježbanje i zdravlje*. Zagreb: Znanje.
 31. Nakatani H. (2019). Population aging in Japan: policy transformation, sustainable development goals, universal health coverage, and social determinates of health. *Global health & medicine*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.35772/ghm.2019.01011>
 32. Nieuwdorp, M., Meuwese, M. C., Mooij, H. L., Ince, C., Broekhuizen, L. N., Kastelein, J. J. P., Stoes, E. S. G., & Vink, H. (2008). Measuring endothelial glycocalyx dimensions in humans: A potential novel tool to monitor vascular vulnerability. *Journal of Applied Physiology*, 104(3), 845–852. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00440.2007>
 33. Peršić, V. (2016). Tjelesna je aktivnost lijek i za srčano zatajivanje. *Medicus*, 25 (2 Kardiologija danas), 235-242. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/170025>
 34. Pomatto, L. C. D., & Davies, K. J. A. (2017). The role of declining adaptive homeostasis in ageing. *The Journal of physiology*, 595(24), 7275–7309. <https://doi.org/10.1113/JP275072>
 35. Sena, C. M., Gonçalves, L., & Seiça, R. (2022). Methods to evaluate vascular function: a crucial approach towards predictive, preventive, and personalised medicine. *The EPMA journal*, 13(2), 209–235. <https://doi.org/10.1007/s13167-022-00280-7>
 36. Senior, H. E., Henwood, T. R., Beller, E. M., Mitchell, G. K., & Keogh, J. W. (2015). Prevalence and risk factors of sarcopenia among adults living in nursing homes. *Maturitas*, 82(4), 418–423. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2015.08.006>
 37. Streese, L., Guerini, C., Bühlmayer, L., & Hanssen, H. (2020). Physical activity and exercise improve retinal microvascular health as a biomarker of cardiovascular risk: A systematic review. *Atherosclerosis*, 315, 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2020.09.017>
 38. Wahid, A., Manek, N., Nichols, M., Kelly, P., Foster, C., Webster, P., Kaur, A., Friedemann Smith, C., Wilkins, E., Rayner, M., Roberts, N., & Scarborough, P. (2016). Quantifying the Association Between Physical Activity and Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(9), e002495. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002495>

39. Wang, X., & He, B. (2024). Endothelial dysfunction: molecular mechanisms and clinical implications. *MedComm*, 5(8), e651. <https://doi.org/10.1002/mco2.651>
40. Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Current opinion in cardiology*, 32(5), 541–556. <https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437>
41. Wasserman, K. (1986). The anaerobic threshold: Definition, physiological significance and identification. *Advances in cardiology*, 35, 1–23.
42. Wilson, T. M., & Tanaka, H. (2000). Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 278(3), H829–H834. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.278.3.H829>
43. World Health Organization (2023). Global report on hypertension: The race against a silent killer (pp. 1–276).
44. World Health Organization (2024). Ageing and health. Preuzeto 24. 9. 2025. s: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

KVALITETA ŽIVOTA PACIJENATA GERIJATRIJSKE DOBI

QUALITY OF LIFE OF GERIATRIC PATIENTS

Marcel Fridl

Ustanova za zdravstvenu njegu u kući „Mira Fernbach“
Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
marcel.fridl@gmail.com

Vesna Brumnić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
vbrumnic@vevu.hr

Stjepan Jelica

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
sjelica@vevu.hr

Sažetak

Uvod: Kvaliteta života starijih osoba predstavlja važan pokazatelj općeg zdravlja i dobrobiti ove populacije. Zdravstveni problemi poput kroničnih bolesti, boli i smanjene tjelesne aktivnosti često negativno utječu na funkcionalnost i samostalnost starijih osoba. Cilj ovog rada je utvrditi kvalitetu života pacijenata gerijatrijske dobi. *Metodologija istraživanja:* Istraživanje je provedeno na uzorku od 81 ispitanika starije životne dobi pomoću upitnika WHOQOL-BREF. *Rezultati:* Rezultati su pokazali da većina ispitanika boluje od kardiovaskularnih (64,2%) i neuroloških (58%) bolesti, dok 63% ima prekomjernu tjelesnu masu. Prosječna percepcija kvalitete života bila je veća (M=3,16) od zadovoljstva zdravljem (M=2,43). Najniže vrijednosti zabilježene su u domeni tjelesnog zdravlja (M=33,47), dok su socijalna (M= 2,37) i mentalna domena (M=48,97) pokazale umjerenu razinu zadovoljstva. Ispitanici su najviše ocijenili zadovoljstvo okolišem (M=60,73). U fizioterapijski tretman nije bilo uključeno 18,5% ispitanika. *Rasprava:* Rezultati istraživanja ukazuju na višestruke čimbenike koji utječu na kvalitetu života starijih osoba u palijativnoj skrbi, uključujući prisutnost kroničnih bolesti, smanjenu pokretljivost i učestalu bol. Unatoč tome, ispitanici su najvišim ocjenama vrednovali zadovoljstvo okolišem, što može odražavati dobru prilagođenost i dostupnost skrbi. Dobiveni nalazi potvrđuju važnost interdisciplinarnog timskog pristupa, s posebnim naglaskom na ulogu fizioterapije u očuvanju funkcionalnosti i psihosocijalnog blagostanja pacijenata. *Zaključak:* Integracija fizioterapije u palijativnu i preventivnu skrb predstavlja ključni čimbenik u očuvanju funkcionalne sposobnosti i unaprjeđenju opće kvalitete života starijih osoba.

Ključne riječi: *fizioterapija, kronične bolesti, kvaliteta života, palijativna skrb, starije osobe.*

Abstract

Introduction: Quality of life in older adults is an important indicator of overall health and well-being in this population. Health problems such as chronic diseases, pain, and reduced physical activity often negatively affect the functionality and independence of older adults. The aim of this study is to determine the quality of life of geriatric patients. *Research Methodology:* The

study was conducted on a sample of 81 older adults (mean age 75.35 years) using descriptive statistics and questionnaires that measured body mass, presence of diseases, pain level, use of aids, physical activity, social support, and quality of life. *Results:* The results showed that most participants suffered from cardiovascular (64.2%) and neurological diseases (58%), while 63% were overweight. The average perception of quality of life was higher ($M = 3.16$) than satisfaction with health ($M = 2.43$). The lowest scores were recorded in the physical health domain ($M = 33.47$), while the social ($M = 52.37$) and mental health domains ($M = 48.97$) indicated moderate levels of satisfaction. Participants rated the environmental domain the highest ($M = 60.73$). A total of 18.5% of respondents were not included in any form of physiotherapy intervention. *Discussion:* The results indicate multiple factors affecting the quality of life of older adults in palliative care, including the presence of chronic diseases, reduced mobility, and frequent pain. Nevertheless, participants rated the environmental domain highest, which may reflect good adaptation and accessibility of care. These findings highlight the importance of a multidisciplinary team approach, with particular emphasis on the role of physiotherapy in maintaining functionality and psychosocial well-being of patients. *Conclusion:* Integrating physiotherapy into palliative and preventive care represents a key component in maintaining functional ability and enhancing the overall quality of life of older adults.

Keywords: *physiotherapy, chronic diseases, quality of life, palliative care, older adults.*

UVOD

Porast populacije treće životne dobi jedan je od javno zdravstvenih obilježja današnjeg vremena te je iz demografskih trendova globalno vidljiva daljnja projekcija rasta ove populacije (United Nations, 2017). Starenje prirodno dovodi do smanjenja aerobne snage i mišićne mase, što povećava rizik od padova, gubitka neovisnosti i općenito negativno utječe na kvalitetu života starijih osoba (Barnes, Yaffe, 2011). Često ovi pacijenti imaju različite morbiditete, odnosno neurološke, kardiovaskularne, onkološke i/ili neke druge bolesti. Do porasta broja oboljelih i smrtnosti kao posljedica kroničnih nezaraznih bolesti i karcinoma u današnje vrijeme zaslužan je suvremeni način života, te samim time oboljeli trebaju palijativnu skrb (Brkljačić et al, 2013). Ona pacijentima suočenim sa smrtonosnim ishodom te njihovim obiteljima poboljšava kvalitetu života (Brkljačić et al, 2013). Neophodan je timski način rada, a važnu ulogu u timu ima fizioterapeut (Brumnić et al., 2010; Benko i Jurinić, 2019). Cilj ovoga rada je utvrditi kvalitetu života pacijenata gerijatrijske dobi, a koji su korisnici palijativne skrbi.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje kvalitete života osoba gerijatrijske dobi provedeno je tijekom 2025. godine. U njemu je sudjelovao 81 ispitanik s područja vikovačke regije. Uzorkovanje je provedeno metodom „snježne grude“. Sudjelovanje u istraživanju je bilo dobrovoljno. Ispunjavanjem upitnika ispitanici su ujedno dali pristanak za prikupljanje i obradu podataka.

Prvi dio upitnika su opće informacije o pacijentu (dob, spol, tjelesna masa, tjelesna visina, zastupljenost boli, prisutnost morbiditeta, obavljeni operativni zahvati koji negativno utječu na kvalitetu života, primjena pomagala prilikom hoda, učestalost provođenja fizioterapije). Na

osnovu podataka o tjelesnoj masi i visini izračunat je indeks tjelesne mase (ITM). Drugi dio upitnika je World Health Organization Quality of Life – BREF Version (WHOQOL-BREF), (WHO, 2020). Sadrži 26 čestica te procjenjuje zadovoljstvo kvalitetom života pomoću Likertove skale, raspon odgovor 1 (u potpunosti se ne slažem) do 5 (u potpunosti se slažem). Prva čestica je otvorenog tipa i odnosi na eventualnu trenutnu prisutnost neke bolesti, dok se druge dvije čestice odnose na procjenu kvalitete i zadovoljstvo vlastitim životom i zatvorenog su tipa. Pitanja od 3. do 26. se odnose na 4 različite domene kvalitete života (tjelesno i mentalno zdravlje, socijalna interakcija, zadovoljstvo okolišem). Za primjenu navedenog upitnika dobivena je dozvola Svjetske zdravstvene organizacije.

Za analizu podataka korišten je program IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) verzija 21.0. Primijenjena je deskriptivna statistika.

REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 81 ispitanika (48,1% (N=39) muškaraca i 51,9% (N=42) žena), s rasponom godina od 60 do 92 ($M=75,35 \pm 8,55$). Tablica 1. prikazuje osnovne deskriptive podatke (starost, visinu, težinu, BMI i razinu boli) ispitanika koji su sudjelovali u našem istraživanju. Indeks tjelesne mase ukazuje da manji dio ispitanika ima normalnu masu (37% (N=30)), dok ostali ispitanici, njih ukupno 63% (N=51) ima ili prekomjernu masu (36%, N=29) ili je pretilo (27%, N=22). Tablica 2. prikazuje razinu boli prema kategorijama. Najveći broj ispitanika, 61,7% (N=50) ima umjereno razinu bol, dok jaku bol ima skoro petina ispitanika, odnosno njih 18,5% (N=15). Svega 4,9% (N=4) ispitanika ne osjeća bol.

Tablica 1. Deskriptivi podatci ispitanika za starost, visinu, težinu, BMI i razinu boli

Stavke upitnika	N	Min	Max	M	Med	SD
Koliko imate godina	81	60	92	75,35	70	8,55
Koja je Vaša visina?	81	150	195	168,81	169	9,33
Koja je Vaša težina?	81	48	130	76,83	75	15,81
BMI	81	18,4	38,5	26,92	27,00	4,33
Razina boli 0-10	81	0	10	5,47	5	2,44

Legenda: N=broj ispitanika, Min=minimum, Max=maksimum, M=aritmetička sredina, Med=medijan, SD=standardna devijacija

Tablica 2. Razina boli ispitanika

Razina boli	Frekvencija	Postotak
Nema boli	4	4,9
Niska razina boli (1 do 3)	12	14,8
Umjerena razina boli (4 do 7)	50	61,7
Jaka bol (8 do 10)	15	18,5
Ukupno	81	100,0

Zastupljenost morbiditeta prikazana je u Tablici 3. Od ukupnog broja ispitanika (N=81) kardiovaskularne bolesti ima 64,2% (N=52), neurološke 58% (N=47), a onkološke 14,8% (N=12) ispitanika. Od ukupnog broja kardiovaskularnih bolesnika (N=52) najčešće kardiovaskularne bolesti koje su ispitanici naveli su povišeni krvni tlak (84,6%, N=44) i povišene masnoće u krvi (32,7%, N=17). Od ukupnog broja ispitanika koji su neurološki bolesnici (N=47) najviše ih je imalo moždani udar (66%, N=31). Najčešća onkološka dijagnoza je karcinom prostate (25%, N=3). Dijabetes melitus ima 27,2 % (N=22) ispitanika, a 34,6% (N=28) ispitanika je imalo operativni zahvat koji je negativno utjecao na njihovu pokretljivost. Ostali detalji o zastupljenost morbiditeta ispitanika nalaze se u Tablici 3.

Tablica 3. Prisutnost morbiditeta među ispitanicima

Stavke upitnika	Jeste li KV bolesnik?		Povišeni tlak		Povišene masnoće u krvi		Angina pectoris		Srčani udar		Ostalo	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Da	52	64,2	44	84,6	17	32,7	4	7,7	4	7,7	4	7,7
Ne	29	35,8	8	15,4	35	67,3	48	92,3	48	92,3	48	92,3
Ukupno	81	100	52	100	52	100	52	100	52	100	52	100
Stavke upitnika	Jeste li neurološki bolesnik?		CVI		MP		Spinalne lezije		MS		Ostalo	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Da	47	58	31	66	8	17	8	12,8	3	6,4	4	8,51
Ne	34	42	16	34	39	83	41	81,2	44	93,6	43	91,49
Ukupno	81	100	47	100	47	100	47	100	47	100	47	100
Stavke upitnika	Jeste li onkološki bolesnik?		Prostata		Maternic a		Mozak		Pluća		Ostalo	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Da	12	14,82	3	25	2	16,7	2	16,67	1	8,3	4	33,33
Ne	69	85,18	9	75	10	83,3	10	83,33	11	91,7	8	67,67
Ukupno	81	100	12	100	12	100	12	100	12	100	12	100

Legenda: KV=kardiovaskularni; N=broj, CVI=cerebrovaskularni inzult; MP – Morbus Parkinson; MS – Multipla skleroza

Od ukupnog broja ispitanika (N=81) njih 34,5% (N=28) ispitanika je imalo neki operativni zahvat kojeg navode kao uzrok smanjene pokretljivosti ili nepokretnosti; pomagalo pri hodu koristi povremeno 7,4% (N=6) odnosno svakodnevno 39,5% (N=32) ispitanika, 30,9% (N=25) ih je nepokretno, dok njih 22,2% (N=18) nema potrebu koristi pomagalo pri hodu; fizioterapiju svakodnevno provodi 22,2% (N=18) ispitanika, periodično ju provodi 59,3% (N=48), a nikada 18,5% (N=15).

Tablica 4. prikazuje deskriptivnu statistiku kvalitete života ispitanika (N=81) prema upitniku WHOQOL-BREF. Ispitanici su najzadovoljniji domenom okoliša ($M=60,73 \pm 17,92$), dok su najnezadovoljniji domenom tjelesnog zdravlja ($M=33,47 \pm 19,78$).

Tablica 4. Deskriptivni pokazatelji kvalitete života prema upitniku WHOQOL-BREF

WHOQOL-BREF upitnik	N	Min	Max	M	Med	SD
Procjena kvalitete života	81	1	5	3,16	3,00	1,07
Zadovoljstvo svojim zdravljem	81	1	5	2,43	2,00	1,04
Domena tjelesnog zdravlja	81	3,57	100,00	33,47	28,57	19,78
Domena mentalnog zdravlja	81	0	95,83	48,97	50,00	21,39
Domena socijalne interakcije	81	0	100,00	52,37	58,33	19,95
Domena zadovoljstva okolišem	81	3,13	100,00	60,73	62,50	17,92
Ukupno	81					

Legenda: N=broj ispitanika, Min=minimalno, Max=maksimalno, M=aritmetička sredina, Med=medijan, SD=standardna devijacija

RASPRAVA

Republika Hrvatska se, kao i brojne druge zemlje, suočava s demografskim starenjem stanovništva (Đorđević et al, 2013; DZS, 2021). U Hrvatskoj je udio osoba starijih od 80 godina u posljednjih 20-ak godina porastao za 6% (DZS, 2021). Starenje je neizostavan progresivan proces, pri čemu dolazi do različitih promjena organizma (Znika, Tomek-Roksandić, 2023). Unatoč napretku medicine i duljem životnom vijeku (Đorđević et al, 2013; Znika, Tomek-Roksandić, 2023) mnogi stariji ljudi se suočavaju s kroničnim bolestima, funkcionalnim ograničenjima i smanjenom samostalnošću. Starenje dovodi do smanjenja mišićne snage, fleksibilnosti i ravnoteže, a redoviti fizioterapijski tretmani mogu usporiti ove negativne promjene (de Labra et al, 2015). Produljenje životnog vijeka, praćeno narušenim zdravljem, predstavlja izazov za pojedinca, njegovu obitelj i društvo u cjelini (Lin et al., 2016; Znika, Tomek-Roksandić, 2023). Stoga je kvaliteta života u gerijatrijskoj dobi složeni koncept, a obuhvaća psihičkofizičko i socijalno blagostanje pojedinca (Popović et al, 2023).

Rezultati našeg istraživanja pokazuju učestalu prisutnost čimbenika koji mogu negativno utjecati na kvalitetu života, poput boli, prekomjerne tjelesne mase te različitih morbiditeta. Značajan udio ispitanika boluje od kardiovaskularnih (64,2%) i neuroloških (58%) bolesti s posebnim naglaskom na povišeni krvni tlak (84,6%) i moždani udar (66%). Kardiovaskularne bolesti, poput hipertenzije i ateroskleroze, učestalo se pojavljuju kod starijih osoba, a povezane su s povećanim rizikom od kognitivnog pada funkcija i moždanog udara (Fabiani et al, 2021). Neurološke bolesti, uključujući Alzheimerovu i Parkinsonovu bolest, nastaju kao posljedica degenerativnih procesa, smanjenja funkcije matičnih stanica i povećane smrti neurona, a značajno ograničavaju aktivnosti svakodnevnog života starijih osoba (Barnes, Yaffe, 2011). Ozljede središnjeg živčanog sustava, poput mikroinfarkta i mikrokrvarenja, akumuliraju se tijekom života, pridonoseći razvoju kognitivnih oštećenja i demencije (Vetrano et al, 2018). Onkološke bolesti također sve češće pogađaju stariju populaciju, pri čemu su osobe starije od 65 godina najzastupljenije u ovim dijagnozama i smrtnim ishodima povezanim s tumorima (Barnes, Yaffe, 2011). Rezultati našeg istraživanja pokazuju da 14,8% ispitanika boluje od neke vrste onkološke bolesti. Incidencija malignih bolesti značajno raste s godinama (Wildiers et al,

2014). Starije osobe s karcinomom često imaju i druge kronične bolesti, što dodatno komplicira liječenje (Kadambi et al, 2020). U našem istraživanju četvrtina ispitanika (27,2%) ima dijabetes mellitus (DM2). I drugi autori navode visoku zastupljenost DM2 u gerijatrijskoj populaciji (Davies et al, 2018). Metabolički poremećaji, kao što je DM2, dodatno povećavaju rizik za kognitivna oštećenja i razvoj neurodegenerativnih bolesti, dodatno narušavajući kvalitetu života (Maiese, 2023). Prekomjernu tjelesnu masu odnosno pretilost ima 63% ispitanika, što značajno povećava rizik za razvoj kroničnih bolesti, a ujedno može otežati provođenje svakodnevnih aktivnosti. Prosječan ITM u našem uzorku iznosio je 26,92, što upućuje na kategoriju prekomjerne težine i podudara se s rezultatima Haftenbergera i suradnika (2010), koji su kod osoba starijih od 65 godina utvrdili prosječan ITM od 27,4. U našem istraživanju 22,2% ispitanika nema potrebu koristiti pomagalo pri hodu, 30,9% ispitanika nije pokretno, dok ostali koriste pomagalo privremeno ili svakodnevno, ovisno funkcionalnom status. Velika učestalost padova osoba starije životne dobi povećava troškove liječenja, a u konačnici i smrtnost (Muchna et al, 2018).

Longitudinalna studija Yerrakalve i suradnika (2023) pokazala je da se povećanje sedentarnog ponašanja za 1 sat/dan godišnje povezano sa smanjenjem kvalitete života. Gerijatrijski pacijenti koji imaju rizik od pada primjenjujući pomagala pri hodu ostvaruju veću neovisnost i manje padova (Sakano et al, 2023). Starije osobe koje primjenjuju pomagala trebaju u prosjeku 3,8 sati manje pomoći dnevno (Marasinghe et al, 2022).

Zastupljenost umjerene do jake boli u našem istraživanju je vrlo visoka (80,2%), što može umanjivati funkcionalnost i psihofizičko stanje osobe. Cirino i suradnici (2021) navode da kronična bol zahvaća 60-80% starijih osoba, osobito onih s neurološkim i kardiovaskularnim bolestima. Učestalost jake boli naglašava potrebu za kvalitetnom palijativnom skrbi.

Rezultati našeg istraživanja pokazuju (Tablica 4) da je sveukupna percepcija kvalitete života ispitanika veća nego njihovo zadovoljstvo zdravljem ($M=3,16$ naspram $M=2,43$). Zadovoljstvo tjelesnim zdravljem je relativno nisko ($M = 33,47$), što je očekivano s obzirom na visoku zastupljenost kroničnih bolesti, smanjenu pokretljivost i prisutno opće funkcionalno ograničenje. Ostvareni rezultat u socijalnoj domeni ($M = 52,37$) ukazuje na umjerenu razinu kvalitete socijalnih odnosa, što može odražavati djelomičnu, ali ne i potpunu podršku i uključenost okoline. Pružanje socijalne podrške izravno poboljšava dobrobit kod starijih ljudi (Zanjari i sur., 2022) i kvalitetu njihova života (Moghadam et al, 2020). Socijalna podrška prijatelja, obitelji i susjeda značajno poboljšava mentalno zdravlje kroz veću životnu satisfakciju i aktivnosti, olakšan pristup zdravstvenoj skrbi i povećanu socijalnu uključenost (Dong et al, 2024). Socijalna podrška ima psihološku dobrobit za palijativne pacijente (Redondo Elvira et al, 2023). Umjerena razina zadovoljstva mentalnim zdravljem ($M=48,97$) može ukazivati na različitu problematiku s kojima se suočavaju ovi pacijenti, primjerice anksioznost (Hess et al, 2023). Anksioznost doprinosi smanjivanju kvalitet života vezano za zdravlje kod starijih osoba (Dangerfield et al, 2023). Psihičko blagostanje ima značajnu ulogu u očuvanju kvalitete života kod starijih osoba, doprinoseći emocionalnoj stabilnosti, smanjenju depresivnih simptoma i povećanju osjećaja svrhe (da Silva et al, 2022). Naši ispitanici su najbolje ocijenili zadovoljstvo okolišem ($M=60,73$). Kod starijih osoba u palijativnoj fazi, tjelesna i psihološka funkcija mogu biti ozbiljno narušene, što smanjuje zadovoljstvo u tim domenama. U tom kontekstu, relativno bolja ocjena okoliša može ukazivati na to da ispitanici

svoje fokusiranje i procjenu usmjeravaju na one aspekte života koje mogu još kontrolirati – kao što su dom, okolišna sigurnost, pristup uslugama, i sl. te da ti aspekti postaju važniji i subjektivno vrednovaniji.

Fizioterapija, kao sastavni dio palijativne skrbi, značajno doprinosi smanjenju boli, poboljšanju pokretljivosti te očuvanju samostalnosti starijih osoba u palijativnoj fazi bolesti (Higginson i Evans, 2010; Vradelis et al, 2025). Ima bitnu ulogu u očuvanju i unaprjeđenju kvalitete života palijativnih bolesnika (Navarro-Meléndez et al, 2023; Vradelis et al, 2025). U okviru palijativne skrbi, fizioterapeut pruža podršku u održavanju što veće razine neovisnosti, ali i doprinosi emocionalnom i psihosocijalnom blagostanju pacijenta. Intervencije poput individualno prilagođenih vježbi, edukacije o pravilnoj mehanici pokreta te primjene elektroterapije ili manualnih tehnika mogu imati pozitivan učinak na smanjenje boli i poboljšanje funkcionalnosti. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da 18,5% ispitanika nije uključeno ni u jedan oblik fizioterapijske intervencije. Brojni fizioterapeuti smatraju da su prekasno uključeni u liječenje bolesnika (Vradelis et al, 2025).

Dobiveni rezultati podupiru biopsihosocijalni model zdravlja, koji ističe međusobnu povezanost tjelesnih, psiholoških i socijalnih aspekata u očuvanju kvalitete života starijih osoba (WHO, 2002).

ZAKLJUČAK

Rezultati našeg istraživanja pokazuju da starije osobe u palijativnoj skrbi, unatoč višestrukim kroničnim bolestima i funkcionalnim ograničenjima, održavaju relativno visoku percepciju kvalitete života u domeni okoliša, dok su tjelesno i mentalno zdravlje osjetno ugroženi. Socijalna podrška i primjena fizioterapijskih intervencija imaju važnu ulogu u očuvanju neovisnosti, smanjenju boli i poboljšanju psihosocijalnog blagostanja, čime doprinose ukupnoj kvaliteti života. Ovi nalazi naglašavaju potrebu za sveobuhvatnom, multidisciplinarnom skrbi koja integrira medicinske, funkcionalne i socijalne aspekte kod gerijatrijskih i palijativnih pacijenata.

LITERATURA

1. Barnes, D. E., & Yaffe, K. (2011). The projected effect of risk factor reduction on Alzheimer's disease prevalence. *The Lancet. Neurology*, 10(9), 819–828.
2. Benko, S., & Jurinić, A. (2019). Uloga fizioterapeuta u palijativnoj skrbi. Redakcijski odbor *Zbornik Sveučilišta Libertas*, 4(4), 31-41. Zagreb: Libertas međunarodno Sveučilište.
3. Brkljačić, M., Belev, B., Čengić, T., Šamija, M., Strnad, M. (2013). Palijativna Medicina: Temeljna načela i organizacija, klinički pristup terminalnom bolesniku. Zagreb: Medicinska etika.
4. Brumnić, V., Ebling, Z., Đeri, K., Čupić, N., & Ebling, B. (2010). Uspješnost liječenja boli i popratnih simptoma u osoba oboljelih od raka u osječkoj regiji. *Medicinski vjesnik*, 42(1-2), 21–30.

5. Cirino, N., Aquino, M. P., Lima, C., Santos, F., Ventura, M., & Perracini, M. (2021). Is chronic pain experience different for frail older adults? A cross-sectional exploratory study [Conference abstract]. *World Physiotherapy Congress 2021*.
6. Dangerfield, H. J., Scott, J. M., Zohn, J. H., Segal, D. L., & Benton, M. J. (2023). Relationship between anxiety and quality of life among older adults with self-reported polypharmacy in long-term care: A cross-sectional study. *Journal of Advanced Nursing*, 79(9), 3559-3568.
7. da Silva, T. B. L., Dos Santos, G., Moreira, A. P. B., Ishibashi, G. A., Verga, C. E. R., de Moraes, L. C., Lessa, P. P., Cardoso, N. P., Ordonez, T. N., & Brucki, S. M. D. (2021). Cognitive interventions in mature and older adults, benefits for psychological well-being and quality of life: a systematic review study. *Dementia & neuropsychologia*, 15(4), 428-439.
8. Davies, M. J., D'Alessio, D. A., Fradkin, J., Kernan, W. N., Mathieu, C., Mingrone, G., ... & Buse, J. B. (2018). *Management of hyperglycemia in type 2 diabetes, 2018. A consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and the European Association for the Study of Diabetes (EASD)*. *Diabetes Care*, 41(12), 2669–2701.
9. de Labra, C., Guimaraes-Pinheiro, C., Maseda, A., Lorenzo, T., & Millán-Calenti, J. C. (2015). Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC geriatrics*, 15, 154.
10. Dong, Y., Cheng, L., & Cao, H. (2024). Impact of informal social support on the mental health of older adults. *Frontiers in public health*, 12, 1446246.
11. Državni zavod za statistiku (DZS). (2021). Demografska slika Europe: vizualizacija statističkih podataka. Dostupno na: https://web.dzs.hr/demography/img/pdf/Demograh-InteractivePublication-2021_hr.pdf?lang=hr [30.10.2025.]
12. Đorđević, V., Braš M., Brajković L. (2013). *Osnove palijativne medicine*. Zagreb: Medicinska naklada.
13. Fabiani, M., Rypma, B., & Gratton, G. (2021). Aging and cerebrovascular health: Structural, functional, cognitive, and methodological implications. *Psychophysiology*, 58(7), e13842.
14. Haftenberger, M., Heuer, T., Heidemann, C., Höfer, J., Krems, C., & Mensink, G. B. M. (2010). Overweight and obesity in Germany: Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5), 786–794.
15. Hess, D. L., Fowler, M. E., Harmon, C., Giri, S., & Williams, G. R. (2023). Anxiety is associated with geriatric assessment impairments and reduced quality of life among older adults with colorectal cancer: results from the CARE registry. *Clinical colorectal cancer*, 22(4), 383-389.
16. Higginson, I. J., & Evans, C. J. (2010). What is the evidence that palliative care teams improve outcomes for cancer patients and their families? *Cancer Journal*, 16(5), 423–435.
17. Kadambi, S., Loh, K. P., Dunne, R., Magnuson, A., Maggiore, R., Zittel, J., Flannery, M., Inglis, J., Gilmore, N., Mohamed, M., Ramsdale, E., & Mohile, S. (2020). Older adults with cancer and their caregivers - current landscape and future directions for clinical care. *Nature reviews. Clinical oncology*, 17(12), 742–755.

18. Lin, P. S., Hsieh, C. C., Cheng, H. S., Tseng, T. J., & Su, S. C. (2016). Association between physical fitness and successful aging in Taiwanese older adults. *PloS one*, 11(3), e0150389.
19. Maiese K. (2023). The impact of aging and oxidative stress in metabolic and nervous system disorders: programmed cell death and molecular signal transduction crosstalk. *Frontiers in immunology*, 14, 1273570
20. Marasinghe, K. M., Chaurasia, A., Adil, M., Liu, Q. Y., Nur, T. I., & Oremus, M. (2022). The impact of assistive devices on community-dwelling older adults and their informal caregivers: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 22, 897.
21. Moghadam, K., Mansour-Ghanaei, R., Esmaeilpour-Bandboni, M., & Atrkar-Roshan, Z. (2020). Investigating the relationship between social support and quality of life in the elderly. *Journal of Education and Health Promotion*, 9, 215.
22. Muchna, A., Najafi, B., Wendel, C. S., Schwenk, M., Armstrong, D. G., & Mohler, J. (2018). Foot problems in older adults: Associations with incident falls, frailty syndrome, and sensor-derived gait, balance, and physical activity measures. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 108(2), 126-139.
23. Navarro-Meléndez, A., Gimenez, M. J., Robledo-Donascimento, Y., Río-González, A., & Lendínez-Mesa, A. (2023). Physiotherapy applied to palliative care patients: a descriptive practice-based study. *BMC Palliative Care*, 22(1), 99.
24. Popović, B., Zaviđić, T., Radošević Quadranti, N. i Pelčić, G. (2023). Kvaliteta života u starijih osoba. *Jahr*, 14 (2), 315-324.
25. Redondo Elvira, T., Ibanez del Prado, C., & Cruzado, J. A. (2023). Psychological well-being in palliative care: a systematic review. *OMEGA-Journal of Death and Dying*, 87(2), 377-400.
26. Sakano, Y., Murata, S., Goda, A., & Nakano, H. (2023). Factors Influencing the Use of Walking Aids by Frail Elderly People in Senior Day Care Centers. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(6), 858.
27. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2017). *World population ageing 2017: Highlights* (ST/ESA/SER.A/397). United Nations.
28. Vetrano, D. L., Rizzuto, D., Calderón-Larrañaga, A., Onder, G., Welmer, A. K., Bernabei, R., Marengoni, A., & Fratiglioni, L. (2018). Trajectories of functional decline in older adults with neuropsychiatric and cardiovascular multimorbidity: A Swedish cohort study. *PLoS medicine*, 15(3), e1002503.
29. Vradelis, P., Pape, A. E., Gschnell, M., & Volberg, C. (2025). Physiotherapy in German Palliative Care – A Nationwide Survey Among Physiotherapists. *Cancers*, 17(8), 1311.
30. Wildiers, H., Heeren, P., Puts, M., Topinkova, E., Janssen-Heijnen, M. L., Extermann, M., ... & Hurria, A. (2014). *International Society of Geriatric Oncology consensus on geriatric assessment in older patients with cancer*. *Journal of Clinical Oncology*, 32(24), 2595–2603.
31. World Health Organization. (2002). *Active ageing: A policy framework*. Geneva: World Health Organization.
32. World Health Organization. Dostupno na: <https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-bref/docs/default-source/publishing-policies/whoqol-bref/serb-croat-bosnian-whoqol-bref> (20.05.2025.)
33. Yerrakalva, D., Hajna, S., Suhrcke, M., Wijndaele, K., Westgate, K., Khaw, K. T., Wareham, N., Brage, S., & Griffin, S. (2023). Associations between change in physical

- activity and sedentary time and health-related quality of life in older english adults: the EPIC-Norfolk cohort study. *Health and quality of life outcomes*, 21(1), 60.
34. Zanjari, N., Momtaz, Y. A., Kamal, S. H. M., Basakha, M., & Ahmadi, S. (2022). The Influence of Providing and Receiving Social Support on Older Adults' Well-being. *Clinical practice and epidemiology in mental health: CP & EMH*, 18, e174501792112241.
35. Znika, M., & Tomek-Roksandić, S. (2023). Health locus of control and sociodemographic factors in older adults: Insights from exercise programs–Cross-sectional study. *Journal of health sciences*, 13(3), 181-186.

OZLJEDA ILI BOL – PERCEPCIJA I TOLERANCIJA BOLI KOD SPORTAŠA

INJURY OR PAIN – PERCEPTION AND TOLERANCE OF PAIN IN ATHLETES

Iva Gašpar

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

ig524010@vevu.hr

Katarina Kovačević

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

kkovacevic@vevu.hr

Vanja Matković

Klinički bolnički centar Osijek

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

vanja.bucan@gmail.com

Sažetak

Bol se smatra kao fiziološki odgovor tijela na oštećenje tkiva ili prekomjerno naprezanje koje igra ključnu ulogu u zaštiti organizma te se razlikuje od drugih osjeta. Kod sportaša, bol može imati različite uzroke i funkcije, ovisno o vrsti sporta, intenzitetu treninga te specifičnosti povreda. Ona može biti signal za potrebu za oporavkom, zaštitu od ozbiljnih ozljeda ili može ukazivati na nepravilan način treninga ili natjecanja. Uloga boli kod sportaša može biti zaštitna, jer upozorava na moguće oštećenje tkiva ili zglobova, što omogućuje da sportaš smanji intenzitet aktivnosti i spriječi nastanak većih ozljeda. Bol može imati i važnu ulogu u procesu oporavka, jer tijelu daje signal za potrebu za odmorom i regeneracijom. Ona može biti i motivirajući faktor, jer sportaši često razvijaju visoku toleranciju na bol i nastoje ignorirati bolove kako bi postigli što bolje rezultate. Cilj ovoga rada je prikazati ulogu i značaj boli kod sportaša, te povezanost boli i ozljede u sportu.

Ključne riječi: *percepcija boli, sport, sportska ozljeda.*

Abstract

Pain is considered a physiological response of the body to tissue damage or excessive strain that plays a key role in protecting the body and is different from other sensations. In athletes, pain can have different causes and functions, depending on the type of sport, the intensity of training and the specific nature of the injury. It can be a signal for the need for recovery, protection from serious injuries or it can indicate an incorrect way of training or competition. The role of pain in athletes can be protective, as it warns of possible tissue or joint damage, which allows the athlete to reduce the intensity of activity and prevent the occurrence of major injuries. Pain can also play an important role in the recovery process, as it signals the body to need rest and regeneration. It can also be a motivating factor, as athletes often develop a high tolerance to pain and try to ignore pain in order to achieve the best possible results. The aim of this paper is to present the role and significance of pain in athletes, and connection between pain and injury in sports.

Keywords: *pain perception, sport, sports injury.*

UVOD

Bol je najčešći razlog posjeta hitnoj službi i često se susreće u primarnoj zdravstvenoj zaštiti, drugim izvanbolničkim i bolničkim ustanovama (Chou et al., 2020). Ona može značajno narušiti kvalitetu života osobe (Orr et al., 2017). Bol ima vrlo važnu ulogu u praksi, jer predstavlja ujedno i simptom i samu bolest, a može se pojaviti kao nagla, kratkotrajna, spora te dugotrajna (Sarta, 1996). Bolni doživljaj može imati senzornu, odnosno nociceptivnu, emocionalnu i kognitivnu sastavnicu, te utjecaj na obavljanje aktivnosti svakodnevnoga života (Filipec et al., 2019). Bol kao peti vitalni znak označava koncept koji ima u središtu prepoznavanje, procjenu i liječenje boli kao ključne aspekte za uspješnu kontrolu boli (Morone, Weiner, 2013).

Bol je neodvojivi element sportskog iskustva, neovisno o sportskoj disciplini (Salwin, Zajac, 2016). Stavovi sportaša prema boli i kognitivne strategije koje koriste dok osjećaju bol mogu se odraziti na njihovu razinu tolerancije na bol, izvedbu i pridržavanje plana rehabilitacije sportskih ozljeda (Pen, Fisher, 1994). Iako je došlo do značajnog napretka u poznavanju boli, još uvijek postoje neki izazovi koje treba prevladati kako bi se ti koncepti pravilno primijenili u sportu. Prvo, iskustvo boli treba razmatrati na temelju pristupa složenih sustava, što znači da iskustvo boli proizlazi iz dinamičkih i nelinearnih interakcija između mnogih (poznatih i nepoznatih) čimbenika (Alaiti, Reis, 2022). Također, važno je naglasiti da tjelesno aktivna djeca često imaju "bolove rasta", što mnogim roditeljima može predstavljati dilemu. Djeca koja ne sudjeluju u sportskim aktivnostima imaju veći rizik od nastanka ozljeda (Wojtys, 2017). Sport pozitivno utječe na fizičko i mentalno zdravlje, ali sportske ozljede kod mladih smanjuju sudjelovanje u tjelesnoj aktivnosti te posljedično negativno utječu na buduće zdravlje (Emery et al., 2015).

Međunarodni olimpijski odbor (MOK) objavio je konsenzus o liječenju boli kod vrhunskih sportaša poboljšavajući biopsihosocijalni pristup. Prema konsenzusu, racionalan pristup liječenju boli kod sportaša počinje klasifikacijom vrste boli. S ovog aspekta bol se može klasificirati prema vremenskom okviru (tj. akutna ili kronična), mehanizmu nastanka (tj. traumatska ili netraumatska) i prema manifestaciji (tj. postupna ili iznenadna). Bol se može klasificirati prema svojim mehanizmima kao nociceptivni, neuropatski ili nocioplastični (Alaiti, Reis, 2022).

BOL

Bol je fiziološka senzacija koja se razlikuje od drugih osjeta (Jajić et al., 1996). Međunarodno udruženje za proučavanje boli definira bol kao „neugodno osjetno i emocionalno iskustvo povezano sa stvarnim ili potencijalnim oštećenjem tkiva“. Ovom definicijom obuhvaćena je i tjelesna i psihička komponenta boli (Ivanušić, Harangozo, 2014). Opisuje se kao subjektivan, višedimenzionalan doživljaj, svjestan, ali neugodan aspekt psihosomatske reakcije. Bol nije primitivan osjet već proizvod složenih procesa (Filipec et al., 2019). Smatra se obrambenim mehanizmom pojedinih organa i cijelog tijela koji se javlja tijekom oštećenja tkiva bez obzira na etiologiju te time izaziva refleksnu i željenu reakciju odmicanja ili uklanjanja podražaja (Anić, 2007). Bol je način na koji tijelo upozorava na postojanje ozljede i da se mora učiniti

nešto u vezi s tim kako bi se osiguralo da dođe do ozdravljenja (Trachsel et al., 2023). Reakcija na bol razlikovat će se među osobama, a vezana je uz dob, spol, ličnost, etiologiju i trajanje boli (Jajić et al., 1996). Svaka bol je različita čak i ako su osobe doživjele slične ozljede (Trachsel et al., 2023). U kliničkom aspektu, bol ima i dijagnostičku funkciju, ukazujući na mjesto ozljede i prisutne patološke procese, kao i funkciju praćenja, jer povećanje ili smanjenje boli omogućuje procjenu stanja (Pawlak et al., 2024).

Podjela boli

Bol se može podijeliti prema osjećaju (površinska oštra ili brza, površinska žareća ili spora, duboka difuzna ili prenesena), jačini (slaba, umjerena, jaka i teška), vremenskom trajanju (akutna i kronična), obrascu (vaskularna, neurogena, mišićno koštana, emocionalna), mehanizmu nastanka (organska i psihogena) te se razlikuje patofiziološka podjela (Filipec et al., 2019).

Akutna bol je fiziološki odgovor na štetne podražaje koji mogu postati patološki, najčešće su iznenadnog početka, vremenski ograničeni i motiviraju ponašanja da se izbjegnu stvarne ili potencijalne ozljede tkiva. Obično traje manje od 7 dana, ali se često proteže i do 30 dana (Chou et al., 2020). Međutim, bol može postati kronična u različitim patološkim stanjima, potaknuta dugotrajnim upalnim oštećenjem tkiva ili ozljedom živca zbog traume, metaboličke disfunkcije, patogenih infekcija ili rasta tumora (Kuner, Kuner, 2021). Bol se obično smatra kroničnom ako traje ili se ponavlja dulje od 3 do 6 mjeseci, no definicije se razlikuju (Skelly et al., 2020). Definirana je kao bilo koja bol koja traje dulje od 3 mjeseca (Stretanski et al., 2025). Kronična bol je bol koja traje nakon procesa cijeljenja te je rezultat trajnog patološkog poremećaja (Puljak, Sapunar, 2014). Dugotrajna je, iscrpljujuća i nema zaštitnu ulogu te postaje kronični bolni sindrom (Jukić et al., 2011). Ona značajno utječe na fizičko i mentalno funkcioniranje, produktivnost, kvalitetu života i obiteljske odnose, vodeći je uzrok invaliditeta, a često je otporna na liječenje i predstavlja globalni javnozdravstveni problem (Skelly et al., 2020).

Prema mehanizmu nastanka bol se može podijeliti na organsku i psihogenu. Organska bol nastaje uslijed ozljede tkiva ili bolesti te može biti nocicepcijska i neuropatska (Filipec et al., 2019). Nocicepcijska bol može biti somatska i visceralna. Somatska bol nastaje podraživanjem perifernih nociceptora u oštećenome tkivu (kosti, zglobovi, vezivno tkivo, mišići itd.) te je najčešće kontinuirana i dobro lokalizirana. Visceralna bol nastaje ozljedom unutarnjih organa, ne u svima, koju prepoznaju visceralni nociceptori vezani za autoimuni živčani sustav te je difuzna, slabo lokalizirana i može biti iradirajuća. Neuropatska bol nastaje izravnim oštećenjem živčanog tkiva kao posljedica kirurškog zahvata ili ozljede (Jukić et al., 2011). Psihogena bol je uzrokovana emocionalnim konfliktom ili psihosocijalnim problemom, stalna je i teška bol za koju ne postoji organski uzrok odnosno fiziološki poremećaj (Filipec et al., 2019).

Procjena boli

Procjena boli vrlo je važna za razumijevanje, kontroliranje i ublažavanje boli (Matković et al., 2019). Valjana i pouzdana procjena boli ima ključnu ulogu za učinkovito liječenje boli, ali i za klinička ispitivanja (Breivik et al., 2008; Scher et al., 2020). Važan aspekt procjene boli je

prepoznavanje utjecaja raznih komorbiditeta i psihosocijalnih odrednica zdravlja koje utječu na bol. Komorbidni poremećaji raspoloženja dovode do pogoršanja boli, a liječenje navedenog poremećaja raspoloženja ublažava bol pacijenta (Dydyk, Grandhe, 2023). Objektivne mjere boli, posebno kronične, pomažu u standardizaciji usmjeravanja pacijenata i zdravstvenih djelatnika na bol, s ciljem smanjenja boli i poboljšanja funkcije i kvalitete života (Dydyk, Grandhe, 2023; Haefeli, Elfering, 2006). Prilikom procjene boli vrlo je važno obratiti posebnu pažnju na znakove upozorenja koji se smatraju kliničkim pokazateljima da postoji ozbiljna biopsihosocijalna podloga boli koja zahtjeva daljnju i dublju medicinsku intervenciju te agraviirajuće znakove koji su psihosocijalni pokazatelj koji upućuju na povećani rizik od progresije osnovne bolesti, odnosno vjerojatnosti razvoja trajnih problema (invalidnosti) (Filipec et al., 2019).

Akutna bol se može pouzdano procijeniti s jednodimenzionalnim skalama (Breivik et al., 2008). Najčešće korištene jednodimenzionalne skale su Vizualno analogna skala (VAS), Verbalna numerička skala (VNS), Verbalna ordinalna skala (VOS) te skala boli s licima (Filipec et al., 2019). Procjena kronične boli i njezin utjecaj zahtjeva višedimenzionalne kvalitativne alate i instrumente (Breivik et al., 2008). Najčešći višedimenzionalni mjerni instrumenti koji se koriste su dnevnik boli, crtež boli na karti tijela, kratki upitnik o boli, McGillov upitnik o boli, kratki McGillov upitnik o boli. Također, razvijeni su mnogobrojni specifični upitnici za pojedina bolna stanja (Filipec et al., 2019). Tri opće vrste ljestvica za mjerenje boli pokazale su se korisnima u raznim kliničkim i istraživačkim okruženjima; kategorijska ljestvica, vizualna analogna ljestvica i numerička ljestvica (Cleeland, 2021).

BOL U SPORTU

Bol je neizbježan dio sportskog iskustva, bez obzira na vrstu sporta, uključuje li disciplina kontakt s drugim sportašima ili ne. Svi sportaši se suočavaju s boli koja može biti rezultat intenzivnog treninga, natjecanja ili ozljeda (Ležnicka et al., 2016). Smatra se složenim jedinstvenim iskustvom za svakog sportaša koja zahtjeva interpretaciju i može biti izazovno za razumijevanje, suočavanje i upravljanje. Svi članovi sportskog tima moraju razumjeti utjecaj boli na sportske performanse, svakodnevni život izvan sporta, identitet sportaša i strategije suočavanja koje sportaši koriste za upravljanje boli (Purcell et al., 2024).

Bol u sportu može biti rezultat unutar mišićnih pritisaka, mišićnih distorzija, nakupljenih štetnih metabolita i kontakta. Istraživanja koja uspoređuju doživljaj boli kod sportaša i ljudi koji se ne bave sportom uglavnom pokazuju da sportaši imaju višu toleranciju na bol (Pettersen et al., 2020). Bol u sportu ima i informativnu ulogu, ukazujući na maksimalni kapacitet opterećenja tijela odnosno fizička ograničenja, osobito onih područja koja su izložena maksimalnim opterećenjima i posljedično, oštećenjima ili ozljedama (Ležnicka et al., 2016). Tijekom natjecanja sportaši su vrlo često pod pritiskom trenera i navijača koji od njih očekuju nastavak aktivnost unatoč boli (Salwin, Zajac, 2016).

Sportaši koji se bave kontaktnim sportovima, posebno visoko kontaktnim, imaju veću toleranciju na bol i prijavljuju manji intenzitet boli od sportaša koji se bave beskontaktnim sportovima ili sportovima s niskim kontaktom (Thornton et al., 2017). Sportaši u kontaktnim sportovima suočavaju se s akutnom fizičkom boli u dijelu svog sporta (O'Farrell et al., 2022).

Sportaši koji se bave sportovima izdržljivosti također pokazuju veću toleranciju na bol od ostalih, a visoko trenirani plivači imaju veću toleranciju na bol od rekreativaca (Thornton et al., 2017). Istraživači su pretpostavili da dugotrajna tjelesna aktivnost može promijeniti percepciju boli i često su zaključili da sportaši imaju viši prag boli i veću toleranciju na bol. Međutim, dostupni znanstveni podaci o percepciji boli kod sportaša nedosljedni su i djelomično kontradiktorni (Tesarz et al., 2012). Bolja komunikacija između stručnjaka za medicinu boli i stručnjaka za sportsku medicinu ima značajan potencijal za poboljšanje razumijevanja i liječenja sportaša koji pate od boli (Igolnikov et al., 2018).

Da bi elitni sportaši trenirali i natjecali se na vrhunskim razinama, potrebno je učinkovito i djelotvorno upravljati njihovom boli (Zideman et al., 2018). Adekvatno liječenje kronične boli kod sportaša ovisi o prepoznavanju mehanizama boli i doprinosećih čimbenika s obzirom na višedimenzionalnu perspektivu. Na primjer, najčešće prijavljeni čimbenici rizika za bol u donjem dijelu leđa u sportu bili su veći obujam treninga sportaša, promjena na povećano opterećenje tijekom treninga i povijest boli u donjem dijelu leđa (Mortazavi, Zebardast i Mirzashahi, 2015). Ipak, psihosocijalni čimbenici, uključujući emocionalni stres, simptome tjeskobe, katastrofično razmišljanje i strah povezan s boli, bili su povezani s produljenim oporavkom i manjim stopama povratka sportu. Katastrofiziranje boli navedeno je kao najvažniji čimbenik povezan s povećanim intenzitetom boli kod ozlijeđenih sportaša. Literatura predstavlja dokaze da su strah povezan s boli, maladaptivna uvjerenja, katastrofiziranje i izbjegavanje ključni čimbenici u razvoju invaliditeta kod kroničnih mišićno-koštanih i primarnih bolnih stanja (Alaiti, Reis, 2022).

Bol u donjem dijelu leđa kod sportaša jedan je uobičajeni problem u sportu koji može negativno utjecati na izvedbu i pridonijeti prijevremenom umirovljenju (Thornton et al., 2021). Elitni sportaši imaju viši stupanj tjelesne aktivnosti i stoga mogu imati veći rizik od razvoja bolova u leđima. Puno vremena provode na treninzima i natjecanjima, što njihova tijela podvrgava velikom mehaničkom naprezanju, a time i visokom stresu na mišićno-koštani sustav. Ovisno o sportskoj disciplini, taj je stres iznimno visok, posebno u godinama od adolescencije kada počinju elitni natjecateljski sportovi, pa sve do vrhunca u dobi do 40 godina (Trompeter et al., 2017). Trajanje, intenzitet i učestalost treninga, vrsta sporta, razini natjecanja i razdoblja treninga tijekom godine mogu utjecati na naprezanje leđne muskulature, te posljedično boli. Bol u leđima kod sportaša može dovesti do visokih troškova liječenja, napuštanja treninga i natjecanja, smanjene kvalitete života i ograničenja performansi (Farahbakhsh et al., 2018). Sportaši, treneri, liječnici i fizioterapeuti trebali bi biti upoznati s problemom bolova u leđima kod sportaša i nastojati integrirati preventivne programe u svakodnevni trening (Trompeter et al., 2017). Rezultati istraživanja Yabe et al. (2021) pokazuju da sudionici između 6 i 8 godina starosti imali su najnižu prevalenciju križobolje, koja se povećavala sa starenjem i dosegla najveći udio od u dobi od 13 do 14 godina., te igrači su imale značajno veći udio boli u donjem dijelu leđa nego igrači. Što se tiče sportske discipline, prevalencija križobolje veća je u košarci, rukometu i odbojci, odnosno ona je ovisila o dobi, spolu i sportskoj disciplini. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se razjasnila povezanost pokreta specifičnih za sport s bolovima u donjem dijelu leđa u svakoj sportskoj disciplini (Yabe et al., 2021).

OZLJEDA ILI BOL

Ozljeda je svako oštećenje tkiva nastalo u određenom i ograničenom vremenu. Pojam sportske ozljede obuhvaća sve ozljede koje su nastale tijekom kineziološke aktivnosti, npr. nastava tjelesne i zdravstvene kulture, rekreacija, treninzi, natjecanja (Pećina et al., 2004). Sportska medicina prvenstveno se bavi prevencijom ozljeda, poboljšanjem performansi i zacjeljivanjem tkiva te povratkom sportu (Igolnikov et al., 2018).

Bol je fenomen koji sportaši vrlo često doživljavaju nakon ozljeda ili teškog treninga (Bingöl et al., 2025). Oni su u svakom trenutku izloženi riziku od nastanka ozljede. Postoje različite mjere za sprječavanje ozljeda, a jedno od bitnijih je pravilno zagrijavanje mišića i zglobova, korištenje zaštitne opreme te odgovarajuće vježbe „hlađenja“ (Jaworski, 2019). Otvorena i jasna komunikacija trenera i medicinskog tima sa sportašima može im pomoći da prepoznaju razliku između „normalne“ boli koja je dio procesa u sportu i boli koja može biti povezana s ozljedom i zahtjeva daljnju pažnju. Razmatranje njihove trenutne epizode boli u kontekstu prethodnih iskustava boli i čimbenika poput stresa, negativnih emocija i pritiska za izvedbu može pomoći sportašima da prepoznaju korake koje mogu poduzeti kako bi učinkovitije upravljali svojom boli (Purcell et al., 2024).

Rekreativno bavljenje sportom ima pozitivne učinke na sve aspekte zdravlja i kvalitete života. Nažalost, sportska događanja i sport često prate i brojne ozljede (Latković et al., 2015). Bol je česta kod sportaša, a liječenje boli u sportu se tradicionalno poistovjećuje s liječenjem ozljeda (Igolnikov et al., 2018). Bol može biti povezana s ozljedom, upalom ili drugim oštećenjem tkiva (Ivanušić, Harangozo, 2014). Izreka koja se često spominje u sportu „no pain, no gain“ savršeno opisuje rizik od ozljede u sportu kao i očekivanja visoke tolerancije na bol (Salwin, Zajac, 2016). Bol kod sportaša tradicionalno se poistovjećuje s oštećenjem tkiva tj. akutnom traumatskom ozljedom ili sindromima prenaprezanja (Alaiti, Reis, 2022). Iako i bol i ozljeda ometaju sportsku izvedbu, oni nisu sinonimi. Ozljeda se može dogoditi bez odgovarajuće boli, a bol se može razviti u odsutnosti ozljede ili nakon vremenskog okvira u kojem se očekivalo da će ozljeda nestati (Igolnikov et al., 2018). Akutna mišićno-koštana ozljeda obično se manifestira kao nocicepcijska bol, upalna bol ili oboje. Bol koja traje nakon očekivanog oporavka od ozljede mora uzeti u obzir sve potencijalne uzroke boli, uključujući stalne biomehaničke abnormalnosti, temeljnu patofiziologiju i psihosocijalna pitanja. Kronifikacija boli uključuje višestruke patofiziološke i neurobiheviornalne procese koji vode od akutne boli povezane s ozljedom do subakutne i kronične boli, i mora se razlikovati od tekućeg obrasca biomehaničke prekomjerne upotrebe. Temelj upravljanja boli kod sportaša je pravilna klasifikacija boli, koja uključuje procjenu bilo koje kombinacije nociceptivne/upalne boli, neuropatske boli, centralne senzibilizacije i autonomnih/motoričkih/afektivnih manifestacija boli (Igolnikov et al., 2018). Međutim, kronična bol predstavlja izazov za timske sportove budući da nije u potpunosti objašnjena tekućim biomehaničkim stresom ili ozljedom od prekomjernog opterećenja. Iako biomehanički čimbenici doista mogu biti relevantan nociceptivni input za neke pojedince, oni ne mogu biti glavni čimbenik za objašnjenje boli kod sportaša (Alaiti, Reis, 2022).

Kada je sportaš ozlijeđen, tim sportske medicine mora klasificirati mehanizme ozljede tkiva i boli te usmjeriti liječenje na primarne čimbenike boli. Takav tretman uključuje naglasak na ulogu i odgovornosti sportaša u uspješnoj provedbi plana usmjerenog na cilj koji smanjuje rizik

od daljnjih ozljeda i povećava vjerojatnost oporavka od sudjelovanja u sportu na željenoj razini (Igolnikov et al., 2018). Uspješno liječenje ozljede tkiva ne može se oslanjati samo na reakcije na bol jer cijeljenje tkiva nije izravno povezano s boli. Bol bez prepoznatljive patologije uobičajena je kod sportaša. Bol kad je povezana s nepotvrđenom ozljedom može dovesti do straha i tjeskobe. Trenutačni dokazi pokazuju da su izbjegavanje straha, strah od ponovne ozljede i katastrofiziranje boli uobičajeni odgovori na ozljedu kod sportaša (Hoegh et al., 2021).

ZAKLJUČAK

Bol je neizbježan dio sporta bez obzira na vrstu sporta, svi sportaši tijekom svoje sportske karijere suočavaju se s boli. Vrlo je važno da sportaši i treneri pravilno prepoznaju prirodu bola, razumiju kada bol predstavlja samo umor i napor, a kada signalizira potencijalnu ozljedu. Važna je informativna uloga boli u sportu jer ona upozorava tijelo kada je u opasnosti od ozljede ili kada sportaš ulaže maksimalan napor potreban tijekom natjecanja, odnosno upozorava sportaša na moguće oštećenje tkiva ili zglobova, što mu omogućava da smanji intenzitet aktivnosti i spriječi ozbiljnije povrede. Sportaši moraju biti svjesni činjenice da su u svakom trenutku izloženi riziku od nastanka ozljede. Ignoriranje boli može dovesti do ozljede, iako se ona može dogoditi bez odgovarajuće boli. Liječenje boli u sportu vrlo često se poistovjećuje s liječenjem ozljeda. Kada se dogodi ozljeda sportaša, tim sportske medicine mora klasificirati mehanizme ozljede tkiva i boli te usmjeriti liječenje na primarne čimbenike boli. Takav tretman uključuje naglasak na ulogu i odgovornosti sportaša u uspješnoj provedbi plana usmjerenog na cilj koji smanjuje rizik od daljnjih ozljeda i povećava vjerojatnost oporavka od sudjelovanja u sportu na željenoj razini. Zbog toga je važno razumjeti mehanizme boli, uključujući fiziološke i psihološke čimbenike te poduzeti odgovarajuće mjere za prevenciju ozljeda.

LITERATURA

1. Alaiti, R. K., Reis, F. J. J. (2022). Pain in Athletes: Current Knowledge and Challenges. *International journal of sports physical therapy*, 17(6), 981–983.
2. Anić, I. (2007). Bol. *Sonda*, 14.15. (1.), 38-41.
3. Bingöl, E., Tiryaki, K., Tümtürk, İ., Özden, F. (2025). Investigation of exercise-related leg pain, fear of pain, kinesiophobia, and injury anxiety in athletes. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 17(1), 40.
4. Breivik, H., Borchgrevink, P. C., Allen, S. M., Rosseland, L. A., Romundstad, L., Hals, E. K., Kvarstein, G., Stubhaug, A. (2008). Assessment of pain. *British journal of anaesthesia*, 101(1), 17–24.
5. Chou, R., Wagner, J., Ahmed, A. Y., Blazina, I., Brodt, E., Buckley, D. I., Cheney, T. P., Choo, E., Dana, T., Gordon, D., Khandelwal, S., Kantner, S., McDonagh, M. S., Sedgley, C., Skelly, A. C. (2020). *Treatments for Acute Pain: A Systematic Review*. Agency for Healthcare Research and Quality (US).
6. Cleeland, C. S. (2021). Pain assessment in cancer. *Effect of cancer on quality of life* (pp. 293-305). CRC Press.
7. Dydyk, A. M., Grandhe, S. (2023). Pain assessment. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.

8. Emery, C. A., Roy, T. O., Whittaker, J. L., Nettel-Aguirre, A., & van Mechelen, W. (2015). Neuromuscular training injury prevention strategies in youth sport: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 49(13), 865–870.
9. Farahbakhsh, F., Akbari-Fakhrabadi, M., Shariat, A., Cleland, J. A., Farahbakhsh, F., Seif-Barghi, T., Mansournia, M. A., Rostami, M., & Kordi, R. (2018). Neck pain and low back pain in relation to functional disability in different sport activities. *Journal of exercise rehabilitation*, 14(3), 509–515.
10. Filipec, M., Burić, I., Burić, S., Gudlin, H., Jadanec, M., Jurinić, A., Kresoović, S., Piljić, A., Tomašković, V., Vlašić, S. (2019). *Odabrana poglavlja u fizioterapiji Fizioterapija boli*. Zagreb: Hrvatski zbor fizioterapeuta.
11. Haefeli, M., & Elfering, A. (2006). Pain assessment. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15 (1), 17–24.
12. Hoegh, M., Stanton, T., George, S., Lyng, K. D., Vistrup, S., Rathleff, M. S. (2021). Infographic. Pain or injury? Why differentiation matters in exercise and sports medicine. *British Journal of Sports Medicine*.
13. Igolnikov, I., Gallagher, R. M., Hainline, B. (2018). Sport-related injury and pain classification. *Handbook of clinical neurology*, 158, 423–430.
14. Ivanušić, J., Harangozo, A. (2014). Psihološko-psihijatrijski aspekti liječenja boli. *Medicus*, 23 (1 Fenomen boli), 15-22.
15. Jajić, I., Jajić, Z., Ljubić, Č., Dubravica, M., Grazio, S., Marčić, A. (1996) *Fizikalna medicina: priručnik za liječnike specijaliste, liječnike na specijalizaciji iz fizikalne medicine i rehabilitacije i studente medicine*. Zagreb: Medicinska knjiga.
16. Jaworski P. (2019). Physiotherapy in sport. *Journal of Education, Health and Sport*. 2019;9(9):784-789. eISSN 2391-8306.
17. Jukić, M., Majerić Kogler, V., Fingler, M., Baraba Vurdelja, R., Barada, A., Bareta, S., Bošnjak, S., Braš, M., Butković, D., Grazio, S., Grubišić, F., Ikić, V., Jančuljak, D., Juretić, A., Jukić, M., Kadojić, S., Kehler, T., Kogler, J., Kraljević, J., Kudelić, I., Kudelić, N., Kvolik, S., Lončar, Z., Lončarić-Katušin, M., Macan, D., Matijević, V., Marušić, J., Nemčić, T., Perić, P., Perko, Z., Perić, Lj., Persoli Gudelj, M., Pučo, K., Puljak, L., Radoš, I., Sapunar, D., Skala, H., Šarić, N., Špiček Macan, J., Tonkić, A., Tot, O. K., Znaor, Lj. (2011) *Bol – uzroci i liječenje*. Zagreb: Medicinska naklada.
18. Kuner, R., Kuner, T. (2021). Cellular Circuits in the Brain and Their Modulation in Acute and Chronic Pain. *Physiological reviews*. 101(1), 213–258.
19. Latković, I., Rukavina, M., Schuster, S. (2015). Učestalost ozljeda i kvaliteta života kod rekreativnog bavljenja sportom. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 30 (2), 98-105.
20. Leżnicka, K., Pawlak, M., Białecka, M., Safranow, K., Spieszny, M., Kłoczek, T., Cieszczyk, P. (2016). Evaluation of the pain threshold and tolerance of pain by martial arts athletes and non-athletes using a different methods and tools. *Archives of budo: health promotion and prevention*, 12(1), e10909-e10909.
21. Matković, V., Brumnić, V., Jelica, S. (2019) Liječenje kronične boli iz perspektive fizioterapeuta, u Šklempe Kokić, I. (ur.), Janković, S. (ur.), 5. *Međunarodni znanstveno-stručni skup "Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnesu"*, Veleučilište "Lavoslav Ružička" u Vukovaru, Vukovar, str. 223-234.

22. Morone, N. E., & Weiner, D. K. (2013). Pain as the fifth vital sign: exposing the vital need for pain education. *Clinical therapeutics*, 35(11), 1728-1732.
23. Mortazavi, J., Zebardast, J., & Mirzashahi, B. (2015). Low Back Pain in Athletes. *Asian journal of sports medicine*, 6(2), e24718.
24. O'Farrell, A., Sauvé, W., Bergevin, M., Cimadoro, G., Arvisais, D., Rainville, P., & Pageaux, B. (2022). Pain Perception in Contact Sport Athletes: A Scoping Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(11), 2593–2604.
25. Orr, P. M., Shank, B. C., Black, A. C. (2017). The Role of Pain Classification Systems in Pain Management. *Critical care nursing clinics of North America*, 29(4), 407–418.
26. Pawlak, M., Chudecka, M., Leźnicka, K. (2024). Insight in perception of pain in sports—selected aspects. *Acta Kinesiologica*, 18(1), 16-22.
27. Pećina, M., Čičak, N., Ćurković, B., Dubravčić-Šimunjak, S., Francetić, I., Gorupić, P., Hašpl, M., Janković, S., Laktašić Žerjavić, N., Leko, G., Likić, R., Mađarević, M., Matković, B. R., Matković, B., Maughan, R. J., Medved, R., Mišigoj-Duraković, M., Nikuševa-Martić, T., Pećina-Šlaus, N., Petrović, J., Ružić, L., Smerdelj, M., Šmalcelj, A., Tepšić, N., Živčić, D., Williams, C. (2004) *Športska medicina*. Zagreb: Medicinska naklada.
28. Pen, L. J., Fisher, C. A. (1994). Athletes and pain tolerance. *Sports Medicine*, 18, 319-329.
29. Pettersen, S. D., Aslaksen, P. M., Pettersen, S. A. (2020). Pain Processing in Elite and High-Level Athletes Compared to Non-athletes. *Frontiers in psychology*, 11, 1908.
30. Puljak, L., Sapunar, D. (2014). Fenomen boli – anatomija, fiziologija, podjela boli. *Medicus*, 23 (1 Fenomen boli), 7-13.
31. Purcell, C., Fullen, B., Barry Walsh, C., Van Oirschot, G., Ward, T., Caulfield, B. (2024). 'Another world of pain' – athlete and sport physiotherapist perspectives on the unique experience of pain in sport. *BMJ open sport & exercise medicine*, 10(3), e002020.
32. Salwin, E., Zajac, A. (2016). Pain tolerance in sport. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 8(3), 8.
33. Sarta, S. (1996). Bol u praksi liječnika opće medicine – pogledi i liječenje. *Fizikalna i rehabilitacijska medicina*, 13 (1-2), 36-36.
34. Scher, C., Petti, E., Meador, L., Van Cleave, J. H., Liang, E., & Reid, M. C. (2020). Multidimensional Pain Assessment Tools for Ambulatory and Inpatient Nursing Practice. *Pain management nursing : official journal of the American Society of Pain Management Nurses*, 21(5), 416–422.
35. Skelly, A. C., Chou, R., Dettori, J. R., Turner, J. A., Friedly, J. L., Rundell, S. D., Fu, R., Brodt, E. D., Wasson, N., Kantner, S., Ferguson, A. J. R. (2020). *Noninvasive Nonpharmacological Treatment for Chronic Pain: A Systematic Review Update*. Agency for Healthcare Research and Quality (US).
36. Stretanski, M.F., Kopitnik, N.L., Matha, A., Conermann, T. (2025) *Chronic Pain*. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553030/> [20.8.2025.]
37. Tesarz, J., Schuster, A. K., Hartmann, M., Gerhardt, A., Eich, W. (2012). Pain perception in athletes compared to normally active controls: a systematic review with meta-analysis. *Pain*, 153(6), 1253–1262.

38. Thornton, C., Sheffield, D., Baird, A. (2017). A longitudinal exploration of pain tolerance and participation in contact sports. *Scandinavian journal of pain*, 16(1), 36-44.
39. Thornton, J. S., Caneiro, J. P., Hartvigsen, J., Arden, C. L., Vinther, A., Wilkie, K., Trease, L., Ackerman, K. E., Dane, K., McDonnell, S. J., Mockler, D., Gissane, C., Wilson, F. (2021). Treating low back pain in athletes: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 55(12), 656–662.
40. Trachsel, L. A., Munakomi, S., Cascella, M. (2023). Pain Theory. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
41. Trompeter, K., Fett, D., Platen, P. (2017). Prevalence of Back Pain in Sports: A Systematic Review of the Literature. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(6), 1183–1207.
42. Wojtys E. M. (2017). Sports Injury Prevention. *Sports health*, 9(2), 106–107.
43. Yabe, Y., Hagiwara, Y., Sekiguchi, T., Momma, H., Tsuchiya, M., Kanazawa, K., Yoshida, S., Sogi, Y., Onoki, T., Suzuki, K., Takahashi, T., Itoi, E., Nagatomi, R. (2021). Low Back Pain in Young Sports Players: A Cross-sectional Study in Japan. *Spine*, 46(17), 1154–1159.
44. Zideman, D. A., Derman, W., Hainline, B., Moseley, G. L., Orchard, J., Pluim, B. M., Siebert, C. H., Turner, J. A. (2018). Management of Pain in Elite Athletes: Identified Gaps in Knowledge and Future Research Directions. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 28(5), 485–489.

EPIDEMIOLOGIJA SPORTSKIH OZLJEDA KOD PROFESIONALNIH IGRAČA FUTSALA U HRVATSKOJ

EPIDEMIOLOGY OF SPORTS INJURIES AMONG PROFESSIONAL FUTSAL PLAYERS IN CROATIA

Marinko Grgić

Poliklinika Grgić

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

marinkogrgic17@gmail.com

Iva Šklempe Kokić

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

ivasklempe@yahoo.com

Nikolina Blekić

Poliklinika za reumatske bolesti, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju dr. Drago Čop, Zagreb

blekicnikolina@gmail.com

Sažetak

Futsal je sport visokog intenziteta s čestim promjenama smjera, ubrzanjima i kontaktima, zbog čega donji ekstremiteti predstavljaju primarno mjesto sportskih ozljeda. Cilj istraživanja bio je utvrditi učestalost, tip i lokalizaciju sportskih ozljeda među profesionalnim igračima futsala u Hrvatskoj. Istraživanje je provedeno od 2020. do 2023. godine na uzorku od 88 profesionalnih muških igrača futsala, uključujući članove hrvatske reprezentacije. Podaci su prikupljeni anonimnim upitnikom od 13 pitanja o učestalosti, vrsti i lokaciji ozljeda, recidivima, liječenju i provođenju preventivnih vježbi. Rezultati pokazuju da je 91 % ispitanika imalo ozljedu koja ih je udaljila s terena najmanje dva tjedna. Ozljede zglobova bile su češće od mišićnih (84 % naspram 56 %), dok je 49 % imalo prijelom kosti, a 38 % mišićnu rupturu bez kontakta. Kirurški zahvat bilo je potrebno provesti kod 22 % ispitanika, dok je 70 % bilo pod stručnim nadzorom tijekom liječenja. Ponovnu ozljedu unutar šest mjeseci imalo je 32 %, a preventivne vježbe redovito provodi 48 % ispitanika. Najčešće su ozljede gležnja (54 %) i koljena (20,3 %), dok su među mišićnim ozljedama najčešće bile one natkoljenice i aduktora (38,8 %). Rezultati ukazuju na visoku učestalost ozljeda, osobito donjih ekstremiteta, te ističu potrebu za kvalitetnim preventivnim i rehabilitacijskim programima.

Ključne riječi: *futsal, mišićne ozljede, prevencija, sportske ozljede, učestalost, zglobove ozljede.*

Abstract

Futsal is a high-intensity sport characterized by frequent changes of direction, accelerations, and contact situations, which makes the lower extremities the primary site of sports injuries. The aim of this study was to determine the frequency, type, and location of sports injuries among professional futsal players in Croatia. The research was conducted from 2020 to 2023 on a sample of 88 professional male futsal players, including members of the Croatian national futsal team. Data were collected using an anonymous 13-item questionnaire covering the

frequency, type, and location of injuries, recurrences, treatment, and preventive exercise habits. The results show that 91 % of participants experienced an injury that kept them off the court for at least two weeks. Joint injuries were more common than muscle injuries (84 % vs. 56 %), while 49 % sustained a bone fracture and 38 % reported a non-contact muscle rupture. Surgical intervention was required in 22 % of cases, and 70 % of players were treated under professional medical supervision. Re-injury within six months occurred in 32 % of participants, while 48 % regularly performed preventive exercises after injury recovery. The most common injuries were ankle (54 %) and knee injuries (20.3 %), whereas the most frequent muscle injuries involved the anterior thigh muscles and adductors (38.8 %). The findings indicate a high incidence of injuries, particularly to the lower extremities, and highlight the need for comprehensive preventive and rehabilitation programs.

Keywords: *futsal, muscle injuries, prevention, sports injuries, incidence, joint injuries.*

UVOD

Futsal je sport visokog intenziteta s čestim promjenama smjera, naglim ubrzanjima i kontaktima, zbog čega donji ekstremiteti trpe najveće mehaničko opterećenje te predstavljaju primarno mjesto sportskih ozljeda. Aktualne epidemiološke analize u elitnom futsalu bilježe ukupnu incidenciju od približno 5-7 ozljeda na 1000 sati izloženosti, pri čemu je incidencija u natjecanjima višestruko veća nego na treninzima (npr. ~ 45 ozljeda/1000 h u utakmicama kod muškaraca) (Ruiz-Pérez i sur., 2021; Junge i sur., 2010). Najčešće prijavljene ozljede u futsalu su istegnuća/rupture mišića i distorzije ligamenata, s jasnom dominacijom ozljeda gležnja, koljena i natkoljenice; taj se obrazac potvrđuje i u novijim sustavnim pregledima te prospektivnim studijama na elitnim i sub-elitnim uzorcima (Fernández-Galván i sur., 2024; Marques i sur., 2024; Ruiz-Pérez i sur., 2019). Specifičnosti igre u dvoranskim uvjetima (visok tempo, gustoća događaja i trenja podloge) dodatno su povezane s većim udjelom ozljeda gležnja i koljena, a biomehanička istraživanja pokazuju da koeficijent trenja podloge može utjecati na opterećenje skočnog zgloba tijekom reznih pokreta (Marques i sur., 2024; Frías-Bocanegra i sur., 2022). Osim toga, u futsalu je znatan udio nekontaktnih ozljeda mekih tkiva donjih ekstremiteta (npr. hamstrings, aduktori, kvadriceps i potkoljениčni mišići), što je u skladu s nalazima iz vanjskog nogometa o raspodjeli mišićnih ozljeda (Ruiz-Pérez i sur., 2021; Ekstrand i sur., 2011). Poznata je i uloga prethodne ozljede kao snažnog čimbenika rizika za novu ozljedu istog segmenta, fenomen opsežno potvrđen u elitnom nogometu i relevantan za planiranje futsal prevencije (Hägglund i sur., 2006). Standardizacija definicija i protokola prikupljanja podataka (definicija ozljede, recidiva, izloženosti) nužna je radi usporedbe između studija i sportova; preporučuje se osloniti na konsenzusne smjernice nogometne medicine, koje su široko primjenjive i u futsalu (Fuller i sur., 2006). Na razini prevencije, recentni pregled navodi da strukturirani programi zagrijavanja i neuromišićne prevencije (npr. FIFA 11+ i derivati primijenjeni u futsalu) mogu smanjiti ukupnu incidenciju, akutne i ozljede donjih ekstremiteta (Oliveira i sur., 2024). U sažetku, dostupni dokazi upućuju da (1) futsal ima značajan rizik od ozljeda, osobito u natjecanjima; (2) većina ozljeda zahvaća donje ekstremitete, s naglaskom na gležanj, koljeno i mišić natkoljenice; (3) prethodna ozljeda i karakteristike podloge doprinose riziku; te (4) ciljane preventivne intervencije imaju potencijal smanjiti učestalost ozljeda (Ruiz-Pérez i sur., 2021; Fernández-Galván i sur., 2024; Junge i sur., 2010; Oliveira i sur., 2024).

Sukladno navedenom, cilj ovog istraživanja je opisati učestalost, tip i lokalizaciju sportskih ozljeda kod profesionalnih futsal igrača u Republici Hrvatskoj, uz razmatranje konteksta (natjecanje/trening) i navika u prevenciji i liječenju, te usporediti dobivene nalaze s recentnom literaturom.

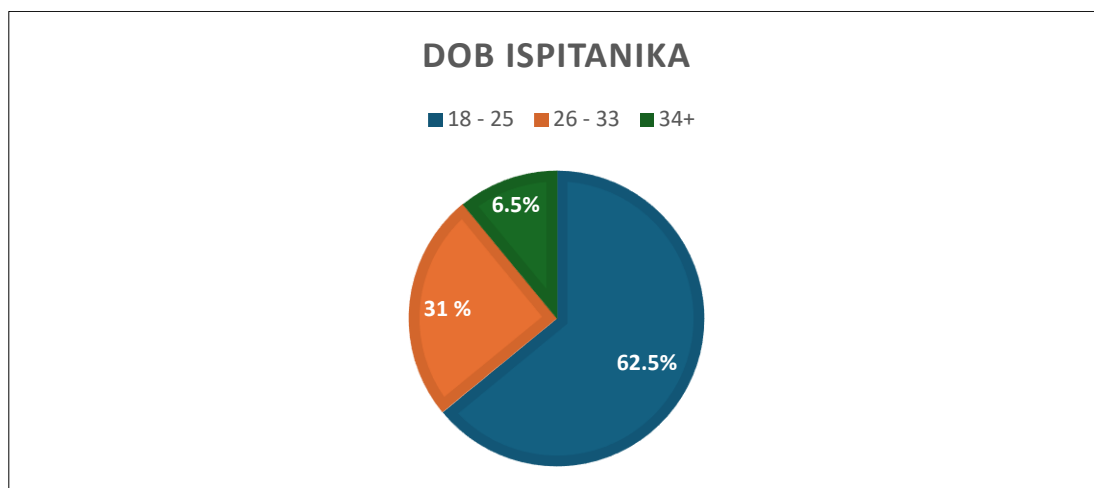
METODE

Istraživanje je provedeno od 2020. godine do kraja 2023. godine na području Republike Hrvatske. Studija je provedena na uzorku od 88 ispitanika. Svi sudionici bili su punoljetni muškarci, profesionalni igrači futsala koji se natječu u profesionalnim ligama hrvatskog futsala te igrači hrvatske futsal reprezentacije koji nastupaju u navedenim natjecateljskim razinama. Svi sudionici dali su svoj osobni pristanak za sudjelovanje u istraživanju. Istraživanje o učestalosti i najčešćim ozljedama među profesionalnim igračima futsala u Hrvatskoj (ova studija) dio je šireg istraživačkog projekta koji je obuhvatio šest sportova i više od 1150 ispitanika. Sudionicima su osobno dostavljeni upitnici putem internetske platforme, na koje su odgovarali prema prethodno danim uputama. Upitnik se sastojao od 13 pitanja i izrađen je posebno za potrebe ovog istraživanja. Upitnik je bio potpuno anoniman, a sudionici su bili obaviješteni da će dobiveni rezultati biti korišteni za razvoj istraživanja i njegovo objavljivanje.

Pitanja su se odnosila na učestalost, vrstu i lokalizaciju sportskih ozljeda, pojavu ponovnih ozljeda nakon oporavka, stručni nadzor i tretman sportskih ozljeda od strane medicinskog osoblja ili drugih osoba, učestalost kirurških zahvata nakon sportskih ozljeda te navike sportaša u kontekstu preventivnih mjera, odnosno provođenja vježbi za područje prethodne ozljede. U većini pitanja bilo je moguće odabrati samo jedan odgovor, osim u dva pitanja u kojima je postojala mogućnost odabira dvaju ili više odgovora.

REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 88 ispitanika. Svi ispitanici bili su muškarci i profesionalni igrači futsala koji se natječu u profesionalnim ligama hrvatskog nogometa. Uz njih, u istraživanje su bili uključeni i članovi hrvatske futsal reprezentacije koji sudjeluju u navedenim ligama. Svi ispitanici bili su punoljetne osobe. Raspodjela prema dobi prikazana je na slici 1.



Slika 1 . Dob ispitanika

U tablici 1 prikazani su rezultati, odnosno odgovori na pitanja koja se odnose na učestalost i vrstu sportskih ozljeda među ispitanicima, kao i na njihov tretman te navike nakon oporavka. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je 91% ispitanika imalo ozljedu koja ih je spriječila u treniranju i natjecanju na razdoblje od dva tjedna ili dulje. Udio ozljeda zglobova bio je veći u odnosu na mišićne ozljede (84 % naspram 56 % ispitanika). Trideset i osam posto ispitanika imalo je mišićnu rupturu koja je nastala bez kontakta s drugom osobom. Postotak ispitanika koji su doživjeli prijelom kosti iznosio je 49 %, dok je 22 % ispitanika imalo ozljedu koja je zahtijevala kirurški zahvat. Ispitanici koji su se liječili pod stalnim nadzorom medicinskog stručnjaka činili su 70 % ukupnog broja sudionika.

Postotak ispitanika koji su doživjeli ponovnu ozljedu unutar šest mjeseci nakon potpunog oporavka iznosio je 32 %, dok je 48 % ispitanika izjavilo da provodi preventivne vježbe za ozlijeđeni segment tijela nakon završetka oporavka.

Tablica 1. Učestalost i vrsta sportske povrede (n=88)

Pitanje	Da	Ne
Jeste li ikada imali ozljedu koja vas je spriječila u treniranju na razdoblje od 2 tjedna ili dulje?	80 (91 %)	8 (9 %)
Jeste li ikada imali rupturu (puknuće) mišića koja je nastala bez kontakta (udarca)?	33 (38 %)	55 (62 %)
Jeste li ikada imali mišićnu ozljedu koja vas je spriječila u treniranju na razdoblje od 2 tjedna ili dulje?	49 (56 %)	39 (44 %)
Jeste li ikada imali ozljedu bilo kojeg zgloba koja vas je spriječila u treniranju na razdoblje od 2 tjedna ili dulje?	74 (84 %)	14 (16 %)
Jeste li ikada imali prijelom (lom) kosti na bilo kojem dijelu tijela?	43 (49 %)	45 (51 %)
Jeste li nakon neke od navedenih ozljeda primali liječenje pod nadzorom i stalnim praćenjem stručne osobe (fizioterapeuta ili liječnika)?	61 (70 %)	27 (30 %)
Jeste li ikada imali sportsku ozljedu koja je zahtijevala kirurški zahvat?	19 (22 %)	69 (78 %)
Jeste li imali ponovnu ozljedu (unutar 6 mjeseci nakon oporavka) koja vas je prethodno spriječila u treniranju 2 tjedna ili dulje?	28 (32 %)	60 (68 %)
Provodite li preventivne vježbe za dio tijela koji je prethodno bio ozlijeđen prije treninga?	42 (48 %)	46 (52 %)

U tablici 2 analizirana je učestalost ozljeda zglobova koje je imalo 84 % ispitanika, i to s obzirom na njihovu lokaciju. Prema dobivenim rezultatima, najčešća ozljeda zgloba bila je uganuće gležnja, koje je zabilježeno kod 54 % ispitanika. Najrjeđe zastupljene lokacije ozljeda zglobova u ovom istraživanju bile su kralježnica, lakat i kuk. Ozljede ramenog zgloba bile su nešto češće, s udjelom od 8,1 % ukupnog broja zglobnih ozljeda, dok su male zglobne ozljede stopala bile zastupljene s 4.1 %. Ozljede ručnog zgloba ili malih zglobova šake činile su 8,1 % ukupnog broja ozljeda. Dodatno, 39,2 % ispitanika izjavilo je da su imali ozljede na dva ili više zglobova. Pojedinačno, drugi najčešće ozlijeđeni zglob bio je koljenski zglob, s učestalošću od 20,3 % među ispitanicima.

Tablica 2. Zglobne povrede prema dijelu tijela (n=74)

Udio ispitanika koji su odgovorili „da“ na pitanje: Jeste li ikada imali ozljedu bilo kojeg zgloba koja vas je spriječila u treniranju na razdoblje od 2 tjedna ili dulje?	N / %
Zglobovi kralježnice	2 (2.7 %)
Rame	6 (8.1 %)
Lakat	1 (1.35 %)
Ručni zglob ili mali zglobovi šake	6 (8.1 %)
Kuk	1 (1.35 %)
Koljeno	15 (20.3 %)
Gležanj	40 (54 %)
Mali zglobovi stopala	3 (4.1 %)
Dvije ili više ozljeda zglobova (lokacija)	29 (39.2 %)

U tablici 3 analizirana je učestalost mišićnih ozljeda među ispitanicima, koje su zabilježene kod 56 % sudionika, i to prema mišićnim skupinama. Najčešća mišićna ozljeda u ovom istraživanju bila je ozljeda mišića prednje strane natkoljenice i aduktora, s udjelom od 38,8 % ispitanika. Iza njih slijede ozljede mišića potkoljenice i stopala, koje su zabilježene kod 18,3 % ispitanika. Malo više od 14 % posto ispitanika prijavilo je dvije ili više mišićnih ozljeda. Treća najčešća pojedinačna skupina mišićnih ozljeda, s udjelom od 14,3 %, bile su ozljede mišića vrata. Mišići prednje strane trupa i pregibači kuka (m. iliopsoas), kao i mišići stražnje strane trupa i m. gluteus maximus, imali su jednak udio od po 8,2 %. Ozljede mišića ramena, nadlaktice, podlaktice i šake bile su znatno rjeđe, s udjelima od 0 do 2%.

Tablica 3. Mišićne povrede prema dijelu tijela (n=49)

Udio ispitanika koji su odgovorili „da“ na pitanje: Jeste li ikada imali mišićnu ozljedu koja vas je spriječila u treniranju na razdoblje od 2 tjedna ili dulje?	N / %
Mišići vrata	7 (14.3 %)
Mišići ramena	1 (2 %)
Mišići nadlaktice	0 (0 %)
Mišići podlaktice i šake	1 (2 %)
Mišići prednje strane trupa + pregibači kuka	4 (8.2 %)
Mišići stražnje strane trupa + gluteus maximus	4 (8.2 %)
Mišići prednje strane natkoljenice + aduktori (prepona)	19 (38.8 %)
Mišići stražnje strane natkoljenice + abduktori (vanjski dio natkoljenice)	4 (8.2 %)
Mišići potkoljenice i stopala	9 (18.3 %)
Dvije ili više mišićnih ozljeda (lokacija)	7 (14.3 %)

DISKUSIJA

Provedeno istraživanje imalo je za cilj utvrditi najčešće sportske ozljede među profesionalnim igračima futsala u Hrvatskoj. Ovo je jedno od najvećih istraživanja koje je ispitivalo učestalost i specifične vrste sportskih ozljeda među profesionalnim igračima futsala u Hrvatskoj. Dobiveni rezultati mogu uvelike pridonijeti razvoju učinkovitijih preventivnih aktivnosti unutar trenažnog procesa, što bi moglo dovesti do smanjenja pojavnosti ozljeda. Iz rezultata je jasno vidljivo da su najčešće ozljede zglobova upravo ozljede gležnja i koljena, pri čemu je značajan postotak ispitanika pretrpio ozljede na više zglobova u tijelu. Zanimljivo je da je vrlo mali postotak ispitanika imao ozljede zglobova kuka (manje od 1% ispitanika). Nadalje, očito je da su mišići odgovorni za pokrete u zglobovima kuka u sagitalnoj ravnini (po 8,2 %, m. iliopsoas i m. gluteus maximus) rjeđe ozlijeđeni u usporedbi s mišićima koji su odgovorni za pokrete u koljenskom zglobovima kroz istu ravninu (47 %), posebice m. quadriceps femoris i aduktori (38,8 % učestalost), te mišići stražnje lože i abduktori (8,2 % učestalost), dok je sam koljenski zglob bio ozlijeđen kod 20,3 % ispitanika.

Iz toga se može zaključiti da bi se preventivne aktivnosti trebale usmjeriti na mišiće koji su odgovorni za pokrete u koljenskom zglobovima kroz sagitalnu ravninu. Rezultati nadalje pokazuju visok postotak ispitanika koji su imali ozljede na dva ili više zglobova u tijelu (39,2 %), kao i dvije ili više mišićnih ozljeda (14,3 %). To ukazuje na potrebu ne samo za parcijalnim, već i za sveobuhvatnim preventivnim mjerama usmjerenima na smanjenje broja ozljeda. Visok postotak ispitanika koji su zbog ozljede morali napraviti dulju pauzu (91%) svakako je zabrinjavajući, no u skladu je s rezultatima istraživanja provedenih na europskoj razini (López-Valenciano i sur., 2020). U usporedbi s tipovima sportskih ozljeda, uočava se razlika u odnosu na studije provedene u zapadnoeuropskim zemljama. Za razliku od ovog istraživanja, u kojem je zabilježena veća učestalost ozljeda zglobova u odnosu na mišićne ozljede, prethodno spomenuta istraživanja pokazala su suprotne rezultate (Ekstrand i sur., 2011). Provedeno istraživanje otvara mogućnosti za daljnja istraživanja temeljena na dobivenim rezultatima, koja bi mogla pridonijeti smanjenju broja sportskih ozljeda.

ZAKLJUČAK

Rezultati ukazuju na velik broj ispitanika koji su doživjeli sportsku ozljedu, 91 % sudionika prijavilo je takve slučajeve, od čega je 84 % pretrpjelo ozljede zglobova, a 56 % mišićne ozljede. Četrdeset i devet posto ispitanika imalo je prijelome kostiju, dok je 32 % prijavilo ponovnu pojavu iste ozljede unutar šest mjeseci nakon završetka liječenja početne ozljede. Zabrinjavajuće je što je samo 70 % ispitanika primilo liječenje pod nadzorom zdravstvenog stručnjaka. Od iznimne je važnosti educirati profesionalne igrače futsala, kao i trenersko osoblje, o važnosti kvalitetnih i preciznih rehabilitacijskih postupaka nakon sportske ozljede kako bi se spriječila njihova ponovna pojava. Jednako je važno naglasiti značaj provođenja preventivnih aktivnosti s ciljem potpunog izbjegavanja ozljeda. Dobiveni rezultati mogu se iskoristiti za razvoj preciznijih preventivnih trenažnih programa.

LITERATURA

1. Álvarez-Medina, J., Murillo Lorente, V., & Muñoz Jiménez, J. (2020). Epidemiology of injuries in futsal: A systematic review. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 38, 739–746.
2. Angoorani, H., Haratian, Z., Mazaherinezhad, A., & Younespour, S. (2014). Injuries in Iran futsal national teams: A comparative study of incidence and characteristics. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(3), e23070.
3. Angoorani, H., Haratian, Z., Mazaherinezhad, A., & Younespour, S. (2014). Injuries in Iranian futsal premier league: A descriptive epidemiological study. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(3), e23070.
4. Barbero-Álvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Álvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63–73.
5. Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558.
6. Frías-Bocanegra, J. M., González-Mohino, F., Ramos-Campo, D. J., Sánchez, C., & Rubio-Arias, J. Á. (2022). Playing surface friction & ankle biomechanics in futsal. *Sensors*, 22(20), 7839.
7. Fuller, C. W., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Dvorak, J., Häggglund, M., McCrory, P., & Meeuwisse, W. H. (2006). Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(2), 83–92.
8. Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2006). Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 767–772.
9. Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 54(12), 711–718.
10. Naser, N., & Ali, A. (2016). A descriptive-comparative study of performance characteristics in futsal players of different levels. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1707–1715.
11. Naser, N., & Ali, A. (2016). A descriptive-comparative study of performance characteristics in futsal players of different playing positions. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1707–1715.
12. Ruiz-Pérez, I., López-Valenciano, A., Elvira, J. L., García-Gómez, A., De Ste Croix, M., & Ayala, F. (2021). Epidemiology of injuries in elite male and female futsal: A systematic review and meta-analysis. *Science and Medicine in Football*, 5(1), 59–71.

FIZIOTERAPIJSKE VJEŽBE KOD SKOLIOZE

PHYSIOTHERAPY EXERCISES FOR SCOLIOSIS

Ema Hajdarović

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

emahajdarovic5@gmail.com

Nada Čajkovac

Opća županijska bolnica Vinkovci

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

nadalina969@gmail.com

Sažetak

Skolioza je trodimenzionalni deformitet kralježnice koji može biti idiopatska, neuromuskularna, kongenitalna i degenerativna, a najčešće se pojavljuje u djece i adolescenata. Na njen razvoj i progresiju utječu brojni čimbenici poput genetske predispozicije, mišićne slabosti, rasta, nepravilnog držanja tijela te sjedilački način života. Zlatni standard u procjeni skolioze je rendgen koji omogućuje mjerenje Cobbovog kuta, no dodatne metode uključuju opservaciju odnosno fizički pregled i testove. Liječenje se u većini slučajeva provodi konzervativnim metodama kroz fizioterapijske vježbe, korektivne tehnike te uporabu ortoza. Najpoznatije metode u liječenju skolioza su Schroth metoda, Lion metoda, BSPTS metoda i DNS terapija. Primjenjuje se i kirurško liječenje ukoliko konzervativna terapija ne smanjuje progresiju zakrivljenosti kralježnice ili ne pokazuje nikakve učinke poboljšanja.

Ključne riječi: *fizioterapijske vježbe, ortoze, Schroth metoda, skolioza.*

Abstract

Scoliosis is a three-dimensional deformity of the spine that can be idiopathic, neuromuscular, congenital, or degenerative, most commonly occurring in children and adolescents. Its development and progression are influenced by various factors such as genetic predisposition, muscle weakness, growth, poor posture, and a sedentary lifestyle. The gold standard in scoliosis assessment is an X-ray examination, which allows measurement of the Cobb angle, while additional methods include observation, physical examination, and specific assessment tests. In most cases, treatment is carried out using conservative methods, including physiotherapeutic exercises, corrective techniques, and the use of orthoses. The most well-known methods in scoliosis treatment are the Schroth method, the Lion method, the BSPTS method, and DNS therapy. Surgical treatment is applied when conservative therapy fails to reduce the progression of spinal curvature or does not lead to any improvement.

Keywords: *physiotherapeutic exercises, orthoses, Schroth method, scoliosis.*

UVOD

Kralježnica je koštana struktura koja povezuje glavu sa zdjelicom (Frost i sur., 2019). Načinjena je od 33 do 35 kralježaka koji čine njene normalne fiziološke krivine: cervikalnu lordozu,

torakalnu kifožu, lumbalnu lordozu, sakralnu i kokcigealnu kifožu (Bazira, 2021). Brumnić, Znika i Banović (2024) u svom istraživanju navode kako nepravilno držanje sjedilački način života, pretilost te izloženost fizičkim i okolišnim promjenama utiče na posturu kod djece i adolescenata. Na progresiju samog deformiteta značajno utječu brzi rast i progresivna mišićna slabost (Wishart, Kivlehan, 2021). Skolioza je trodimenzionalni deformitet kralježnice čiji naziv potiče od Hipokrata, a označava zakrivljenost ili iskrivljenost kralježnice (Negrini i sur., 2012). Skolioza se može pojaviti u djetinjstvu kao sekundarni ili idiopatski deformitet, te u odrasloj dobi kao idiopatska ili degenerativna deformacija (Lacroix i sur., 2023). Liječenje skolioze prvenstveno se provodi konzervativnim metodama koje uključuju razne fizioterapijske procese, vježbe te specifične metode za liječenje skolioza (Seleviciene i sur., 2022). Cilj ovog rada je prikazati ulogu fizioterapijskih vježbi u liječenju skolioze.

OBLICI SKOLIOZA

Skolioza je deformitet kralježnice koji se najčešće dijagnosticira u djece, a prema etiologiji dijeli se na idiopatske, neuromuskularne i kongenitalne, dok se u odraslih pojavljuje takozvana degenerativna skolioza (Lee i sur., 2022).

Idiopatska skolioza odnosi se na skoliozu nepoznatog uzroka (Yaman, Dalbayrak, 2014). Prema Međunarodnom društvu za ortopedsko i rehabilitacijsko liječenje skolioze, predložena je klasifikacija idiopatskih skolioza prema dobi, vrhu skoliotske krivulje i stupnjevima Cobbvog kuta (Roggio i sur., 2023). Na temelju dobi, idiopatske skolioze dijele se u tri oblika: infantilni, juvenilni i adolescentni (Yaman, Dalbayrak, 2014). Infantilni oblik javlja se u dobi od 0-5 godina, juvenilni između 5 i 10 godina, dok adolescentni oblik obuhvaća djecu od 10. godine pa sve do završetka puberteta (Dimeglio, Canavase, 2020). Infantilni idiopatski oblik skolioze je ljevostran i češći u dječaka, dok su juvenilna i adolescentna idiopatska skolioza vrlo slične zbog očitovanja na desnoj strani te su češći u djevojčica (Suggala i sur., 2024).

Neuromuskularna skolioza predstavlja nekongenitalni deformitet kralježnice koji se javlja kod pacijenata s nekom vrstom neuromuskularne bolesti (Dimitrakis, Zafeiris, 2023). Deformitet može nastati kao posljedica oštećenja središnjeg ili perifernog živčanog sustava, kao i kombinacije različitih neuroloških puteva (Wishart, Kivlehan, 2021). Prema etiologiji dijeli se na dva podtipa: neuropatska i miopatska stanja. U neuropatska stanja ubrajaju se traume i tumori leđne moždine, cerebralna paraliza, lezije donjeg motornog neurona (Dimitrakis, Zafeiris, 2023). Miopatska stanja uključuju mišićnu distrofiju, artrogripozu i miotoničnu distrofiju (Dimitrakis, Zafeiris, 2023). Neuromuskularna skolioza može se razviti u bilo kojoj životnoj dobi, a zbog narušene stabilnosti trupa znatno utječe na funkcionalne sposobnosti i kvalitetu života (Wishart, Kivlehan, 2021).

Kongenitalna skolioza nastaje tijekom embriogeneze, a prisutna je već pri rođenju. Razvija se uslijed abnormalnosti u formiranju i rastu kralježnice (Bagheri i sur., 2021). Točan uzrok kongenitalne skolioze još uvijek nije u potpunosti razriješen, no pretpostavlja se da genetski čimbenici igraju ključnu ulogu u njezinom nastanku. Također braća i sestre djece s ovim deformitetom imaju 5-10 % veći rizik za razvoj iste deformacije (Sebaaly i sur., 2022). Kongenitalna skolioza rijetka je pojava, procjenjuje se da se javlja u otprilike 0,5 do 1 novorođenčeta na svakih 1000 živorođene djece (Bagheri i sur., 2021).

Degenerativna skolioza predstavlja strukturalnu promjenu koja se javlja na već formiranoj kralježnici, najčešće kao posljedica starenja. Do deformiteta dolazi uslijed isušivanja i degeneracije intervertebralnih diskova, što smanjuje stabilnost kralježnice i dovodi do zakrivljenosti (Kelly i sur., 2020). Osim prirodnih degenerativnih promjena, skolioza u odraslih može nastati i kao posljedica sistemskih bolesti, prethodnih kirurških zahvata na kralježnici ili ranijih deformiteta iz dječje ili adolescentne. Degenerativna skolioza u odraslih razvija se u frontalnoj ravnini s Cobbovim kutom većim od 10° (Cristante i sur., 2021).

FIZIOTERAPIJSKA PROCJENA

Prije same fizioterapijske procjene potrebno je napraviti obradu pacijenta koja se provodi kroz rendgensku dijagnostiku (Lee i sur., 2022). Rendgenska dijagnostika predstavlja glavnu metodu u procjeni skolioze te se koristi za mjerenje Cobbovog kuta, koji je zlatni standard u određivanju stupnja skoliotične zakrivljenosti (Jin i sur., 2022). Postupak mjerenja Cobbovog kuta započinje povlačenjem linije sa vrha gornjeg najiskrivljenijeg kralješka te s dna donjeg najiskrivljenijeg kralješka. Na te se linije povlače dvije dodatne okomite linije, a kut njihovog presjeka predstavlja Cobbov kut, koji se izražava u stupnjevima (Bottino i sur., 2023). Ukoliko je Cobbov kut 50° ili više stupnjeva provodi se operativni zahvat, no ako je zakrivljenost manja fizioterapeut će provesti konzervativno liječenje (Ghorayeb i sur., 2022).

Skolioza se lako uočava fizičkim pregledom odnosno opservacijom, koji uključuje vizualnu opservaciju pacijenta, pri čemu je glavni cilj ispitivača utvrditi postoji li tjelesna asimetrija, te se pacijent promatra iz anteriornog, posteriornog i lateralnog aspekta (Rosenberg, 2011; Shrestha i sur., 2021; Du i sur., 2023).

Anteriorna opservacija započinje promatranjem glave, koja mora biti u neutralnom položaju bez znakova rotacija ili lateralne fleksije. Zatim se procjenjuje simetrija ramena – ruke bi trebale prirodno visjeti uz tijelo, pri čemu svaka ruka treba biti jednako udaljena od trupa, a laktovi i zapešće trebaju biti iste visine. Pupak treba biti smješten u središnjoj liniji tijela, bez lateralizacije. Nadalje, lijeva i desna spinae iliaca anterior superior (SIAS) trebaju biti u istoj ravnini kao i oba koljena, patele i maleoli. Femur i tibija moraju biti uspravni, bez znakova medijalne ili lateralne rotacije. Nakon opservacije koštanih struktura promatra se mišićna masa kako bi se utvrdilo postoji li atrofija ili hipertrofija, što može ukazati na neravnotežu mišićnog opterećenja (Du i sur., 2023).

Lateralna opservacija također započinje promatranjem glave, koja bi trebala biti u ravnini s prsnim košem, ramenima zglobovi ne bi trebali biti u unutarnjoj ili vanjskoj rotaciji, dok prsni koš treba biti prirodno uspravan. Zdjelica treba biti u neutralnom položaju bez znakova inklinacije odnosno reklinacije kako bi se očuvala normalna fiziološka zakrivljenost lumbalne kralježnice. Kod donjih ekstremiteta SIAS treba biti u istoj ravnini, koljena ne smiju zauzeti prekomjernu fleksiju ili ekstenziju te gležanj mora biti u normalnom kutu dorzalne fleksije (Du i sur., 2023).

Posteriorno gledano glava treba biti u neutralnom položaju, ramena simetrična, a lopatice jednako udaljenje od kralježnice. Ruke trebaju prirodno visjeti uz tijelo, pri čemu je važno da su jednako udaljene od trupa te da su laktovi i zapešća na istoj visini. Lumbalna kralježnica treba biti ravna, bez zakrivljenosti, a glutealni nabori trebaju biti iste visine. Kod donjih

ekstremiteta bitno je da su veliki trohanter femura, koljena i maleoli simetrični, a Ahilova tetiva i petna kost uspravne (Du i sur., 2023).

Bottino i suradnici (2023) su fizičkom pregledu dodali jednostavnu dijagnostičku metodu, tzv. Adamsov test te mjere sa skoliometrom. Adamsov test se može provesti bez dodatnih pomagala ili uz pomoć skoliometra (Karpiel i sur., 2021). Izvođenje testa bez skoliometra se provodi tako da pacijent stoji uspravno, sa spojenim stopalima, pro čemu fizioterapeut stoji iza pacijenta. Terapeut zamoli pacijenta da flektira trup s opuštenim rukama koje slobodno vise prema podu. Tijekom flektiranja trupa fizioterapeut promatra kralježnicu, obraćajući pozornost na abnormalnosti kralježnice i prsnog koša (Kuznia i sur., 2020). Opisani test se može provesti i pomoću skoliometra, koji se postavlja na leđa najčešće u razini krivulje, a terapeut potom očitava kut rotacije (Bottino i sur., 2023).

FIZIOTERAPIJSKI PRISTUP SKOLIOZAMA

Fizioterapeuti pacijentima pristupaju putem fizioterapijskih vježbi koje se nalaze među tri glavna faktora u liječenju skolioza, među njima se pronalaze mnoge škole i metode poput: Schroth metode, Lyon metode, SEAS vježbi i Škole fizikalne terapije u Barceloni (Barcelona Scoliosis Physical Therapy School- BSPTS), (Giordamni i sur., 2021).

Schroth metoda predstavlja trodimenzionalni oblik vježbi koji je razvila Katarina Schroth početkom 20. stoljeća u Njemačkoj (Dimitrijević i sur., 2022). Ova metoda se smatra najčešćom konzervativnom metodom u liječenju pacijenata sa skoliozom. Vježbe prema Schroth metodi značajno doprinose kvaliteti života, smanjenju vidljivog deformiteta, redukciji Cobbovog kuta i rotaciji trupa (Baumann i sur., 2024). Metoda se temelji na rotacijskim tehnikama disanja u kombinaciji s vježbama istezanja i jačanja (Dimitrijević i sur., 2022). Ključni principi metode uključuju mehaniku disanja, aktivaciju mišića i mobilizaciju zglobova. Mobilizacijom se poboljšava pokretljivost zglobova između rebra i kralježnice prije izvođenja samih vježbi, dok se aktivacijom mišića djeluje na m. iliopsoas, m. erector spinae i m. quadratus lumborum s ciljem poboljšanja posture. Schroth metoda primjenjuje se kroz četiri osnovne vježbe: 50 x Pezziball, vježba na trbuhu, vježba jedra i vježba mišićnog cilindra (Berdishevsky i sur., 2016).

Lyon metoda i Lyonska ortoza nastale su u Francuskoj, a razvio ih je liječnik Pieere Stagnar. Jedna je od najstarijih metoda koja kombinira specifične vježbe u liječenju skolioza s nošenjem ortoze (Balne i sur., 2020). Lyonska ortoza je kruta i asimetrična (Tolo, Herring 2020), koristi se za liječenje lumbalnih i niskih torakolumbalnih krivulja od 30 do 50 Cobbovih stupnjeva, u nekim slučajevima i više od 50°. Lyonove ortoze temelje se na principu pritiska u tri točke. Pritisak se primjenjuje na dva neutralna kralješka i vrh na krivulje (Del Prete i sur., 2023).

Školu fizikalne terapije u Barceloni osnovao je doktor Manuel Rigo, a njena metodologija temelji se na Schroth metodi (Kasimov, Oshchepkov, 2023). Ova fizioterapijska metoda liječenja pogodna je za pacijente s idiopatskom skoliozom, kod nekih oblika kongenitalne skolioze i kod pacijenata s anterioposteriornim deformitetima poput Scheuermannove bolesti (Giordamini i sur., 2021). BSPTS metoda također se koristi u postoperativnoj rehabilitaciji pacijenata koji su bili podvrgnuti kirurškom liječenju skolioze (Jerzak i sur., 2024). Vježbe se izvode kroz izometrijske kontrakcije, istezanje i vježbe disanja. U korekciju posture uključeni

su kako trup tako i ekstremiteti (Giordamni i sur., 2021). Cilj BSPTS metode je postizanje sveobuhvatne trodimenzionalne korekcije kralježnice i držanja tijela (Jerzak i sur., 2024).

Profesor Pavel Kolar proučavao je razvojnu kineziologiju u kombinaciji s Vojta terapijom te je razvio Dinamičku neuromuskularnu stabilizaciju (DNS), koja je također pokazala značajne rezultate u liječenju skolioza (Sharma, Yadav, 2020). Budući da DNS proizlazi iz Vojta terapije, izvodi se kroz faze koje prate normalan dječji motorički razvoj. Vježbe se, stoga, provode u skladu s položajima koje dijete prirodno zauzima u određenoj razvojnoj dobi (Sharma i sur., 2024). Metoda se individualno prilagođava svakom pacijentu, a optimalan oblik DNS terapije određuje se nakon niza testova i procjena. Suština DNS-a jest jačanje mišića trupa s ciljem poboljšanja stabilnosti i kontrole pokreta (Gulrandhe, Kovala, 2023). Aktivacija trbušne stijenke postiže se vježbama kojima se kontrolira intraabdominalni tlak, što na kraju rezultira jačanjem trbušne muskulature i boljom posturalnom kontrolom (Sharma, Yadav, 2020).

Uz DNS, Schroth metodu i druge fizioterapije se sastoji od fizioterapijskih vježbi koje se baziraju na terapiji skraćenih i izduženih mišića. Kada govorimo o skoliozi, na konkavnoj strani deformacije dolazi do skraćivanja mišića, a najčešće su skraćeni: m. longissimus thoracis, m. iliocostalis, m. trapezius, m. rectus femoris (ako je u pitanju lumbalna skolioza), m. iliopsoas i m. gluteus maximus, dok su m. erector spinae, m. quadratus lumborum, m. multifidus, m. latissimus dorsi i m. gluteus maximus et medius mišići konveksne strane koji su izduženi, zbog grbe koja se javlja na strani deformiteta (Alves, Araújo, 2016). Kako bi se ojačali oslabljeni mišići potrebno je prakticirati vježbe u kojima se aktiviraju mišićne skupine na izduženoj strani, jačanje se može postići određenim vježbama poput zgibova, sklekova, planka itd., no također se mogu ubaciti vježbanje s utezima, elastičnom trakom i tjelesnom težinom (Kakar i sur., 2017). Sukladno tome preporučljivo je bavljenje sportovima poput odbojke, košarke, rukometa, te plivanja zbog njihove simetričnosti te poticanja stabilnosti, koordinacije i jačanja trupa, s druge strane ne preporučaju se balet, gimnastika, ritmički plesovi i svi sportovi koji se uglavnom temelje na ekstenzijskim i rotacijskim pokretima te asimetriji (Mousavi i sur., 2022).

Uz fizioterapijske vježbe značajnu ulogu ima i konzervativna terapija u obliku fizioterapijskih procedura među kojima je vodeća elektroterapija koja se sastoji od elektrostimulacije, transkutne eklektične živčane stimulacije (TENS), dijadinamskih struja (DDS) i interferentnih struja (IFS), (Khan i sur., 2024). Hidrokineziterapija, masaže, magnetoterapija, kineziotaping, akupunktura također su procedure koje pripomažu u smanjenju napetosti mišića te smanjenju boli uz elektroterapiju (Khan i sur., 2022).

U pojedinim situacijama pacijenti tijekom liječenja koriste ortoze koje zaustavljaju progresiju krivina ili ispravljaju zakrivljenosti kralježnice, poboljšavaju kozmetički izgled i vitalne kapacitete (Kaelin, 2020). Liječenje ortozom najpogodnije je kada je dijete u rastu s već postojećom zakrivljenošću od 25° ili manjom do 40°, suprotno tome kontraindikacije za nošenje ortoza su djeca koja su završila s rastom ili djeca koja imaju zakrivljenost kralježnice veću od 45° ili manjom od 25° bez uočene progresije zakrivljenosti (Canavese, Kaelin, 2011). Ortoze su vrlo učinkovite kod ispravljanja i zakrivljenosti te smanjenja stopa operativnih zahvata ukoliko ih se pravilno koristi, naime ortoze je potrebno nositi 20 plus sati dnevno, a najčešće korištene ortoze su Boston ortoza, Milwaukee ortoza i Charleston noćna ortoza (Dolan, Weinstein, 2007).

Ukoliko fizioterapijski ishodi nisu doveli željene ishode te je unatoč intervencijama došlo do progresije razvoja skolioza tada se pacijenti podvrgavaju operativnim zahvatima. Najčešći kriterij za operativni zahvat je zakrivljenost kralježnice s Cobbovim kutom od 40-50° (Hayes i sur., 2021). Kirurški zahvat također dolazi u obzir kada deformitet značajno narušava kvalitetu života, primjerice: nestabilnost prilikom sjedenja, bolovi u kralježnici, respiratorne poteškoće te nemogućnost samopomoći i hranjenja (Loughenbury, Tsirikos, 2022).

ZAKLJUČAK

Skolioza je trodimenzionalna deformacija koja zahtjeva brzu i učinkovitu intervenciju fizioterapeuta. Povremena procjena usmjerava daljnje liječenje i fizioterapijsku intervenciju, a prvenstveno je potrebna u otkrivanju deformiteta gdje je rendgen zlatni standard. Konzervativna terapija, prvenstveno fizioterapijske metode koje uključuju Schroth metodu, BSPTS metodu i DNS najučinkovitije su u poboljšanju posture, smanjenju Cobbovog kuta i stabilnosti trupa. Ukoliko fizioterapijske metode ne daju rezultate vrši se kirurški zahvat.

LITERATURA

1. Alves, D. P. L., & Araújo, B. D. (2016). Muscle disorders in adolescent idiopathic scoliosis: literature review. *Coluna/Columna*, 15(1), 73-77.
2. Bagheri, F., Razi, A., Birjandinejad, A., Amel Farzad, S., Peivandi, M. T., & Habibzade Shojaei, S. R. (2021). Congenital scoliosis: a current concepts review. *Journal of Pediatrics Review*, 9(2), 127-136.
3. Balne, N. K., Jabeen, S. A., & Mathukumalli, N. (2020). Classifications of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Relation to Physiotherapy. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 14(4).
4. Baumann, A. N., Trager, R. J., Anaspure, O. S., Floccari, L., Li, Y., & Baldwin, K. D. (2024). The Schroth Method for Pediatric Scoliosis: A Systematic and Critical Analysis Review. *The Journal of Bone & Joint Surgery reviews*, 12(9), e24.
5. Bazira, P. J. (2021). Clinically applied anatomy of the vertebral column. *Surgery (oxford)*, 39(6), 315-323.
6. Berdishevsky, H., Lebel, V. A., Bettany-Saltikov, J., Rigo, M., Lebel, A., Hennes, A., ... & Durmala, J. (2016). Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and spinal disorders*, 11, 1-52.
7. Bottino, L., Settino, M., Promenzio, L., & Cannataro, M. (2023). Scoliosis management through apps and software tools. *International journal of environmental research and public health*, 20(8), 5520.
8. Brumnić, V., Znika, M., & Banović, A. (2024). Postura i tjelesna ne/aktivnost. U: Davidović Cvetko, E., Janković, S. (ur.). *Zbornik radova 10. međunarodni znanstveno-stručni skup „Fizioterapija u sportu, rekreaciji i wellnessu“*. Vukovar, Hrvatska: Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru & Zdravstveno veleučilište u Zagrebu, 33-42.
9. Canavese, F., & Kaelin, A. (2011). Adolescent idiopathic scoliosis: Indications and efficacy of nonoperative treatment. *Indian journal of orthopaedics*, 45(1), 7-14.

10. Costa, L., Schlosser, T. P., Jimale, H., Homans, J. F., Kruyt, M. C., & Castelein, R. M. (2021). The effectiveness of different concepts of bracing in adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(10), 2145.
11. Cristante, A. F., Silva, R. T. e, da Costa, G. H. R., & Marcon, R. M. (2021). Adult degenerative scoliosis. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 56(1), Jan–Feb 2021.
12. Del Prete, C. M., Tarantino, D., Viva, M. G., Murgia, M., Vergati, D., Barassi, G., Sparvieri, E., Di Stanislao, E., Perpetuini, D., Russo, E., F., Filoni, S. & Pellegrino, R. (2023). Spinal orthosis in adolescent idiopathic scoliosis: an overview of the braces provided by the National Health Service in Italy. *Medicina*, 60(1), 3.
13. Dimeglio, A., & Canavese, F. (2020). The immature spine: growth and idiopathic scoliosis. *Annals of translational medicine*, 8(2), 22.
14. Dimitrakis, N., & Zafeiris, C. P. (2023). Neuromuscular Scoliosis: A Narrative Review. *Journal of Research & Practice on the Musculoskeletal System (JRPMS)*, 7(2).
15. Dimitrijević, V., Viduka, D., Šćepanović, T., Maksimović, N., Giustino, V., Bianco, A., & Drid, P. (2022). Effects of Schroth method and core stabilization exercises on idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 31(12), 3500-3511.
16. Dolan, L. A., & Weinstein, S. L. (2007). Surgical rates after observation and bracing for adolescent idiopathic scoliosis: an evidence-based review. *Spine*, 32(19), S91-S100.
17. Du, S. H., Zhang, Y. H., Yang, Q. H., Wang, Y. C., Fang, Y., & Wang, X. Q. (2023). Spinal posture assessment and low back pain. *EFORT open reviews*, 8(9), 708-718.
18. Frost, B. A., Camarero-Espinosa, S., & Foster, E. J. (2019). Materials for the spine: anatomy, problems, and solutions. *Materials*, 12(2), 253.
19. Ghorayeb, J. H., Ayoub, H. S., Darwish, R., & Palombo, P. (2022). The Effect of Schroth Exercises on Cobb Angle, Quality of Life, and Functional Capacity in Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review of Randomised Controlled Trials. *Journal of the International Academy of Neuromusculoskeletal Medicine*, 19(2), 22-39.
20. Giordamni, M. A., Chandolias, K., Pollatos, D., Chalkia, A., & Trevlaki, E. (2021). Adolescent idiopathic scoliosis: Review of conservative treatment with physiotherapy scoliosis specific exercises. *International Journal of Health Sciences and Research*, 11(1), 88-9.
21. Gulrandhe, P., & Kovala, R. K. (2023). The Effect of Dynamic Neuromuscular Stabilisation on Core Strength: A Literature Review. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 17(7).
22. Hayes, J. W., Feeley, I., Davey, M., Borain, K., & Green, C. (2021). Comparison of a dual-surgeon versus single-surgeon approach for scoliosis surgery: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 30, 740-748.
23. Jerzak, A., Jakubowska, K., Janocha, A., & Ziemba, P. (2024). *Workouts tailored for idiopathic scoliosis-a review*. *Quality in Sport*, 15, 53201-53201.
24. Jin, C., Wang, S., Yang, G., Li, E., & Liang, Z. (2022). A review of the methods on cobb angle measurements for spinal curvature. *Sensors*, 22(9), 3258.
25. Jin, C., Wang, S., Yang, G., Li, E., & Liang, Z. (2022). A review of the methods on cobb angle measurements for spinal curvature. *Sensors*, 22(9), 3258.

26. Kaelin, A. J. (2020). Adolescent idiopathic scoliosis: indications for bracing and conservative treatments. *Annals of Translational Medicine*, 8(2), 28.
27. Kakar, R. S., Simpson, K. J., Das, B. M., & Brown, C. N. (2017). Review of physical activity benefits and potential considerations for individuals with surgical fusion of spine for scoliosis. *International journal of exercise science*, 10(2), 166.
28. Karpel, I., Ziębiński, A., Kluszczyński, M., & Feige, D. (2021). A survey of methods and technologies used for diagnosis of scoliosis. *Sensors*, 21(24), 8410.
29. Kasimov, I., & Oshchepkov, I. (2023, December). A comparative review of non-invasive scoliosis treatment in children and teenagers. *Archiv Euromedica*, 13(6), Article 608
30. Kelly, A., Younus, A., & Lekgwara, P. (2020). Adult degenerative scoliosis – A literature review. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 20, 100661.
31. Khan, M. A., Pogonchenkova, I. V., Talkovsky, E. M., Vybornov, D. Y., Kuyantseva, L. V., Tarasov, N. I., & Koroteev, V. V. (2024). Electrical stimulation methods for scoliosis in children: a literature review. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*, 23(5), 116-124.
32. Khan, M. A., Pogonchenkova, I. V., Vybornov, D. Y., Talkowski, E. M., Kuyantseva, L. V., Tarasov, N. I., & Koroteev, V. V. (2022). Medical rehabilitation for children with scoliosis. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii, i Lechebnoi Fizicheskoi Kultury*, 99(4), 57-66.
33. Kuznia, A. L., Hernandez, A. K., & Lee, L. U. (2020). Adolescent idiopathic scoliosis: common questions and answers. *American Family Physician*, 101(1), 19-23.
34. Lacroix, M., Khalifé, M., Ferrero, E., Clément, O., Nguyen, C., & Feydy, A. (2023). Scoliosis. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 27(5), 529–544.
35. Lee, G. B., Priefer, D. T., & Priefer, R. (2022). Scoliosis: causes and treatments. *Adolescents*, 2(2), 220-234
36. Loughenbury, P. R., & Tsirikos, A. I. (2022). Current concepts in the treatment of neuromuscular scoliosis: clinical assessment, treatment options, and surgical outcomes. *Bone & joint open*, 3(1), 85-92.
37. Mousavi, L., Seidi, F., Minoonejad, H., & Nikouei, F. (2022). Prevalence of idiopathic scoliosis in athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open sport & exercise medicine*, 8(3).
38. Negrini, S., Aulisa, A. G., Aulisa, L., Circo, A. B., De Mauroy, J. C., Durmala, J., ... & Zaina, F. (2012). 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*, 7, 1-35.
39. Roggio, F., Petrigna, L., Filetti, V., Vitale, E., Rapisarda, V., & Musumeci, G. (2023). Infrared thermography for the evaluation of adolescent and juvenile idiopathic scoliosis: A systematic review. *Journal of Thermal Biology*, 113, 103524.
40. Rosenberg, JJ (2011). Skolioza. *Pediatrics in review*, 32(9), 397-398.
41. Sebaaly, A., Daher, M., Salameh, B., Ghoul, A., George, S., & Roukoz, S. (2022). Congenital scoliosis: a narrative review and proposal of a treatment algorithm. *EFORT open Reviews*, 7(5), 318-327.
42. Seleviciene, V., Cesnaviciute, A., Strukcinskiene, B., Marcinowicz, L., Strazdiene, N., & Genowska, A. (2022). Physiotherapeutic scoliosis-specific exercise methodologies used for conservative treatment of adolescent idiopathic scoliosis, and their effectiveness: an

- extended literature review of current research and practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(15), 9240.
43. Sharma, K., & Yadav, A. (2020). Dynamic neuromuscular stabilization-a narrative. *International Journal of Health Sciences and Research*, 10(9), 221-31.
 44. Sharma, K., Chawla, J. K., & Parasher, R. K. (2024). Role of dynamic neuromuscular stabilization exercises in physical rehabilitation: a systematic review. *Critical Reviews™ in Physical and Rehabilitation Medicine*, 36(1).
 45. Shrestha, P., Singh, A., Garg, R., Sarraf, I., Mahesh, T. R., & Madhuri, G. S. (2021). Early stage detection of scoliosis using machine learning algorithms. In 2021 *International Conference on Forensics, Analytics, Big Data, Security (FABS)*, 1,1-4.
 46. Suggala, S., Minopoli, A. L., Shahid, A. H., & Menger, R. P. (2024). Transitional and spectrum-based care for idiopathic scoliosis. *Neurosurgical Focus*, 57(2), E11.
 47. Tolo, V. T., & Herring, J. A. (2020). Scoliosis-specific exercises: a state of the art review. *Spine deformity*, 8(2), 149-155.
 48. Wishart, B. D., & Kivlehan, E. (2021). Neuromuscular Scoliosis: When, Who, Why and Outcomes. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 32(3), 547-556.
 49. Yaman, O., & Dalbayrak, S. (2014). Idiopathic scoliosis. *Turkish neurosurgery*, 24(5).

KINEZIOFOBIJA KAO MEDIJACIJSKI FAKTOR RIZIKA IZMEĐU STARENJA I NEPOVOLJNIH KARDIOVASKULARNIH ISHODA: BIHEVIROALNI I FIZIOLOŠKI MEHANIZMI

KINESIOPHOBIA AS A MEDIATING RISK FACTOR BETWEEN AGING AND ADVERSE CARDIOVASCULAR OUTCOMES: BEHAVIORAL AND PHYSIOLOGICAL MECHANISMS

Josip Ivanda

Poliklinika Otos Vita

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

josipivanda94@gmail.com

Meri Reili

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

mreili@fdmz.hr

Ivan Veber

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

iveber@fdmz.hr

Sažetak

Starenje je jedan od glavnih čimbenika rizika za nepovoljne kardiovaskularne ishode, no mehanizmi djelovanja nisu isključivo biološki. Kineziophobia, definirana kao pretjerani strah od kretanja, sve je češće dokumentirana kod starijih osoba i bolesnika s kardiovaskularnim oboljenjima. Ona može smanjiti razinu tjelesne aktivnosti i pridržavanje kardiološke rehabilitacije, čime postaje potencijalni medijator u odnosu između starenja i nepovoljnih kardiovaskularnih ishoda. Dokazi ukazuju da prevalencija kineziophobije raste s dobi i težinom bolesti. Iz bihevioralne perspektive, strah od kretanja povezan je s tjelesnom neaktivnošću i slabijom adherencijom na terapiju, što je izravno povezano s lošijim kardiovaskularnim ishodima. Fiziološki, kineziophobia i posljedična neaktivnost doprinose povećanoj upalnoj aktivnosti, autonomnoj disregulaciji, disfunkciji endotela i aktivaciji HPA osi, što ubrzava aterogenezu. Iako su dokazi o formalnoj medijacijskoj ulozi kineziophobije još ograničeni, postoje jasni posrednički obrasci: starije osobe češće izražavaju kineziophobiju, što vodi smanjenju tjelesne aktivnosti i povećanju kardiovaskularnog rizika. Zaključno, kineziophobia je potencijalno promjenjiv čimbenik rizika koji može objasniti dio povezanosti između starenja i kardiovaskularnih oboljenja. Intervencije usmjerene na njezino smanjenje, poput edukacije, kognitivno-bihevioralnih strategija i postupnog izlaganja tjelesnoj aktivnosti, mogle bi smanjiti kardiovaskularni rizik u starijoj populaciji.

Ključne riječi: *fizička neaktivnost, kardiorehabilitacija, kardiovaskularni ishodi, kineziophobia, starenje.*

Abstract

Aging is one of the major risk factors for adverse cardiovascular outcomes, yet the underlying mechanisms are not exclusively biological. Kinesiophobia, defined as an excessive fear of movement, has been increasingly documented among older adults and patients with cardiovascular disease. It can reduce physical activity levels and adherence to cardiac rehabilitation, making it a potential mediator in the relationship between aging and cardiovascular outcomes. Evidence suggests that the prevalence of kinesiophobia rises with age and disease severity. From a behavioral standpoint, fear of movement is strongly linked to physical inactivity and poor adherence to therapeutic recommendations, both of which contribute to unfavorable cardiovascular outcomes. On a physiological level, kinesiophobia and subsequent inactivity are associated with heightened inflammatory activity, autonomic dysregulation, endothelial dysfunction, and activation of the hypothalamic–pituitary–adrenal (HPA) axis, ultimately accelerating atherogenesis. Although direct evidence of the mediating role of kinesiophobia is still limited, clear intermediary patterns can be identified: older adults tend to report higher levels of kinesiophobia, which is associated with reduced physical activity and increased cardiovascular risk. These findings highlight the importance of addressing psychological and behavioral barriers alongside biological mechanisms when considering cardiovascular prevention and rehabilitation in aging populations. In conclusion, kinesiophobia should be considered a potentially modifiable risk factor that helps explain part of the association between aging and adverse cardiovascular outcomes. Targeted interventions aimed at reducing kinesiophobia – such as patient education, cognitive-behavioral strategies, and gradual exposure to movement – could enhance adherence to physical activity and rehabilitation, ultimately lowering cardiovascular risk among older adults.

Keywords: *aging, cardiac rehabilitation, cardiovascular outcomes, kinesiophobia, physical inactivity.*

UVOD

Brojna demografska istraživanja provedena u različitim vremenskim razdobljima i s različitim metodologijama potvrđuju trend starenja stanovništva. Prema projekcijama, udio stanovništva starijeg od 65 godina u Europi povećat će se za 77% do 2050. godine, dok će se broj radno sposobnog stanovništva smanjiti za 16% (Walker, 2010). Očekuje se da će prosječna srednja dob u zapadnoj Europi dosegnuti 47 godina do 2030. (Howe, Jackson, 2011). Na globalnoj razini, prosječna srednja dob svjetskog stanovništva porast će s 26,6 godina u 2000. na 37,3 godine do 2050., te na 45,6 godina do 2100. (Lutz, Sanderson & Scherbov, 2008). U razvijenim zemljama bi do 2030. godine čak četvrtina stanovništva mogla biti starija od 65 godina (Peterson, 2002). Ovi nalazi temelje se na čvrstim dokazima, uključujući projekcije Ujedinjenih naroda i brojne demografske analize koje dosljedno potvrđuju ubrzano starenje stanovništva u cijelom svijetu, pri čemu Europa i dalje prednjači u odnosu na globalne trendove, te zbog toga predstavlja najstariju regiju svijeta (Powell, Khan, 2013; Bussolo, Koettl, & Sinnott, 2018). Trend starenja stanovništva posljedično rezultira povećanjem prevalencije kroničnih nezaraznih bolesti (Palomino Castillo, 2024). Dodatni izazov pritom predstavlja koegzistencija više takvih bolesti u istih pojedinaca, poznata kao multimorbiditet (Aminisani et al., 2020;

Ansah, Chiu, 2023). Ove bolesti predstavljaju velik teret za zdravstveni sustav te čine oko 70 % ukupnih uzroka smrtnosti (Gong et al., 2018; Novelli et al., 2020; Palomino Castillo, 2024).

Kardiovaskularne bolesti danas su najrašireniji oblik kroničnih nezaraznih bolesti i vodeći su uzrok prerane smrti u svijetu jer svake godine odnose živote oko 17,5 milijuna ljudi (Joardar, 2016; Szydlowski, Luliak, 2020). Među njima se posebno izdvajaju ishemijska bolest srca i srčani udar, koji čine najveći dio ukupne smrtnosti povezane s ovim bolestima (Szydlowski, Luliak, 2020; Upadhyay, 2022). Kronične nezarazne bolesti su usko povezane sa životnim stilom, te su zbog toga i preventabilne (Hacker, 2024). Procjenjuje se da bi modifikacijom promjenjivih rizičnih čimbenika i životnog stila, kao preventivskim strategijama, pojavnost kroničnih nezaraznih bolesti mogla biti smanjena za više od 80% u slučaju dosljedne provedbe (Feng, Cramm & Nieboer, 2019). Nedovoljna razina tjelesne aktivnosti, kao promjenjivi rizični čimbenik, smatra se četvrtim vodećim uzrokom smrtnosti u svijetu. Brojne studije dosljedno pokazuju da odgovarajuća razina tjelesne aktivnosti smanjuje učestalost koronarne bolesti srca, infarkta i opći kardiovaskularni rizik (Luo et al., 2024).

Međutim, prema procjenama Svjetske zdravstvene organizacije, između 60% i 85% svjetske populacije vodi sjedilački način života, a nedostatak tjelesne aktivnosti odgovoran je za oko 3,5% svih smrti godišnje (Çakal, Yıldırım & Emren, 2022). Osobe koje su fizički aktivnije imaju za 30 do 40 posto manji rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti u usporedbi s onima koje su manje aktivne, što jasno ukazuje na obrnuti odnos između razine tjelesne aktivnosti i rizika od srčanih bolesti (Bomfim et al., 2021). Starije osobe koje svakodnevno i učestalo hodaju imaju značajno niži rizik od razvoja kardiovaskularnih bolesti (Luo et al., 2024). Redovita tjelesna aktivnost jedan je od ključnih čimbenika sekundarne prevencije jer može usporiti ili inhibirati razvoj aterosklerotskih promjena, poboljšati kardiopulmonalni status te smanjiti rizik od težih kardiovaskularnih ishoda. Unatoč tome, manje od trećine osoba s kardiovaskularnim bolestima redovito je tjelesno aktivno pod stručnim nadzorom, dok većina bolesnika ni nakon godinu dana ne doseže preporučenu razinu svakodnevne aktivnosti (Wang et al., 2023). Istraživanja su pokazala da postoji više čimbenika koji sprječavaju osobe da postignu preporučenu razinu tjelesne aktivnosti. Među njima su nedostatak motivacije, strah od padova, okolišne prepreke, tjelesna ograničenja povezana s trenutnim zdravstvenim stanjem, te kineziophobia (Naugle et al., 2022).

Kineziophobia se izvorno opisuje kao „pretjeran i onesposobljavajući strah od kretanja i tjelesne aktivnosti koji proizlazi iz osjećaja ranjivosti na bol ili ponovnu ozljedu”. Kod osoba kod kojih su prisutni katastrofiziranje boli i izražen strah od pokreta, tjelesni se osjeti doživljavaju intenzivnije, uz očekivanje da će se bol postupno pogoršavati, što je jedan od ključnih prediktora razvoja kronične muskuloskeletne boli i funkcionalnih ograničenja. Kako je kineziophobia usko povezana i s moždanim procesima koji reguliraju anksioznost, ona dodatno potiče izbjegavanje pokreta (Gulrandhe et al., 2021), čime postaje značajan rizični čimbenik smanjenja tjelesne aktivnosti i izbjegavanja vježbanja. Zbog toga je važno pravovremeno procijeniti razinu kineziophobe i identificirati pacijente s povišenim rizikom kako bi se spriječilo sjedilačko ponašanje i potaknulo redovito uključivanje u tjelesnu aktivnost, osobito kod kardioloških bolesnika (Çakal, Yıldırım & Emren, 2022). Cilj ovog rada je pregledom literature analizirati moguću medijacijsku ulogu kineziophobe u povezanosti između starenja i nepovoljnih kardiovaskularnih ishoda, uz razmatranje bihevioralnih i fizioloških mehanizama.

BIHEVIORALNI ASPEKTI KINEZIOFOBIJE U STARIJOJ POPULACIJI

U svom radu Lethem i suradnici (1983) predložili su „fear-avoidance“ model, koji predstavlja jedan od najčešće korištenih kognitivno-bihevioralnih okvira za objašnjavanje načina na koji bol dovodi do straha, izbjegavanja i funkcionalnog pogoršanja. Prema navedenom modelu, negativna iskustva boli mogu potaknuti katastrofične misli i povećati percepciju prijetnje, što rezultira strahom od pokreta ili očekivanjem pogoršanja boli. Kao odgovor na taj strah, pojedinac sve više izbjegava aktivnosti koje smatra rizičnima, čime privremeno smanjuje vlastitu anksioznost, ali dugoročno pojačava obrasce izbjegavajućeg ponašanja. Posljedično se smanjuje tjelesna aktivnost, javlja mišićna dekompenzacija, raste osjetljivost na bol i na taj se način razvija „začarani“ krug sve izraženijeg straha i funkcionalnog onesposobljenja (Larsson et al., 2016).

Bol može inducirati strah od pokreta i potaknuti pojedinca na ograničavanje aktivnosti koje se percipiraju kao potencijalni izvor ili pojačivač boli. U tom kontekstu javljaju se dva dominantna obrasca nošenja s neugodnim podražajima. To su suočavanje i izbjegavanje. Suočavanje se dugoročno pokazuje učinkovitijim, jer pridonosi smanjenju boli. Nasuprot tome, izbjegavanje povećava percepciju prijetnje i dodatno intenzivira strah od aktivnosti. Modeli izbjegavanja, poput „fear avoidance“ koncepta, uključuju kognitivne strategije (npr. potiskivanje misli o boli) i bihevioralne strategije (npr. izbjegavanje aktivnosti koje bi mogle izazvati bol). Ovi obrasci mogu dovesti do smanjenja razine svakodnevne tjelesne aktivnosti, što povećava rizik za razvoj, održavanje ili pogoršanje funkcionalnih ograničenja (Desai, Shah, 2020). Zbog navedenog, strah od pokreta i (ponovne) ozljede često predstavlja snažniji prediktor funkcionalnog onesposobljenja od biomedicinskih pokazatelja bolesti, a strah povezan s boli može imati izraženiji onesposobljavajući učinak na svakodnevno funkcioniranje nego sama razina boli (Koho et al., 2011).

Veza između kineziofobije i razine tjelesne aktivnosti može se razumjeti i kroz modele dualnih procesa. Ti modeli pretpostavljaju da je ponašanje povezano s tjelesnom aktivnošću oblikovano dvjema vrstama mehanizama, a to su: kontrolirani mehanizmi (koji zahtijevaju svjesno promišljanje, uključuju više kognitivnih funkcija i troše značajne mentalne resurse) i automatski mehanizmi (temelje se na prethodno usvojenim obrascima, odvijaju se nenamjerno i zahtijevaju minimalan kognitivni napor). Na primjer, asocijacije na tjelesnu aktivnost, poput pomisli na vježbanje ili pokrete povezane s boli, mogu izazvati neugodne emocije i nesvjesno potaknuti izbjegavanje aktivnosti (Goubran et al., 2023; Desai, Shah, 2020).

Leventhalov model zdravorazumskog poimanja bolesti objašnjava kako pacijenti kognitivno i emocionalno interpretiraju kardiovaskularne zdravstvene prijetnje te kako na temelju toga reguliraju svoje ponašanje (Benyamini, Karademas, 2019). Prema Leventhalovom modelu, pacijenti djeluju kao “zdravorazumski znanstvenici” koji stvaraju predodžbe o bolesti iz opaženih simptoma, uzroka i posljedica (Meyer, Leventhal & Gutmann, 1985). U kardiovaskularnoj prevenciji pokazalo se da ta uvjerenja utječu na ponašanje, ali s malom prediktivnom snagom. Naime, percepcije bolesti objašnjavaju tek oko 2% varijance u navikama poput prehrane, vježbanja i uzimanja terapije (Byrne, Walsh & Murphy, 2005). Uz to, samo znanje o riziku nije dovoljno da pacijenti promijene ponašanje, što potvrđuje složenost veze između percepcije i djelovanja (Lira et al., 2006).

Novija istraživanja sugeriraju da je veća vjerojatnost da će kineziophobia biti izraženija kod starijih osoba, što se često može povezati s preživljenim iskustvima brojnih kirurških intervencija, bolničkih zbrinjavanja, kroničnih bolesti i padova, koji su u skladu s prirodnim promjenama organizma povezanim s dobi. Bol je u ovoj populaciji čest razlog zbog kojeg se stariji žale, a prema „fear-avoidance“ modelu, smatra se ključnim okidačem za razvoj kineziophobia i izbjegavanja fizičke aktivnosti. Zbog toga je važno naglasiti da kineziophobia nije samo nagomilani strah od kretanja, već rezultat neadekvatnog psihološkog procesuiranja, pri čemu percepcija opasnosti nije proporcionalna stvarnoj prijetnji (Alpalhão, Cordeiro & Pezarat-Correia, 2022). U istraživanju koje su proveli Desai i Shah, (2020) utvrđeno je da starije osobe općenito imaju vrlo visoku razinu kineziophobia, dok je skupina koja je prilikom njihovog istraživanja imala bolove pokazivala značajno veću razinu kineziophobia. Stoga je važno naglasiti da starije osobe bez boli također mogu imati visoku razinu straha od kretanja, a ukoliko budu imali bolove, ta razina kineziophobia će još više porasti.

Prevalencija kineziophobia među kardiološkim bolesnicima je izrazito visoka, s 61-82 % pacijenata koji iskazuju povišeni strah od pokreta (Liu et al., 2024). Kod starijih osoba sa koronarnom bolesti srca, visoka razina kineziophobia bila je izražena kod 76% oboljelih (Knapik, Dąbek & Brzęk, 2019). Navedeno bi moglo predstavljati glavni razlog zašto studije pokazuju da je provođenje prve faze kardiološke rehabilitacije rijetko uspješno, a pridržavanje rehabilitacijskih programa slabo (Tungare et al., 2020; Qin et al., 2023). Prisutnost kineziophobia često dovodi do pretjeranog mirovanja, što uzrokuje pad tjelesnih funkcija i nesposobnosti obavljanja aktivnosti svakodnevnog života (Nonaka et al., 2025). Kod starijih kardioloških bolesnika kineziophobia se očituje kroz složene emocionalne reakcije, pogrešne procjene tjelesnih sposobnosti i različite oblike izbjegavanja napora. Na njen razvoj utječu psihološka kompleksnost, kardiološka anksioznost, socijalni čimbenici, prethodni kardiovaskularni incidenti, razina obrazovanja i ekonomski status (Wang et al., 2023; Zhang et al., 2025; Keessen et al., 2022; Nonaka et al., 2025). Starije osobe i pacijenti s kardiovaskularnim bolestima imaju često pojačan osjećaj ranjivosti („moje srce je slabo“, „ovo ubrzanje pulsa znači infarkt“) te tendenciju da tjelesne senzacije (npr. ubrzano disanje, palpitacije, bol u prsima) interpretiraju kao znak neposredne prijetnje. Taj proces subjektivne procjene rizika značajno doprinosi aktivaciji izbjegavajućih obrazaca. Tako je istraživanje kod starijih osoba pokazalo da je kineziophobia bila značajnije povezana s razinom tjelesne aktivnosti nego sama bol (Larsson et al., 2016; Alpalhão, Cordeiro & Pezarat-Correia, 2022). Teži kirurški zahvati često dovode do pojave negativnih emocija poput anksioznosti i depresivnosti te povećanog straha od mogućih naglih tjelesnih komplikacija tijekom vježbanja. Zbog toga se kod pacijenata može pojačati strah od tjelesne aktivnosti, što dodatno smanjuje njihovu razinu kretanja, toleranciju na napor i spremnost na rano uključivanje u vježbanje (Zeng et al., 2024). Strah od kretanja u ovoj populaciji često je pretjeran i iracionalan, proizlazi iz percipirane boli, osjećaja slabosti ili uvjerenja o povećanom riziku nove kardiološke epizode, što dodatno smanjuje motivaciju i sposobnost za redovitu tjelesnu aktivnost. Ti strahovi mogu poprimiti i izraženije egzistencijalne oblike, poput straha od smrti, pomicanja stenta ili ponovnog srčanog incidenta (Zhang et al., 2025), a istraživanja pokazuju da kineziophobia i smanjenje aktivnosti svakodnevnog života djelomično medijacijski povezuju srčanu funkciju i ukupni zdravstveni status kod bolesnika sa zatajenjem srca (Nonaka et al., 2025).

KINEZIOFOBIJA NASUPROT TJELESNOJ AKTIVNOSTI – FIZIOLOŠKI UČINCI

Sjedilačko ponašanje povećava vrijednosti krvnog tlaka u mirovanju, dijelom zbog pojačanog simpatičkog tonusa, a povišeni krvni tlak u mirovanju povezan je s pojačanim kardiovaskularnim, upalnim i respiratornim odgovorima na akutni psihološki stres. Pojačani psihobiološki odgovori na stres i otežano oporavljanje nakon stresa dugoročno koreliraju s čimbenicima rizika za kardiovaskularne bolesti te mogu akutno pokrenuti ozbiljne kardiovaskularne incidente. Stoga bi pojačana reaktivnost na stres i slabo oporavljanje kod osoba sa sjedilačkim načinom života i niskom razinom tjelesne aktivnosti mogli predstavljati ključni mehanizam povezivanja ovih ponašanja s kardiovaskularnim ishodima (Chauntry, Bishop & Hamer, 2022). Osim toga, smanjena tjelesna aktivnost povezana je s većom arterijskom rigidnošću i povećanim upalnim statusom, dok intenzivna tjelesna aktivnost smanjuje upalu i poboljšava funkciju krvnih žila. Važno je naglasiti da ove povezanosti u studijama ostaju značajne čak i nakon prilagodbe za dob, krvni tlak i poznate kardiovaskularne čimbenike rizika, pri čemu su povećana arterijska rigidnost i upalni status zabilježeni jednako kod muškaraca i žena s niskom razinom tjelesne aktivnosti (Theofilis et al., 2022). Strukturne promjene srca i smanjeni minutni volumen kod bolesnika sa srčanom insuficijencijom dovode do atrofije respiratornih mišića, što pojačava osjećaj dispneje, dok plućna kongestija i infekcije dodatno narušavaju funkciju pluća i uzrokuju simptome poput kašlja i iskašljavanja. Ovi čimbenici zajedno značajno pogoršavaju kvalitetu života, a prisutnost kineziofobije može dodatno intenzivirati dispneju te pridonijeti neugodnostima poput pritiska u prsima, palpitacija i povećanog psihološkog stresa (Qin et al., 2024). Autorica Bäck sa suradnicima (2020) navodi da su oboljeli od koronarne bolesti srca s kineziofobijom često skloni depresiji te, zbog različitih čimbenika i strahova, pokazuju pojačanu opreznost (hipervigilnost) i ambivalentnost. Uz to, anksioznost i depresija dodatno pogoršavaju koronarnu bolest srca, a dugotrajna terapija može inducirati njihovu pojavu. Posljedično, navedena stanja prekomjerno aktiviraju simpatički živčani sustav, na taj način povećavaju srčano opterećenje i stvaraju „začarani“ krug koji dodatno pogoršava bolest. Posljednjih godina učestalost anksioznosti i depresije u kombinaciji s koronarnom bolesti srca postupno raste, a koegzistencija ovih psiholoških stanja s koronarnom bolesti srca predstavlja značajan klinički izazov u kardiovaskularnoj medicini. Nedavna istraživanja upućuju da bi aktivnost osi hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda (HPA) mogla biti obećavajuće područje za bolje razumijevanje i razvoj tretmana kod pacijenata s ovim komorbiditetima (Feng et al., 2024). Iako autori Juruena i suradnici (2020) u svom radu ne ističu kineziofobiju, utvrdili su da su poremećaji poput depresije, anksioznosti i fobija često povezani s pojačanom i dugotrajnom aktivacijom HPA osi, uzrokovanom narušenom regulacijom kortizola (hiperkortizolemijom) i disfunkcijom glukokortikoidnih receptora, pri čemu rani životni stres dodatno povećava osjetljivost na razvoj i ponovni nastanak ovih stanja.

Tjelesna aktivnost može djelovati protektivno, pozitivno utječući na metaboličke, hemodinamske, mišićno-koštane i psihološke parametre. U primarnoj prevenciji koronarne bolesti dokazana je obrnuta proporcionalnost između razine tjelesne aktivnosti i rizika od bolesti i smrtnosti, pri čemu najveću korist ostvaruju osobe koje s neaktivnosti prelaze na nisku razinu aktivnosti, a brzina hodanja pokazala se snažnijim prediktorom ukupne smrtnosti nego ukupni volumen hodanja (Bäck, 2012). Zbog toga tjelesna aktivnost predstavlja jedan od

glavnih stupova kardiološke rehabilitacije i dokazano donosi niz dobrobiti za bolesnike (Qin et al., 2024). Cilj sekundarne prevencije jest smanjiti ili u potpunosti ukloniti čimbenike rizika za razvoj kardiovaskularnih bolesti, pri čemu se posebna pozornost usmjerava na nedovoljnu razinu tjelesne aktivnosti. Epidemiološka istraživanja dosljedno potvrđuju ključnu ulogu redovite fizičke aktivnosti u procesu kardiološke rehabilitacije. Sustavno vježbanje ne samo da ublažava simptome povezanih srčanih stanja, već i značajno smanjuje rizik smrtnog ishoda. Dobro strukturirana kineziterapija može reducirati smrtnost za 20-25%, što je usporedivo s učinkom standardne farmakološke terapije, a sveobuhvatni programi kardiološke rehabilitacije smanjuju rizik iznenadne srčane smrti za gotovo 35% tijekom prve godine nakon preboljelog infarkta miokarda (Kocjan i Knapik, 2014).

Rehabilitacija temeljena na tjelesnoj aktivnosti, koja uključuje vježbe snage, trening inspiratornih mišića te intervalni ili kontinuirani aerobni trening, uz savjetovanje kao važnu sastavnicu procesa, može znatno doprinijeti poboljšanju tjelesnog funkcioniranja, smanjenju straha od tjelesne aktivnosti te unaprjeđenju kvalitete života. Među kardioprotektivnim mehanizmima koji se ostvaruju kroz redovitu tjelesnu aktivnost, endotel predstavlja jedno od ključnih ciljnih tkiva. Dosadašnja istraživanja pokazuju da vježbanje može povećati koronarnu endotelnu funkciju, potaknuti vazodilataciju ovisnu o endotelu, poboljšati perfuziju miokarda te usporiti progresiju srčanih simptoma (Legese et al., 2025).

ZAKLJUČAK

Dostupni stručni i znanstveni radovi upućuju na potrebu da se u fizioterapijsku procjenu i rehabilitacijske protokole starijih kardioloških bolesnika sustavno uključi procjena i tretman kineziophobia. Kineziophobia se nameće kao važan, ali često zanemaren medijacijski čimbenik u odnosu između starenja i nepovoljnih kardiovaskularnih ishoda. Kao psihološka barijera koja dovodi do smanjenja tjelesne aktivnosti, ona pridonosi pogoršanju fizioloških funkcija i povećanju rizika za kardiovaskularne bolesti. Intervencije usmjerene na smanjenje kineziophobia – kroz edukaciju, kognitivno-bihevioralne tehnike i postupno izlaganje aktivnosti – mogu povećati motivaciju i pridržavanje terapiji te pridonijeti očuvanju funkcionalne neovisnosti i smanjenju kardiovaskularnog rizika u starijoj populaciji.

LITERATURA

1. Alpalhão, V., Cordeiro, N. & Pezarat-Correia, P. (2022). Kinesiophobia and Fear Avoidance in Older Adults: A Scoping Review on the State of Research Activity, *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(6), 1075–1084.
2. Aminisani, N., Rastgou, L., Shamshirgaran, S.M. P. Sarbakhsh, S. Ghaderi & M. Hyde (2020). Predictors of multimorbidity among the Kurdish population living in the Northwest of Iran, *BMC Public Health*, 20, 1094.
3. Ansah, J.P. & Chiu, C.T. (2023). Projecting the chronic disease burden among the adult population in the United States using a multi-state population model, *Frontiers in Public Health*, 10, 1082183.

4. Bäck, M. (2012). Exercise and physical activity in relation to kinesiophobia and cardiac risk markers in coronary artery disease. *Doktorska disertacija*. University of Gothenburg, Sahlgrenska Academy, Institute of Medicine.
5. Bäck, M., Caldenius, V., Svensson, L. & Lundberg, M., (2020). Perceptions of Kinesiophobia in Relation to Physical Activity and Exercise After Myocardial Infarction: A Qualitative Study. *Physical Therapy*, 100(12), 2110-2119.
6. Benyamini, Y. & Karademas, E.C., (2019). Introduction to the special issue on the common sense model of self-regulation. *Health Psychology Review*, 13(4), 373–377.
7. Bomfim, V.V.B. da S., Aleluia, E. dos S., de Jesus, H.F., de Almeida, A.L. de S.M., Costa, G. de S., Brito, A. da S., Silva, T.R.C., Oliveira, L.A., Almeida, H.S. & Barreto, N.C. da S. (2021). Fração prevenível na associação entre a atividade física e doença cardiovascular: uma revisão narrativa, *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 13(2), e4120.
8. Bussolo, M., Koettl, J. & Sinnott, E. (2018). Golden aging: Prospects for healthy, active, and prosperous aging in Europe and Central Asia. *Public Sector Economics*, 42(3), 347-351.
9. Byrne, M., Walsh, J.C. & Murphy, A.W., (2005). Secondary prevention of coronary heart disease: patient beliefs and health-related behaviour. *Journal of Psychosomatic Research*, 58(5), 403–415.
10. Çakal, B., Yıldırım, M., & Emren, S. (2022). Kinesiophobia, physical performance, and health-related quality of life in patients with coronary artery disease. *Advances in Interventional Cardiology/Postępy w Kardiologii Interwencyjnej*, 18(3), 246-254.
11. Chauntry, A.J., Bishop, N.C. & Hamer, M., (2022). Sedentary behaviour, physical activity and psychobiological stress reactivity: A systematic review. *Biological Psychology*, 172, 108374.
12. Desai, M. & Shah, H. (2020). A study of kinesiophobia in elderly with and without pain, *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*, 14(3), 126–131.
13. Feng, Z., Cramm, J.M. & Nieboer, A.P. (2019). A healthy diet and physical activity are important to promote healthy ageing among older Chinese people, *Journal of International Medical Research*, 47(12), 6061–6081.
14. Gong, J.B., Yu, X.W., Yi, X.R., Wang, C.H. & Tuo, X.P. (2018). Epidemiology of chronic noncommunicable diseases and evaluation of life quality in elderly, *Aging Medicine*, 1, 64-66.
15. Goubran, M., Farajzadeh, A., Lahart, I.M., Bilodeau, M. & Boisgontier, M.P. (2025). Relationship between fear of movement and physical activity in patients with cardiac, rheumatologic, neurologic, pulmonary, or pain conditions: a systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 105(6), pza050.
16. Goubran, M., Farajzadeh, A., Lahart, I.M., Bilodeau, M. & Boisgontier, M.P. (2023). Kinesiophobia and physical activity: a systematic review and meta-analysis. *medRxiv*.
17. Gulrandhe, P., Warutkar, V., Chitale, N., Arora, S. P., & Phansopkar, P. (2021). Fear avoidance model of kinesiophobia and rehabilitation. *Journal of Medical Pharmaceutical and Allied Sciences*. 10, 3529-33.
18. Hacker, K. (2024). The burden of chronic disease, *Mayo Clinic Proceedings: Innovations, Quality & Outcomes*, 8(1), 112–119.

19. Howe, N. & Jackson, R. (2011). Global Aging and the Crisis of the 2020s. *Current History*, 110(732), 20–25.
20. Joardar, G.K. (2016). Non Communicable Diseases: Challenge Ahead, *Journal of Comprehensive Health*, 4(2), 4–6.
21. Juruena, M.F., Eror, F., Cleare, A.J. & Young, A.H., (2020). The Role of Early Life Stress in HPA Axis and Anxiety. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1191, 141–153.
22. Keessen, P., Visser, B., van Duijvenbode, I.C.D., Latour, C.H.M., Jorstad, H.T. & Scholte op Reimer, W.J.M. (2022). Fear of movement (kinesiophobia) after cardiac hospitalization: predictors and impact on participation in cardiac rehabilitation. *European Journal of Preventive Cardiology*, 29(1), zwac056.119.
23. Knapik, A., Dąbek, J. & Brzęk, A., (2019). Kinesiophobia as a problem in adherence to physical activity recommendations in elderly Polish patients with coronary artery disease. *Patient Preference and Adherence*, 13, 2129–2135.
24. Kocjan, J. & Knapik, A., (2014). Barriers of physical activity (kinesiophobia) in patients subjected to cardiac rehabilitation. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 6(4), 291–297.
25. Koho, P., Orenius, T., Kautiainen, H., Haanpää, M., Pohjolainen, T. & Hurri, H. (2011). Association of fear of movement and leisure-time physical activity among patients with chronic pain. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43(9), 794–799.
26. Larsson, C., Ekvall Hansson, E., Sundquist, K. & Sundquist, J. (2016). Kinesiophobia and its relation to pain characteristics and cognitive affective variables in older adults with chronic pain. *BMC Geriatrics*, 16, 128.
27. Legese, Y. G., Belete, Y., Miheret, T., Zinabu, F. S., Akmel, F. & Belay, G. J. (2025). Kinesiophobia and associated factors among patients with cardiac disease attending cardiac units at hospitals in Addis Ababa, Ethiopia, 2024: a multicentre cross-sectional study, *BMJ Open*, 15(6), e101011.
28. Lethem, J., Slade, P.D., Troup, J.D.G. & Bentley, G. (1983). Outline of a fear-avoidance model of exaggerated pain perception—I. *Behaviour Research and Therapy*, 21(4), 401–408.
29. Lira, C.M.T., Kunstmann, F.S., Caballero, M.E., Guarda, S.E., Villarroel, P.L. & Molina, Y.J.C., (2006). Cardiovascular prevention and attitude of people towards behavior changes: state of the art. *Revista Médica de Chile*, 134, 223–230.
30. Luo, Y., Liu, J., Zeng, J. & Pan, H. (2024) Global burden of cardiovascular diseases attributed to low physical activity: An analysis of 204 countries and territories between 1990 and 2019, *American Journal of Preventive Cardiology*, 17, 100633.
31. Lutz, W., Sanderson, W.C., & Scherbov, S. (2008). The coming acceleration of global population ageing. *Nature*, 451, 716–719.
32. Meyer, D.R., Leventhal, H. & Gutmann, M. (1985). Common-sense models of illness: the example of hypertension. *Health Psychology*, 4(2), 115–135.
33. Naugle, K.M., Blythe, C., Naugle, K.E., Keith, N. & Riley, Z.A. (2022). Kinesiophobia predicts physical function and physical activity levels in chronic pain-free older adults. *Frontiers in Pain Research*, 3.

34. Nonaka, Y., Fujii, R., Kawamura, Y., Tateishi, T. & Tabira, K. (2025). Influence of Kinesiophobia on Rehabilitation Outcomes in Patients With Cardiovascular Disease: Protocol for Systematic Review. *Circulation Reports*, 7(7), 578–581.
35. Novelli, G., Biancolella, M., Latini, A., Spallone, A., Borgiani, P., & Papaluca, M. (2020). Precision medicine in non-communicable diseases, *High-Throughput*, 9(1), 3.
36. Palomino Castillo, A.A., (2024). Promoción y control de enfermedades crónicas no transmisibles en los adultos mayores: Una revisión bibliográfica. *Centro Sur*, 8(2).
37. Peterson, P.G. (2002). The shape of things to come: Global aging in the twenty-first century, *Journal of International Affairs*, 56, 189.
38. Powell, J. L., & Khan, H. T. A. (2013). Ageing and globalization: A global analysis. *Journal of Globalization Studies*, 4(1), 137–146.
39. Qin, J., Xiong, J., Chen, C., Wang, X., Gao, Y., Zhou, Y., Zheng, G. & Gong, K. (2023). Influencing factors of kinesiophobia in older patients with chronic heart failure: A structural equation model. *Clinical Cardiology*, 46(7), 729–736.
40. Qin, X., Xiao-Yun, X., Mei-Jun, Z., Si, L., Hua, C., Meng-Die, L., Ying, W. & Ying, Y. (2024). Incidence and influencing factors of kinesiophobia in patients with chronic heart failure: a scoping review. *Frontiers in Psychology* 15, 1395199.
41. Szydłowski, S.J. & Luliak, M. (2020). Prevention of disease-related mortality from chronic non-communicable diseases, *Clinical Social Work and Health Intervention*, 11(2), 28–33.
42. Theofilis, P., Oikonomou, E., Lazaros, G., Vogiatzi, G., Mystakidi, V.C., Goliopoulou, A., Anastasiou, M., Christoforatu, E. & Tousoulis, D., (2022). The Association of Physical Activity with Arterial Stiffness and Inflammation: Insight from the "Corinthia" Study. *Angiology*, 73(8), 716-723.
43. Tungare, N.N., Nagarwala, R.K., Shyam, A.K. & Sancheti, P.K., (2020). Factors affecting kinesiophobia in coronary artery disease patients. *Physiotherapy – Journal of the Indian Association of Physiotherapists*, 14, 32–36.
44. Upadhyay, R.K. (2022). Chronic Non-communicable Diseases: Risk Factors, Disease Burden, Mortalities and Control, *Acta Scientific Medical Sciences*, 6(4), 153–170.
45. Walker, A. (2010). The emergence and application of active aging in Europe. In Whitfield, P.J. and Phillipson, S.K. (eds) *Ageing in European Societies*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 187–210.
46. Wang, Z., Zhang, Y., Wang, Y., Liu, L. & Zhang, J. (2023). Kinesiophobia and its associated factors in patients with coronary heart disease: a cross-sectional study based on latent feature analysis, *BMJ Open*, 13, e072170.
47. Zeng, Z., Shen, Y., Wan, L., Yang, X., Hu, Q., Luo, H. & He, M. (2024). Kinesiophobia in patients after cardiac surgery: a scoping review, *BMC Cardiovascular Disorders*, 24, 469.
48. Zhang, M-J., Liu, S., Xiong, X-Y., Liu, M-D. & Xiang, Q. (2025). Kinesiophobia in patients with coronary heart disease: a Rodgers' evolutionary concept analysis. *Frontiers in Psychology*, 16, 1499962.

OSTEOPOROZA KOD MUŠKARACA

OSTEOPOROSIS IN MEN

Slavica Janković

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

slavica.jankovic@vevu.hr

Vanja Matković

Klinički bolnički centar Osijek

vanja.bucan@gmail.com

Vesna Babić

Nacionalna memorijalna bolnica „Dr. Juraj Njavro“ u Vukovaru

vesnababic999@gmail.com

Zrinka Stojaković

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

zrinka221@gmail.com

Sažetak

Osteoporoza je poznata kao "tihi kradljivac kostiju" koji se često pogrešno smatra isključivo ženskom bolešću. Ipak, muškarci čine otprilike trećinu svih oboljelih. Kod muškaraca, gubitak koštane mase događa se polako i bez simptoma sve do prijeloma, što ovu bolest čini posebno opasnom. Zabrinjavajuće je što većina muškaraca nije svjesna rizika, a liječnici ih rijetko upućuju na preventivne preglede poput denzitometrije. Prevalencija osteoporoze u Hrvatskoj, kod muškaraca starijih od 50 godina procjenjuje se na oko 6,2 %, dok su vertebralni prijelomi prisutni kod gotovo 16 % te populacije. Ipak, manje od 10 % njih ima prethodnu dijagnozu. U Europi je slična situacija – samo malom broju muškaraca s prijelomom prethodno je dijagnosticirana osteoporoza ili su liječeni. Na gubitak koštane mase kod muškaraca utječu brojni čimbenici: starenje, smanjena razina testosterona, kronične bolesti, alkohol, pušenje i uporaba glukokortikoida. Muškarci obično kasnije dosegnu kritičnu razinu BMD-a, dijagnoza se često postavlja tek nakon prvog prijeloma. Kako bi se spriječile ozbiljne posljedice, nužno je povećati svijest o muškoj osteoporozi, uključiti rizične muškarce u screening programe i educirati liječnike. Rani pregled, pravilna prehrana, tjelovježba i liječenje mogu značajno smanjiti rizik od prijeloma.

Ključne riječi: *muškarci, osteoporoza, prevencija.*

Abstract

Osteoporosis, often referred to as the “silent thief of bones,” is commonly misperceived as a disease affecting only women. However, men account for approximately one-third of all osteoporosis cases. In men, bone loss progresses slowly and without symptoms until a fracture occurs, making the condition particularly dangerous. Alarmingly, most men are unaware of their risk, and physicians rarely refer them for preventive screening such as bone densitometry.

In Croatia, the prevalence of osteoporosis in men over 50 is estimated at 6.2%, with vertebral fractures present in nearly 16% of this population. Yet, fewer than 10% have a prior diagnosis. Across Europe, similar patterns emerge – only a small percentage of men with fractures had been previously diagnosed or treated. Several factors contribute to bone loss in men: aging, declining testosterone levels, chronic diseases, smoking, alcohol use, and long-term corticosteroid therapy. Since men generally reach critical bone density thresholds later in life, diagnosis often follows the first major fracture. To prevent serious outcomes, greater awareness of male osteoporosis is essential. At-risk men must be included in screening programs, and physicians need to be better informed about male-specific risk factors. Early diagnosis, combined with proper nutrition, physical activity, and treatment, can significantly reduce the risk of fractures.

Keywords: *men, osteoporosis, prevention.*

UVOD

Osteoporoza je progresivna, sistemska bolest koštanog sustava koju karakterizira smanjena koštana masa te poremećaj mikroarhitektonske građe kosti, što rezultira povećanom krhkosti i rizikom od prijeloma. Riječ je o bolesti u kojoj je masa po jedinici volumena normalno mineralizirane kosti smanjena u odnosu na dob, spol, rasnu pripadnost i tjelesnu veličinu. Najčešće zahvaća područja s većim udjelom spužvaste kosti, poput kralježnice, ručnog zgloba i vrata bedrene kosti (Janković, 2024.).

Osteopenia je stanje koje prethodi osteoporozi, a označava blagi gubitak gustoće kostiju te predstavlja važan javnozdravstveni problem za preventivne mjere. Osteoporoza se često naziva „tihom epidemijom” jer može proći i više od dvadeset godina prije nego se pojave prvi simptomi, a prvi klinički znakovi osteoporoze su obično prijelomi. Prijelomi, posebice kuka i kralježaka, uzrokuju znatno smanjenje kvalitete života, povećanje smrtnosti i potrebu za dugotrajnom skrbi o osobi. Prema do sada dostupnim podacima, smrtnost nakon prijeloma kuka i dalje ostaje visoka te iznosi između 20 i 30 % unutar prve godine nakon prijeloma.

Prijelom distalnog dijela radiusa ostaje najčešći prijelom u populaciji, a dok se kod mlađih osoba najčešće događa prilikom pada na ispruženu ruku, kod starijih osoba se javlja pri minimalnoj traumi, što dodatno ukazuje na oslabljenu otpornost osteoporotične kosti. Prema najnovijim europskim podacima (Cauley, 2016) prevalencija vertebralnih prijeloma kod osoba između 50 i 79 godina iznosi oko 12 %, bez značajne razlike među spolovima.

U današnje vrijeme se osteoporoza smatra globalnim javnozdravstvenim izazovom, pri čemu se točna veličina problema teško procjenjuje, jer gubitak koštane mase započinje i do dva desetaka godina prije prve pojave kliničkih simptoma (Kanis, 2008). Procjenjuje se da u Europskoj uniji osteoporozi ima više od 32 milijuna ljudi (oko 22 milijuna žena i 10 milijuna muškaraca), dok je u SAD-u više od 10 milijuna osoba pogođeno ovom bolešću, uz dodatnih 43 milijuna s dijagnosticiranom osteopenijom (Schousboe, 2014.) Statistike pokazuju da svaka treća žena i svaki peti muškarac stariji od 50 godina tijekom života doživi osteoporotični prijelom.

Demografske promjene i produljenje životnog vijeka doprinose sve većem broju oboljelih. Prema podacima Ujedinjenih naroda, udio starijih osoba (65+) u svjetskoj populaciji raste brže nego ikada prije, pa se do 2050. očekuje da će se broj osoba s osteoporozom gotovo udvostručiti, što povećava i učestalost prijeloma, što osteoporozi čini ne samo medicinskim, već i značajnim socijalnim i ekonomskim problemom. Troškovi liječenja osteoporotičnih prijeloma već sada iznose milijarde eura godišnje, a očekuje se daljnji porast troškova zbog sve većeg broja oboljelih osoba i potrebe za dugotrajnom rehabilitacijom i skrbi (Cosman, 2014).

Osteoporoza se smatrala problemom primarno ženskog zdravlja, no sve su jasniji dokazi da je značajan i često zanemaren problem i kod muškaraca. Pretpostavlja se da će jedan od pet muškaraca starijih od 50 godina doživjeti osteoporotični prijelom (Pasco, 2014.) Unatoč tomu, dijagnoza se često postavlja tek nakon prijeloma – zbog čega se bolest naziva i „tihom epidemijom“.

Primarna zdravstvena zaštita je ključna za ranu dijagnostiku, no problem leži u nedostatku preventivnih programa usmjerenih prema muškarcima (Trajanoska, 2018.). Podaci u Republici Hrvatskoj potvrđuju kako je osteoporoza često neprepoznata, te da je u 2022. godini čak 116.968 osoba kojima je postavljena dijagnoza osteoporoze evidentirano kod liječnika obiteljske medicine, ali nije poznat udio muškaraca unutar tog ukupnog broja. Kako bi se procijenio rizik od nastanka prijeloma kao posljedice osteoporoze, važno je koristiti jednostavne i dostupne alate poput FRAX-a, koji procjenjuje desetogodišnji rizik prijeloma na temelju kliničkih faktora i (ako je dostupan) BMD-a. FRAX se pokazao kao praktičan alat u primarnoj zdravstvenoj skrbi, uključujući populaciju muškaraca. Uočeno je kako prijelomi kuka u muškaraca češće završavaju sa smrtnim ishodom u prvoj godini od zadobivenog prijeloma. Nedavno objavljene smjernice poduprle su primjenu antiresorptivne terapije kod muškaraca s visokim rizikom od nastanka prijeloma, slično kao i u žena.

Cilj ovog rada jest naglasiti ključnu ulogu rane dijagnostike i primarne zdravstvene zaštite u prepoznavanju i liječenju osteoporoze kod muškaraca.

RANA DIJAGNOSTIKA I VAŽNOST PROCJENE RIZIKA

Rano otkrivanje muškaraca s povećanim rizikom za razvoj osteoporoze predstavlja ključnu preventivnu strategiju u smanjenju učestalosti osteoporotičnih prijeloma i povezanih komplikacija. U muškoj populaciji, simptomi osteoporoze najčešće izostaju sve do pojave prijeloma, za razliku od ženske populacije, gdje će se pojaviti smanjenje tjelesne visine, kifotičan stav i bolovi u leđima, što dodatno naglašava važnost probira temeljenog na procjeni čimbenika rizika, osobito u kontekstu primarne zdravstvene zaštite (Kanis, 2017.).

Liječnici obiteljske medicine imaju jedinstvenu poziciju unutar zdravstvenog sustava jer kontinuirano prate pacijente kroz dulje vremensko razdoblje i imaju uvid u cjelokupno zdravstveno stanje pojedinca, uključujući rizične obrasce ponašanja i prisutnost komorbiditeta. Upravo zato njihova uloga u ranoj dijagnostici osteoporoze kod muškaraca je iznimno važna. (Watts, 2012.)

Kod muškaraca, osteoporoza se češće razvija sekundarno, tj. kao posljedica drugih bolesti ili terapija, za razliku od žena kod kojih je najčešće primarna. Stoga je prepoznavanje specifičnih rizičnih čimbenika iznimno važno. Među najvažnijim su:

Hipogonadizam – snižena razina testosterona povezana je s ubrzanim gubitkom koštane mase, a posebno je važno razmotriti osteoporozu kod muškaraca s poznatim endokrinim poremećajima, dugotrajnom terapijom antiandrogenima (npr. kod karcinoma prostate) ili kliničkim znakovima niskog androgenog statusa.

Kronične bolesti, poput kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB), reumatoidnog artritisa i kronične bubrežne insuficijencije, dovode do promijenjenog metabolizma kostiju, upalnih procesa ili smanjene tjelesne aktivnosti, čime je povećavan rizik od gubitka koštane mase.

Dugotrajna primjena glukokortikoida, bilo sistemskih ili inhalacijskih, značajan je i dobro dokumentiran čimbenik rizika za nastanak osteoporoze. Glukokortikoidi inhibiraju osteoblastičnu aktivnost, potiču resorpciju kosti i negativno utječu na apsorpciju kalcija, čime pospješuju razvoj sekundarne osteoporoze kod oba spola. Niska tjelesna masa (BMI < 20–21 kg/m²) – zbog manjeg mehaničkog opterećenja na kost i smanjene količine rezervnog koštanog tkiva, povezana je s povećanim rizikom za prijelome. Obiteljska anamneza prijeloma kuka – pozitivna obiteljska anamneza ukazuje na genetsku predispoziciju i povećava potrebu za ranim preventivnim mjerama. Pušenje i kronična konzumacija alkohola – faktori su koji su povezani s negativnim učinkom na koštanu gustoću i metabolizam vitamina D, kao i s povećanim rizikom od padova.

Unatoč postojanju ovih poznatih čimbenika rizika, muškarci se znatno rjeđe upućuju na denzitometrijska ispitivanja (DXA), a uvođenje sistematiziranih protokola u primarnoj praksi još uvijek izostaje u većini zdravstvenih sustava. Pritom FRAX alat predstavlja praktičan i lako dostupan instrument za procjenu desetogodišnjeg rizika od prijeloma, temeljen na kombinaciji kliničkih čimbenika i po potrebi, vrijednosti BMD-a (Moreland, 2019.).

Uvođenjem redovitih preventivnih pregleda kod muškaraca starijih od 70 godina, kao i kod mlađih s prisutnim čimbenicima rizika, moguće je značajno smanjiti broj prijeloma, hospitalizacija i dugotrajnih posljedica bolesti. Edukacija liječnika primarne zdravstvene zaštite i razvoj kliničkih algoritama prilagođenih muškoj populaciji ključni su za uspješno suočavanje s problemom nedijagnosticirane osteoporoze u ovoj skupini.

Usporedna analiza osteoporoze kod muškaraca u Hrvatskoj u odnosu na ostatak Europe

Epidemiološki podaci – Hrvatska

1. Prevalencija vertebralnih prijeloma

Studija u Zagrebu (uzorak ≥ 50 godina) pokazuje prevalenciju vertebralnih deformacija/fraktura od 11.8 % ukupno, od čega 15.8 % kod muškaraca i 9.7 % kod žena (Altabas, 2022.)

Prevalencija raste s dobi, a procjene pokazuju da u Hrvatskoj ima ~ 90.000 muškaraca ≥ 50 godina s vertebralnim prijelomom.

2. Prevalencija osteoporoze prema ultrazvuku kalkaneusa Istraživanje na muškarcima (20-99 godina) u sedam gradova, pokazuje da su parametri (BUA, SOS, QUI) značajno opadali s dobi; za muškarce ≥ 50 godina:
 - $\sim 5.8\%$, 3.4% i 4.2% prema QUI, BUA, SOS metrikama koristeći WHO kriterij $T\text{-score} \leq -2.5$ (Kaštelan, 2007),
 - Kad se primijeni blaži prag ($T \leq -1.8$), prevalencija raste – do **$\sim 16.2\%$** , 11.7% i 17.2% ovisno o metodi (QUI, BUA, SOS)
 3. Registracija i dijagnostika
 - Ne postoji u Hrvatskoj jedinstveni, obuhvatan registar osoba s osteoporozom ili osteoporotskim prijelomima.
 - Prema istraživanju u Zagrebu, samo 9.6% ispitanika (muškaraca i žena ≥ 50) s vertebralnim prijelomom je prethodno imao dijagnozu osteoporoze (Kardum, 2022.)
 4. Općenita prevalencija osteoporoze u muškaraca ≥ 50
 Prema izvješću “SCOPE 2021: A new scorecard for osteoporosis in Europe”, za Hrvatsku se procjenjuje da **6.2%** muškaraca starijih od 50 godina ima osteoporozu prema densitometrijskim kriterijima ($T\text{-score} \leq -2.5$ podaci – Europa (EU27 + 2 zemlje). (Kanis, 2021.)
1. Prevalencija u muškaraca ≥ 50 godina
 - Prosjek u EU27+2 za muškarce starije od 50 godina: $\sim 6.6\%$ imaju osteoporozu po densitometrijskim kriterijima ($T \leq -2.5$) prema izvješću SCOPE 2021.
 - U pojedinim zemljama raspon je nešto širi, ali obično se kreće između $\sim 5.7\%$ do $\sim 6.9\%$ za muškarce ≥ 50 godina.
 2. Opterećenje prijeloma i troškovima
 - Procijenjeno je da je u EU27+2 u 2019. godini 32 milijuna ljudi s osteoporozom, od čega ~ 6.5 milijuna muškaraca.
 - U 2019. bilo je ~ 4.3 milijuna novih prijeloma.
 - Trošak osteoporotskih prijeloma: direktni troškovi preko €36 milijardi (incidentni prijelomi) + €19 milijardi za dugotrajne posljedice; bruto ukupno preko €56.9 milijardi u EU27+2 (Leslie, 2020.)
 3. Dijagnostika, screening i liječenje
 - Veliki «treatment gap» — mnoge zemlje ne dostižu dovoljan broj DXA-skenera po stanovništvu, ograničena ili nepotpuna pokrivenost liječenja.
 - U izvješćima se navodi da su muškarci značajno manje zastupljeni u preventivnim programima, da su prijelomi često prvi znak bolesti, a tek rijetko prije prijeloma postoji dijagnoza ili terapija.

Usporedba: Hrvatska ↔ Europa

Parametar	Hrvatska	Prosjek EU27+2
Prevalencija osteoporoze kod muškaraca ≥ 50 godina (densitometrijski kriterij)	$\sim 6.2\%$	$\sim 6.6\%$

Prevalencija vertebralnih prijeloma kod muškaraca ≥ 50	$\sim 15.8\%$ (Zagreb)	Podaci se razlikuju po studijama, u nekim studijama Europe $\sim 12-15\%$ u muškaraca 50-79
Dijagnoza prije prijeloma / svijest	Vrlo niski udio: samo $\sim 9-10\%$ onih s vertebralnim prijelomom su prethodno dijagnosticirani	Slično u mnogim zemljama – u literaturi se navode velike praznine u dijagnostici i liječenju prije prijeloma (Altabas, 2022.)

PRIMJENA FRAX ALATA U PROCJENI RIZIKA OD PRIJELOMA KOD MUŠKARACA

U suvremenoj kliničkoj praksi, FRAX (Fracture Risk Assessment Tool) postao je jedan od najvažnijih alata za procjenu desetogodišnjeg rizika od velikih osteoporotičnih prijeloma (kuk, kralježnica, humerus, radius) kod odraslih osoba. Alat je razvijen od strane Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), temelji se na velikim epidemiološkim kohortnim studijama i validiran je za primjenu i kod muškaraca i žena (Kanis, 2018).

Osteoporoza kod muškaraca često ostaje neprepoznata zbog niže učestalosti i kasnijeg kliničkog izražavanja, dok se FRAX pokazuje izuzetno korisnim za rano otkrivanje bolesti kod osoba s visokim rizikom od prijeloma, čak i u slučajevima kada još nije potvrđena niska mineralna gustoća kostiju (BMD).

KLINIČKA VRIJEDNOST FRAX-A KOD MUŠKARACA

FRAX omogućuje izračun desetogodišnje vjerojatnosti za osteoporotični prijelom koristeći kombinaciju kliničkih čimbenika rizika, uz ili bez mjerenja BMD-a (najčešće T-score na području vrata bedrene kosti). Čimbenici koje alat uzima u obzir uključuju: dob i spol, indeks tjelesne mase (BMI), raniji prijelom, prijelom kuka kod roditelja, pušenje, konzumaciju alkohola (>3 jedinice/dan), primjenu glukokortikoida, prisutnost reumatoidnog artritisa, sekundarnu osteoporozu (npr. hipogonadizam, dijabetes tipa 1, KOPB, kronične bolesti jetre ili bubrega).

Za muškarce kod kojih nije moguće odmah učiniti denzitometriju, FRAX se koristi bez BMD-a i već tada može ponuditi dovoljno informacija za donošenje kliničke odluke o daljnjoj obradi ili liječenju. Dodavanjem vrijednosti BMD-a (T-score za vrat bedrene kosti) u izračun, alat postaje još precizniji (Narla, 2019). U mnogim zemljama, uključujući europske zemlje i SAD, nacionalne smjernice definiraju pragove rizika pomoću kojih se donose odluke o započinjanju farmakološke terapije. Primjerice: Ako je desetogodišnji rizik prijeloma kuka $\geq 3\%$ ili rizik bilo kojeg glavnog osteoporotičnog prijeloma $\geq 20\%$, smatra se da je indicirano uvođenje liječenja (USPSTF, NOF, 2022). Kod muškaraca koji imaju umjeren rizik (npr. 10-20 % za veliki prijelom), dodatne dijagnostičke metode, uključujući DXA i laboratorijsku obradu, mogu pomoći u odluci o liječenju. FRAX je dostupan online (<https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/>) i vrlo jednostavno se može koristiti tijekom rutinske konzultacije u ordinaciji obiteljske medicine. Budući da alat ne zahtijeva laboratorijske testove ni radiološku obradu, izuzetno je praktičan u primarnoj praksi, osobito za populaciju starijih muškaraca s rizičnim čimbenicima.

Uključivanje FRAX-a u svakodnevni rad omogućuje liječnicima: da objektivno procijene rizik prijeloma kod asimptomatskih muškaraca, da identificiraju potencijalne osobe kojima je potrebno načiniti denzitometriju i specijalističku obradu, te da racionalno odlučuju o započinjanju farmakološke terapije (Keaveny, 2024.) Iako je FRAX vrlo koristan, važno je napomenuti da ne uključuje sve potencijalne čimbenike rizika, kao što su učestalost padova, razina tjelesne aktivnosti, razina testosterona, markeri koštanog remodeliranja ili status vitamina D. Stoga se preporučuje koristiti FRAX kao dio šireg kliničkog promišljanja, a ne kao jedini kriterij za donošenje odluka.

ZAKLJUČAK

Hrvatska je prema broju oboljelih od osteoporoze relativno u okviru europskog prosjeka po prevalenciji pojave osteoporoze kod muškaraca ≥ 50 godina. Međutim, razlika je značajna kada se gleda ranija dijagnoza, uključenost u programe, svijest o bolesti i udio muškaraca koji su već imali prijelom, a da nisu bili dijagnosticirani ranije. Primjena FRAX alata u procjeni rizika prijeloma kod muškaraca predstavlja važan korak prema proaktivnom, individualiziranom i ekonomičnom pristupu dijagnostici osteoporoze u primarnoj zdravstvenoj zaštiti. Redovitom upotrebom ovog alata moguće je značajno povećati stopu ranog prepoznavanja osteoporoze kod muškaraca i time spriječiti ozbiljne komplikacije, uključujući prijelome kuka, vertebralne prijelome i njihovu povezanost s invaliditetom i povećanom smrtnošću.

LITERATURA

1. Altabas V, Marinković Radošević J. Epidemiologija osteoporoze i osteoporotskih fraktura. *Medicus*. 2022;32(2):143-153.
2. Beaudart C, Demonceau C, Sabico S, Veronese N, Cooper C, Harvey N, et al. Efficacy of osteoporosis pharmacologic treatments in men: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clin Exp Res*. 2023;35:1789-1806.
3. Cauley JA, Cawthon PM, Peters KE, Cummings SR, Bauer DC, Taylor BC, et al. Risk factors for hip fracture in older men: The Osteoporotic Fractures in Men Study (MrOS). *J Bone Miner Res*. 2016;31:1810-1819.
4. Colón-Emeric CS, Pieper CF, Van Houtven CH, Grubber JM, Lyles KW, Lafleur J, et al. Limited osteoporosis screening effectiveness due to low treatment rates in a national sample of older men. *Mayo Clin Proc*. 2018;93(12):1749-1759.
5. Jankovic S, Babic J. The influence of Tae Bo exercises on the value of phosphorus and calcium in women with osteoporosis. *Arch Rheumatol Arthritis Res*. 2024; ISSN: 2694-1724.
6. Kanis JA, Borgström F, Johansson H, Oden A, McCloskey EV. FRAX™ and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. *Osteoporos Int*. 2008;19(4): 385-397.
7. Kanis JA, Harvey NC, Johansson H, Oden A, Leslie WD, McCloskey EV. FRAX update. *J Clin Densitom*. 2017;20: 360-367.

8. Kanis JA, Norton N, Harvey NC, Jacobson T, Johansson H, Lorentzen M, et al.; on behalf of the SCOPE 2021 Working Group. *Arch Osteoporos*. 2021;16(1): 82. doi:10.1007/s11657-020-00871-9.
9. Kardum Pejić M. Osteoporoza u muškaraca. *Medicus*. 2022;32(2): 205-221.
10. Kaštelan D, Kraljević I, Kujundžić-Tiljak M, Kardum I, Mazalin J, Maričić G, et al. Učestalost osteoporoze u muškaraca u Hrvatskoj – rezultati ultrazvučne denzitometrije petne kosti. *Liječ Vjesn*. 2007;129:123-129.
11. Keaveny TM, Adams AL, Orwoll ES, Khosla S, Siris ES, McClung MR, et al. Osteoporosis treatment prevents hip fracture similarly in both sexes: the FOCUS observational study. *J Bone Miner Res*. 2024;39(10):1424-1433.
12. Leslie WD, Schousboe JT, Morin SN, et al. Fracture risk following high-trauma versus low-trauma fracture: a registry-based cohort study. *Osteoporos Int*. 2020;31(6):1059-1067.
13. Lewiecki EM, Chastek B, Sundquist K, Williams SA, Weiss RJ, Wang Y, et al. Osteoporotic fracture trends in a population of US managed care enrollees from 2007 to 2017. *Osteoporos Int*. 2020;31(7):1299-1304.
14. Moreland BL, Legha JK, Thomas KE, Burns ER. Hip fracture-related emergency room visits, hospitalizations and deaths by mechanism of injury among adults aged 65 and older, United States 2019. *J Aging Health*. 2023;35(5-6):345-355.
15. Narla RR, Hirano LA, Lo SHY, Anawalt BD, Phelan EA, Matsumoto AM. Suboptimal osteoporosis evaluation and treatment in older men with and without additional high-risk factors for fractures. *J Investig Med*. 2019;67(4):743-749.
16. National Osteoporosis Foundation (NOF). *Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis*. Washington, DC: NOF; 2022.
17. Pasco JA, Lane SE, Brennan SL, Tinney EN, Bucki-Smith G, Dobbins AG, et al. Fracture risk among older men: osteopenia and osteoporosis defined by cut-points derived from female versus male reference data. *Osteoporos Int*. 2014;25:857-862.
18. Schousboe JT, Tanner SB, Leslie WD. Definition of osteoporosis by bone density criteria in men: effect of using female instead of male young reference data depends on skeletal site and densitometer manufacturer. *J Clin Densitom*. 2014;17:310-316.
19. Trajanoska K, Schoufour JD, de Jonge EA, Kieboom BCT, Mulder M, Stricker BH, et al. Fracture incidence and secular trends between 1989 and 2013 in a population-based cohort: the Rotterdam Study. *Bone*. 2018;114:116-124.
20. Watts NB, Adler RA, Bilezikian JP, Drake MT, Eastell R, Orwoll ES, et al. Osteoporosis in men: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97(6):1802-1822.
21. World Health Organization. *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group*. Geneva: World Health Organization; 1994. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39142>.

UČINAK ROBOTSKE REHABILITACIJE NA FUNKCIONALNI OPORAVAK GORNJIH EKSTREMITETA

THE EFFECT OF ROBOTIC REHABILITATION ON UPPER LIMB FUNCTIONAL RECOVERY

Slavica Janković

Veleučilište „Lavoslav Ružička” u Vukovaru

slavica.jankovic@vevu.hr

Mark Tomaj

Veleučilište Ivanić-Grad

mark.tomaj@gmail.com

Borna Grupković

Veleučilište Ivanić-Grad

grulezvu@gmail.com

Danijela Martinović

Poliklinika Glavić Zagreb

Veleučilište Ivanić-Grad

da.martinovic.zg@gmail.com

Petra Krstičević

Veleučilište Ivanić-Grad

pkrsticevic@vevig.hr

Mirela Cepetić

Veleučilište Ivanić-Grad

mcepetic@vevig.hr

Sažetak

Ozljede vratne kralježnice ubrajaju se među najsloženije oblike oštećenja leđne moždine jer prekidaju komunikaciju između mozga i tijela, uzrokujući izražene motoričke, osjetne i autonomne disfunkcije. U gotovo dvije trećine slučajeva dolazi do ozbiljnog oštećenja funkcije gornjih ekstremiteta, što značajno ograničava sposobnost izvođenja svakodnevnih aktivnosti. Tijekom posljednjih dvadeset godina rehabilitacijski pristupi kod osoba s ozljedama leđne moždine znatno su napredovali, što je rezultiralo boljom kvalitetom života i povećanom stopom funkcionalnog oporavka. Posebno važnu ulogu u tom procesu ima razvoj robotskih sustava za rehabilitaciju, koji omogućuju precizniju i ponovljivu terapiju, smanjuju rizik od kontraktura te doprinose učinkovitijem vraćanju funkcionalnosti gornjih ekstremiteta. U istraživanju je sudjelovalo 22 ispitanika s ozljedom vratne kralježnice. Funkcionalna sposobnost gornjih ekstremiteta procijenjena je pomoću Box and Blocks testa, standardiziranog dijagnostičkog alata koji se koristi za mjerenje manualne spretnosti i koordinacije. Test se temelji na broju

uspješno premještenih blokova unutar zadanog vremenskog intervala, zasebno za dominantnu i nedominantnu ruku. Sudionici su tijekom osam tjedana provodili kombinirani rehabilitacijski program koji je uključivao konvencionalnu fizioterapiju i robotski potpomognutu terapiju. Analiza rezultata pokazala je značajno poboljšanje funkcionalnosti gornjih ekstremiteta i povećanje učinkovitosti rehabilitacijskog procesa. Integracija robotskih uređaja s tradicionalnim metodama dokazala se kao koristan pristup u unapređenju manualne spretnosti i koordinacije, što osobama s ozljedama vratne kralježnice omogućuje veću samostalnost u svakodnevnim aktivnostima poput hranjenja i odijevanja.

Ključne riječi: *aktivnosti, koordinacija, procjena, vratna kralježnica.*

Abstract

Cervical spine injuries are among the most complex forms of spinal cord damage, as they disrupt communication between the brain and the body, leading to pronounced motor, sensory, and autonomic dysfunctions. In nearly two-thirds of cases, significant impairment of upper limb function occurs, substantially limiting the ability to perform activities of daily living. Over the past two decades, rehabilitation approaches for individuals with spinal cord injuries have advanced considerably, resulting in improved quality of life and enhanced functional recovery. A particularly important development has been the implementation of robotic rehabilitation systems, which enable precise and repeatable therapy, reduce the risk of contractures, and support more effective restoration of upper limb functionality. This study included 22 participants with cervical spine injuries. Upper limb functional ability was assessed using the Box and Blocks Test, a standardized diagnostic tool commonly employed to measure manual dexterity and coordination. Performance was quantified based on the number of blocks successfully transferred within a set time period, separately for the dominant and non-dominant hand. Participants underwent an eight-week combined rehabilitation program incorporating conventional physiotherapy alongside robotic-assisted therapy. Analysis of the results demonstrated significant improvements in upper limb functionality and increased efficiency of the rehabilitation process. The integration of robotic devices with traditional therapy proved to be an effective approach for enhancing manual dexterity and coordination, thereby enabling individuals with cervical spine injuries to achieve greater independence in daily activities such as feeding and dressing.

Keywords: *activities, coordination, assessment, cervical spine.*

UVOD

Ozljede vratne kralježnice predstavljaju jedan od najsloženijih i najtežih oblika oštećenja leđne moždine, jer prekidaju komunikaciju između mozga i mišića, što uzrokuje različite stupnjeve paralize i značajno narušava funkcionalnu neovisnost pacijenata (Ho et al., 2023). Takve lezije najčešće zahvaćaju gornje ekstremitete, ograničavaju sposobnost izvođenja svakodnevnih aktivnosti i utječu na kvalitetu života (Nas et al., 2015). Osim motoričkih oštećenja, pacijenti često razvijaju osjetne i autonomne poremećaje, a visoko smještene lezije mogu dodatno uzrokovati komplikacije poput kontraktura zglobova, dekubitusa, osteoporoze te psihosocijalnih izazova povezanim s ograničenom mobilnošću i smanjenom interakcijom s okolinom (Morone et al., 2021). U posljednja dva desetljeća značajan napredak u rehabilitaciji

pacijenata s ozljedama leđne moždine postignut je primjenom pristupa temeljenih na motoričkom učenju i neuroplastičnosti (Edgerton, Roy, 2009). Ovi pristupi omogućuju pacijentima da kroz ponovljene i ciljane pokrete razvijaju motoričke vještine, poboljšavaju koordinaciju i jačaju samostalnost u svakodnevnim aktivnostima (Lozano-Berrio et al., 2022). Posebnu važnost u ovom kontekstu ima robotska terapija, koja omogućuje preciznu, ponovljivu i intenzivnu stimulaciju motoričkih obrazaca, čime se povećava učinkovitost neurorehabilitacije i omogućuje detaljnije praćenje napretka (Nistor-Cseppento et al., 2022). Razvijeni robotski sustavi za gornje ekstremitete omogućuju individualizirani pristup, prilagođavanje terapije specifičnim potrebama i funkcionalnom statusu pacijenta te olakšavaju izvođenje ponovljenih vježbi koje bi bilo teško ili nemoguće postići konvencionalnim metodama (Zariffa et al., 2012). Dodatno, kombinacija robotske terapije s virtualnim okruženjima omogućuje simulaciju realnih aktivnosti, pruža pacijentima povratnu informaciju u stvarnom vremenu i povećava njihovu motivaciju i angažman tijekom terapije (Staubli et al., 2009). Ova integracija tehnologije potiče intenzivniji trening i može ubrzati oporavak funkcionalnosti gornjih ekstremiteta, što je ključno za povećanje samostalnosti pacijenata u svakodnevnim zadacima poput hranjenja, oblačenja ili manipulacije objektima. Iako napredna tehnologija i dalje ima visoke troškove i ograničenu dostupnost u kliničkoj praksi, postojeći dokazi upućuju na značajan potencijal robotske rehabilitacije u poboljšanju funkcionalnih sposobnosti i kvalitete života pacijenata s ozljedama vratne kralježnice. Stoga je cilj ovog istraživanja bio detaljno ispitati učinak kombinirane robotske i konvencionalne terapije na funkcionalnost gornjih ekstremiteta, te procijeniti doprinos ove metode u učinkovitosti rehabilitacijskog procesa i samostalnosti pacijenata.

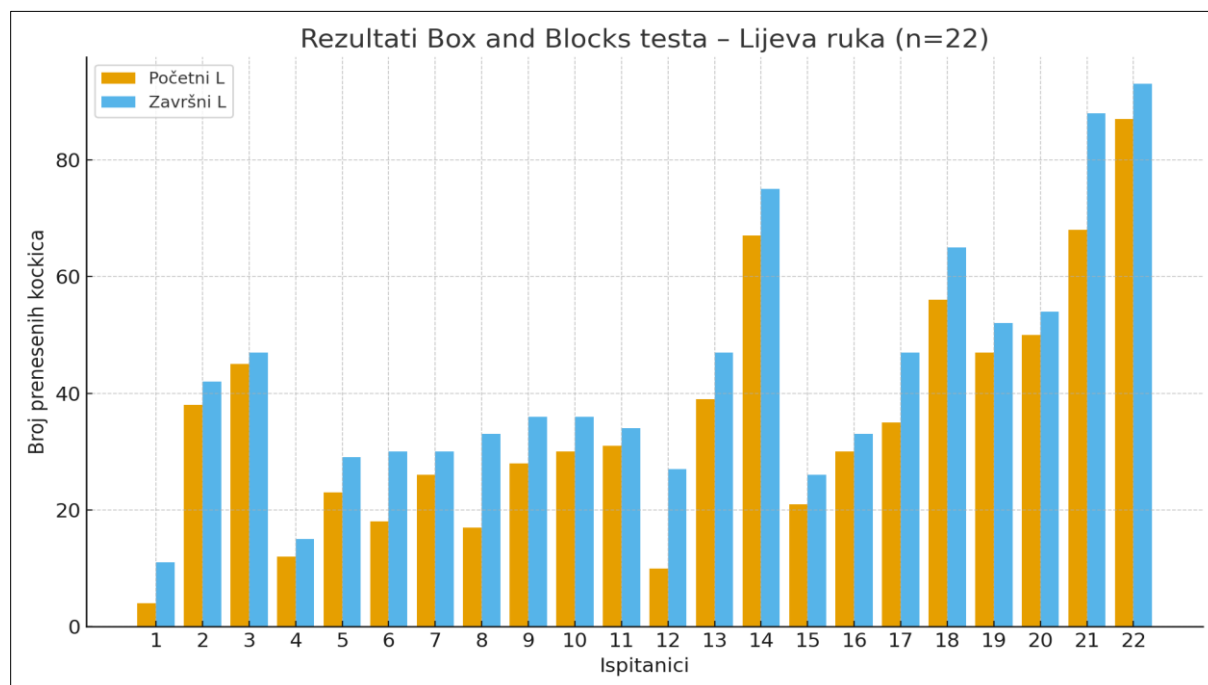
METODE I MATERIJALI

Istraživanje je provedeno u Klinici Glavić u Zagrebu, ustanovi koja raspolaže odgovarajućom infrastrukturom i stručnim timom za provođenje neurorehabilitacijskih terapija uz pomoć robotskih uređaja. U istraživanju je sudjelovalo 22 ispitanika, od čega 14 muškaraca i 8 žena, s ozljedama vratnog dijela kralježnice u području od C4 do C7 segmenta. Prosječna dob sudionika iznosila je 34,5 godina (raspon 19-65 godina). Kriteriji za uključivanje u istraživanje bili su potvrđena dijagnoza ozljede vratne kralježnice prema medicinskoj dokumentaciji te sposobnost razumijevanja i praćenja uputa tijekom rehabilitacijskog procesa. Sudionici koji su u posljednjih šest mjeseci imali epileptičke napadaje ili su imali mentalna i kognitivna oštećenja koja onemogućuju aktivno sudjelovanje u terapiji, bili su isključeni iz istraživanja. Prije početka istraživanja svi su ispitanici detaljno informirani o svrsi i tijeku studije te su potpisali informirani pristanak, u skladu s etičkim smjernicama ustanove. Za procjenu manualne spretnosti i koordinacije korišten je validirani instrument Box and Block Test (BBT) (Mathiowetz et al. 1985). Psihometrijska svojstva ovog testa, uključujući valjanost i pouzdanost, dobro su dokumentirana u različitim populacijama, uključujući osobe s traumatskom ozljedom mozga (Platz i et al., 2005). BBT je primjenjiv kod pacijenata s različitim neurološkim dijagnozama poput moždanog udara, ozljeda kralježnične moždine i traumatskih ozljeda mozga. Ipak, nije pogodan za osobe s teškim oštećenjem gornjih ekstremiteta ili ozbiljnim kognitivnim poteškoćama. Test se sastoji od drvene kutije podijeljene pregradom i seta kockica, a izvodi se u sjedećem položaju. Zadatak pacijenta je premještati

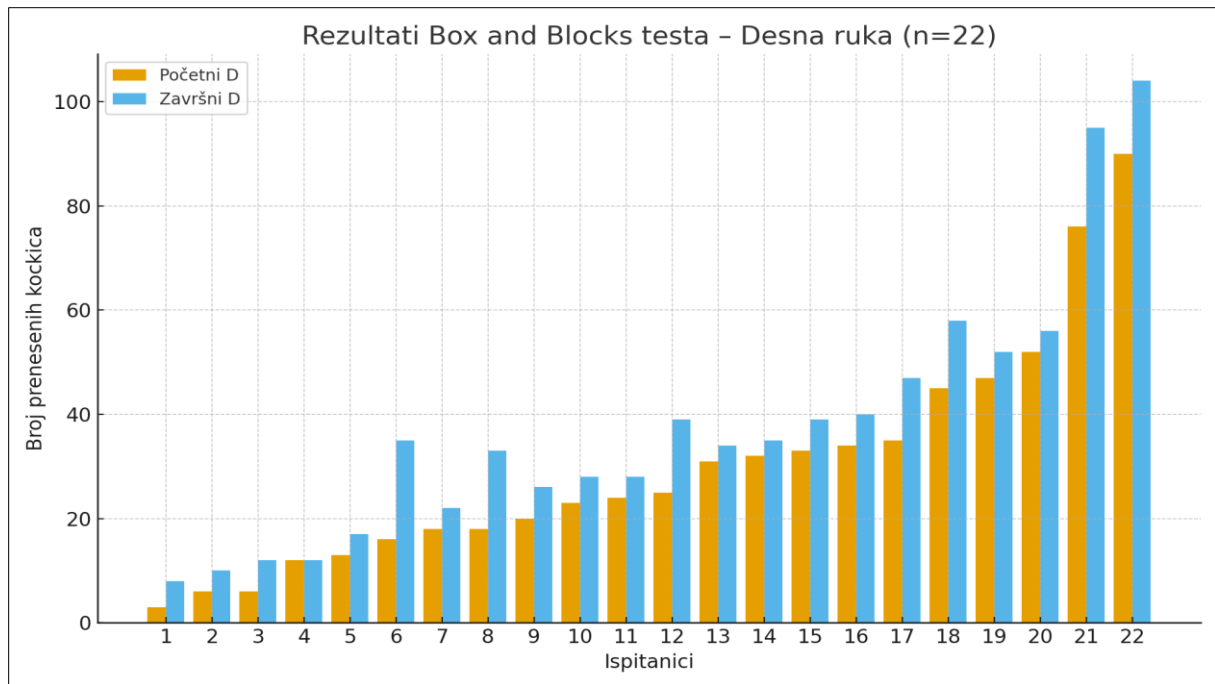
kockice jednu po jednu preko pregrade unutar 60 sekundi. Kutija se postavlja uzdužno uz središnju liniju tijela, s odjeljkom kockica okrenutim prema testiranoj ruci (Pundik et al., 2020). Ispitivač sjedi nasuprot pacijentu kako bi mogao pratiti izvedbu. Svaki uspješno premješten blok računa se kao jedan bod, pri čemu veći broj bodova odražava bolju grubu ručnu spretnost (Subramanian et al., 2022). Početna procjena funkcionalnog izvođenja zadataka bez ortoze provedena je korištenjem standardiziranog mjernog instrumenata. Za procjenu jednostrane grube ručne spretnosti primijenjen je BBT. Sudionici su uključeni u osmotjedni rehabilitacijski program koji je kombinirao konvencionalne terapijske metode s robotskom rehabilitacijom. Terapije su se provodile pet sati dnevno, pet dana u tjednu, s naglaskom na poboljšanje funkcionalnosti gornjih ekstremiteta, uključujući transfere, dosege, oslonac i naginjanje, u kombinaciji s radnom terapijom. Za podršku u rehabilitaciji gornjih ekstremiteta i stabilizaciji trupa korišteni su robotski uređaji: Amadeo, Armeo Spring i Pablo. Sve terapijske procedure provodili su kvalificirani fizioterapeuti pod stalnim stručnim nadzorom. Po završetku rehabilitacijskog ciklusa, sudionici su ponovno procijenjeni pomoću Box and Blocks testa radi određivanja razine manualne spretnosti i funkcije gornjih ekstremiteta. Za statističku obradu podataka i izračun relevantnih parametara korišten je softver Statistica 14.0.

REZULTATI

Provedeno istraživanje pokazalo je razlike u funkcionalnoj aktivnosti gornjih ekstremiteta tijekom rehabilitacijskog procesa koji je uključivao primjenu robotskih uređaja. Analizom cjelokupnog uzorka utvrđen je pozitivan učinak kombinirane terapije kod pacijenata s ozljedom vratne kralježnice, što je grafički prikazano za lijevu ruku (Slika 1) i za desnu ruku (Slika 2).



Slika 1. Rezultati Box and Blocks testa lijeve ruke



Slika 2. Rezultati Box and Blocks testa desne ruke

Rezultati testiranja Box and Blocks pokazali su značajno poboljšanje funkcionalnih sposobnosti sudionika, pri čemu su početni rezultati testiranja Box and Blocks bili u rasponu od 3 do 90 za desnu ruku, a od 4 do 87 za lijevu ruku. Krajnje vrijednosti su u svim slučajevima porasle, dosegnuvši raspon od 8 do 104 za desnu ruku te od 11 do 93 za lijevu ruku, što ukazuje na poboljšanje njihove samostalnosti i funkcionalnog statusa gornjih ekstremiteta nakon rehabilitacijskog procesa. Rezultati su prikazani koristeći deskriptivne statističke pokazatelje uključujući raspon, prosjek i standardnu devijaciju, kako bi se prikazala razina funkcionalnih promjena sudionika tijekom terapijskog procesa (Tablica 1).

Tablica 1. Deskriptivna statistika

#	N	Aritmetička sredina	Median	Minimum	Maximum	LQ	UQ	SD
Dob ispitanika	22	34,5454	28,0000	19,0000	65,00000	24,000	47,0000	14,5429

Legenda: N – broj valjanih uzoraka, LQ – donji kvartil, UQ – gornji kvartil, SD – standardna devijacija

Rezultati provedenog Wilcoxonovog testa povezivih parova za lijevu ruku pokazali su statistički značajnu razliku ($p < 0,05$), što potvrđuje cilj istraživanja, odnosno ispitivanje utjecaja robotske rehabilitacije u kombinaciji s konvencionalnom terapijom na funkcionalnost gornjih ekstremiteta kod bolesnika s ozljedama cervikalnog dijela kralježnične moždine (Tablica 2). Ispitanici su nakon provedene intervencije postigli značajno bolje rezultate, što ukazuje na poboljšanje manualne spretnosti i koordinacije lijeve ruke. Prikazani rezultati ukazuju kako robotska rehabilitacija doprinosi poboljšanju funkcionalnosti i povećava učinkovitost rehabilitacijskog procesa.

Tablica 2. Wilcoxonov test

#	<i>N</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
<i>Box and Blocks (lijeva ruka)</i>	22	0,00	4,106905	0,000040

Legenda: *N* – broj valjanih uzoraka, *T* – vrijednost Wilcoxonova testa, *Z* – standardizirana vrijednost testa, *p* – razina statističke značajnosti

Wilcoxonov test za uparene uzorke za desnu ruku pokazao je statistički značajan učinak (analizirano 21 valjano mjerenje; $p < 0,001$), ukazujući na značajno poboljšanje motoričke izvedbe nakon intervencije (Tablica 3). S obzirom na standardiziranost testa Box and Blocks, koji procjenjuje brzinu i koordinaciju prebacivanja blokova, rezultati ukazuju kako je provedeni neurorehabilitacijski program imao pozitivan učinak na finu motoriku i bilateralnu koordinaciju ispitanika.

Tablica 3. Wilcoxonov test

#	<i>N</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>
<i>Box and Blocks (desna ruka)</i>	21	0,00	4,014509	0,000060

Legenda: *N* – broj valjanih uzoraka, *T* – vrijednost Wilcoxonova testa, *Z* – standardizirana vrijednost testa, *p* – razina statističke značajnosti

RASPRAVA

Aktualne studije također ukazuju na to da korištenje uređaja za robotsku rehabilitaciju ima značajnu ulogu u poboljšanju funkcije gornjih ekstremiteta kod osoba s ozljedom kralježnične moždine. Sustavni pregled iz 2023. godine pokazuje statistički značajno poboljšanje funkcije i snage gornjih ekstremiteta nakon robotske terapije u bolesnika s cervikalnom ozljedom kralježnične moždine (Ho et al., 2023). U istraživanju provedenom 2019. godine analizirana je učinkovitost kombinirane robotske i konvencionalne radne terapije kod osoba s tetraplegijom, pri čemu je primjena robotske terapije dovela do značajnog poboljšanja funkcionalnih parametara gornjih ekstremiteta, uključujući GRASSP, SCIM-III i mjere snage hvata (Jung et al., 2019). Daljnje analize i pregledi provedeni u 2021. godini dodatno potvrđuju ove nalaze, ističući da robotski uređaji za gornje ekstremitete kod pacijenata s ozljedom cervikalnog dijela kralježnične moždine ne samo da su sigurni i izvedivi, već i da pružaju početne pozitivne učinke na funkciju ruke, koordinaciju pokreta i kvalitetu svakodnevnih aktivnosti kada se primjenjuju uz konvencionalnu terapiju (Morone et al., 2021). Ovi rezultati naglašavaju da robotska rehabilitacija ima potencijal ne samo poboljšati motoričke sposobnosti, nego i povećati samostalnost pacijenata u obavljanju dnevnih zadataka, što može značajno utjecati na kvalitetu života i smanjenje potrebe za vanjskom pomoći. Ovi nalazi pružaju važne uvide u prevenciji čestih komplikacija kod ozljede kralježnične moždine, budući da poboljšana funkcija gornjih ekstremiteta može smanjiti rizik od pada, unaprijediti sposobnost obavljanja svakodnevnih aktivnosti i doprinijeti kvaliteti života. Nadalje, robotska rehabilitacija potiče veću angažiranost pacijenata, što može smanjiti ovisnost o vanjskoj pomoći i skratiti vrijeme provedeno u terapiji.

Prema dostupnim pregledima, robotska terapija predstavlja perspektivnu dopunu konvencionalnim pristupima, iako su u literaturi prisutna ograničenja povezana s malim uzorcima, heterogenim protokolima i raznolikošću korištenih uređaja, što otežava generalizaciju rezultata (Singh et al., 2018). Prisutni dokazi upućuju da robotska terapija u rehabilitaciji gornjih ekstremiteta kod pacijenata s ozljedama cervikalnog dijela kralježnične moždine može značajno doprinijeti poboljšanju funkcije ruku, preciznosti pokreta i koordinacije, te povećanju samostalnosti u izvođenju svakodnevnih aktivnosti. Osim toga, takva terapija može pozitivno utjecati na motivaciju pacijenata i njihovu aktivnu uključenost u rehabilitacijski proces, čime se potencijalno smanjuje potreba za vanjskom pomoći. Ipak, potrebno je provesti dodatna istraživanja s većim uzorcima, standardiziranim protokolima i dugoročnim praćenjem kako bi se preciznije definirala učinkovitost i optimalna primjena robotske terapije u kliničkoj praksi.

ZAKLJUČAK

S obzirom na različita biomehanička opterećenja kojima je mišićno-koštani sustav izložen nakon ozljede kralježnice, robotska terapija predstavlja ključan element suvremene neuror rehabilitacije. Njezina primjena omogućuje preciznu kontrolu pokreta, standardizirano opterećenje i ponovljivost terapijskih postupaka, čime se može ubrzati proces oporavka te poboljšati funkcionalna neovisnost pacijenata. Postizanje optimalnih rehabilitacijskih ishoda zahtijeva detaljnu procjenu funkcionalnog statusa uz primjenu pouzdanih i osjetljivih mjernih instrumenata. Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti kao temelj za izradu ciljanih programa podrške osobama s ozljedama kralježnice, kao i za edukaciju njihovih obitelji te povećanje svijesti javnosti o važnosti tehnološki potpomognute rehabilitacije. Unatoč određenim izazovima, kontinuirani tehnološki napredak pridonosi širenju mogućnosti primjene robotske terapije u rehabilitaciji ozljeda vratne kralježnice, s potencijalom za značajno poboljšanje kvalitete života i dugoročne funkcionalnosti pacijenata. Buduća istraživanja trebala bi biti usmjerena na evaluaciju dugoročnih učinaka terapije te zadovoljstva korisnika unutar različitih skupina osoba s ozljedama kralježnične moždine.

LITERATURA

1. Edgerton, V. R., & Roy, R.R. (2009). Robotic training and spinal cord plasticity. *Brain Research Bulletin*, 78 (1), 4-12.
2. Ho, J. S W., Ko, K. S-Y., Law, S. W., & Man, G. C W. (2023). The effectiveness of robotic assisted upper limb rehabilitation to improve upper limb function in patients with cervical spinal cord injuries: a systematic literature review. *Frontiers in Neurology*, 14, 1126755.
3. Jung, J. H., Lee, H. J., Cho, D. Y., Lim, J. E., Lee, B. S., Kwon, S. H., Kim, H. Y., & Lee, S.J. (2019). Effects of Combined Upper Limb Robotic Therapy in Patients With Tetraplegic Spinal Cord Injury. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 43(4), 445-457.
4. Lozano-Berrio, V., Alcobendas-Maestro, M., Polonio-López, B., Gil-Agudo, A., de la Peña-González, A., & de los Reyes-Guzmán, A. (2022). The impact of robotic therapy on the self-perception of upper limb function in cervical spinal cord injury: A pilot

- randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), 6321.
5. Mathiowetz, V., Volland, G., Kashman, N., & Weber, K. (1985). Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity. *The American journal of occupational therapy*, 39(6), 386-391.
 6. Morone, G., de Sire, A., Martino Cinnera, A., Paci, M., Perrero, L., Invernizzi, M., ... & Straudi S. (2021). Upper limb robotic rehabilitation for patients with cervical spinal cord injury: A comprehensive review. *Brain Sciences*, 11(12), 1-16.
 7. Nas, K., Yazmalar, L., Sah, V., Aydin, A., & Ones, K. (2015). Rehabilitation of spinal cord injuries. *World Journal of Orthopedics*, 6(1), 8–16.
 8. Nistor-Cseppento, C. D., Gherle, A., Negrut, N., Bungau, S. G., Sabau, A. M., Radu, A.-F., & Ghitea, T. C. (2022). The outcomes of robotic rehabilitation assisted devices following spinal cord injury and the prevention of secondary associated complications. *Medicina*, 58(10), 1447.
 9. Platz, T., Pinkowski, C., van Wijck, F., Kim, I. H., di Bella, P., & Johnson, G. (2005). Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study. *Clinical rehabilitation*, 19(4), 404–411.
 10. Pundik, S., McCabe, J., Kesner, S., Skelly, M., & Fatone, S. (2020). Use of a myoelectric upper limb orthosis for rehabilitation of the upper limb in traumatic brain injury: A case report. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 7, 1-11.
 11. Singh, H., Unger, J., Zariffa, J., Pakosh, M., Jaglal, S., Craven, B. C., & Musselman, K. E. (2018). Robot-assisted upper extremity rehabilitation for cervical spinal cord injuries: a systematic scoping review. Disability and rehabilitation. *Assistive technology*. 13(7), 704 715.
 12. Staubli, P., Nef, T., Klamroth-Marganska, V., & Riener, R. (2009). Effects of intensive arm training with the rehabilitation robot ARMin II in chronic stroke patients: four single-cases. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(46)
 13. Subramanian, S. K., Fountain, M. K., Hood, A. F., & Verduzco-Gutierrez, M. (2022). Upper limb motor improvement after traumatic brain injury: Systematic review of interventions. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 36(1), 17–37.
 14. Zariffa, J., Kapadia, N., Kramer, J., Taylor, P., Alizadeh-Meghbrazi, M., Zivanovic, V., ... & Steeves, J. D. (2021). Feasibility and efficacy of upper limb robotic rehabilitation in a subacute cervical spinal cord injury population. *Spinal Cord*, 50(3), 220–226.

RAZLIKE U STAVOVIMA O ZDRAVOJ PREHRANI MEĐU STUDENTIMA

DIFFERENCES IN ATTITUDES TOWARD HEALTHY EATING AMONG STUDENTS

Dajana Jašić

Centar za tjelovježbu i studentski sport Sveučilišta u Zadru

dajasic@unizd.hr

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati postoje li razlike među studentima u percepciji prehrambenih navika s obzirom na spol, područje znanosti i razinu studija. U skladu sa ciljem, na uzorku od 549 studenata (368 žena i 181 muškarac) korišten je upitnik percepcije zdravih prehrambenih navika. Korištenjem ANOVA za nezavisne uzorke, te Mann-Whitney U testa pokazala se razlika između spolova ($Z=-4,40$; $p<0,01$) i područja znanosti ($F=3,23$; $p<0,01$) u percepciji prehrambenih navika. Nadalje, Bonferroni post-hoc test ukazuje na razlike između prirodnih znanosti i tehničkih, prirodnih i društvenih, te biomedicine i zdravstva i prirodnih znanosti ($p<0,05$). Dobiveni rezultati ovog istraživanja mogu dati smjernice za povećanje kvalitete studentskog života kroz djelovanje na njihove stavove, i to kroz različite pristupe s obzirom na spol i područje znanosti.

Ključne riječi: *sociodemografski pokazatelji, kvaliteta života.*

Abstract

Background: University students frequently face difficulties in maintaining healthy dietary habits due to academic demands and limited nutritional knowledge. *Objective:* The aim of this study was to examine whether there are differences among students in the perception of eating habits with regard to gender, field of study, and level of study. *Methods:* A cross-sectional study was conducted among 549 university students (368 females and 181 males) using a standardized food perception questionnaire. Descriptive statistics, ANOVA, the Mann-Whitney U test, and Bonferroni post-hoc analyses were employed. *Results:* Statistically significant differences in perceptions of healthy eating were observed based on sex ($Z = -4.40$, $p < 0.01$) and academic field ($F = 3.23$, $p < 0.01$). Female students demonstrated higher scores in healthy eating perceptions than their male counterparts. Students enrolled in biomedical sciences reported the highest perception scores, while those studying natural sciences scored the lowest. *Conclusion:* The findings highlight the importance of designing targeted nutritional interventions that consider students' academic background and gender in order to promote healthier behaviors and enhance quality of life.

Keywords: *healthy eating, sociodemographic factors, quality of life.*

UVOD

Kod većine studenata različitih područja znanosti zbog sve većih studentskih obveza dolazi do manjka vremena za pripremu obroka i konzumiranje preporučenog broja dnevnih obroka (Wongprawmas, Sogari, Menozzi and Mora, 2022). Osim problema s vremenom, uočeno je da nemaju ni dovoljno znanja o zdravoj prehrani, i to kod studenata zdravstvenog smjera (Cerqueira Sousa et al., 2023). Da rezultati istraživanja nisu konzistentna uočeno je kod ispitivanja prehrambenih navika kod studenata medicinskih i nemedicinskih usmjerenja, u kojem je uočeno da studenti medicinskih fakulteta imaju kvalitetnije prehrambene navike (Alghamdi, S.A. et al. 2021). Zanimljivo, da unatoč većem znanju studenti medicinskih fakulteta nisu uvijek primjenjivali te navike u praksi. Iz tih razloga tražio se odgovor na pitanje postoji li razlika u percepciji odnosa prema zdravim prehrambenim navikama s obzirom na područje znanosti, razinu studija i spol. Zanimljivo da žene u odnosu na muškarce pokazuju višu razinu nutricionističke pismenosti što može utjecati na njihove prehrambene navike i stavove prema zdravoj prehrani (Svendsen, K. et al. 2021). Detektiranje čimbenika koji generiraju razliku u percepciji zdrave prehrane u odnosu na izabrane sociodemografske pokazatelje prepoznaje se kao veoma važna tema koja zaokuplja akademsku zajednicu. Ipak znanje o zdravoj prehrani ne jamči i konzumiranje zdravih namirnica, (Entrena-Durán et al., 2022.), jer može uključivati i problem dostupnosti i cijene takvih namirnica (Keat, Dharmayani and Mhrshahi, 2024.). S druge strane, edukacija o važnosti zdrave prehrane jedan od prvih koraka stjecanja zdravih životnih navika, što u konačnici može generirati i veću kvalitetu života studentske populacije (Zeynep Yolcuoğlu & Kızıltan, 2022., Dalbudak, Yilmaz and Yigit, 2020., Gonchar et al., 2018). Dosadašnja istraživanja ukazuju da se može djelovati na promjenu stavova o zdravim prehrambenim navikama i da bi se mogli poboljšati. Stoga je cilj ovog istraživanja ispitati kako percepcija zdravih prehrambenih navika varira među studentima s obzirom na područje znanosti, razinu studija i spol.

MATERIJALI I METODE

Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika (N=549) formiran je iz populacije koju čine studenti Sveučilišta u Splitu akademske godine 2022./23. i 2023./24. Korištena je metoda slučajnog izbora, te primijenjeno pravilo stratificiranog uzorkovanja. Struktura uzorka prikazana je u tablici 1. Kriterij za uključivanje u istraživanje je status redovnog ili izvanrednog studenta, a svaki predstavnik studijskog usmjerenja informirao ih je da je ispunjavanje upitnika dobrovoljno i da bez ikakvih sankcija u svakom trenutku mogu prekinuti sudjelovanje. Sudionicima je objašnjena svrha te etičke informacije neophodne za realizaciju ovog istraživanja. Za provođenje istraživanja dobilo se odobrenje Etičkog povjerenstva sastavnica Sveučilišta u Splitu (*Zakon o provedbi Opće uredbe o zaštiti podataka*, NN 42/18, Klasa: 011-01/18-01/48, Urbroj: 71-06-01/1-18-2.). Dvadeset i četvero studenata nije uzeto u obradu te se njihovi odgovori nisu verificirali. U nastavku je prikaz stratifikacije prema spolu, razini studija i području znanosti.

Tablica 1. Broj studenata prema spolu i razini studija

Broj studenata	Spol		Razina studija	
	N ₁	N ₂	PD	D
Frekvencija	181	368	403	146
%	32,90	67,10	73,40	26,60
Ukupno	549		549	

Legenda: N₁=muškarci; N₂=žene; PD=preddiplomski studij; D=diplomski studij

Tablica 2. Broj studenata prema području znanosti

Područje znanosti	Frekvencija (%)
Prirodne znanosti (PZ)	62 (11,20%)
Tehničke znanosti (TZ)	124 (22,60%)
Biomedicina i zdravstvo (BiZ)	175 (31,80%)
Društvene znanosti (DZ)	122 (22,20%)
Humanističke znanosti (HZ)	23 (4,20%)
Umjetničko područje (UP)	43 (7,80%)

Varijable

Ispitanici su se o zdravim prehrabnim navikama izjasnili kroz tri postavljena pitanja:

1. Za hranu koju obično jedem važno mi je da ne sadrži aditive (PREH1)
2. Za hranu koju obično jedem važno mi je da je bogata vlaknima (PREH2)
3. Za hranu koju obično jedem važno mi je da me održava zdravim (PREH3)

U svrhu konstruiranja pitanja kao okvir je poslužio upitnik „Kinakt“ (Ćurković, 2010). U kontekstu dubinskog uvida u dosadašnje spoznaje smatralo se da su izabrane čestice dostatne da bi se dobio cjeloviti uvid u percepciju zdrave prehrane kod studenata. Varijabla koja predstavlja percepciju prehrabnih navika PREH dobivena je kao prosjek rezultata varijabli PREH 1, PREH2 i PREH3.

Proces prikupljanja podataka

Prvi korak odnosio se na upoznavanje sudionika s detaljnim uputama, svrhom i etičkim informacijama neophodnim za realizaciju istraživanja. Za izradu online anketa kreirani su Google obrasci (program *Google Forms*), a da bi osigurale nepristrane povratne informacije prije početka istraživanja sudionicima je rečeno da su anketni upitnici anonimni, odgovori zaštićeni tajnošću, te da se popunjavaju online, putem studentskih društvenih mreža. U tu svrhu, prije ispunjavanja upitnika podijeljen im je jedinstveni QR kod/URL. Sudionici su putem oficijelnih stranica svojih fakulteta (2022.-2023.) dobili link koji su mogli otvoriti i ispuniti. Podatci ankete su se pohranili i odložili na siguran način u skladu s primjenjivim propisima o zaštiti podataka ispitanika. Verificirali su se samo oni anketni upitnici koji su sadržavali sve odgovore.

Metode za obradu podataka

Uzorak ispitanika je opisan deskriptivnom statistikom, a podatci su prezentirani kao srednje vrijednosti $\pm$ standardna devijacija ($M \pm SD$). Od dodatnih deskriptivnih pokazatelja koristila se minimalna i maksimalna vrijednost i koeficijent varijacije. Normalitet distribucije ispitan je korištenjem Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Unutarnja konzistentnost mjerne skale se ispitala upotrebom Cronbach alpha koeficijenta. Razlike između grupa utvrđene su statističkom metodom ANOVA, neparametrijskom statističkom metodom Mann-Whitney U testom, a za primjenu post hoc analize korišten je Bonferroni test uz statističku pogrešku $p < 0,05$. Analiza je rađena u statističkom softveru STATISTICA 14 (Tibco, Kalifornija).

REZULTATI

Analiza deskriptivnih statističkih parametara ukazuje na značajnu heterogenost studenata u percepciji prehrambenih navika u odnosu na sociodemografske pokazatelje. Različiti odgovori među studentima ukazuju na različite stavove i ponašanja, što sugerira potrebu za dubljim istraživanjem kako bi se bolje razumjeli uzroci i posljedice tih razlika.

Tablica 3. Deskriptivni statistički pokazatelji zdravih prehrambenih navika prema znanstvenim područjima

VARIJABLE	$M \pm SD$	Min-Max	CV
Biomedicina i zdravstvo (BiZ) N=175			
Domena: PREH	4,84 $\pm$ 1,20	1,00-7,00	24,83
Društvene znanosti (DZ) N=122			
Domena: PREH	4,57 $\pm$ 1,47	1,00-7,00	32,11
Humanističke znanosti (HZ) N=23			
Domena: PREH	4,49 $\pm$ 1,32	1,00-6,33	29,33
Prirodne znanosti (PZ) N=62			
Domena: PREH	4,03 $\pm$ 1,53	1,00-7,00	37,93
Tehničke znanosti (TZ) N=124			
Domena: PREH	4,56 $\pm$ 1,53	1,00-7,00	33,43
Umjetničko područje (UP) N=43			
Domena: PREH	4,50 $\pm$ 1,43	1,67-6,67	31,72

Legenda: N=ukupan broj podataka u populaciji; M=aritmetička sredina; Min=Minimum=minimalna vrijednost; Max=Maksimum=maksimalna vrijednost; SD=standardna devijacija; CV=koeficijent varijacije; PREH (zbirno)=prosječna vrijednost tri čestice

Tablica 4. Deskriptivni statistički pokazatelji zdravih prehrambenih navika u odnosu na razinu studija

VARIJABLE	M $\pm$ SD	Min-Max	CV
Preddiplomski studij (PD) N=403			
Domena: PREH	4,55 $\pm$ 1,42	1,00-7,00	31,30
Diplomski studij (D) N=146			
Domena: PREH	4,68 $\pm$ 1,39	1,00-7,00	29,61

Legenda: N=ukupan broj podataka u populaciji; M=aritmetička sredina; Min=Minimum=minimalna vrijednost; Max=Maksimum=maksimalna vrijednost; SD=standardna devijacija; CV=koeficijent varijacije; PREH (zbirno)=prosječna vrijednost tri čestice

Tablica 5. Deskriptivni statistički pokazatelji zdravih prehrambenih navika u odnosu na spol

VARIJABLE	M $\pm$ SD	Min-Max	CV
Muškarci N₁=181			
Domena: PREH	4,22 $\pm$ 1,44	1,00-7,00	34,07
Žene N₂=368			
Domena: PREH	4,76 $\pm$ 1,37	1,00-7,00	28,74

Legenda: N=ukupan broj podataka u populaciji; M=aritmetička sredina; Min=Minimum=minimalna vrijednost; Max=Maksimum=maksimalna vrijednost; SD=standardna devijacija; CV=koeficijent varijacije PREH (zbirno)=prosječna vrijednost tri čestice

Korištenje Kolmogorov-Smirnovljevog testa (K-S) pokazalo je da varijable imaju narušeni normalitet uz pogrešku od 1%. Stoga se za analizu više grupa koristila ANOVA, a za analizu dvije grupe primijenio se Mann-Whitney U test. Primjenom ANOVE identificirane su statistički značajne razlike u percepciji zdravih prehrambenih navika studenata u odnosu na područje znanosti ($F=3,23$; $p<0,01$). U svrhu dodatne analize višestruke usporedbe varijabli između svih ispitivanih skupina primijenjen je Bonferroni test koji je pokazao statistički značajne razlike u zdravim prehrambenim navikama između PZ i TZ, PZ i DZ, te BiZ i PZ ($p<0,05$). Primjenom Mann-Whitney U testa ustanovljena je statistički značajna razlika u percepciji zdravih prehrambenih navika u odnosu na spol ($Z=-4,40$; $p<0,01$), dok s obzirom na PD i D razinu studija ($Z=-1,18$; $p<0,050$) nije utvrđena.

RASPRAVA

Iz dobivenih rezultata evidentno je da se studenti različitih područja znanosti razlikuju u percepciji zdravih prehrambenih navika, pa tako studenti biomedicine i zdravstva više od drugih konzumiraju zdravu prehranu dok su studenti prirodnih znanosti na začelju. Takav nalaz u skladu je i s drugim istraživanjima (Muñoz-Rodríguez et al., 2021). Međutim, nalazi nisu konzistentni, pa je uočeno da su studenti zdravstvenog smjera Južnoafričke republike (Gresse Steenkamp, L. and Pietersen, 2015) i Portugala (Ferrão et al., 2019) na začelju po konzumaciji

zdrave prehrane, a kod egipatskih studenata različitih studijskih programa nema razlike u percepciji zdrave hrane (ElBagoury, Hassan and AbouSeif, 2017). Mada se može reći da su studenti biomedicine i zdravstva na „prvoj crti obrane“ kada je u pitanju zdravlje, činjenica je da su svim studentima neovisno o područjima znanosti, putem medija, časopisa, radionica i društvenih mreža dostupne brojne informacije vezane uz zdravu prehranu. S tim u vezi, peruanski znanstvenici na osnovu istraživanja u kojem su kod studenata zdravstvenog usmjerenja utvrdili nisku razinu znanja o zdravoj prehrani, također preporučuju potrebu za većom edukacijom i to kroz projekte u kojima bi bio zastupljen i psihološki element, te okruženje u kojima studenti žive (Cerqueira Sousa et al., 2022). Daljnja analiza pokazala je kako nema razlike u prehrani između studenata preddiplomske i diplomske razine studija što je različito u odnosu na portugalske kod kojih je uočeno da mlađi studenti više percipiraju zdravu prehranu (Ferrão et al., 2018). Utvrđeno je i da žene u odnosu na muškarce više konzumiraju zdravu hranu, što je u skladu i s drugim istraživanjima (Malkoç, 2020., Niyaz 2020.). Ipak, kuvaitski studenti i studentice se podjednako nezdravo hrane (Alkazemi, 2019), a kod turskih studenata nema razlike po spolu (Dalbudak, Yilmaz and Yigit, 2020). Mada se može zaključiti da žene posjeduju veći fond informacija vezanih uz zdrave prehrane navike kao što su pozitivni učinci zdrave prehrane na zdravlje i fizički izgled, (Jašić, 2025), nalazi nisu konzistentni pa bi se trebalo usmjeriti na povećanje aktivnosti u cilju poticanja promjena u ponašanju i stavovima kod studenata, koje bi trebalo postati globalna politika. Studenti tehničkih znanosti u konzumiranju zdrave prehrane ne zaostaju puno za studentima biomedicine i zdravstva, ali su ispred studenata prirodnih znanosti, a ispred njih su i studenti društvenih znanosti. Ovakav nalaz može poslužiti kao temelj za razvoj specifičnih programa podrške studentima iz različitih područja znanosti, posebno onima koji pokazuju niže razine znanja i svijesti o važnosti zdrave prehrane. U tom kontekstu, ključno je kreirati ciljane programe za studente iz nebiomedicinskih područja, kako bi se poboljšala njihova prehrabena svijest i navike. Ograničenje istraživanja ogleda se kroz nejednaku zastupljenost ispitanika po studijskim područjima i spolovima, što može utjecati na generalizaciju rezultata. Također, primjena tehnike samoprocjene može rezultirati subjektivnim pogreškama. Da bi se poboljšala buduća istraživanja preporučuje se ravnomjernija distribucija ispitanika, uravnoteženija participacija spolova, a kako bi se dobila cjelovitija slika kvalitete života studentske populacije u analizu bi nužno bilo uključiti i psihosocijalni aspekt. Nadalje, moguće je da bi u budućim istraživanjima bilo dobro obuhvatiti ispitivanja vezana uz stvarnu konzumaciju zdrave prehrane kod studentske populacije.

ZAKLJUČAK

Studenti tehničkih znanosti u konzumiranju zdrave prehrane ne zaostaju puno za studentima biomedicine i zdravstva, ali su ispred studenata prirodnih znanosti, a ispred njih su i studenti društvenih znanosti. Ovakav nalaz može poslužiti kao temelj za razvoj specifičnih programa podrške studentima iz različitih područja znanosti, posebno onima koji pokazuju niže razine znanja i svijesti o važnosti zdrave prehrane. U tom kontekstu, ključno je kreirati ciljane programe za studente iz nebiomedicinskih područja, kako bi se poboljšala njihova prehrabena svijest i navike.

LITERATURA

1. Alghamdi, S.A. et al. (2021). Knowledge, attitude, and practices regarding dietary habits among medical and non-medical university students. *J Family Med Prim Care* 2021. Sep;10(9):3436-3443. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_2227_20. Epub 2021 Sep 30.
2. Alkazemi, D. (2019). Gender differences in weight status, dietary habits, and health attitudes among college students in Kuwait: A cross-sectional study. *Nutr Health* 2019. Jun;25(2):75-84. doi: 10.1177/0260106018817410. Epub 2018 Dec 17.
3. Cerqueira Sousa, I., Fontenelle, Catrib A.M., Medeiros, N.T., Pereira da Silva Godinho, C.C., Ferreira Carioca, A.A., Marinho Holanda Ilana, G.P., Nogueira Bezerra, I., Vasconcellos Abdonet, A.P. (2023). Health students' knowledge about healthy eating and factors associated with the university environment. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2022 Oct-Dec;39(4):425-433. doi: 10.17843/rpmpesp.2022.394.11349. Epub 2023 Mar 6.
4. Dalbudak, I., Yilmaz, T. and Yigit, S. (2020). The relationship between university students quality of life and nutrition. *Progress in Nutrition, vol.22, no.1, pp.112-121, 2020 (SCI-Expanded)*
5. El-Bagoury L., Hassan, A., AbouSeif, H. (2017). Eating attitudes and barriers to healthy eating and physical activity among a sample of university students in Egypt. *Journal of Egyptian Public Health Association* 2017: 92(1); 29–35.
6. Entrena-Durán, F., Baldan-Lozano, H., and Valdera-Gil, J. M. (2022). “La salubridad de los hábitos alimenticios de los estudiantes universitarios: un estudio de caso,” in book *Análisis y Enfoques Novedosos Para Contenidos Culturales*, ed M. Roderigo (pp. 117-129) (Valencia: Tirant lo Blanch).
7. Ferrão, A. C., Guiné, R.P.F., Correia, P., Ferreira, M., Cardoso, A.P., Duarte, J., Lima, J. (2018). Perceptions towards a healthy diet among a sample of university people in Portugal. *Nutrition & Food Science ISSN: 0034-6659*.
8. Ferrão, A. C., Correia, P., Ferreira, M., Guiné, R.P.F. (2019). Perceptions Towards Healthy Diet of the Portuguese According to Area of Work or Studies. *Zdr Varst.. 2019 Jan 21;58(1):40–46*. doi: 10.2478/sjph-2019-0005.
9. Gonchar, N.V., Kalinicheva E.O., Mustafaev E.H., Dobrenko V.A., Sokolova M.I. (2018). Gender peculiarities of nutrition in students and their relationship with quality of life. *HERALD of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov. Vol. 10. – N. 2. – P. 73-78*. URL: <https://journals.eco-vector.com/vszgmu/article/view/9283>. DOI: <https://doi.org/10.17816/mechnikov201810273-78>
10. Gresse, A., Steenkamp, L., Pietersen, J. (2015). Eating, drinking and physical activity in Faculty of Health Science students compared to other students at a South African university. *S Afr J Clin Nutr*;28(4):154-159.
11. Jašić, D. (2025). *Zdravi životni stil studentske populacije u odnosu na sociodemografske pokazatelje (Doktorska disertacija)* Sarajevo: Fakultet sporta i tjelesnog odgoja, Univerziteta u Sarajevu.
12. Keat, J., Dharmayani, P.A.D. and Mihrshahi, S. (2024). Benchmarking the university campus food environment and exploring student perspectives about food insecurity and healthy eating: a case study from Australia. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18664-x>

13. Malkoç, N. et al. (2020). Healthy nutrition attitudes of sports science students. *Progress in Nutrition* 2020; Vol. 22, N. 3: e2020034 DOI: 10.23751/pn.v22i3.9480.
14. Muñoz-Rodríguez, J. R., Muñoz-Rodríguez, J.R., Luna-Castro M.D.J., Ballesteros-Yáñez, I., Pérez-Ortiz, J.M., Gómez-Romero M.D.F.J., Redondo-Calvo M.D.F.J., Alguacil, L.F., Carlos A. Castillo, C.A. (2021). Influence of biomedical education on health and eating habits of university students in Spain. *Nutrition*. 2021 Jun;86:111181. doi: 10.1016/j.nut.2021.111181. Epub 2021 Jan 31.
15. Niyaz, Ö. C. (2020). Eating habits in terms of gender among Turkish agricultural engineering students: a cross-sectional study. *Progress in Nutrition*; Vol. 22, N. 2: 568-576 DOI: 10.23751/pn.v22i2.8917.
16. Svendsen, K. et al. (2021). Gender differences in nutrition literacy levels among university students and employees: a descriptive study. *Journal of Nutritional Science*, Volume 10, e56. DOI: <https://doi.org/10.1017/jns.2021.47>
17. Wongprawmas, R., Sogari, G., Menozzi, D. and Mora, C. (2022). Strategies to Promote Healthy Eating Among University Students: A Qualitative Study Using the Nominal Group Tehnique. *Front. Nutr.*, 02 February 2022. Sec. Eating Behavior Volume 9 – 2022. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.821016>
18. Zeynep Yolcuoğlu, I. & Kızıltan, G. (2022). Effect of Nutrition Education on Diet Quality, Sustainable Nutrition and Eating Behaviors among University Students. *Journal of the American Nutrition Association*. Volume 41, issue 7. Pages 713-719. <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1955420>

SLANE SOBE U AKTIVNOJ I NEAKTIVNOJ POPULACIJI

SALT ROOMS IN ACTIVE AND INACTIVE POPULATION

Antonia Josić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

aj524022@vevu.hr**Sažetak**

Povećana prisutnost kroničnih bolesti dovela je do širenja interesa za alternativne metode liječenja, među kojima haloterapija zauzima sve značajnije mjesto. Riječ je o terapiji koja koristi čistu sol kao jedinu aktivnu komponentu, a temelji se na prirodnim svojstvima soli koja doprinose poboljšanju zdravlja. Haloterapija se koristi prvenstveno za ublažavanje simptoma respiratornih bolesti poput astme, bronhitisa i alergijskog rinitisa, ali pokazuje i pozitivne učinke na kožne bolesti. Terapija se provodi u posebno uređenim slanim sobama i smatra se sigurnom za sve dobne skupine. Čestice soli djeluju antibakterijski, protuupalno i detoksikacijski, što pridonosi poboljšanju općeg zdravstvenog stanja. U radu će se pregledom znanstvene literature prikazati učinci terapije u slanoj sobi na zdravlje aktivne i neaktivne populacije, te prikazati fiziološke i respiratorne dobrobiti koje slana soba donosi navedenim skupinama. Nakon proučenih radova jasno je kako boravak u slanim sobama ima velik potencijal u unaprjeđenju zdravlja respiratornog sustava kod različitih skupina. Potvrđeno da izloženost slanoj atmosferi može smanjiti simptome respiratornih bolesti, poboljšati funkciju pluća, pozitivno djelovati na dermatološke probleme, te da je sama izloženost korisna za osobe koje pate od kroničnih bolesti respiratornog sustava. Iako postoje pozitivni rezultati, terapija još uvijek nije dovoljno istražena, posebno u kontekstu aktivnih i neaktivnih skupina ljudi.

Ključne riječi: *haloterapija, respiratorni sustav, sol, terapija.*

Abstract

The increased prevalence of chronic diseases has led to a growing interest in alternative treatment methods, among which halotherapy is becoming increasingly important. This is a therapy that uses pure salt as the only active component, and is based on the natural properties of salt that contribute to improving health. Halotherapy is used primarily to alleviate the symptoms of respiratory diseases such as asthma, bronchitis and allergic rhinitis, but it also shows positive effects on skin diseases. The therapy is carried out in specially designed salt rooms and is considered safe for all age groups. Salt particles have antibacterial, anti-inflammatory and detoxifying effects, which contribute to improving general health. The paper will review the scientific literature to show the effects of salt room therapy on the health of active and inactive populations, and to show the physiological and respiratory benefits that salt rooms bring to the aforementioned groups. After studying the works, it is clear that staying in salt rooms has great potential in improving the health of the respiratory system in different groups. It has been confirmed that exposure to a salty atmosphere can reduce symptoms of respiratory diseases, improve lung function, have a positive effect on dermatological problems, and that exposure itself is beneficial for people suffering from chronic respiratory diseases.

Although there are positive results, the therapy is still not sufficiently researched, especially in the context of active and inactive groups of people.

Keywords: *halotherapy, respiratory system, salt, therapy.*

UVOD

Haloterapija je oblik speleoterapije, respiratorne terapije, koja uključuje disanje unutar špilje, a njeno terapeutsko okruženje je slično prirodnoj slanoj špilji (Tulyaganova, Kholdaraliev, 2023). Terapija solju kao pomoćna metoda ima pozitivan učinak na liječenje bolesti respiratornog sustava i dermatoloških stanja (Oleksa et al., 2023). Vjeruje se da ova terapija ublažava upalu i imunološki odgovor te poboljšava respiratornu funkciju (Nugraha et al., 2024). Pacijenti provode 45 minuta u slanoj sobi ili slanoj špilji, udišući zrak koji je zasićen solju (Vladeva, 2023). Relativna vlažnost zraka u prostoriji mora biti niska (Vladeva, 2023). Posljednjih desetljeća haloterapija u svijetu pokazuje sve veću učinkovitost, povezujući je s brojnim dobrobitima u liječenju i prevenciji astme (Antonovici et al., 2023). Tjelesne aktivnosti koje se provode radi očuvanja ili obnavljanja zdravlja imaju blagotvoran učinak na organizam ako se provode u okruženju sa slanim aerosolima, jer ta izloženost s vremenom dovodi do povećanja ventilacijske snage dišnog sustava, amplituda dišnih pokreta raste istovremeno sa smanjenjem njihove frekvencije, kada se povećava funkcionalna sposobnost krvožilnog sustava (Antonovici et al., 2023). Kod pacijenata s kroničnom opstruktivnom plućnom bolešću (KOPB) haloterapija pomaže u uklanjanju jedne od komponenti bronhoopstrukcije, a s druge – značajno povećava učinkovitost osnovne terapije lijekovima te potiče povećanu otpornost tijela na negativne vanjske čimbenike, uključujući psiho-emocionalni stres, prevenciju prehlade (Potyazhenko et al., 2020). Smatra se da je terapija sigurna za primjenu zbog upotrebe prirodne tvari natrijeva klorida (Kwiatkowska et al., 2021). Haloterapija predstavlja pouzdan terapijski dodatak alopatskom liječenju, zbog ekološki prihvatljive prirode, kako bi se spriječilo ili produžilo vrijeme egzacerbacija kod bolesnika s astmom (Crisan-Dabija et al., 2021). Napretkom tehnologije moguće je učiniti terapiju pristupačnijom, proširujući njezinu potencijalnu primjenu na različite populacije, uključujući djecu, odrasle i osobe s poteškoćama u kretanju (Hoteteu et al., 2024).

Haloterapija predstavlja važnu prirodnu metodu u tretmanu respiratornih bolesti, ali je nužno provesti dodatna istraživanja temeljena na dokazima na većem broju ispitanika (Crisan-Dabija et al., 2021). Iako za sada ne postoje službene preporuke za primjenu haloterapije putem slanih soba ili suhih inhalatora, postoje indicije koje upućuju na njezin potencijal kao dodatne terapijske opcije (Calin et al., 2021).

METODE I MATERIJALI

Pretraživane su elektroničke baze podataka Google znalac i PubMed. Prilikom pretraživanja korištene su ključne riječi: haloterapija, respiratorni sustav, sol, terapija. Fokus je bio na radovima objavljenima unutar posljednjih šest godina, koji se bave utjecajem slanih soba na organizam kod aktivne i neaktivne populacije ljudi. Uključeni su znanstveni i stručni radovi koji opisuju fiziološke, respiratorne ili opće zdravstvene učinke haloterapije. Isključeni su svi radovi stariji od šest godina, kao i oni koji nisu izravno vezani uz tematiku. Pregledom literature

prikazat će se učinci terapije u slanoj sobi na zdravlje aktivne i neaktivne populacije, te prikazati fiziološke i respiratorne dobrobiti koje slana soba donosi navedenim skupinama. Također, pregledom literature analizirat će se ima li tjelesna aktivnost utjecaj na učinkovitost terapije u slanoj sobi.

RASPRAVA

Blagotvorni učinci izlaganja soli prvi su dokumentirani 1843. godine od strane poljskog liječnika F. Bochkowskog, koji je utvrdio da rudari u rudniku soli „Wieliczka“ ne obolijevaju od kroničnog bronhitisa i astme. Također je zabilježio značajno poboljšanje simptoma kod novozaposlenih radnika s već postojećim respiratornim tegobama, uključujući smanjenje učestalosti napada astme (Myszkowska et al., 2019). Udisanje suhe soli može pomoći u razrjeđivanju sekreta dišnih putova i poboljšati iskašljavanje sluzi dišnih putova (Barber et al., 2022). Čestice natrijevog klorida raspoređene su prirodno te imaju antibakterijski i protuupalni učinak čak i u najdubljim dijelovima bronhijalnog sustava (Karaganova, Mindova, 2024). Postoje dvije osnovne vrste terapije suhom solju: haloterapija i speleoterapija (Wasik, Tuuminen, 2021). Haloterapija se provodi u kontroliranim uvjetima pomoću uređaja nazvanog halogenerator, koji stvara umjetno solju obogaćeno okruženje. S druge strane, speleoterapija se temelji na boravku u prirodnim slanim prostorima, u slanim špiljama (Antonovici et al., 2021). Glavna djelatna tvar u haloterapiji i speleoterapiji su čestice aerosola natrij klorida koje prodiru u sve slojeve respiratornog sustava (Özbakır et al., 2021). Čestice soli smanjuju razinu imunoglobulina E (Babov et al., 2024). Terapija solju doprinosi uklanjanju sluzi iz dišnih puteva, poboljšava funkciju pluća te ublažava iritaciju dišnog sustava (Lemko, Lemko, 2021). Također, smanjuje svrbež i suhoću kože kod dermatoloških oboljenja (Lyan et al., 2021). Istraživanja su pokazala da je haloterapija učinkovita za ublažavanje simptoma kod sinusitisa (Woźniak et al., 2021).

U istraživanju Kostrzon-a i suradnika uspoređeni su dugoročni učinci podzemne plućne rehabilitacije u rudniku soli u odnosu na onu provedenu na površini. U istraživanju su sudjelovali pacijenti oboljeli od KOPB-a. Nakon šest mjeseci plućne rehabilitacije provedene u rudniku soli, zabilježena su značajna poboljšanja plućne funkcije, veća sposobnost izvođenja tjelesne aktivnosti (mjereno 6-minutnim testom hodanja), smanjenje osjećaja nedostatka zraka te poboljšanje kvalitete svakodnevnog života, u usporedbi s rehabilitacijom provedenom na površini (Kostrzon et al., 2019). Pozitivan učinak podzemne terapije održao se i u sljedećih šest mjeseci, za razliku od rezultata kod pacijenata liječenih na površini. Zaključeno je da podzemna plućna rehabilitacija učinkovitije i dugotrajnije ublažava simptome i poboljšava tjelesnu izdržljivost kod osoba s KOPB-om, u odnosu na standardnu terapiju na površini (Kostrzon et al., 2019).

Cilj istraživanja Zhanga i suradnika (2022) bio je procijeniti antioksidativne i protuupalne učinke haloterapije provedene na štakorima s KOPB-om. Haloterapija je oporavila kliničke simptome KOPB-a kod štakora te smanjila infiltraciju upalnih stanica. Također je ublažila oksidativni stres u plućnom tkivu štakora s KOPB-om, te smanjila proizvodnju upalnih faktora u serumu (Zhang et al., 2022).

Tijekom godina, haloterapija (HT) pokazala je obećavajuću učinkovitost u liječenju i dermatoloških bolesti (Gelardi et al., 2025). Haloterapija dovodi do obnove i poboljšanja stanja kože zbog intenzivnog zasićenja stanica kisikom (Kholdaraliev, Tulyaganova, 2022). U liječenju, može se kombinirati s dodatnim fizikalnim oblicima terapije kao i farmakološkim terapijama (Çılgınoğlu, Yazgan, 2022).

Prevalencija alergijskih bolesti dišnog sustava i dalje je u porastu i potrebno je težiti ka holističkom liječenju. Iako se speleoterapija naširoko primjenjuje u Europi za liječenje kroničnih bolesti dišnih putova, postojeći znanstveni dokazi su prilično slabi (Freidl et al., 2020).

U studiji Freidla i suradnika istraživani su učinci zimskog vježbanja i speleoterapije na odrasle osobe s alergijskim rinitisom i/ili astmom. Procijenjeni su učinci na alergijsku upalu dišnih putova, kvalitetu života, spirometriju i kardiorespiratorni fitness. Samo zimsko vježbanje i zimsko vježbanje u kombinaciji sa speleoterapijom poboljšavaju kvalitetu života i ublažavaju alergijske simptome kod odraslih s alergijskim rinitisom i/ili astmom. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se istražili specifični učinci speleoterapije (Freidl et al., 2020).

Söyler i suradnici istraživali su utjecaj treninga visokog intenziteta s otporom u slanoj špilji, odnosno utjecaj na sastav tijela, brzinu udarca, skok, vrijeme reakcije, snagu stiska ruke, VO₂ max i sposobnost parametra ravnoteže kod vrhunskih boksača. Zaključeno je da je trening otpora u slanoj špilji povećao brzinu udarca, skok, reakciju, maksimalni VO₂ i sposobnost ravnoteže usmjerene na izvedbu. Smatra se da je slana špilja učinkovita u podizanju sportskih rezultata (Söyler et al., 2021).

Mętel i suradnici istraživali su utjecaj plućne rehabilitacije provedene u terapijskim komorama rudnika soli na funkcionalnu sposobnost starijih osoba. Uključene su bile 22 osobe starije od 65 godina s kroničnim respiratornim bolestima. Pacijenti su podvrgnuti Fullertonovom testu prije i nakon trodnevne ambulantne plućne rehabilitacije u lječilištu rudnika soli „Wieliczka“. Nakon rehabilitacijskog boravka, rezultati su pokazali statistički značajna poboljšanja unutar pet od šest procijenjenih parametara. Funkcionalna sposobnost starijih osoba s plućnim bolestima koje su sudjelovale u istraživanju povećala se nakon rehabilitacijskog i liječenog boravka u podzemnim komorama rudnika soli (Mętel et al., 2020).

Cilj istraživanja Chena i suradnika (2022) bio je istražiti utjecaj terapije aerosolom kamene soli na kvalitetu života pacijenata s pneumokoniozom. Pacijenti su primili konvencionalno liječenje te terapiju aerosolom kamene soli. Procijenjena je razina kašlja, iskašljavanja i dispneje. Obje metode pokazale su ljekoviti učinak nakon produljenja vremena. Terapija aerosolom kamene soli pokazala je značajniji učinak u usporedbi s rutinskom metodom. Terapijski učinak raste s produljenjem vremena liječenja. Terapija aerosolom kamene soli može učinkovito poboljšati kvalitetu života pacijenata s pneumokoniozom (Chen et al., 2022).

Cilj istraživanja Mętela i suradnika (2022) bio je procijeniti dinamičku ravnotežu i pokretljivost prsnog koša starijih osoba koje sudjeluju u speleoterapiji u kombinaciji s plućnom rehabilitacijom, treningom izdržljivosti i snage. Ispitivana skupina sastojala se od 51 starije osobe prosječne dobi 65 godina s kroničnim respiratornim poremećajima koje su sudjelovale u trodnevnom programu plućne rehabilitacije u podzemnim slanim komorama. Ispitanici su

podvrgnuti testu četiri kvadratna koraka (FSST) i mjerenju cirkumferencijalne pokretljivosti prsnog koša prije i nakon ambulantnog rehabilitacijskog programa provedenog 135 m pod zemljom. Prije rehabilitacije u podzemnim slanim komorama, polovica rezultata bila je ispod norme u procjeni pokretljivosti prsnog koša između maksimalnog udaha i izdaha. Prosječno vrijeme potrebno za izvođenje FSST-a značajno se smanjilo, a prosječno povećanje pokretljivosti prsnog koša značajno se povećalo. Speleoterapija u kombinaciji s plućnom rehabilitacijom, treningom izdržljivosti i snage povećala je dinamičku ravnotežu i pokretljivost prsnog koša starijih osoba s kroničnim respiratornim bolestima (Mętel et al., 2022).

Autori Nevzghoda i Nevzghoda (2025) analizirali su primjenu haloterapije u liječenju pacijenata s bronhalnom astmom, te mogućnost implementacije haloterapije u kliničku praksu za eksudativni pleuritis, fibrinozni pleuritis, za fibrotične procese u plućima. Pacijenti su liječeni u različitim zdravstvenim ustanovama. Provedeno je 10 tretmana haloterapije u trajanju od 30 do 45 minuta. Zaključeno je da haloterapija kod pacijenata s bronhalnom astmom s blagom i umjerenom težinom dovodi do razvoja nespecifične hiposenzibilizacije, što osigurava dugotrajnu remisiju napada i smanjuje potrebu za glukokortikosteroidnim lijekovima. Haloterapija ima potvrđeni imunomodulatorni učinak i aktivira lokalni i T-stanični imunitet (Nevzghoda, Nevzghoda, 2025).

ZAKLJUČAK

Utjecaj slanih soba pokazuje veliki potencijal u unaprjeđenju zdravlja respiratornog sustava kod aktivne i neaktivne skupine ljudi. Istraživanja potvrđuju da izloženost slanoj atmosferi može smanjiti simptome respiratornih bolesti, poboljšati funkciju pluća i povoljno utjecati na dermatološke probleme. Boravak u slanoj sobi posebno je koristan za osobe koje pate od kroničnih bolesti respiratornog sustava. Iako postoje pozitivni rezultati, terapija još uvijek nije dovoljno istraжена, posebno u kontekstu aktivnih i neaktivnih skupina ljudi. Trenutna istraživanja obuhvaćaju mali broj sudionika. Potrebna su daljnja kontrolirana istraživanja kako bi se odredili optimalni uvjeti terapije, trajanje tretmana te specifične karakteristike koje najviše doprinose poboljšanju zdravlja.

LITERATURA

1. Antonovici, M. O., Sandu, I., Sandu, I. G., Stingu, C. C., & Dimitriu, S. (2021). Efficiency of halotherapy in improving human performance in gymnasium students. *Acta Geobalcanica*, 7(4), 167-173.
2. Antonovici, M. O., Sandu, I. G., Vasilache, V., Sandu, A. V., Arcana, S., Arcana, R. I., & Sandu, I. (2023). Implications in Halotherapy of Aerosols from the Salt Mine Targu Ocna – Structural-Functional Characteristics. *Healthcare*, 11(14), 2104.
3. Babov, K., Polshchakova, T., Plakida, A., Gushcha, S., & Volyanska, V. (2024). Application of haloinhalations at the sanatorium-resort stage of rehabilitation of patients after COVID-19. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 75(2), 135-141.
4. Barber, D., Malyshev, Y., Oluyadi, F., Andreev, A., & Sahni, S. (2022). Halotherapy for chronic respiratory disorders: from the cave to the clinical. *Altern Ther Health Med*, 28(3), 52-56.

5. Calin, M. R., Simionca, I. G., & Radulescu, I. (2021). Natural therapeutic factors assessment for the use in speleotherapeutic purposes of the Cacica Saline Mine, Romania. *Romanian Reports in Physics*, 73, 1-14.
6. Chen, C., Zhang, Q., Luo, W., Liu, Z., Xu, H., Wang, Y., Chen, G., Guo, X., Ming, Y., Zhang, X., & Li, Y. (2022). Effect of rock salt aerosol therapy on quality of life of patients with pneumoconiosis: A multicenter, randomized, double-blind clinical trial. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 35(2).
7. Çilginoğlu, H., & Yazgan, I. (2022). Speleotherapy in the scope of health tourism: case of Çankırı salt cave in Turkey. *International Journal of Tourism Policy*, 12(3), 333-350.
8. Crisan-Dabija, R., Sandu, I. G., Popa, I. V., Scripcariu, D. V., Covic, A., & Burlacu, A. (2021). Halotherapy – An ancient natural ally in the management of Asthma: A comprehensive review. *Healthcare*, 9, 11, 1604. MDPI.
9. Freidl, J., Huber, D., Braunschmid, H., Romodow, C., Pichler, C., Weisböck-Erdheim, R., Mayr, M., & Hartl, A. (2020). Winter exercise and speleotherapy for allergy and asthma: a randomized controlled clinical trial. *Journal of clinical medicine*, 9(10), 3311.
10. Gelardi, M., Giancaspro, R., Fortunato, F., & Cassano, M. (2025). Italian survey on the effectiveness of halotherapy administered via the Aerosal® system. *Monaldi Archives for Chest Disease*, 95 (3).
11. Hoteteu, M., Suci, A. V., Aurelian, S. M., Onose, G., Giuvară, S., Andone, I., Popescu, C. & Spînu, A. (2024). Effectiveness of dry sodium chloride inhalation in pulmonary diseases – A minireview. *Romanian Journal of Medical Rehabilitation*, 1(3), 187-191.
12. Karaganova, I., & Mindova, S. (2024). Study of the effect of the combination of halotherapy and breathing gymnastics in children with bronchial asthmas. *Journal of IMAB*, 30(3), 5619-5622.
13. Kholdaraliev, O., & Tulyaganova, F. (2022). The application of galotherapy in complex rehabilitation of patients with coronavirus infection. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (99), 27-28.
14. Kostrzon, M., Sliwka, A., Wloch, T., Szpunar, M., Ankowska, D., & Nowobilski, R. (2019). Subterranean pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Advances in Biomedicine*, 1176, 35-46.
15. Kwiatkowska, K., Partyka, O., Pajewska, M., & Czerw, A. (2021). Post covid-19 patients' rehabilitation-potential of using halotherapy in the form of generally accessible inhalatoria with dry salt aerosol. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 78(6).
16. Lemko, O., & Lemko, I. (2021). Haloaerosoltherapy: mechanisms of curative effect and place in the respiratory rehabilitation. *Balneo and PRM Research Journal*, 12(4), 365-375.
17. Lyan, N. A., Khan, M. A., Turova, E. A., & Bokova, I. A. (2021). Physical factors in the medical rehabilitation of children with atopic dermatitis. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*, 20(6), 517-524.
18. Mętel, S., Kostrzon, M., & Adamiak, J. (2022). Dynamic Balance and Chest Mobility of Older Adults after Speleotherapy Combined with Pulmonary Rehabilitation, Endurance and Strength Training – A Prospective Study in Chronic Respiratory Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11760.
19. Mętel, S., Kostrzon, M., Adamiak, J., Gattner, H., Kościelecka, D., Sosulska, A., Szczygieł, E., & Golec, J. (2020). The influence of speleotherapy combined with pulmonary

- rehabilitation on functional fitness in older adults—preliminary report. *Therapeutic Advances in Respiratory Disease*, 14, 1753466620926952.
20. Myszkowska, D., Kostrzon, M., Dyga, W., Kędzierska, J., Namysł, M., Stanisław, A., Zagórska, M., Ziemianin, M., Obtułowicz, K., & Czarnobilska, E. (2019). Bioaerosol of salt chambers in the ‘Wieliczka’ Salt Mine, Poland. *Aerobiologia*, 35, 297-311.
 21. Nevzghoda, O., & Nevzghoda, A. (2025). Halotherapy in Treatment of Consequences of Pulmonary Pathology (Thoracic Pathology): Effectiveness, Optimal Use in Modern Conditions. *SSP Modern Pharmacy and Medicine*, 5(1), 1-15.
 22. Nugraha, R. V., Rhamdan, D. M., & Sari, R. A. K. (2024). Halotherapy as adjuvant therapy for respiratory diseases: a literature review. *KnE Life Sciences*, 23-33.
 23. Oleksa, P., Więsyk, P., Spozowski, K., & Wójcik, P. (2023). Effectiveness of the salt therapy – current knowledge status. *Journal of Education, Health and Sport*, 13(1), 51-55.
 24. Özbakır, O., Öcal, M., & Alma, M. H. (2021). Post Mining Application: Tuzluca Rock Salt Mine Therapy Center for Health Tourism. *Therapy*, 9(1), 1-7.
 25. Potyazhenko, M. M., Ishcheikin, K. Y., Nastroga, T. V., Sokolyuk, N. L., Kitura, O. Y., & Gorodnytska, I. M. (2020). Optimization of pathogenetic therapy in patients with chronic obstructive lung disease. *Wiad Lek*, 73(4), 773-776.
 26. Söyler, M., Çınar, A., Deliceoğlu, G., & Koçbay, T. (2021). The effect of high intensity resistance training performed in the speleotherapy (salt cave) environment in olympic national boxers on body and some physical parameter abilities. *health*, 181(61), 8-65.
 27. Tulyaganova, F., & Kholdaraliev, O. (2023). Evaluation of the efficacy of the use of halotherapy in patients after coronavirus infection. *Актуальные проблемы теоретической и клинической медицины*, 39(1), 27-30.
 28. Vladeva, E. (2023). Halotherapy in the treatment of skin diseases. *MEDIS–International Journal of Medical Sciences and Research*, 2(2), 19-23.
 29. Wasik, A. A., & Tuuminen, T. (2021). Salt Therapy as a Complementary Method for the Treatment of Respiratory Tract Diseases, With a Focus on Mold-Related Illness. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 27(S1), 223-239.
 30. Woźniak, A., Nowak, K., Pełkowska, A., Rys, K., Gawlik, J., & Składzień, J. (2021). The impact of treatment under subterraneotherapy conditions at the “Wieliczka” Salt Mine Health Resort on the symptoms of diseases of the nose and paranasal sinuses. *Polski Przegląd Otorynolaryngologiczny*, 10(1), 22-27.
 31. Zhang, C., Zhu, W., Meng, Q., Lian, N., Wu, J., Liu, B., ... & Qi, X. (2022). Halotherapy relieves chronic obstructive pulmonary disease by alleviating NLRP3 inflammasome-mediated pyroptosis. *Annals of translational medicine*, 10(23), 1279.

TAI CHI KOD PARKINSONOVE BOLESTI

TAI CHI FOR PARKINSON'S DISEASE

Domagoj Josipović

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru,
domoj2015@gmail.com

Tea Dodlek

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
tdodlek@vevu.hr

Marina Horvat

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
marina.dzapo@gmail.com

Sažetak

Parkinsonova bolest je kronična progresivna neurodegenerativna bolest koju obilježavaju motorički (tremor, rigidnost, bradikineza, posturalna nestabilnost) i nemotorički (depresija, anksioznost, kognitivna disfunkcija) simptomi. Lijek za Parkinsonovu bolest ne postoji, ali postoje učinkovite farmakološke terapije koje smanjuju i kontroliraju simptome. Također, duboka moždana stimulacija se pokazala korisnom u ublažavanju simptoma i smanjenju potrebe za lijekovima. Uz farmakološku terapiju sve prisutna je i nefarmakološka terapija koja najčešće podrazumijeva fizioterapiju, radnu terapiju, govornu terapiju i psihološku podršku. Osim navedenog, Tai Chi, kao oblik tjelesne aktivnosti, pokazuje pozitivan utjecaj na motoričke i nemotoričke simptome. Unatoč mogućim izazovima Tai Chi se preporučuje pacijentima jer predstavlja vrijedan dodatak standardnoj terapiji.

Ključne riječi: *Parkinsonova bolest, rehabilitacija, Tai Chi, tjelesna aktivnost.*

Abstract

Parkinson's disease is a chronic, progressive neurodegenerative disorder characterized by motor symptoms (tremor, rigidity, bradykinesia, postural instability) and non-motor symptoms (depression, anxiety, cognitive dysfunction). Although there is no cure for Parkinson's disease, effective pharmacological treatments are available to reduce and control symptoms. Deep brain stimulation has also proven beneficial in alleviating symptoms and reducing the need for medication. In addition to drug therapy, non-pharmacological approaches are increasingly being utilized, most commonly including physiotherapy, occupational therapy, speech therapy, and psychological support. Furthermore, Tai Chi, as a form of physical activity, has shown a positive impact on both motor and non-motor symptoms. Despite potential challenges, Tai Chi is recommended for patients as a valuable complement to standard therapy.

Keywords: *Parkinson's disease, physical activity, rehabilitation, Tai Chi.*

UVOD

Parkinsonova bolest je kronična, progresivna neurodegenerativna bolest koja primarno zahvaća motorički sustav. Najčešće se javlja u starijoj životnoj dobi, a karakteriziraju je simptomi poput tremora u mirovanju, usporenosti pokreta (bradikinezije), mišićne ukočenosti (rigidnosti) i posturalne nestabilnosti. Osim motoričkih simptoma, često se javljaju i nemotorički simptomi (depresija, poremećaji spavanja, kognitivne teškoće i autonomne disfunkcije) koji dodatno narušavaju kvalitetu života oboljelih (Albin, 2022). Patofiziološki gledano, Parkinsonova bolest nastaje uslijed postepenog propadanja dopaminergičnih neurona u substantia nigra pars compacta, što dovodi do smanjenog lučenja dopamina u bazalnim ganglijima, područjima mozga koja imaju zadatak kontrole pokreta. Uzrok bolesti u većini slučajeva je nepoznat, ali smatra se da veliku ulogu imaju genetski i okolišni čimbenici (Vázquez-Vélez i sur., 2021). Budući da trenutno ne postoji lijek za Parkinsonovu bolest, liječenje se temelji na ublažavanju simptoma. Uz farmakološku terapiju, sve se više pažnje pridaje nefarmakološkim pristupima, kao što su fizioterapija, kineziterapija i različiti oblici tjelesne aktivnosti. U tom kontekstu, sve veći interes izaziva Tai Chi. Tradicionalna kineska vještina koja kombinira spore, kontrolirane pokrete s dubokim disanjem i meditativnim fokusom (Ni i sur., 2014).

PARKINSONOVA BOLEST

Parkinsonova bolest (PB) spada u idiopatske neurodegenerativne poremećaje. Uzrok bolesti nije poznat, ali se pretpostavlja da veliku ulogu imaju okolišni čimbenici i genetska predispozicija (Jankovic i sur., 2020). Mutacije u genima prouzrokuju poremećaj u funkciji mitohondrija, oksidativnog stresa i nakupljanje proteina u neuronima (Khani i sur., 2024). U okolišne čimbenike ubraja se izloženost pesticidima, herbicidima i teškim metalima. Također, na pojavu bolesti mogu utjecati i traume glave, starenje ili virusne infekcije (Bogers i sur., 2023). Glavni patološki znak bolesti je postupna degeneracija dopaminergičkih neurona u području substantia nigra pars compacta, u kojem se odvija proizvodnja dopamina (Vázquez-Vélez i sur., 2021). Zbog nedostatka dopamina javljaju se karakteristični simptomi Parkinsonove bolesti kao što su tremor, mišićna rigidnost i usporenost pokreta (Simon i sur., 2020). Također u patološkom nalazu može se pronaći i prisutnost Lewyjevih tjelešaca što doprinosi smrti živčanih stanica (Martin i sur., 2006). Kako bolest napreduje dolazi do razvoja ne motoričkih simptoma, kao što su depresija, kognitivna disfunkcija i poremećaj spavanja (Chikatimalla i sur., 2022). U kliničkoj slici prvo se pojave motorički simptomi koji dovode i do dijagnoze bolesti, a zatim se postepeno javljaju nemotorički simptomi (Albin, 2022). Tremor je najčešće prvi simptom koji se pojavljuje na jednoj ruci ili nozi te ima ritmičan karakter (4-6 Hz). Zatim se pojavljuje bradikineza što otežava samu inicijaciju pokreta. Osobe mogu imati poteškoće s finom motorikom, poput zakopčavanja gumba. Prisutan je povećan tonus mišića, a zbog posturalne nestabilnosti osobe su sklone padovima (Albin, 2022). Među nemotoričkim simptomima najčešće se javljaju poremećaji raspoloženja, uključujući depresiju, anksioznost i apatiju. Od kognitivnih oštećenja javlja se usporeno razmišljanje, loša koncentracija, a kasnije dolazi i do demencije. Važno je naglasiti da su simptomi različiti kod svake osobe i da bolest najčešće započinje asimetrično (Albin, 2022). Dijagnoza se temelji na kliničkom pregledu i anamnezi. Trenutno ne postoji specifični laboratorijski testovi koji će potvrditi bolest. Kriterij

dijagnosticiranja uključuje bradikinezu i barem jedan dodatni motorički simptom, asimetričnost i pozitivan odgovor na lijekove (Postuma i sur., 2015). Kako bi se isključile druge bolesti može se napraviti neuroimaging (MRI). Kod idiopatskog oblika bolesti MRI je obično uredan te se koristi DaTSCAN koji služi za funkcionalno snimanje dopaminskih transportera. Za praćenje napredovanja bolesti koriste se skale i upitnici kao što su UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) i Hoehn and Yahr skale. Važno je dijagnosticirati bolest što ranije (Sasaki, 2021). Trenutno ne postoji lijek za Parkinsonovu bolest, a liječenje je usmjereno na ublažavanje simptoma, poboljšanje funkcionalnosti i kvalitete života. Koristi se kombinacija farmakoloških i nefarmakoloških intervencija što omogućava dugotrajnu kontrolu bolesti. Sam pristup liječenju treba biti individualiziran (Wamelen i sur., 2023; van Halteren i sur., 2020). Farmakoterapija usmjerena je na nadoknadu dopamina i stimulaciju dopaminergičkih receptora. Levodopa u kombinaciji s karbidopom ili benserazidom, pokazali su se kao najučinkovitija kombinacija za ublažavanje simptoma, no pokazalo se da dugotrajna konzumacija može dovesti do diskinezije (de Bie i sur., 2020). Antikolinergici i amantadin mogu se koristiti za kontrolu tremora i diskinezije, ali njegova primjena je ograničena kod starijih osoba zbog njegovih nuspojava (Rascol i sur., 2021). Kod osoba koje više ne reagiraju na lijekove može se preporučiti duboka moždana stimulacija (DBS). DBS je tehnika koja koristi elektrode koje se postavljaju u određene dijelove mozga (nucleus subthakamicus), zatim se stimulacijom pokušava poboljšati motorička funkcija. Ova tehnika neće zaustaviti bolest, ali može pomoći kod ublažavanja simptoma i smanjiti potrebu za lijekovima (Nemade i sur., 2021). Nefarmakološke terapije mogu se koristiti tijekom cijele bolesti. Najvažnije nefarmakološke intervencije uključuju fizioterapiju, radnu terapiju, govornu terapiju i psihološku podršku (Kalbe i sur., 2024). Dokazano je da tjelesna aktivnost pomaže kod motoričkih i nemotoričkih simptoma bolesti. Tako se preporučuju aktivnosti koje kombiniraju kretanje, koordinaciju, ravnotežu i kognitivni angažman. Tai Chi, ples, joga ili virtualna stvarnost mogu biti odličan izbor vježbanja (Hao i sur., 2022).

TAI CHI

Tai Chi (kin. Taijiquan) je kineska tradicionalna vještina koja je prvo nastala kao borilačka vještina i razvila se u jedan oblik tjelesne aktivnosti s terapijskim i rekreativnim elementima. Danas se koristi kao terapijska metoda za poboljšanje mentalne i tjelesne ravnoteže. Tai Chi se izvodi kroz spore, blage i kontrolirane pokrete, zbog čega je prikladan za sve životne dobi i osobe s različitim zdravstvenim stanjima. Osim tjelesnih kretnji, Tai Chi uključuje svjesno disanje, mentalnu koncentraciju i posturalnu kontrolu, neki ga još nazivaju i „meditacija u pokretu“ (Chuckrow, 1998). Zahvaljujući svom holističkom pristupu, Tai Chi je danas vrlo popularan u znanstvenim istraživanjima, posebno zbog svoje terapijske primjene kod neurodegenerativnih poremećaja. Tai Chi se pokazao kao izvrsna terapijska intervencija koja istovremeno djeluje na više aspekata bolesti (Fasczewski i sur., 2022).

Također, zbog svog pozitivnog djelovanja na ravnotežu i koordinaciju Tai Chi preporučuje osobama s Parkinsonovom bolesti. Redovito provođenje Tai Chia dovodi do smanjenja učestalosti padova, što je vrlo dobro kod starije populacije gdje su padovi često prisutni, a sami padovi nerijetko su praćeni teškim ozljedama i gubitkom samostalnosti (Zhong i sur., 2020). Prakticiranje Tai Chia podrazumijeva uspravnu posturu, pažljivo usklađivanje ruku i nogu te

kontrolirano prebacivanje težine. Na taj način potiče se neuromuskularna prilagodba i razvija senzomotorička svjesnost za ispravljanje kompenzacija nastalih uslijed bolesti (Zhong i sur., 2020). Osim fizičkih dobrobiti, Tai Chi, potiče i psihološko blagostanje. Redovito vježbanje smanjuje razinu stresa, poboljšava raspoloženje i osjećaj kontrole nad vlastitim tijelom, a sve ukupno pridonosi poboljšanju kvalitete života. Različiti oblici meditacija i sama svjesnost tijela tijekom vježbanja potiču smirenost i usmjerenost na sadašnji trenutak. Takvim načinom vježbanja poboljšava se mentalno zdravlje, posebno kod pacijenata koji se suočavaju s kroničnim progresivnim bolestima (Wang i sur., 2020). S obzirom na sve navedeno, Tai Chi se sve više preporučuje kao nefarmakološka intervencija za liječenje PB. Zbog svoje sigurnosti, niske razine opterećenja i mogućnosti prilagodbe Tai Chi predstavlja vrijedan dodatak u rehabilitaciji i dugoročnoj skrbi osobe (Townsend, 2018).

UČINCI TAI CHIJA U TERAPIJI PARKINSONOVE BOLESTI

U sveobuhvatnom pristupu liječenju Parkinsonove bolesti, Tai Chi kao oblik komplementarne i rehabilitacijske terapije sve više dobiva na značaju. Zbog svojih specifičnih karakteristika pokazao se učinkovitim kod neurodegenerativnih bolesti poput Parkinsonove bolesti. Učinci Tai Chia ne odnose se samo na fizičke funkcije, već njegova složenost i višedimenzionalno djelovanje obuhvaćaju motoričke, kognitivne, emocionalne i socijalne aspekte (Townsend i sur., 2018). U patofiziologiji PB važnu ulogu imaju poremećaji bazalnih ganglija koji rezultiraju smanjenom kontrolom voljnih pokreta, ukočenošću, tremorom i posturalnom nestabilnošću (Vázquez-Vélez i sur., 2021). Vježbanjem osoba izvodi polagane pokrete koji zahtijevaju preciznu mišićnu kontrolu, prijenos težine, održavanje ravnoteže i usklađivanje pokreta. Takav način vježbanja osim stimulacije mišićne snage, stimulira i propriocepciju koja je teško narušena kod ovakvih pacijenata (Lou i sur., 2025). Redovitim vježbanjem Tai Chi može značajno ublažiti motoričke simptome PB (Lou i sur., 2025). Istraživanja potvrđuju poboljšanja u amplitudama pokreta, smanjenoj ukočenosti te u olakšanju inicijacije pokreta (Lou i sur., 2025; Li i sur., 2022). Zbog različitih specifičnih elemenata Tai Chia posuralna kontrola, koja je teško narušena, može se poboljšati. Vježbe uključuju rotacije trupa, pomicanje težišta s jedne noge na drugu nogu i uspravno držanje potiču aktivaciju dubokim mišića trupa i zdjelica, čime se izravno djeluje na problem posturalne nestabilnosti (Hubble i sur., 2019; Li i sur., 2012). Redovnim vježbanjem smanjuje se učestalost padova, produljuje vrijeme provedeno u uspravnom položaju i poboljšava reflekse povezane s iznenadnim promjenama ravnoteže (Lou i sur., 2025; Yu i sur., 2021). Tai Chi, također djeluje na brojne nemotoričke simptome PB, koje uključuju depresiju, anksioznost, kognitivne poteškoće i poremećaj sna. Samim uključivanjem meditativnih komponenti, svjesnog disanja i mentalne prisutnosti u vježbanje, Tai Chi smanjuje razinu stresa i potiče osjećaj unutarnje smirenosti. Taj se efekt može objasniti sniženjem razine kortizola i aktivacijom parasimpatičkog živčanog sustava, što pozitivno djeluje na emocionalno stanje osoba. Složeni pokreti koji zahtijevaju planiranje, pamćenje i prostornu orijentaciju potiču kognitivnu funkciju, posebno djeluje na pažnju i izvršnu funkciju koje su često zahvaćene kod osoba s PB (Kamieniarz i sur., 2021).

OGRANIČENJA TAI CHIA U TERAPIJI PARKINSONOVE BOLESTI

Iako Tai Chi ima brojne prednosti u terapiji PB, bolesnici se suočavaju sa određenim izazovima i ograničenjima. Glavni izazov u terapiji je osigurati redovito i dugotrajno sudjelovanje pacijenata u programu. Motivacija za vježbanje može biti znatno smanjena zbog depresivnih simptoma, kroničnog umora i osjećaja nemoći koji su često prisutni kod PB (Kim i sur., 2025). Osobe sa PB izražavaju pesimistična očekivanja vezana uz tjelesne aktivnosti, čime se dodatno smanjuje motivacija za sudjelovanje (Ellis i sur., 2013). U istraživanju Ellisa i suradnika (2013), ispitanici su često navodili izjave poput: „Osjećam se isto bez obzira jesam li tjelesno aktivan ili ne“, „Da mi je zdravlje bolje, bio bih aktivniji“ te „Teško mi je vježbati ako se osjećam depresivno“, što ukazuje na snažnu povezanost između emocionalnog stanja i uključenosti u tjelesne aktivnosti (Ellis i sur., 2013). Kod uznapredovale bolesti dodatni izazov može predstavljati tehnička složenost izvođenja određenih pokreta. Poteškoća u učenju specifičnih motoričkih sekvenci i održavanje ravnoteže, može dovesti do frustracije, nesigurnosti ili straha od pada. Zbog toga, važna je individualizacija terapije kako bi se: vježbe prilagodile funkcionalnim sposobnostima svake osobe, prilagodio intenzitet, trajanje i složenost vježbe. Time se povećava osjećaj sigurnosti, poboljšava motivacija i olakšava dugotrajna uključenost u terapijski proces (Kim i sur., 2025).

PRIMJENA TAI CHIJA U TERAPIJI PARKINSONOVE BOLESTI

Bez obzira na navedene izazove, Tai Chi se pokazao kao dobra terapijska intervencija koja se s lakoćom može uključiti u širi rehabilitacijski plan. Uključivanje Tai Chia kao nefarmakološke intervencije preporučuje se posebno u ranim i srednjim fazama bolesti (Fidan i sur., 2019). Vježbanje se izvodi dva do tri puta tjedno u trajanju od 45 do 60 minuta, u okviru strukturiranog programa pod vodstvom educiranog instruktora, s mogućom nadopunom kućnog vježbanja (Zhang i sur., 2019). Vrlo je važno educirati pacijente da se učinci vježbanja ne pojavljuju trenutno, nego kao rezultat dugotrajnog i kontinuiranog vježbanja. Potrebno je napraviti strategije kako potaknuti dugotrajnu motivaciju i kako osvojiti Tai Chi kao dio svakodnevnice (Koren i sur., 2021). Grupni oblik terapije također može biti odličan oblik terapije, jer osim fizičke aktivnosti omogućava socijalnu interakciju, razmjenu iskustava i osjećaj zajedništva. Socijalni aspekt dodatno pridonosi smanjenju osjećaja izoliranosti i poboljšanju emocionalne dobrobiti, koji je često zanemaren, a važan je dio skrbi za osobe s kroničnim neurološkim bolestima (Koren i sur., 2021).

ZAKLJUČAK

Parkinsonova bolest predstavlja složen i progresivan neurodegenerativni poremećaj koji značajno narušava svakodnevno funkcioniranje oboljelih. Iako ne postoji lijek koji bi zaustavio njezin tijek, kombinacija farmakoloških i nefarmakoloških metoda omogućava dugoročno ublažavanje simptoma i poboljšanje kvalitete života. U tom kontekstu, Tai Chi se ističe kao vrijedna nefarmakološka strategija koja istodobno djeluje na motoričke i nemotoričke simptome. Redovito prakticiranje Tai Chija poboljšava ravnotežu, koordinaciju i snagu, smanjuje učestalost padova te pozitivno utječe na kognitivne funkcije i emocionalno stanje.

Njegova sigurnost, blaga priroda i mogućnost prilagodbe čine ga posebno pogodnim za stariju populaciju i osobe s kroničnim bolestima. Unatoč određenim ograničenjima, poput problema s motivacijom i složenosti izvođenja u uznapredovalim stadijima bolesti, Tai Chi se uz individualizirani pristup i podršku stručnjaka pokazuje vrlo korisnim. Grupno vježbanje dodatno pruža socijalne i emocionalne benefite, smanjujući osjećaj izolacije i depresije. Sve navedeno potvrđuje da Tai Chi ima značajan terapijski potencijal i zaslužuje biti dio integriranog pristupa liječenju Parkinsonove bolesti.

LITERATURA

1. Albin, R. L. (2022). *Parkinson disease*, 96. Oxford University Press.
2. Bogers, J. S., Bloem, B. R., & Den Heijer, J. M. (2023). The etiology of Parkinson's disease: new perspectives from gene-environment interactions. *Journal of Parkinson's disease*, 13(8), 1281-1288.
3. Chikitimalla, R., Dasaradhan, T., Koneti, J., Cherukuri, S. P., Kalluru, R., Gadde, S., & Gadde, S. V. (2022). Depression in Parkinson's disease: a narrative review. *Cureus*, 14(8).
4. Chuckrow, R. (1998). *The Tai Chi book: Refining and enjoying a lifetime of practice*. YMAA Publication Center.
5. de Bie, R. M., Clarke, C. E., Espay, A. J., Fox, S. H., & Lang, A. E. (2020). Initiation of pharmacological therapy in Parkinson's disease: when, why, and how. *The Lancet Neurology*, 19(5), 452-461.
6. Ellis, T., Boudreau, J. K., DeAngelis, T. R., Brown, L. E., Cavanaugh, J. T., Earhart, G. M., Ford, M. P., Foreman, K. B., & Dibble, L. E. (2013). Barriers to exercise in people with Parkinson disease. *Physical therapy*, 93(5), 628-636.
7. Fasczewski, K. S., Stevens, N. R., Michels, H. S., & Howard, J. S. (2022). Moving beyond the physical: exploring the holistic benefits of a therapy-based physical activity program for individuals with Parkinson's disease. *Exercise and Quality of Life*, 14(2), 21-30.
8. Fidan, O., Seyyar, G. K., Aras, B., Colak, E., & Aras, O. (2019). The effect of Tai Chi and Qigong on health-related quality of life in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of systematic reviews. *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation*, 42(3), 196-204.
9. Hao, Z., Zhang, X., & Chen, P. (2022). Effects of Ten Different Exercise Interventions on Motor Function in Parkinson's Disease Patients – A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Brain sciences*, 12(6), 698.
10. Hubble, R. P., Silburn, P. A., Naughton, G. A., & Cole, M. H. (2019). Trunk exercises improve balance in Parkinson disease: a phase II randomized controlled trial. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 43(2), 96-105.
11. Jankovic, J., & Tan, E. K. (2020). Parkinson's disease: etiopathogenesis and treatment. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 91(8), 795-808.
12. Kalbe, E., Bloem, B. R., Kalia, L. V., & Nieuwboer, A. (2024). Non-pharmacological interventions for people with Parkinson's disease: are we entering a new era?. *Journal of parkinson's disease*, 14(s1), S1-S4.

13. Kamieniarz, A., Milert, A., Grzybowska-Ganszczyk, D., Opara, J., & Juras, G. (2021). Tai Chi and Qi Gong therapies as a complementary treatment in Parkinson's disease—a systematic review. *Complementary therapies in medicine*, 56, 102589.
14. Khani, M., Cerquera-Cleves, C., Kekenadze, M., Wild Crea, P., Singleton, A. B., & Bandres-Ciga, S. (2024). Towards a global view of Parkinson's disease genetics. *Annals of neurology*, 95(5), 831-842.
15. Kim, M., Kim, E., Kim, M., Moon, S. M., Kim, M., Kim, D., Je, S. H., & Kang, H. (2025). Motivators and Barriers Affecting Exercise in Patients With Parkinson's Disease. *Journal of clinical neurology (Seoul, Korea)*, 21(1), 13–20.
16. Koren, Y., Leveille, S., & You, T. (2021). Tai Chi Interventions Promoting Social Support and Interaction Among Older Adults: A Systematic Review. *Research in gerontological nursing*, 14(3), 126–137.
17. Li, F., Harmer, P., Fitzgerald, K., Eckstrom, E., Stock, R., Galver, J., Maddalozzo, G., & Batya, S. S. (2012). Tai chi and postural stability in patients with Parkinson's disease. *The New England journal of medicine*, 366(6), 511–519.
18. Li, G., Huang, P., Cui, S. S., Tan, Y. Y., He, Y. C., Shen, X., & Chen, S. D. (2022). Mechanisms of motor symptom improvement by long-term Tai Chi training in Parkinson's disease patients. *Translational neurodegeneration*, 11(1), 6.
19. Lou, L., Xiang, C., Hu, Y., & Yang, J. (2025). Tai Chi improves balance, mobility and gait function of the lower limbs in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *European journal of medical research*, 30(1), 107.
20. Martin, L. J., Pan, Y., Price, A. C., Sterling, W., Copeland, N. G., Jenkins, N. A., & Lee, M. K. (2006). Parkinson's disease α -synuclein transgenic mice develop neuronal mitochondrial degeneration and cell death. *Journal of Neuroscience*, 26(1), 41-50.
21. Nemade, D., Subramanian, T., & Shivkumar, V. (2021). An update on medical and surgical treatments of Parkinson's disease. *Aging and disease*, 12(4), 1021.
22. Ni, X., Liu, S., Lu, F., Shi, X., & Guo, X. (2014). Efficacy and safety of Tai Chi for Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS one*, 9(6), e99377.
23. Postuma, R. B., Berg, D., Stern, M., Poewe, W., Olanow, C. W., Oertel, W., & Deuschl, G. (2015). MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Movement disorders*, 30(12), 1591-1601.
24. Rascol, O., Fabbri, M., & Poewe, W. (2021). Amantadine in the treatment of Parkinson's disease and other movement disorders. *The Lancet Neurology*, 20(12), 1048-1056.
25. Sasaki S. (2021). High Prevalence of Early Parkinson's Disease in Patients With Subtle Parkinsonian Signs. *Frontiers in neurology*, 12, 656679.
26. Simon, D. K., Tanner, C. M., & Brundin, P. (2020). Parkinson disease epidemiology, pathology, genetics, and pathophysiology. *Clinics in geriatric medicine*, 36(1), 1-12.
27. Townsend, A., & Olfus, A. (2018). *Tai Chi for health and rehabilitation*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
28. van Halteren, A. D., Munneke, M., Smit, E., Thomas, S., Bloem, B. R., & Darweesh, S. K. L. (2020). Personalized Care Management for Persons with Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's disease*, 10(s1), S11–S20.

29. Vázquez-Vélez, G. E., & Zoghbi, H. Y. (2021). Parkinson's disease genetics and pathophysiology. *Annual review of neuroscience*, 44(1), 87-108.
30. Wamelen, D. J. V., Rukavina, K., Podlewska, A. M., & Chaudhuri, K. R. (2023). Advances in the Pharmacological and Non-pharmacological Management of Non-motor Symptoms in Parkinson's Disease: An Update Since 2017. *Current neuropharmacology*, 21(8), 1786-1805.
31. Wang, D., Wang, P., Lan, K., Zhang, Y., & Pan, Y. (2020). Effectiveness of Tai chi exercise on overall quality of life and its physical and psychological components among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53(10), e10196.
32. Yu, X., Wu, X., Hou, G., Han, P., Jiang, L., & Guo, Q. (2021). The Impact of Tai Chi on Motor Function, Balance, and Quality of Life in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021(1), 6637612.
33. Zhang, S., Zou, L., Chen, L. Z., Yao, Y., Loprinzi, P. D., Siu, P. M., & Wei, G. X. (2019). The effect of Tai Chi Chuan on negative emotions in non-clinical populations: a meta-analysis and systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3033.
34. Zhong, D., Xiao, Q., Xiao, X., Li, Y., Ye, J., Xia, L., & Jin, R. (2020). Tai Chi for improving balance and reducing falls: An overview of 14 systematic reviews. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 63(6), 505-517.

KVALITETA ŽIVOTA PACIJENATA S AMPUTACIJOM NAKON PROTETIČKE OPSKRBE

QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH AMPUTATION AFTER PROSTHETIC CARE

Domagoj Josipović

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

domoj2015@gmail.com

Matko Vuksanić

Lječilište Bizovačke toplice, Bizovac

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

matko.vuksanic@bizovacke-toplice.hr

Sažetak

Amputacija donjih ekstremiteta predstavlja velik izazov za pacijente jer značajno utječe na tjelesno, psihološko i socijalno funkcioniranje. Protetička opskrba i kvalitetna rehabilitacija imaju ključnu ulogu u prilagodbi pacijenata na novu životnu stvarnost te mogu značajno poboljšati kvalitetu njihova života. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti koliko uspješno protetička rehabilitacija utječe na fizičko funkcioniranje, psihološku prilagodbu i svakodnevnu samostalnost osoba s amputacijom. U istraživanju je sudjelovalo 30 pacijenata s amputacijom donjih ekstremiteta koji su bili uključeni u protetičku rehabilitaciju u Lječilištu Bizovačke toplice. Podaci su prikupljeni pomoću standardiziranih upitnika: SF-36 za procjenu kvalitete života i skraćene verzije PPA upitnika za procjenu funkcionalnog statusa. Većina ispitanika koristi protezu svakodnevno, u prosjeku 8 sati dnevno, te navodi visok stupanj samostalnosti u obavljanju osnovnih aktivnosti. Više od polovice može hodati bez ograničenja, a 63% ispitanika ne mora razmišljati o svakom koraku, što ukazuje na dobar stupanj automatizma u hodu. Najveći izazovi povezani su s pojavom fantomske boli i prekomjernim znojenjem bataljka. Rezultati SF-36 upitnika pokazuju najviše ocjene u domenama socijalnog funkcioniranja i psihičkog zdravlja, dok fizičko funkcioniranje ostaje blago narušeno, što je očekivano s obzirom na prirodu amputacije. Rezultati ukazuju na to da sveobuhvatna protetička rehabilitacija značajno doprinosi funkcionalnom i psihološkom oporavku osoba s amputacijom. Ustanove poput Lječilišta Bizovačke toplice, koje provode strukturiran i individualiziran rehabilitacijski pristup, ključne su za poboljšanje kvalitete života ove populacije. Dodatna podrška i praćenje nužni su za ublažavanje fizičkih tegoba i dugoročnu prilagodbu.

Ključne riječi: *amputacija, fizioterapija, kvaliteta života, protetička opskrba, rehabilitacija.*

Abstract

Lower limb amputation represents a major challenge for patients because it significantly affects physical, psychological and social functioning. Prosthetic care and quality rehabilitation play a key role in patients' adaptation to the new reality of life and can significantly improve their quality of life. The aim of this study was to assess how successfully prosthetic rehabilitation affects physical functioning, psychological adjustment and daily independence of amputees.

The study involved 30 patients with lower limb amputation who were included in prosthetic rehabilitation at the Lječilište Bizovačke toplice. Data were collected using standardized questionnaires: SF-36 for assessing quality of life and a shortened version of the PPA questionnaire for assessing functional status. Most respondents use the prosthesis daily, for an average of 8 hours a day, and report a high degree of independence in performing basic activities. More than half can walk without restrictions, and 63% of respondents do not have to think about each step, indicating a good degree of automaticity in walking. The greatest challenges are associated with the occurrence of phantom pain and excessive sweating of the stump. The results of the SF-36 questionnaire show the highest scores in the domains of social functioning and psychological health, while physical functioning remains mildly impaired, which is expected given the nature of the amputation. The results indicate that comprehensive prosthetic rehabilitation significantly contributes to the functional and psychological recovery of amputees. Institutions such as the Lječilište Bizovačke toplice, which implement a structured and individualized rehabilitation approach, are key to improving the quality of life of this population. Additional support and monitoring are necessary to alleviate physical complaints and long-term adaptation.

Keywords: *amputation, physiotherapy, prosthetic care, quality of life, rehabilitation.*

UVOD

Amputacija uda predstavlja događaj koji mijenja život i donosi niz izazova koji mogu imati dugoročne posljedice na fizičko, emocionalno i socijalno stanje pacijenta. Osobe koje dožive amputaciju suočavaju se s fizičkim preprekama, uključujući postoperacijsku bol, smanjenu pokretljivost i potrebu za rehabilitacijom (Weigel, 2020). Pored toga, amputacija može imati i značajne financijske posljedice, osobito ako dovodi do gubitka posla ili smanjenih mogućnosti zapošljavanja. Okolišni čimbenici, poput arhitektonskih barijera i otežanog snalaženja u javnom prostoru, dodatno mogu otežati prilagodbu na svakodnevni život (Lee i sur., 2020). Osim toga, psihosocijalni aspekti, poput promjene slike o vlastitom tijelu, suočavanja s društvenim stigmama i potencijalnog gubitka neovisnosti, igraju ključnu ulogu u procesu oporavka i ponovne integracije u društvo (Murray, 2022). Nakon svake amputacije slijedi razdoblje prilagodbe koje je za neke osobe izrazito teško i stresno, dok ga drugi uspijevaju prebroditi uz podršku okoline i odgovarajuće rehabilitacijske intervencije (Murray, 2022). Također, način na koji osoba prihvaća amputaciju i prilagođava se korištenju proteze može biti pod snažnim utjecajem osobnih, kliničkih, socijalnih i okolišnih faktora (Alessa i sur., 2022). Protetička opskrba ima ključnu ulogu u poboljšanju kvalitete života osoba s amputacijom. Korištenje proteze omogućava veću pokretljivost, povećava neovisnost i olakšava povratak u svakodnevne aktivnosti, uključujući radne i društvene obveze. Ipak, prilagodba na protezu nije uvijek jednostavna – zahtijeva fizičku i mentalnu spremnost pacijenta, odgovarajuću rehabilitaciju i stručnu podršku (Murray, 2022). Poteškoće u korištenju proteze mogu se pojaviti zbog tehničkih ograničenja, nelagode ili bolova, a psihološki faktori, poput frustracije i nesigurnosti, također mogu utjecati na motivaciju za nošenje proteze i sudjelovanje u svakodnevnim aktivnostima. S obzirom na to da kvaliteta života osoba s amputacijom ne ovisi samo o fizičkim aspektima, već i o emocionalnoj prilagodbi, društvenoj integraciji i dostupnosti odgovarajućih rehabilitacijskih usluga, važno je istražiti kako različiti čimbenici utječu na ovu

populaciju (Turner i sur., 2022). Stoga je cilj ovog rada analizirati iskustva pacijenata nakon protetičke opskrbe te utvrditi u kojoj mjeri proteze doprinose poboljšanju njihovog funkcioniranja i opće dobrobiti.

ISPITANICI I METODE

Istraživanje je provedeno u Lječilištu Bizovačke toplice, Sunčana 39, Bizovac. Ispitanici su obuhvaćali pacijente s amputacijom donjih ekstremiteta koji su u razdoblju od 1. ožujka do 12. svibnja 2025. godine bili upućeni na prvu protetičku opskrbu i 21-dnevnu protetičku rehabilitaciju u Lječilištu Bizovačke toplice. U istraživanje su uključeni svi pacijenti upućeni na prvu protetičku opskrbu i rehabilitaciju koji su ispunjavali uvjete za sudjelovanje te su potpisali informirani pristanak. Ukupan broj ispitanika bio je 30.

Uključeni su pacijenti s amputacijom donjih ekstremiteta u dobi od 18 do 80 godina, koji su imali unilateralnu amputaciju ili obostranu amputaciju u razini potkoljenice (transtibijalna) i/ili natkoljenice (transfemoralna), a upućeni su na svoju prvu protetičku opskrbu. Dodatni uvjet bio je da od amputacije do početka rehabilitacije nije prošlo više od šest mjeseci.

Upitnici

U istraživanju koristile su se sljedeće tehnike istraživanja: metoda anketiranja pacijenta putem upitnika s općim informacijama te dva specifična upitnika: upitnik za samoprocjenu zdravlja SF-36 (Short form 36 Health 18 Survey Questionnaire) i upitnik za procjenu funkcionalnih ishoda PPA (The Prosthetic Profile of the Amputee Person Questionnaire).

Prvi upitnik koji su ispitanici ispunjavali bio je SF-36 (Short Form 36 Health Survey Questionnaire), namijenjen samoprocjeni kvalitete života. Upitnik sadrži 36 pitanja koja obuhvaćaju različite aspekte zdravlja, uključujući fizičko funkcioniranje, ograničenja uzrokovana tjelesnim tegobama, bol, opće zdravstveno stanje, razinu vitalnosti, društveno funkcioniranje, ograničenja povezana s psihičkim smetnjama te mentalno zdravlje. Korištena je službena hrvatska verzija upitnika, licencirana od Škole narodnog zdravlja „Andrija Štampar“ (Jureša i sur., 2000).

Drugi upitnik koji su ispitanici ispunjavali bio je PPA (The Prosthetic Profile of the Amputee Person Questionnaire). Upitnik sadrži 44 pitanja raspoređena u šest tematskih cjelina koje se odnose na fizičku spremnost i sposobnosti ispitanika, zadovoljstvo i prilagodbu na protezu, učestalost korištenja proteze, utjecaj društvenih i vanjskih čimbenika, sudjelovanje u sportskim i rekreativnim aktivnostima te osnovne demografske podatke (Vukić i sur., 2020). U svrhu ovog istraživanja upitnik je skraćen na 15 pitanja. Upitnik je na hrvatski jezik prevela i prilagodila liječnica Vukić, uz poštivanje stručnih smjernica koje uključuju prijevod od strane dva neovisna prevoditelja, konzultacije i probno testiranje na manjem uzorku ciljne populacije. PPA upitnik koristi se međunarodno od 1993. godine te omogućuje procjenu funkcionalnih ishoda protetičke rehabilitacije (Vukić i sur., 2020).

REZULTATI

Prikazani su deskriptivni statistički podaci o ispitanicima, njihova samoprocjena kvalitete života putem SF-36 upitnika te rezultati funkcionalne procjene korištenjem skraćene verzije PPA upitnika. Rezultati su predstavljeni u tablicama i grafikonima radi bolje preglednosti. U istraživanje su uključeni svi pacijenti upućeni na prvu protetičku opskrbu i rehabilitaciju koji su ispunjavali uvjete za sudjelovanje. Ukupan broj ispitanika bio je 30. Opće karakteristike pacijenata prikazane su u tablici 1. Prosječna dob pacijenata iznosila je 64.8 godina, a više je bilo pacijenata muškog roda (N=22) u usporedbi sa ženskim rodom (N=8) (Tablica 2.). U Tablici 3. su prikazane razine amputacije.

Tablica 1. Opće karakteristike pacijenata

	DOB	TJELESNA TEŽINA	TJELESNA VISINA	INDEKS TJELESNE MASE
N	30	30	30	30
Medijan	65.0	80.0	175.0	27.5
AS	64.8	84.2	173.3	28.1
SD	7.0	15.0	8.6	5.0
IQR	8.5	20.3	8.8	7.0
Min	49.0	61.0	146.0	19.0
Max	80.0	120.0	193.0	38.7

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; IQR – interkvartilni raspon, Min – minimalna vrijednost; Max – maksimalna vrijednost

Tablica 2. Spol pacijenata

SPOL	Frekvencija	Postotak	Postotak valjanih odgovora	Kumulativni postotak
Muško	22	73.3	73.3	73.3
Žensko	8	26.7	26.7	100.0
Total	30	100.0		

Tablica 3. Razina amputacije pacijenata

RAZINA AMPUTACIJE	Frekvencija	Postotak	Postotak valjanih odgovora	Kumulativni postotak
Ispod koljena	22	73.3	73.3	73.3
Iznad koljena	8	26.7	26.7	100.0
Total	30	100.0		

Kvaliteta života

Za ispitivanje kvalitete života koristio se SF-36 upitnik koji je dao rezultate u različitim kategorijama funkcioniranja prikazanim u Tablici 4. Upitnik se tumači tako da je minimalni i najlošiji rezultat 0 a najviši i najbolji rezultat 100 bodova. Najbolji rezultati pokazali su se u procjeni socijalnog funkcioniranja (69.8) i procjeni tjelesnih bolova (69.2), dok su najlošiji rezultati bili u kategoriji fizičkog funkcioniranja (58.8) i ograničenosti zbog fizičkih teškoća (60.8).

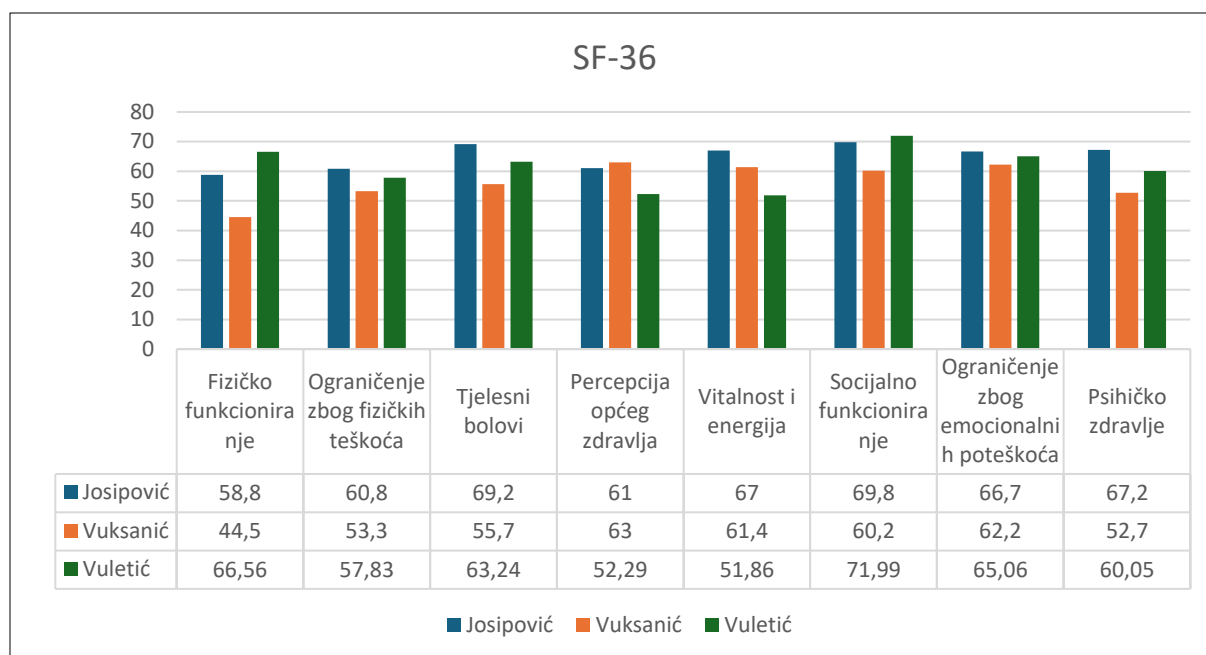
Tablica 4. Kvaliteta života mjerena SF-36 upitnik

Opisna statistika

KATEGORIJE KVALITETE ŽIVOTA	N	Medijan	AS	SD	Min	Maxi
FIZIČKO FUNKCIONIRANJE	30	62.5	58.8	28.8	0.0	100.0
OGRANIČENJA ZBOG FIZIČKIH TEŠKOĆA	30	100.0	60.8	46.7	0.0	100.0
TJELESNI BOLOVI	30	74.0	69.2	24.5	23.0	100.0
PERCEPCIJA OPĆEG ZDRAVLJA	30	62.5	61.0	24.2	15.0	100.0
VITALNOST I ENERGIJA	30	70.0	67.0	21.0	10.0	100.0
SOCIJALNO FUNKCIONIRANJE	30	75.0	69.8	24.6	13.0	100.0
OGRANIČENJA ZBOG EMOCIONALNIH TEŠKOĆI	30	100.0	66.7	44.7	0.0	100.0
PSIHIČKO ZDRAVLJE	30	74.0	67.2	19.4	20.0	100.0

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; IQR – interkvartilni raspon, Min – minimalna vrijednost; Max – maksimalna vrijednost

Grafikon 1. prikazuje usporedbu prosječnih vrijednosti kategorija kvalitete života prema SF-36 upitniku između tri skupine ispitanika: pacijenata iz ovog istraživanja (Josipović), pacijenata iz istraživanja Vuksanić (2022) te opće populacije istočne Hrvatske prema podacima Vuletić (2013).



Grafikon 1. Usporedba prosječnih vrijednosti SF-36 upitnika

PPA upitnik

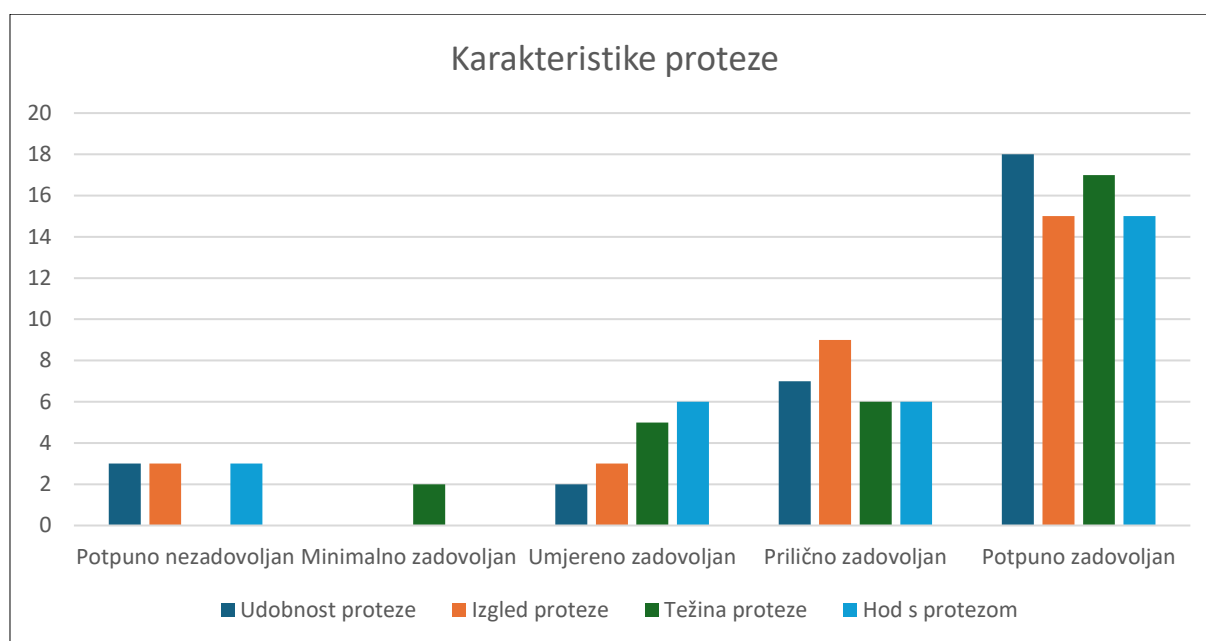
Tablica 5. prikazuje rezultate PPA upitnika vezano za zdravstvene tegobe koje pacijenti imaju, a najviše njih ima problema s dijabetesom (21). U Tablici 6. prikazani su rezultati tegoba u bataljku gdje su najviše odgovorili (20) da imaju fantomsku bol. Grafikon 2. prikazuje stupanj zadovoljstva karakteristikama proteze i dobiveni rezultati prikazuju kako je u sve četiri kategorije većina korisnika bila potpuno zadovoljna. Grafikon 3. prikazuje podatke o tome jesu li si pacijenti prilagodili na amputaciju i protezu.

Tablica 5. Zdravstvene tegobe

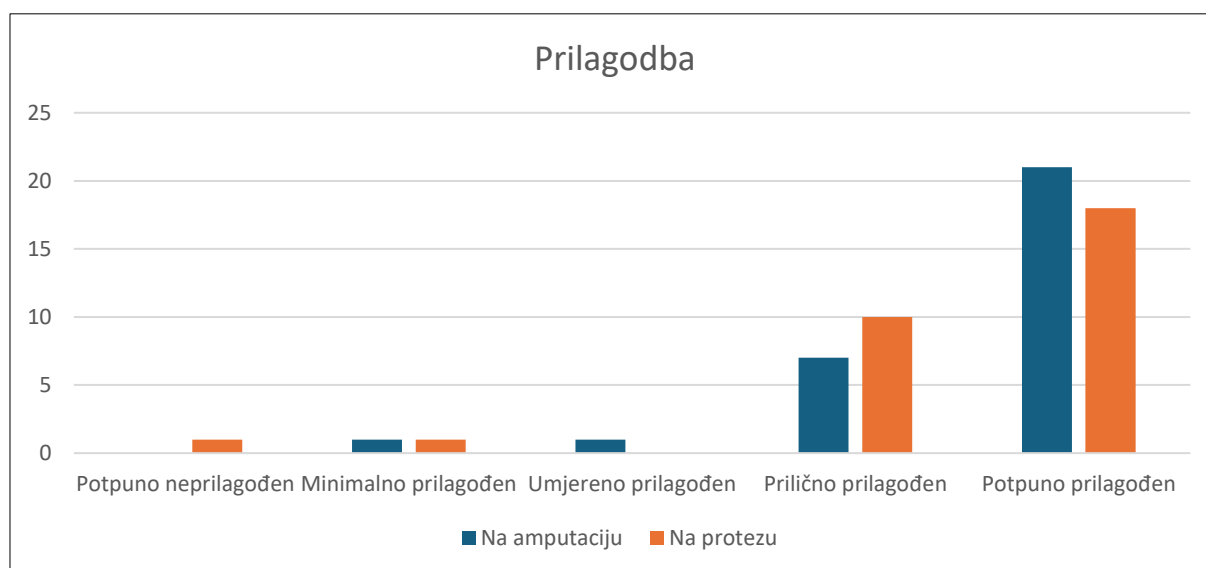
ZDRAVSTVENE TEGOBE	Frekvencija	Postotak	Postotak valjanih odgovora	Kumulativni postotak
Bol u ramenu	1	3.3	3.3	3.3
Cirkulacija	2	6.7	6.7	10.0
Diabetes	21	70.0	70.0	80.0
Kardiološke	2	6.7	6.7	86.7
Kardiološke, Diabetes, Smetnje vida	1	3.3	3.3	90.0
Neurološke smetnje	2	6.7	6.7	96.7
Ništa	1	3.3	3.3	100.0
Total	30	100.0		

Tablica 6. Tegobe uz bataljak

TEGOBE UZ BATALJAK	Frekvencija	Postotak	Postotak valjanih odgovora	Kumulativni postotak
Fantomska bol	20	66.7	66.7	66.7
Ništa	3	10.0	10.0	76.7
Povremeno bolan bataljak	6	20.0	20.0	96.7
Trajna bol u bataljku	1	3.3	3.3	100.0
Total	30	100.0		

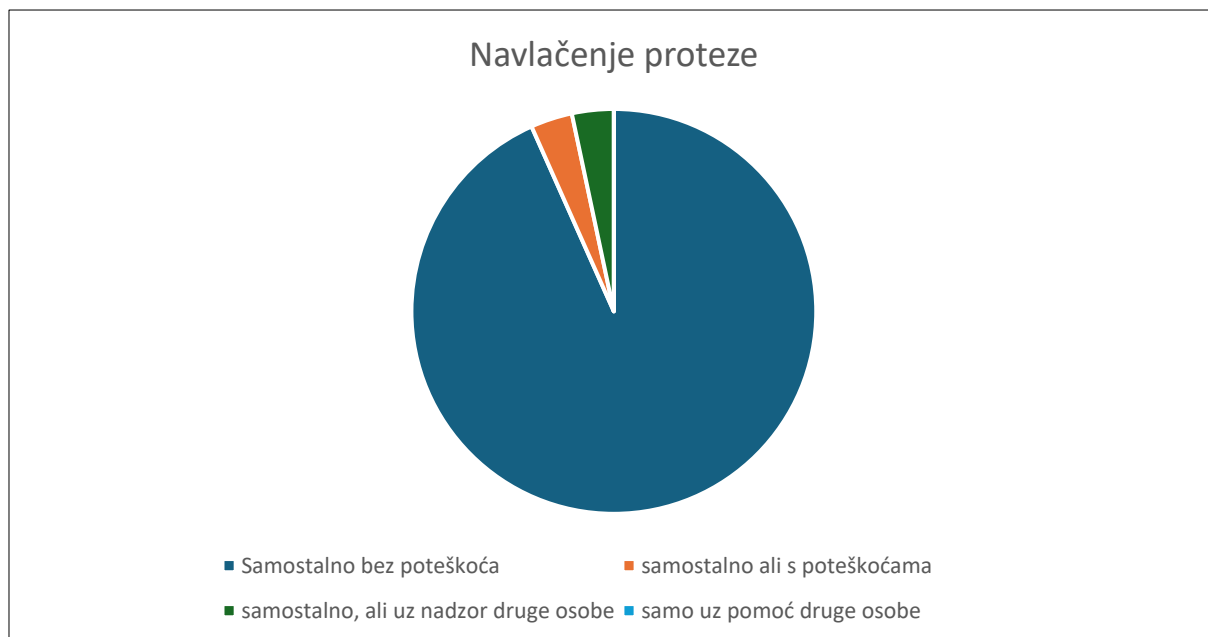


Grafikon 2. Zadovoljstva karakteristikama proteza

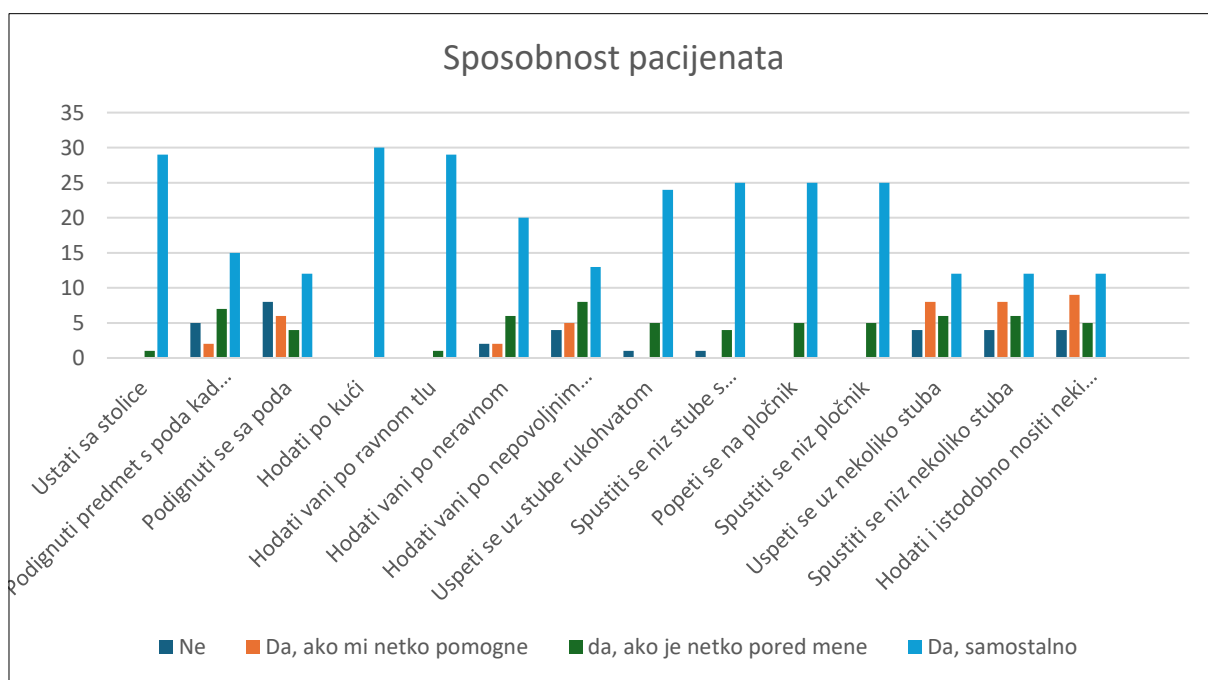


Grafikon 3. Prilagodba na amputaciju i protezu

Na pitanje mogu li sami navući protezu (Grafikon 4.) njih 28 odgovorilo je da mogu samostalno bez poteškoća navući protezu dok su 2 osobe odgovorile da trebaju malu pomoć. U grafikonu 5. prikazani su rezultati sposobnosti pacijenata da izvršavaju svakodnevne aktivnosti.



Grafikon 4. Navlačenje proteze



Grafikon 5. Sposobnost pacijenata da vrše određene radnje s protezom

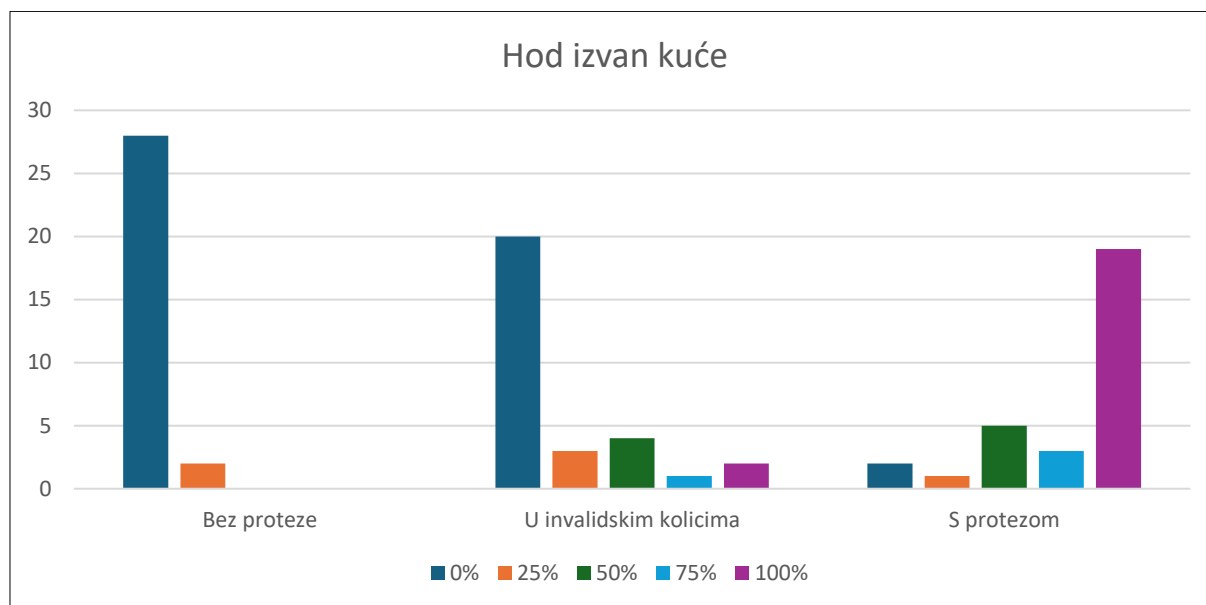
U tablici 10 prikazani su podaci o tome koliko često nose protezu sati u danu i dana u tjednu. Prosječno nose 7 dana u tjednu i 8 sati dnevno.

Tablica 10. Nošenje proteze

	N	AS	SD	IQR	Min	Max
NOSIM PROTEZU NA TJEDAN	30	6.7	0.9	0.0	4.0	7.0
NOSIM PROTEZU NA DAN	30	8.3	3.5	7.8	2.0	12.0

AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; IQR – interkvartilni raspon, Min – minimalna vrijednost; Max – maksimalna vrijednost

Grafikon 6. prikazuje podatke o hodu izvan kuće. Podaci pokazuju kako se osobe često koriste protezama prilikom hoda.



Grafikon 6. Hod izvan kuće

RASPRAVA

Većina ispitanika pokazala je visoku razinu prilagodbe na protezu, a funkcionalni i psihološki aspekti oporavka bili su u skladu s očekivanjima temeljenim na prethodnim istraživanjima (Choo i sur., 2022; Vuksanić, M. 2022). Unatoč fizičkim izazovima, većina pacijenata prijavljuje dobru prilagodbu na amputaciju (70%) i protezu (60%), što upućuje na važnost pravilno vođene rehabilitacije, edukacije i podrške zdravstvenih djelatnika. Usporedba s drugim istraživanjima (npr. Turner i sur., 2022; Alessa i sur., 2022) ukazuje na slične obrasce – pacijenti koji ranije započnu s rehabilitacijom, imaju veću motivaciju te primaju kvalitetnu podršku, lakše razvijaju pozitivan stav prema protezi i ostvaruju veću razinu samostalnosti. U cilju dodatne evaluacije kvalitete života pacijenata s amputacijom donjih ekstremiteta nakon protetičke opskrbe i rehabilitacije, provedena je usporedba rezultata SF-36 upitnika iz ovog istraživanja s rezultatima Vuksanića (2022), koji je koristio istu metodologiju u Lječilištu Bizovačke toplice, te s referentnim vrijednostima dobivenim u istraživanju Vuletić (2013) na općoj populaciji istočne Hrvatske. Ispitanici iz ovog istraživanja postižu više rezultate u gotovo svim kategorijama SF-36 u odnosu na ispitanike iz istraživanja Vuksanića (2022), što ukazuje

na višu razinu samoprocijenjene kvalitete života. Najveće razlike vidljive su u domenama psihičkog zdravlja (+14,5), tjelesne boli (+13,5) i fizičkog funkcioniranja (+14,3). U odnosu na referentnu populaciju (Vuletić, 2013), ispitanici iz ovog istraživanja ostvaruju više vrijednosti u čak pet od osam domena, posebno u vitalnosti, psihičkom zdravlju i percepciji općeg zdravlja. Manje vrijednosti u odnosu na opću populaciju bilježe se samo u fizičkom funkcioniranju, socijalnom funkcioniranju i ograničenjima zbog emocionalnih teškoća, što je očekivano s obzirom na amputaciju i pripadajuće funkcionalne izazove. Dobiveni rezultati jasno ukazuju na to da je rehabilitacijski proces koji se provodi u Lječilištu Bizovačke toplice izuzetno učinkovit. Poseban naglasak na individualizirani fizioterapijski pristup, školu hoda, edukaciju pacijenata te interdisciplinarnu suradnju unutar rehabilitacijskog tima pokazuje se ključnim za uspješan funkcionalni, emocionalni i psihološki oporavak osoba s amputacijom donjih ekstremiteta. Visoke vrijednosti ostvarene u domenama vitalnosti, psihičkog zdravlja i percepcije općeg zdravlja svjedoče o kvalitetno provedenoj rehabilitaciji i dobroj prilagodbi ispitanika na život s protezom. Rezultati također sugeriraju da su pacijenti uključeni u ovaj rehabilitacijski program doživjeli pozitivan ishod terapije, ne samo u fizičkom, već i u psihosocijalnom smislu. Takvi nalazi potvrđuju važnost sveobuhvatnog i stručno vođenog pristupa rehabilitaciji, koji uz klasične terapijske postupke uključuje i psihološku podršku te edukaciju korisnika.

ZAKLJUČAK

Istraživanje provedeno među pacijentima s amputacijom donjih ekstremiteta koji su prošli prvu protetičku opskrbu i rehabilitaciju u Lječilištu Bizovačke toplice pokazalo je da protetička opskrba ima značajan pozitivan utjecaj na kvalitetu života ove populacije. Usporedba rezultata s prethodnim istraživanjima dodatno potvrđuje da je kvalitetna i sveobuhvatna rehabilitacija ključna za pozitivan ishod nakon amputacije. Lječilište Bizovačke toplice, kao primjer dobre prakse, provodi strukturiran i multidisciplinarni rehabilitacijski program koji pacijentima omogućuje ne samo povratak osnovnih funkcionalnosti već i značajno povećanje subjektivne kvalitete života. Individualni pristup, stručna podrška i edukacija korisnika pokazuju se ključnima u procesu oporavka. Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti da uspješna protetička opskrba, ima potencijal značajno unaprijediti svakodnevno funkcioniranje, emocionalnu stabilnost i društvenu integraciju osoba s amputacijom. Potrebno je nastaviti s unaprjeđivanjem rehabilitacijskih protokola, proširiti pristup psihološkoj podršci i osigurati ravnomjernu dostupnost kvalitetne protetičke skrbi svim osobama koje je trebaju. Time se ne pridonosi samo pojedincu, već i društvu u cjelini, kroz očuvanje njihove funkcionalne neovisnosti i kvalitete života.

LITERATURA

1. Alessa, M., Alkhalaf, H. A., Alwabari, S. S., Alwabari, N. J., Alkhalaf, H., Alwayel, Z., & Alwayel, Z. A. (2022). The psychosocial impact of lower limb amputation on patients and caregivers. *Cureus*, 14(11).
2. Choo, Y. J., Kim, D. H., & Chang, M. C. (2022). Amputation stump management: A narrative review. *World journal of clinical cases*, 10(13), 3981.

3. Jureša, V., Ivanković, D., Vuletić, G., Babić-Banaszak, A., Srček, I., Mastilica, M., & Budak, A. (2000). The Croatian health survey–SF-36: I. General quality of life assessment. *Collegium antropologicum*, 24(1), 69-78.
4. Lee, S. P., Chien, L. C., Chin, T., Fox, H., & Gutierrez, J. (2020). Financial difficulty in community-dwelling persons with lower limb loss is associated with reduced self-perceived health and wellbeing. *Prosthetics and orthotics international*, 44(5), 290-297.
5. Murray, C. (2022). Amputation, Prothesis Use, and Phantom Limb Pain: An Interdisciplinary Perspective. Lanchester: Springer
6. Turner, S., Belsi, A., & McGregor, A. H. (2022). Issues faced by people with amputation (s) during lower limb prosthetic rehabilitation: a thematic analysis. *Prosthetics and orthotics international*, 46(1), 61-67. Suresh
7. Vukić, T., Hrabač, P., & Kauzlarić, N. (2020). Procjena funkcionalnog ishoda protetičke rehabilitacija u bolesnika sa amputacijom donjih udova korištenjem upitnika indeks lokomotornih mogućnosti. *Fizikalna i rehabilitacijska medicina*, 34(1-2), 94-95.
8. Vuksanić, M. (2022). Kvaliteta života pacijenata s amputacijom donjih ekstremiteta nakon provedene protetičke opskrbe i rehabilitacije u lječilištu bizovačke toplice (Diplomski rad). Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija.
9. Vuletić, G. (2013). Samoprocijenjeno zdravlje i kvaliteta života u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji: regionalne razlike i specifičnosti. *Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru*, (7), 213-222.
10. Weigel, J. P. (2020). Amputation. High-Quality, High-Volume Spay and Neuter and Other Shelter Surgeries. John Wiley & Sons, 375-386.

POVEZANOST KONDICIJSKE PRIPREME I ODABRANIH ČIMBENIKA S POJAVOM OZLJEDA KOD REKREATIVNIH SKIJAŠA

THE CORRELATION BETWEEN PHYSICAL CONDITIONING AND SELECTED FACTORS IN THE OCCURRENCE OF INJURIES AMONG RECREATIONAL SKIERS

Monika Klarić

Privatna praksa fizikalne terapije Zlatko Kerčel – BEZ BOLI

monikaklaric4@gmail.com

Josip Ivanda

Poliklinika OTOS Vita

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

josipivanda94@gmail.com

Sažetak

Uvod: Alpsko skijanje je izuzetno popularan zimski sport s više od 200 milijuna skijaša diljem svijeta. S povećanjem broja skijaša raste i broj ozljeda uzrokovanih skijaškim nesrećama. Novija istraživanja pokazuju važnost tjelesne spremnosti za smanjenje rizika od ozljeda u rekreativnom skijanju. *Cilj:* Utvrditi postoji li povezanost između kondicijske pripreme prije skijaške sezone i učestalosti te vrste ozljeda kod rekreativnih skijaša. *Metode i materijali:* Istraživanje je obuhvatilo 152 rekreativna skijaša koji su ispunili online anketu s 26 pitanja. Podaci su analizirani korištenjem statističkog programa SPSS, a rezultati su prikazani apsolutnim i relativnim frekvencijama. Razina značajnosti postavljena je na $\alpha = 0,05$. *Rezultati i rasprava:* Istraživanje je pokazalo da čimbenici poput dobi, spola, iskustva skijanja i metode učenja nisu imali statistički značajnu povezanost s nastankom ozljeda. S druge strane, prethodne ozljede i kondicijska pripremljenost skijaša imali su značajnu ulogu u učestalosti ozljeda. Kondicijski trening pozitivno utječe na prevenciju ozljeda i poboljšava fizičke sposobnosti skijaša, poput anaerobne izdržljivosti i ravnoteže, što doprinosi boljoj sigurnosti i performansama. *Zaključak:* Kondicijski trening ima preventivan učinak na nastanak ozljeda u alpskom skijanju, a također poboljšava fizičke kvalitete rekreativnih skijaša. Iako rezultati istraživanja ukazuju na važnost kondicijske pripreme, potrebno je daljnje istraživanje kako bi se detaljnije razumjeli specifični učinci različitih vrsta treninga na prevenciju ozljeda i poboljšanje skijaških performansi.

Ključne riječi: čimbenici rizika, kondicijska priprema, ozljede, rekreativno skijanje.

Abstract

Introduction: Alpine skiing is an extremely popular winter sport, with over 200 million skiers worldwide. As the number of skiers increases, so does the number of injuries caused by skiing accidents. Recent studies highlight the importance of physical fitness in reducing the risk of injuries among recreational skiers. *Aim:* To determine whether there is a connection between pre-season physical conditioning and the frequency and type of injuries among recreational skiers. *Methods and Materials:* The study included 152 recreational skiers who completed an

online questionnaire consisting of 26 questions. Data were analyzed using the SPSS statistical software, with results presented in absolute and relative frequencies. The level of significance was set at $\alpha = 0.05$. *Results and Discussion:* The study showed that factors such as age, gender, skiing experience, and learning method were not statistically significantly associated with injury occurrence. On the other hand, previous injuries and physical preparedness were shown to be significant factors in injury frequency. Conditioning training has a positive effect on injury prevention and improves physical abilities such as anaerobic endurance and balance, contributing to greater safety and better skiing performance. *Conclusion:* Physical conditioning has a preventive effect on injury occurrence in alpine skiing and also enhances the physical capabilities of recreational skiers. Although the results indicate the importance of fitness preparation, further research is needed to better understand the specific effects of different types of training on injury prevention and skiing performance improvement.

Keywords: *risk factors, fitness preparation, injuries, recreational ski.*

UVOD

Skijanje je motorička aktivnost kojom se uz pomoć tehnika zavoja savladavaju strmine koristeći gravitaciju, vještinu i minimalnu opremu (Matković et al., 2004). Skijanje kao fizička aktivnost ima prednost jer se odvija na svježem zraku u prirodnom okruženju, što blagotvorno djeluje na ljudsko zdravlje i organizam (Cigrovski et al., 2014). Osim što je jedinstven oblik fizičke aktivnosti, jedinstven je oblik i zabave te društvenog angažmana. Dio uzbuđenja odnosi se na sposobnosti individualca u uspješnosti usklađivanja vlastitih tjelesnih sposobnosti s prirodnim uvjetima na skijaškoj stazi (Leach et al., 1994). Iako nudi iznimnu slobodu i brzinu, kao i većina sportova s visokim intenzitetom i promjenjivim uvjetima, nosi rizik od ozljeda, osobito lokomotornog sustava (Adams et al., 2016). Rizik se povećava pri većim brzinama, bez adekvatne kondicije, iskustva i edukacije. Iako se ukupna učestalost skijaških ozljeda smanjila, kod djece i adolescenata i dalje je visoka – između 3,9 i 9,1 ozljeda na 1000 skijaških dana (Tudor, Ružić, 2008). Ozljede najčešće zahvaćaju donje ekstremitete, od 43% do 77% svih slučajeva (Özay Subaşı, Gür, 2023), s ukupnom stopom od oko 3 ozljede na 1000 skijaških dana (Stenroos, Handolin, 2014).

Alpsko skijanje zahtjevan je sport koji zahtijeva visoku razinu kondicije, uključujući motoričke i funkcionalne sposobnosti, bilo da je riječ o natjecateljima ili rekreativnim skijašima (Stanislaw, 2024). Novija istraživanja istaknula su važnost tjelesne spremnosti u rekreativnom skijanju (Wang et al., 2022). Priprema mora biti prilagođena cilju – pripremi tijela na fizičke zahtjeve skijanja (Alikalfić et al., 2008). Međutim, zbog zahtjevnosti pripreme, mnogi skijaši je zanemaruju, čime povećavaju rizik od ozljeda (Cigrovski et al., 2017).

CILJEVI I HIPOTEZE

Primarni cilj istraživačkog rada je utvrditi postoji li povezanost kondicijske pripreme prije skijaške sezone s učestalošću nastanka i vrstom ozljeda kod rekreativnih skijaša. Sekundarni ciljevi istraživanja bili su utvrditi postoji li značajna razlika za nastanak ozljeda s obzirom na iskustvo skijanja te utvrditi postoji li značajna razlika u učestalosti ozljeda s obzirom na prethodna ozljeđivanja.

H1: Postoji statistički značajna razlika za nastanak ozljeda kod rekreativnih skijaša s obzirom na dob i spol.

H2: Postoji statistički značajna razlika za nastanak ozljeda s obzirom na iskustvo i koliko godina rekreativci skijaju.

H3: Postoji statistički značajna razlika da je učestalost ozljeda manja kod skijaša koji su naučili skijati u skijaškim školama u odnosu na ispitanike koji su naučili skijati s obitelji, prijateljima ili sami.

H4: Postoji statistički značajna razlika u učestalosti ozljeda rekreativnih skijaša s obzirom na ranije doživljenu ozljedu.

H5: Učestalost ozljeda značajnije je manja kod skijaša rekreativaca koji se kondicijski pripremaju u odnosu na rekreativne skijaše koji kondicijsku pripremu izostavljaju

METODE I MATERIJALI

Istraživanje je provedeno putem online upitnika, a sudjelovanje je bilo dobrovoljno i anonimno. Uključeno je 152 rekreativna skijaša u dobi od 20 do 65 godina (medijan 40 godina). Anketiranje je provedeno od 20. travnja do 20. lipnja 2024. godine. Upitnik s 26 pitanja obuhvaćao je demografske podatke, skijaško iskustvo, navike u kondicijskoj pripremi te podatke o ozljedama. Sudionici su prije ispunjavanja bili informirani o anonimnosti, a pristankom na prvo pitanje dali su suglasnost za sudjelovanje. Razina značajnosti je postavljena na $\alpha = 0,05$. Za statističku analizu korišten je statistički program SPSS (inačica 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, SAD).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U istraživanju su sudjelovala 152 ispitanika, od kojih su 82 (54 %) muškarci te 70 (46 %) žene. Medijan dobi iznosio je 40 godina (interkvartilnog raspona od 26 do 50 godina) u rasponu od 20 do maksimalno 65 godina. Većina ispitanika počela je skijati u djetinjstvu, najčešće do sedme godine života, pri čemu više od polovice u skijaškoj školi. Oko trećine ispitanika ima 11–20 godina iskustva u skijanju, dok manji broj skija manje od 5 ili više od 30 godina. Najčešći motivi za bavljenje skijanjem bili su obiteljski utjecaj i osobni interes za sport. Većina ispitanika skija 6-10 dana po sezoni, u prosjeku 4-7 sati dnevno, najčešće na crvenim stazama. Unatoč tome, većina ne provodi sustavno zagrijavanje prije skijanja niti istezanje nakon aktivnosti. Svoje skijaške sposobnosti većina procjenjuje prosječnima, a skijanje smatra zahtjevnim sportom.

S aspekta kondicijske pripreme i opće tjelesne aktivnosti, više od polovice ispitanika navodi da su fizički aktivni 3-5 sati tjedno, uglavnom kroz kombinaciju različitih aktivnosti. Više od dvije petine smatra kondicijsku pripremu vrlo važnom, dok više od polovice održava tjelesnu spremnost tijekom cijele godine i priprema se za skijašku sezonu kroz treninge. Većina ispitanika vjeruje da je rizik od ozljeda manji kod onih koji se fizički pripremaju. Statistički značajna razlika u učestalosti ozljeda rekreativnih skijaša prema spolu i prema dobi, nije utvrđena.

Tijekom skijanja, 59 (39 %) ispitanika pretrpjelo je ozljedu, od kojih je 36 (24 %) ozlijeđeno jednom, a 3 (2 %) tri puta. Ozljede koljena zabilježene su kod 24 (16 %) ispitanika, dok je 25 (16 %) imalo više kombiniranih ozljeda. Trideset i dva (21 %) ispitanika smatra da bi bolja kondicijska priprema mogla spriječiti ozljedu. Međutim, analiza dobivenih podataka nije pokazala statistički značajne razlike ni u kondicijskoj pripremi, ni u učestalosti ozljeda rekreativnih skijaša s obzirom na metode učenja skijanja. Značajne razlike u učestalosti ozljeda rekreativnih skijaša s obzirom na iskustvo skijanja također nisu utvrđene.

Statistički značajno je više muškaraca naučilo skijati samostalno, s prijateljima ili u ski školi, dok su žene statistički značajnije češće skijati naučile s obitelji ili u ski školi (χ^2 test, $P = 0,007$). Statistički značajno više muškaraca skija dulje od 30 godina, dok žene statistički značajno češće skijaju 11-20 godina (χ^2 test, $P = 0,002$). Žene je statistički značajno češće na skijanje potaknula obitelj, dok su muškarce statistički značajno češće potaknuli vlastita sklonost i afinitet prema ovom sportu (χ^2 test, $P < 0,001$). Žene su u tjednom prosjeku statistički značajnije fizički aktivne 3-5 sati, za razliku od muškaraca koji su statistički značajnije fizički aktivni 6-9 ili 10 i više sati (χ^2 test, $P < 0,001$). U ostalim tvrdnjama kondicijske pripreme rekreativnih skijaša s obzirom na spol nisu utvrđene statistički značajne razlike.

Značajno više ispitanika u dobnoj skupini od 50 i više godina smatra da je važno održavati tjelesnu spremnost tijekom cijele godine, za razliku od ispitanika u dobnoj skupini 20-29 godina, koji smatraju da je dovoljno pripremati se samo dva tjedna (χ^2 test, $P = 0,04$). U ostalim tvrdnjama vezanima uz kondicijsku pripremu rekreativnih skijaša, s obzirom na spol, nisu utvrđene statistički značajne razlike. Statistički značajno više ispitanika koji imaju 21 – 30 ili više od 30 godina skijaškog iskustva bi svoje skijaške sposobnosti procijenili dobro ili vrlo dobro za razliku od ispitanika koji imaju do 5 ili 6-10 godina skijaškog iskustva kojeg procjenjuju kao prosječno (χ^2 test, $P < 0,001$). U ostalim tvrdnjama kondicijske pripreme s obzirom na iskustvo skijanja nema statistički značajne razlike.

Statistički značajno više ispitanika koji su imali prethodnu ozljedu se pripremaju za skijašku sezonu kroz treninge (χ^2 test, $P = 0,002$) te se prethodno ozlijeđeni ispitanici statistički značajno ponekad fokusiraju na ozlijeđeni dio tijela kroz kondicijsku pripremu (χ^2 test, $P < 0,001$) za razliku od ispitanika koji nisu imali prethodnu ozljedu te se ne pripremaju.

Statistički značajno više ispitanika koji su imali ozljedu ozlijedilo se jednom ili dvaput, a najčešće je bila riječ o ozljedi koljena ili kombinaciji više ozljeda. Ispitanici koji su se ozlijedili statistički značajno češće smatraju da ne bi mogli izbjeći ozljedu boljom kondicijskom pripremljenošću, za razliku od ispitanika koji nisu imali prethodnu ozljedu (χ^2 test, $P < 0,001$). Statistički značajno više ispitanika koji su se ozlijedili prilikom skijanja priprema se za skijašku sezonu (χ^2 test, $P = 0,002$), za razliku od ispitanika koji se nisu ozlijedili i ne pripremaju se. Također, statistički značajno više ispitanika koji su imali kombinaciju više ozljeda priprema se za skijašku sezonu (χ^2 test, $P = 0,04$) te smatraju da ne bi mogli izbjeći ozljedu boljom kondicijskom pripremljenošću (χ^2 test, $P = 0,05$).

RASPRAVA

U provedenom istraživanju medijan dobi bio je 40 godina, pri čemu je najviše ispitanika bilo u skupinama 20-29 godina (35%) i 40-49 godina (26%). Nije utvrđena statistički značajna razlika u učestalosti ozljeda među dobnim skupinama. Davey i suradnici (2018) u metaanalizi studija objavljenih od 1985. do 2018. godine utvrdili su prosječnu dob ozlijeđenih skijaša između 24 i 35,4 godine.

U ovom istraživanju 46% žena i 33% muškaraca prijavilo je ozljedu tijekom skijanja, što upućuje na to da spol također utječe na rizik od ozljeda. Prethodna istraživanja pokazuju da žene imaju veći rizik od ozljede prednjeg križnog ligamenta (ACL), osobito na nedominantnoj nozi, što se objašnjava anatomske, neuromuskularne i hormonske čimbenicima (Ruedl et al., 2011; Mitani, 2017). Carlson i Rupert (2012) navode da žene dvostruko češće doživljavaju ponovnu ozljedu, a noviji radovi upućuju da se prethodne ozljede smatraju snažnim prediktorom budućih zbog promijenjene biomehanike i kompenzacijskih obrazaca (Stremel et al., 2024).

U provedenom istraživanju iskustvo skijanja nije bilo statistički značajno povezano s učestalošću ozljeda, premda pojedina istraživanja sugeriraju veći rizik kod početnika (Greenwald i Laporte, 2008; Ekeland et al., 1993). Formalna škola skijanja povećava vještinu, ali ne pokazuje dosljedan utjecaj na prevenciju ozljeda (Langran i Selvaraj, 2002; Kolarić et al., 2021; Sulheim et al., 2011). Skijači koji pohađaju školu češće se smatraju izvrsnima u vještini, što povećava užitak u sportu (Alikalfić et al., 2008).

Brojna istraživanja pružaju snažne dokaze o učinkovitosti različitih strategija učenja skijanja. Cigrovski i suradnici (2020) ističu tri glavna programa u školama skijanja: podučavanje isključivo paralelnoj tehnici, kombinaciju plug–paralel tehnika te integrirani pristup koji kombinira obje metode. Čurić i suradnici (2023) pokazali su da stručno vođen trening skijanja značajno poboljšava posturalnu stabilnost i ravnotežu. Zhou i sur. (2023) preporučuju fizičku pripremu koja uključuje vježbe ravnoteže, agilnosti i snage donjih ekstremiteta, dok je Toader i suradnici (2020) potvrdio da ciljane vježbe ravnoteže ubrzavaju proces učenja skijanja. Svi autori naglašavaju važnost sigurnosti, pri čemu Cigrovski i sur. (2020) posebno ističu da je pohađanje škole skijanja najučinkovitija strategija prevencije ozljeda kod početnika.

Karakteristike staze također utječu na rizik od ozljeda. Ozljede su češće na ravnijim terenima zbog većeg broja skijaša i rizika od sudara te na raskrižjima staza (Medved, 1974; Ruedl et al., 2013). U ovom istraživanju 75% ispitanika skija na crvenoj stazi, dok crnu stazu koristi samo 3%.

Uloga zagrijavanja i istežanja u prevenciji ozljeda nije jednoznačna. Iako zagrijavanje može povećati protok krvi i fleksibilnost mišića, 49% ispitanika ne zagrijava se prije prvog spusta, a 63% se gotovo nikada ne isteže nakon skijanja (McHugh i Cosgrave, 2009; Vora i Arora, 2019). Alpsko skijanje zahtijeva visoku razinu kondicije, a većina ispitanika smatra ga zahtjevnim ili vrlo zahtjevnim sportom (72%). Većina je fizički aktivna 3-5 sati tjedno, a 86% smatra kondicijsku pripremu važnom. Ispitanici koji su se pripremali za skijašku sezonu češće su imali prethodnu ozljedu, što sugerira razvijenu svijest o važnosti pripreme.

U istraživanju je 59 ispitanika prijavilo ozljedu tijekom skijanja, najčešće ozljedu koljena (24 osobe), zatim ramena (6), gležnja (2) i kombinirane ozljede (25). Ti se rezultati podudaraju s literaturom koja navodi donje ekstremitete kao najčešće ozlijeđene strukture (Subaşı i Gür, 2023). Ozljeda ACL-a često je praćena oštećenjem drugih struktura koljena i povezana je s povećanim rizikom od ponovne ozljede, što naglašava važnost rehabilitacije usmjerene na snagu, propriocepciju i biomehaniku (Fulton et al., 2014).

Prethodna istraživanja potvrđuju važnost tjelesne spremnosti u rekreativnom skijanju. Programi treninga mogu poboljšati anaerobnu kondiciju, ravnotežu i snagu donjih ekstremiteta, čime se potencijalno smanjuje rizik od ozljeda (Gao et al., 2023; Wang et al., 2022; Koller et al., 2015). Iako ne postoje čvrsti dokazi da kondicijska priprema izravno smanjuje stopu ozljeda kod rekreativnih skijaša, redovita fizička aktivnost i jačanje mišića smatraju se ključnima za suočavanje sa zahtjevima sporta (Ruedl et al., 2011; Hébert-Losier i Holmberg, 2013). Novije studije, poput one Wanga i suradnika (2022), pokazuju da trening snage poboljšava tjelesnu spremnost i smanjuje rizik od sportskih ozljeda. Studije s više od 100 sudionika dosljedno navode da ciljane vježbe za agilnost, ravnotežu i snagu donjih ekstremiteta učinkovito smanjuju rizik od ozljeda u rekreativnom skijanju.

ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja ukazuju da je kondicijska priprema statistički značajno povezana s pojavom ozljeda kod rekreativnih skijaša. Skijaši koji su se sustavno fizički pripremali prije sezone imali su statistički znatno manju učestalost ozljeda u odnosu na one bez pripreme. Među analiziranim čimbenicima, prethodne ozljede pokazale su se ključnim rizičnim faktorom, osobito kada je riječ o ozljedama koljena i donjih ekstremiteta. S druge strane, dob, spol, iskustvo u skijanju te način učenja (samostalno ili kroz školu skijanja) nisu pokazali statistički značajan utjecaj na pojavu ozljeda, iako formalna obuka doprinosi boljem savladavanju tehnike. Ukupno gledano, nalazi potvrđuju da su kondicijska pripremljenost i odgovorno ponašanje na stazi presudni za smanjenje rizika ozljeđivanja kod rekreativnih skijaša.

LITERATURA

1. Adams, B.B., Aliverti, A., Andriopoulos, V., Bahr, R. et al. (2016). *Extreme Sports Medicine*. Springer, 1(3).
2. Aerenhouts, D., Raedemaeker, L., Clarys P. & Zinzen, E. (2013). Energy expenditure in novice skiers and snow boarders. *Science and Skiing VI*. 89-94.
3. Aerenhouts, D., Raedemaeker, L., Clarys, P., Zinzen, E. (2015). Energy expenditure in novice skiers and snowboarders. *Science and skiing*. Meyer and Meyer Sport, 89-94.
4. Alikalfić, V., Blašković, D., Cigrovski, V., Franjko, I., Ilić, T., Kasović, M., Modrić, D., Nadjaković, M., Neljak, B., Petljak, B., Rađenović, O., Ružić, L., Tudor, A. i sur. (2008). *Alpsko skijanje*. Znanje. Zagreb.
5. Alikalfić, V., Ružić, L., Tudor, A. (2008). *Opća prevencija skijaških ozljeda*. U: Rađenović, O. *Alpsko skijanje*. Zagreb: Znanje d.d., 162-198.
6. Bahr, R., Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British journal of sports medicine*, 39(6), 324-329.

7. Bere, T., Florenes, T.W., Krosshaug, T., Nordsletten, L., Bahr, R. (2011). Events leading to anterior cruciate ligament injury in World Cup Alpine Skiing: a systematic video analysis of 20 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 45(16), 1294-1302.
8. Bere, T., Florenes, T.W., Nordsletten, L., Bahr, R. (2014). Sex differences in the risk of injury in World Cup alpine skiers: a 6-year cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(1), 36-40.
9. Beynnon, B. D., Johnson, R. J., Braun, S., Sargent, M., Bernstein, I. M., Skelly, J. M., Vacek, P. M. (2006). The relationship between menstrual cycle phase and anterior cruciate ligament injury: a case-control study of recreational alpine skiers. *The American journal of sports medicine*, 34(5), 757-764.
10. Burtscher, M., Gatterer, H., Flatz, M., Sommersacher, R., Woldrich, T., Ruedl, G., Hotter, B., Lee, A., Nachbauer, W. (2008). Effects of modern ski equipment on the overall injury rate and the pattern of injury location in Alpine skiing. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 18(4), 355-7.
11. Chandrashekar, N., Mansouri, H., Slauterbeck, J., & Hashemi, J. (2006). Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament. *Journal of biomechanics*, 39(16), 2943-2950.
12. Chesler, K.C., Howell, D.R., Khodae, M., Pierpoint, L.A., Comstocki, D., Provance, A.J. (2023). Are Different Aged Youth Skiers and Snowboarders Experiencing Different Injury Characteristics? *Wilderness & Environmental Medicine*, 34(1), 1-122.
13. Cigrovski, V. (2019). Skijaške kacige: koriste li u prevenciji ozljeda rekreativnih alpskih skijaša ili ne? – Pregled temeljen na dokazima. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 33(2), 65-71.
14. Cigrovski, V., Božić, I., Prlenda, N. (2012). Doprinos razvijenosti motoričkih sposobnosti kod savladavanja skijaške tehnike. *SportLogia*, 8(2), 103-110.
15. Cigrovski, V., Franjko, I., Rupčić, T., Baković, M., & Matković, A. (2017). Comparison of standard and newer balance tests in recreational alpine skiers and ski novices. *Montenegrin journal of sports science and medicine*, 6(1), 49
16. Cigrovski, V., Očić, M., Bon, I., Dukarić, V. (2018). *Kako se kondicijski pripremiti za alpsko skijanje*. U: Milanović, L., Wertheimer, V., Jukić, I. (ur.). Zbornik radova 16. godišnje međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske, 155-160.
1. Cigrovski, V., Radman, I., Matković, B., Gurmmet, S., Podnar, P. (2014). Effects of alpine ski course program on attitudes towards alpine skiing. *Kinesiology*, 46(1), 46-51.
2. Cigrovski, V., Bon, I., Očić, M., Božić, I. and Škovran, M. (2020) Način provođenja škole alpskog skijanja, *Sportlogia*, 16, 41–47.
3. Čurić, M., Mujanović, E., Nožinović Mujanović, A., Atiković, A. and Oršolić, M. (2023). Effects of Learning Alpine Skiing Techniques on Postural Stability, *Sport Mont*, 21(3), 65-69.
4. Davey, A., Endres, N.K., Johnson, R.J., Shealy, J.E. (2018). Alpine Skiing Injuries. *Sports health*, 11(1), 18–26.
5. Ekeland, A., Holtmoen, A., & Lystad, H. (1993). Lower extremity equipment-related injuries in alpine recreational skiers. *The American journal of sports medicine*, 21(2), 201-205.

6. Ekeland, A., Rodven, A., Heir, S. (2019). Injuries among children and adults in alpine skiing and snowboarding. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(1), S3-S6.
7. Fulton, J., Wright, K., Kelly, M., Zebrosky, B., Zanis, M., Drvol, C., Butler, R. (2014). Injury risk is altered by previous injury: a systematic review of the literature and presentation of causative neuromuscular factors. *International journal of sports physical therapy*, 9(5), 583-95.
8. Gamma, K. (1982). *Sve o skijanju: Uvod*. Mladost. Ljubljana: ČGP Delo.
9. Gao, B., Liu, Z., Zhou, J., Zhang, W. (2023). Fitness training of athletes in freestyle skiing. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29(2).
10. Goulet, C., Regnier, G., Grimard, G., Valois, P., Villeneuve, P. (1999). Risk factors associated with alpine skiing injuries in children. A case-control study. *The American journal of sports medicine*, 27(5), 644-650.
11. Greenwald, R. M., Laporte, J. D. (2009). Effect of Age and Experience on Lower Leg Fractures in Alpine Sports. *Skiing Trauma and Safety: 17th Volume*,
12. Hagel, B. (2005). Skiing and snowboarding injuries. *Medicine and sport science*, vol. 48, 74-119.
13. Hébert-Losier, K., Holmberg, HC. (2013). What are the exercise-based injury prevention recommendations for recreational alpine skiing and snowboarding? A systematic review. *Sports medicine*, 43(5), 355-66.
14. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Bogert, A.J., Paterno, M.V., Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 33(4), 492-501.
15. Jurković, N., Jurković, D. (2003). *Skijanje - tehnika, metodika i osnove treninga*. Graphis, Zagreb.
16. Koehle, M.S., Lloyd-Smith, R., Taunton, J.E. (2002). Alpine ski injuries and their prevention. *Sports medicine*, 32(12), 785-93.
17. Kolarić, D., Kolarić, A., Ambroš, D., Popek, S., Vrbanc, Z. & Ružić, L., 2021. Utjecaj vanjskih čimbenika rizika na ozljedu u alpskom skijanju kod rekreativnih skijaša. *Sportlogia*, 17(1), 57-71.
18. Koller, A., Fuchs, B., Leichtfried, V., & Schobersberger, W. (2015). Decrease in eccentric quadriceps and hamstring strength in recreational alpine skiers after prolonged skiing. *BMJ open sport & exercise medicine*, 1(1).
19. Langran, M., Selvaraj, S. (2002). Snow sports injuries in Scotland: a case control study. *British journal of sports medicine*, 36(2), 135-140.
20. Leach, E. R., Fritschy, D., Steadman, R. J. (1994). *Alpine Skiing*. Great Britain: University Press, Cambridge.
21. Mandić, P., Jovanović, M., Božić, D., Vuković, S. (2014). Adaptivne promjene morfoloških karakteristika pod uticajem kružnog metoda rada kod djece usmjerene za skijanje, Zbornik radova Četvrte međunarodne konferencije "Sportske nauke i zdravlje", Banja Luka.
22. Matković, B., Ferenčak, S. (1996). *Skijajte s nama, Ferbos – inženjering*. Zagreb.
23. Matković, B., Ferenčak, S. i Žvan, M. (2004). *Skijajmo zajedno*. Zagreb. Europapress holding d.o.o.

24. McCall, D., & Safran, M. R. (2009). Injuries about the shoulder in skiing and snowboarding. *British journal of sports medicine*, 43(13), 987-992.
25. McHugh, M., Cosgrave, C.H. (2009). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 169-181.
26. Medved, R. (1974). Povrede pri skijanju. *Kinesiology*, 4(1), 58 – 75.
27. Milanović, D., Jukić, I., Šimek, S. (2016). *Kondicijska priprema sportaša*. U: Jukić, I., Gregov, C., Šalaj, S., Milanović, L., Wertheimer, V., Knjaz, D., ur. *Kondicijska priprema sportaša 2016: 14.godišnja međunarodna konferencija*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske. str. 10.
28. Mitani, Y. (2017). Gender-related differences in lower limb alignment, range of joint motion, and the incidence of sports injuries in Japanese university athletes. *Journal of physical therapy science*, 29(1), 12-15.
29. Niederseer, D., Walser, R., Schmied, C., Dela, F., Grani, C., Bohm, P., Muller, E., Niebauer, J. (2021). Effects of a 12-Week Recreational Skiing Program on Cardio-Pulmonary Fitness in the Elderly: Results from the Salzburg Skiing in the Elderly Study (SASES). *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11378.
30. Özay Subaşı, I., Gür, V. (2023). Recreational Skiing- and Snowboarding-Related Extremity Injuries: A Five-Year Tertiary Trauma Center Cohort. *Curēus*, 15(7): e42688.
31. Patton, D., McIntosh, A., Hagel, B., Krosshaug, T. (2020). A Review of Head Injury and Impact Biomechanics in Recreational Skiing and Snowboarding. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 10(2), 211-232.
32. Pierpoint, L.A., Kerr, Z., Crume, T.L., Grunwald, G.K., Comstock, R., Selenke, D.K., Khodaei, M. (2020). A comparison of recreational skiing- and snowboarding-related injuries at a Colorado ski resort, 2012/13-2016/17. *Research in Sports Medicine: An International Journal*, 28(3), 413-425.
33. Pope, R., Herbert, R., Kirwan, J., Graham, B. (2000). A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(2), 271-7.
34. Posch, M., Ruedl, G., Greier, K., Faulhaber, M., Tecklenburg, K., Schranz, A., Schliernzauer, B., Burtscher, M. (2023). Impact of Environmental Factors on the ACL Injury Risk in Recreational Alpine Skiing. *Sports Medicine*, 44(13), 1003-1008.
35. Posch, M., Schranz, A., Lener, M., Tecklenburg, K., Burtscher, M., Ruedl, G. (2020). In recreational alpine skiing, the ACL is predominantly injured in all knee injuries needing hospitalisation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(6), 1790-1796.
36. Quinlan, N.J., Patton, C.M., Johnson, R.J., Beynnon, B.D., Shafritz, A.B. (2020). Wrist Fractures in Skiers and Snowboarders: Incidence, Severity, and Risk Factors Over 40 Seasons. *The Journal of Hand Surgery*, 45(11), 1037-1046.
37. Razić, G. (2017). *Hrvatska škola skijanja*. HZUTS- Zagreb, Hrvatski zbor učitelja i trenera skijanja. Zagreb.
38. Ruedl, G., Kopp, M., Sommersacher, R., Woldrich, T., Burtcher, M (2013). Factors associated with injuries occurred on slope intersections and in snow parks compared to on-slope injuries. *Accident; Analysis and Prevention*, 50, 1221-1225.

39. Ruedl, G., Philippe, M., Sommersacher, R., Dunnwald, T., Kopp, M., Burtcher, M. (2014). Current incidence of accidents on Austrian ski slopes. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 28(4), 183-7.
40. Ruedl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Patterson, C., Burtscher, M. (2011). Interaction of potential intrinsic and extrinsic risk factors in ACL injured recreational female skiers. *International journal of sports medicine*, 32(08), 618-622.
41. Ruedl, G., Pocecco, E., Kopp, M., & Burtscher, M. (2015). Frequencies of injuries and causes of accidents during ski touring on ski slopes-a pilot study. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch Traumatologische Sportmedizin*, 29(1), 46-50.
42. Ruedl, G., Posch, M., Tecklenburg, K., Schranz, A. (2022). Impact of ski geometry data and standing height ratio on the ACL injury risk and its use for prevention in recreational skiers. *British Journal of Sports Medicine*, 56(19).
43. Ruedl, G., Posch, M., Tecklenburg, K., Schranz, A., Faulhaber, M., Burtscher, M. (2023). Skill-Specific Differences in Equipment-Related Risk Factors for ACL Injury in Male and Female Recreational Skiers. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(3).
44. Ruedl, G., Webhofer, M., Helle, K., Strobl, M., Schranz, A., Fink, A., Gatterer, H., Burtscher, M. (2012). Leg dominance is a risk factor for noncontact anterior cruciate ligament injuries in female recreational skiers. *The American journal of sports medicine*, 40(6), 1269-73.
45. Russell, K., Christie, J., & Hagel, B. E. (2010). The effect of helmets on the risk of head and neck injuries among skiers and snowboarders: a meta-analysis. *Canadian Medical Association Journal*, 182(4), 333-340.
46. Sedgwick, M., Topp, J. (2021). Physics of skiing. Dostupno na: <https://csia.snowpro.com/ServicesServlet/telechargement/document/PhysicsOfSkiing2021.pdf> (pristupljeno 01. 07.2024.)
47. Shi, H., Jiang, Y., Ren, S., Hu, X., Huang, H., Ao, Y. (2020). Sex differences in the knee orthopaedic injury patterns among recreational alpine skiers. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 12, 74.
48. Stanislaw, A. (2024). A Physical Therapist's Guide To Preparing For A Safe Ski Season. *Ski Utah*.
49. Staniszewski, M., Zybko, P., Wiszomirska, I. (2016). Influence of a nine-day alpine ski training programme on the postural stability of people with different levels of skills. *Biomedical Human Kinetics*, 8(1), 24-31.
50. Stenroos, A., Handolin, L. (2014). Incidence of Recreational Alpine Skiing and Snowboarding Injuries: six years experience in the largest ski resort in Finland. *Scandinavian Journal of Surgery*, 104(2).
51. Stremel, A., Bachoń, E., Siemianowski, J., Doligalska, M., Kotnis, W., Bałoniak, Z., Leszyńska, A., Jonkisz, A., Bałoniak, J. and Skurzyńska, G. (2024) 'Risk factors of anterior cruciate ligament injuries in alpine skiing: A review of the literature', *Medical Science*, 28(154), e154ms3495.
52. Subaşı, I.O., Gür, V. (2023). Recreational Skiing- and Snowboarding-Related Extremity Injuries: A Five-Year Tertiary Trauma Center Cohort. *Curēus*, 15(7), e42688.

53. Sulheim, S., Holme, I., Rødven, A., Ekeland, A., & Bahr, R. (2011). Risk factors for injuries in alpine skiing, telemark skiing and snowboarding—case-control study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(16), 1303-1309.
54. Toader, Ș.D. (2020) 'Improving Balance in Beginner Skiers', *Discobolul – Physical Education, Sport and Kinetotherapy Journal*, 59(4), 361–375.
55. Tudor, A., Petljak, B., Rađenović, O., Neljak, B., Ružić, L. (2008). *Dinamička ravnoteža skijaša i osnovna skijaška gibanja: Osnovna skijaška gibanja*. Rađenović, O. *Alpsko skijanje*. Zagreb: Znanje d.d., 64-141.
56. Turković, B., Lakota, R., Doder, I., Jelešković, E., Hodžić, A., Merdan, M. (2020). Injuries, causes of injuries and rehabilitation of alpine skiers-systematic review. *Sports logos*, 18(32).
57. Vassilis, G., & Theofanis, G. (2011). The characteristics of Switzerland's alpine skier's related to the frequency of accidents. *Педагогика, психология и медико биологические проблемы физического воспитания и спорта*, (11).
58. Vora, M., Arora, M. (2019). An Analysis of the Evidence Base Relating to the Role of Warm-Up and Stretching in Reduction of Injury Risk in Athletes. *Orthopedics and Sports Medicine Open Access Journal*, 2(4), 189-190.
59. Zhou, Y. (2023). Recreational Alpine Skiing An Introduction. *Theoretical and Natural Science*, 4(1), 404-414.
60. Wang, Z., Cai, Y., Wu, J., Xie, S., Jiao, W. (2022). Relationship between Lower Extremity Fitness Levels and Injury Risk among Recreational Alpine Skiers: A Prospective Cohort Study. *International journal of environmental research and public health*, 19(16), 10430.
61. Wojtyczek, B., Paślawska, M. & Raschner, C. (2014). Changes in the Balance Performance of Polish Recreational Skiers after Seven Days of Alpine Skiing. *Journal of Human Kinetics*, 44(1), 29-40.

POKRET KAO LIJEK: ULOGA TJELESNE AKTIVNOSTI KOD PACIJENATA S KORONARNOM BOLESTI SRCA

MOVEMENT AS MEDICINE: THE ROLE OF PHYSICAL ACTIVITY IN PATIENTS WITH CORONARY HEART DISEASE

Katarina Kovačević

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

kkovacevic@vevu.hr

Marijan Kovačević

Dom zdravlja Osječko-baranjske županije

marijan.kovacevic24@gmail.com

Ivan Štefanac

Dom zdravlja Osječko-baranjske županije

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku

ivan.stefanac@gmail.com

Sažetak

Srčane bolesti su jedan od vodećih uzroka smrti u svijetu. Loše prehrambene navike, tjelesna neaktivnost, pušenje i mnoštvo drugih čimbenika uzrok su koronarne bolesti srca. Pacijenti koji imaju koronarnu bolest srca bi trebali redovito ići na preglede i biti tjelesno aktivni. Vježbanje pozitivno utječe na kardiovaskularni sustav. U rehabilitaciji bolesnika s koronarnom bolesti srca vježbe odnosno programi vježbanja su važni za cjelokupni ishod bolesti. Najčešće se s bolesnicima provode lakši, aerobni treninzi koji za cilj imaju poboljšanje njihovih sposobnosti koje ujedno sprječavaju nastanak novih, težih stanja i omogućavaju bolesnicima veću kvalitetu života. U novijim istraživanjima visoko intenzivni intervalni trening također pokazuje svoje prednosti. Cilj rada je prikazati utjecaj različitih oblika tjelesne aktivnosti u rehabilitaciji kardiovaskularnih bolesnika s koronarnom bolesti srca.

Ključne riječi: *aerobni trening, HIIT, koronarna bolest srca, trening snage.*

Abstract

Heart disease is one of the leading causes of death in the world. Poor eating habits, physical inactivity, smoking and many other factors are the cause of coronary heart disease. Patients with coronary heart disease should have regular check-ups and be physically active. Exercise has a positive effect on the cardiovascular system. In the rehabilitation of patients with coronary heart disease, exercises or exercise programs are important for the overall outcome of the disease. Most often, patients are given lighter, aerobic training aimed at improving their abilities, which also prevents the development of new, more serious conditions and provides patients with a better quality of life. In recent research, high-intensity interval training has also shown its advantages. The aim of the paper is to show the impact of different forms of physical activity in the rehabilitation of cardiovascular patients with coronary heart disease.

Keywords: *aerobic training, coronary heart disease, HIIT, resistance training.*

UVOD

Kardiovaskularne bolesti predstavljaju vodeći uzrok smrti diljem svijeta. Procjenjuje se da je u svijetu oko 30% smrti uzrokovano kardiovaskularnim bolestima (WHO, 2025). U Republici Hrvatskoj prema podacima iz 2023. godine od kardiovaskularnih bolesti je umrlo 39% osoba s najvećim udjelom dijagnoze ishemijske bolesti srca (HZJZ, 2025).

Javnozdravstveno gledano tjelesna aktivnost ima značajne koristi za fizičko i psihičko zdravlje populacije. Dobrobiti tjelesne aktivnosti su mnogobrojne i potvrđene su brojnim istraživanjima koja prikazuju psihološke, društvene, ekonomske i ekološke aspekte tjelesne aktivnosti (Jurakić i Heimer, 2012). Nedovoljna tjelesna aktivnost jedan je od vodećih uzroka smrtnosti od nezaraznih bolesti (WHO, 2024). Globalna prevalencija nedovoljne tjelesne aktivnosti kod odraslih osoba procjenjuje se na 31% te je veća kod žena i starijih osoba (Strain et al., 2024). U Republici Hrvatskoj 26,7% je tjelesno neaktivnih osoba (Jurakić i Heimer, 2012). Broj bolesti i stanja koje potječe tjelesna neaktivnost u kontinuiranom je rastu (Obadić et al., 2017).

Smjernice za prevenciju kardiovaskularnih bolesti preporučuju više od 150 minuta umjerenog intenziteta ili više od 60 do 75 minuta intenzivne tjelesne aktivnosti tjedno, slične razine se preporučuju i za sekundarnu prevenciju stabilne koronarne bolesti srca (Stewart et al., 2017). Rizik od koronarne bolesti srca je veći kod tjelesno neaktivnih osoba u odnosu na minimalno umjereno aktivne osobe (Wardoku et al., 2019). Sjedilački način života, dob, hipertenzija, abnormalne vrijednosti lipida u krvi, dijabetes melitus, pušenje i pretilost glavni su čimbenici rizika za nastanak, ali i progresiju, koronarne bolesti srca (Alpert, 2023). Više razine tjelesne aktivnosti povezane su s nižom smrtnošću kod pacijenata sa stabilnom koronarnom bolesti srca (Stewart et al., 2017).

Cilj rada je prikazati utjecaj različitih oblika tjelesne aktivnosti u rehabilitaciji kardiovaskularnih bolesnika s koronarnom bolesti srca.

KARDIOLOŠKA REHABILITACIJA

Kardiološka rehabilitacija temeljena na vježbanju smanjuje smrtnost od kardiovaskularnih bolesti i poboljšava kvalitetu života (Anderson et al., 2016). Europsko kardiološko društvo (*European Society of Cardiology*), Američko udruženje za srce (*American Heart Association*) i Američko fakultetsko kardiološko društvo (*American College of Cardiology*) izdali su najviše razine preporuke za programe kardiološke rehabilitacije koji se temelje na tjelesnoj aktivnosti, kao sastavnom dijelu sveobuhvatne skrbi za pacijente s koronarnom bolesti srca. Sveobuhvatna rehabilitacija uključuje i edukaciju i psihosocijalni doprinos (Smith et al., 2011; Perk et al., 2012; Anderson et al., 2016; Ambrosetti et al., 2021).

Tjelesna aktivnost trebala bi biti individualizirana i propisana nakon temeljito učinjene kliničke procjene, uključujući procjenu rizika, karakteristike ponašanja, osobne ciljeve i preferencije. Tjelesna aktivnost se preporučuje propisivati prema FITT modelu (učestalost, intenzitet, trajanje i vrsta vježbe). Općenito se preporučuje provoditi aerobni trening minimalno 3 puta tjedno i trening snage 2 puta tjedno. Intenzitet bi trebao biti umjeren ili umjeren do visoki za kontinuirani trening izdržljivosti, te veći intenzitet za intervalni trening izdržljivosti visokog intenziteta prema odabranom protokolu. Tjelesna aktivnost bi trebala trajati najmanje 20 do 30

minuta. Vrsta treninga može pratiti preferencije pacijenta od aerobnog treninga (hodanje, trčanje, plivanje...), trening snage, trening fleksibilnosti, trening ravnoteže i slično (Ambrosetti et al., 2021).

Garberu et al., (2011) u istraživanju su savjetovali 40 do 80% maksimalne srčane frekvencije, minimalno 3 puta tjedno 20 do 60 minuta te obavezno zagrijavanje prije vježbanja i istezanje poslije vježbanja za aerobni trening koji ima za cilj povećanje aerobnog kapaciteta, smanjenje krvnog tlaka i frekvencije srca. Potrebno je postupno povećavanje opterećenja sukladno mogućnostima (Garber et al., 2011).

AEROBNI TRENING

Kardiološka rehabilitacija ima za cilj poboljšati kapacitet vježbanja te poticati pacijente na započinjanje i održavanje tjelesne aktivnosti umjerenog do visokog intenziteta najmanje 150 minuta tjedno (Chair et al., 2023). Aerobni trening je trening za poboljšanje učinkovitosti kardiorespiratornog sustava te poboljšava iskoristivost energije u mišićima. Rezultira prilagodbom kardiorespiratornog i mišićnog sustava, odnosno povećanom izdržljivošću (Mišigoj-Duraković et al., 2018). Kontinuirani aerobni trening predstavlja temelj nefarmakološkog liječenja pacijenata s koronarnom bolesti srca (Smith et al., 2011; Perk et al., 2012; Anderson et al., 2016; Ambrosetti et al., 2021). Poboljšava kardiorespiratornu sposobnost, smanjuje tjelesnu masu, trigliceride i koncentracije lipoproteina niske gustoće, te smanjuje rizik od infarkta miokarda, hospitalizaciju i smrt (Terada et al., 2024). Aerobni trening utječu na čimbenike rizika kao što su hipertenzija, pretilost, dijabetes tipa 2 i hiperlipidemija (Kelley i Kelley, 2008). Individualni program vježbanja ključan je za učinkovitu rehabilitaciju kod pacijenata s koronarnom bolesti srca (Zhou et al., 2025). Vježbanje većim intenzitetom dovodi do većeg povećanja aerobnog kapaciteta i većih kardioprotektivnih učinaka od vježbanja umjerenim i niskim intenzitetom (Rognmo et al., 2012).

Individualni trening na bicikl ergometru zajedno s dijetnom prehranom, upravljanjem načinom života i psihosocijalnom podrškom tijekom 12 tjedana pokazalo je pozitivne rezultate u normalizaciji krvnog tlaka, glukoze u krvi i lipida u krvi, te nisu zabilježeni ozbiljni štetni događaji poput aritmije ili sinkope (Zhou et al., 2025).

Aerobni intervalni trening i kontinuirani trening umjerenog intenziteta pokazali su slične učinke na poboljšanje kapaciteta vježbanja, perifernu endotelnu funkciju i kvalitetu života (Conraads et al., 2015). Meta analiza Pattyn et al., (2018) navodi klinički značajno veće povećanje vršne potrošnje kisika nakon aerobnog intervalnog treninga u odnosu na aerobni kontinuirani trening.

Visoko intenzivan trening pokazao je bolje rezultate od umjereno intenzivnog treninga u poboljšanju kardiorespiratorne funkcije i izdržljivosti osim toga aerobni trening visokog intenziteta je trajanjem kraći u odnosu na duge aerobne treninge umjerenog intenziteta (Zheng et al., 2022). Visoko i umjereno intenzivni treninzi u okruženju kardiološke rehabilitacije imaju nizak rizik od neželjenih kardiovaskularnih događaja (Rognmo et al., 2012).

INTERVALNI TRENING VISOKOG INTENZITETA (HIIT)

Intervalni trening visokog intenziteta (HIIT) karakterizira izmjena intervala visokog intenziteta ($>85\%$ vršne potrošnje kisika) s razdobljima niskog intenziteta odnosno oporavka (McGregor et al., 2023). HIIT se može izvoditi različitim načinima vježbanja kao što su vožnja bicikla, trčanje, hodanje s nagibom, veslanje, plivanje ili druge aktivnosti. Intenzitet vježbanja se određuje pomoću postotka vršne potrošnje kisika, maksimalnih srčanih otkucaja, maksimalne aerobne snage, maksimalnog kratkotrajnog kapaciteta vježbanja ili Borgovom skalom. Za pacijente s koronarnom bolesti srca najčešće se opisuju tri kategorije intenziteta; dugi interval (3 do 15 minuta pri 85% do 90% vršne potrošnje kisika), srednji interval (1 do 3 minute pri 95% do 100% vršne potrošnje kisika) i kratki interval (10 sekundi do 1 minute pri 100% do 120% vršne potrošnje kisika) (Ribeiro et al., 2017).

Mnogobrojne meta analize istaknule su kako HIIT može biti optimalan za poboljšanje vršne potrošnje kisika kod osoba s koronarnom bolesti srca (Ballesta García et al., 2019; Wang et al., 2022; Gomes-Neto et al., 2024; Gao et al., 2025; Hong, Liu, 2025). Taylor et al., (2020) u randomiziranom kontroliranom istraživanju istaknuli su da kardiorespiratorna sposobnost i ventrikularna funkcija (vršna potrošnja kisika i zasićenost krvi kisikom) su se više poboljšale kod pacijenata koji su provodili HIIT u odnosu na kontinuirani trening umjerenog intenziteta, no mjerenjem ventilacijske učinkovitosti nije bilo razlike. Sustavni pregled i meta analiza Gao et al., (2025) prikazuje potencijale HIIT-a za poboljšanje kardiorespiratorne funkcije i kapaciteta vježbanja te veću učinkovitost od kontinuiranog treninga umjerenog intenziteta u poboljšanju vršne potrošnje kisika, vršnim otkucajima srca, 6-minutnom testu hoda, dok nisu pronađene značajne razlike u ejeckijskoj frakciji lijevog ventrikula, krajnjem dijastoličkom volumenu lijevog ventrikula i sistoličkom krvnom tlaku. HIIT niskog volumena pokazao je značajno poboljšanje u kardiorespiratornim sposobnostima u usporedbi s treningom vježbanja umjerenog intenziteta u stabilnom stanju. HIIT niskog volumena pokazao se siguran, dobro podnošljiv i klinički učinkoviti u kratkoročnom poboljšanju kardiorespiratornih sposobnosti (McGregor et al., 2023). Međutim u sustavnom pregledu i meta analizi iz 2017. pokazalo se da je superiornost HIIT-a u odnosu na kontinuirani trening umjerenog intenziteta nestala u podanalizi izokalorijskih protokola (Gomes-Neto et al., 2017). Kombinacija HIIT-a i treninga snage pokazala je pozitivne učinke na kvalitetu života, antropometrijske parametre, razinu tjelesna aktivnosti i funkcionalnog kapaciteta, smanjenje fizioloških parametara poput krvnog tlaka i faktora rizika za koronarne bolesti srca (Deka et al., 2022).

Prihvatanje HIIT-a u kardiološkoj rehabilitaciji i dalje je ostalo sporno u pojedinim zemljama. Sigurnost, prihvatljivost i podnošljivost sprječavaju široku primjenu. Međutim HIIT se pokazao sigurnim i učinkovitim načinom vježbanja kod odraslih osoba sa stabilnom koronarnom bolesti srca koji prolaze kardiološku rehabilitaciju pod nadzorom (Dun et al., 2019; McGregor et al., 2023). Smjernice Europskog udruženje kardiologa navode HIIT kao siguran i alternativan način vježbanja za stabilne pacijente s niskim rizikom (Ambrosetti et al., 2021; Pelliccia et al., 2021). Važno je uzeti u obzir klinički status i funkcionalni kapacitet prije propisivanja HIIT treninga (Ribeiro et al., 2017).

TRENING SNAGE

Smanjena snaga mišića povezana je sa slabom sposobnosti vježbanja, niskim razinama glukoze i invaliditetom, te povećanom stopom smrtnosti kod pacijenata s koronarnom bolesti srca (Yamamoto et al., 2016). Trening snage često se primjenjuje u kardiološkoj rehabilitaciji kao dodatak aerobnom treningu (Fan et al., 2021). Pokazao se učinkovit u poboljšanju mišićne snage, funkcionalnog kapaciteta i pokretljivosti kod starijih pacijenata s koronarnom bolesti srca (Yamamoto et al., 2016).

Kombinirani trening koji uključuje trening snage i aerobni trening pokazao se učinkovitiji od samog aerobnog treninga te je potaknuo povećanje kardiorespiratornih sposobnosti (Xanthos, Gordon i Kingsley, 2017; Terada et al., 2024) međutim autori navode kako se ne treba smanjiti volumen aerobnih vježbi već samo dodati trening snage (Terada et al., 2024). Progresivni trening snage dovodi do povećanja snage gornjih i donjih ekstremiteta i poboljšanja aerobne kondicije slično kao i aerobni trening, no kombinirani trening se pokazao učinkovitijim u poboljšanju snage i kondicije u odnosu na samo aerobni trening (Hollings et al., 2017). Kružni trening snage je učinkovit u smanjenju indeksa tjelesne mase i postotka tjelesne masti, te je neznatno utjecao na vršnu potrošnju kisika, sistolički krvni tlak, ukupni kolesterol u krvi i trigliceride u usporedbi s aerobnim treningom kod pacijenata s koronarnom bolesti srca. Kružni trening snage karakteriziraju lakše težine, veći broj ponavljanja i niži intenzitet treninga, čime je pogodan za pacijente s teškom koronarnom bolesti srca ili slabom tjelesnom kondicijom jer se ne razlikuje u odnosu na klasični trening snage u smislu koristi za pacijenta (Wu et al., 2022).

OSTALI OBLICI TJELESNE AKTIVNOSTI

Nordijsko hodanje može ponuditi dodatne zdravstvene koristi za pacijente uz konvencionalni program kardiološke rehabilitacije (Cugusi et al., 2017). Pokazalo se kao siguran i koristan način za poboljšanje funkcionalnog kapaciteta i mentalnoga zdravlja, te ima pozitivan utjecaj na smanjenje depresije i poboljšanje kvalitete života (Reed et al., 2022). Trotjedni program treninga nordijskog hodanja imao je utjecaj na kardiovaskularne i funkcionalne sposobnosti izvan i tijekom konvencionalnog programa kardiološke rehabilitacije. Nordijsko hodanje se čini kao prikladna opcija za pacijente s ograničenim funkcionalnim i motivacijskim sposobnostima (Nagyova et al., 2020).

Vježbe u vodi neko su se vrijeme smatrane potencijalno opasnima za pacijente s kardiovaskularnim stanjima. Međutim, poznato je da se srčana funkcija poboljšava zbog povećanja ranog dijastoličkog punjenja i smanjenja otkucaja srca, što rezultira poboljšanjem udarnog volumena i ejekcijske frakcije. Vježbe u vodi mogu poboljšati kapacitet vježbanja i trebaju se razmotriti kao alternativna metoda u rehabilitaciji. Učinkovite su u poboljšanju vršne potrošnje kisika i mišićne snage (Guimarães et al., 2023). Kružni trening u vodi u trajanju od 12 tjedana pokazao se dobro podnošljivi i imao je pozitivna utjecaj na vaskularnu funkciju endotela kod osoba sa stabilnom koronarnom bolesti srca te je učinkovita alternativna kružnom treningu u teretani (Scheer et al., 2023). Aerobne vježbe u vodi poboljšale su autonomnu modulaciju srčanog ritma i mogu se smatrati strategijom vježbanja u programima kardiološke rehabilitacije (Fiogbé et al., 2018). Vježbe u vodi smanjuju strah od pada, preopterećenje na

zglobove i smanjuju rizik općenito od ozljeda mišićno koštanog sustava što može utjecati na povećanje samopouzdanja i smanjenje stresa za izvođenje tjelesne aktivnosti kod pacijenata (Guimarães et al., 2023).

Gomes-Neto et al., (2024) u meta analizi prikazali su da intervalni trening visokog intenziteta, vježbanje u vodi zajedno s kontinuiranim treningom umjerenog intenziteta, kombinirane aerobne vježbe i vježbe snage te kontinuirani trening umjerenog intenziteta su bili najučinkovitija vrsta intervencije za poboljšanje vršne potrošnje kisika (Gomes-Neto et al., 2024).

Tai Chi ima potencijalne koristi za pacijente s koronarnom bolesti srca osobito za pacijente s nižom kondicijom i starije pacijente jer ga karakterizira nizak do umjeren intenzitet. Značajni učinci su utvrđeni u poboljšanju aerobne izdržljivosti i psihosocijalne dobrobiti (Liu et al., 2018; Fan et al., 2024).

ZAKLJUČAK

Program vježbanja u kardiološkoj rehabilitaciji trebao bi biti individualiziran i u potpunosti prilagođen pacijentu u ovisnosti o pacijentovim mogućnostima i potrebama. Danas imamo dostupne različite oblike i vrste vježbanja koje su se pokazale učinkovitim u sekundarnoj, ali i primarnoj prevenciji, te se mogu provoditi kod pacijenata s koronarnim bolestima srca. Važno je pronaći odgovarajuću vrstu i intenzitet koji odgovara i motivira pacijenta, te postaviti realne i dostižne ciljeve. Fizioterapeuti nisu ograničeni samo na aerobne vježbe u obliku kontinuiranog treninga umjerenog intenziteta koji će provoditi na biciklergometru već mogu primijeniti i ostale oblike kao što su HIIT, kružni trening, trening u vodi, trening snage u ovisnosti o stanju, riziku i individualnim potrebama pacijenta.

LITERATURA

1. Alpert J. S. (2023). New Coronary Heart Disease Risk Factors. *The American journal of medicine*, 136(4), 331-332.
2. Ambrosetti, M., Abreu, A., Corrà, U., Davos, C. H., Hansen, D., Frederix, I., Iliou, M. C., Pedretti, R. F. E., Schmid, J. P., Vigorito, C., Voller, H., Wilhelm, M., Piepoli, M. F., Bjarnason-Wehrens, B., Berger, T., Cohen-Solal, A., Cornelissen, V., Dendale, P., Doehner, W., Gaita, D., ... Zwisler, A. O. (2021). Secondary prevention through comprehensive cardiovascular rehabilitation: From knowledge to implementation. 2020 update. A position paper from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *European journal of preventive cardiology*, 28(5), 460-495.
3. Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, D. R., Zwisler, A. D., Rees, K., Martin, N., & Taylor, R. S. (2016). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, 67(1), 1-12.
4. Ballesta García, I., Rubio Arias, J. Á., Ramos Campo, D. J., Martínez González-Moro, I., & Carrasco Poyatos, M. (2019). High-intensity Interval Training Dosage for Heart Failure

- and Coronary Artery Disease Cardiac Rehabilitation. A Systematic Review and Meta-analysis. *Revista espanola de cardiologia (English ed.)*, 72(3), 233-243.
5. Chair, S. Y., Leung, K. C., Lo, S. W. S., Wang, Q., Sit, J. W. H., Leung, S. Y., & Cheng, H. Y. (2023). Exercise capacity and its determinants among postcardiac rehabilitation patients with coronary heart disease. *Nursing open*, 10(4), 2501-2507.
 6. Conraads, V. M., Pattyn, N., De Maeyer, C., Beckers, P. J., Coeckelberghs, E., Cornelissen, V. A., Denollet, J., Frederix, G., Goetschalckx, K., Hoymans, V. Y., Possemiers, N., Schepers, D., Shivalkar, B., Voigt, J. U., Van Craenenbroeck, E. M., & Vanhees, L. (2015). Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study. *International journal of cardiology*, 179, 203-210.
 7. Cugusi, L., Manca, A., Yeo, T. J., Bassareo, P. P., Mercuro, G., & Kaski, J. C. (2017). Nordic walking for individuals with cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of preventive cardiology*, 24(18), 1938-1955.
 8. Deka, P., Pathak, D., Klompstra, L., Sempere-Rubio, N., Querol-Giner, F., & Marques-Sule, E. (2022). High-Intensity Interval and Resistance Training Improve Health Outcomes in Older Adults With Coronary Disease. *Journal of the American Medical Directors Association*, 23(1), 60-65.
 9. Dun, Y., Smith, J. R., Liu, S., & Olson, T. P. (2019). High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation. *Clinics in geriatric medicine*, 35(4), 469-487.
 10. Fan, C., Yan, H., Lei, K., Li, X., Li, D., Dong, S., Zhang, Y., Cheng, Y., Li, Z., Li, N., Li, Z., & Huang, J. (2024). Effect of Tai Chi-Based Psychosomatic Rehabilitation Exercise on Physiological Function and Mental Health of Patients with Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis. *Reviews in cardiovascular medicine*, 25(6), 227.
 11. Fan, Y., Yu, M., Li, J., Zhang, H., Liu, Q., Zhao, L., Wang, T., & Xu, H. (2021). Efficacy and Safety of Resistance Training for Coronary Heart Disease Rehabilitation: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 754794.
 12. Fiogbé, E., Ferreira, R., Sindorf, M. A. G., Tavares, S. A., de Souza, K. P., de Castro Cesar, M., Lopes, C. R., & Moreno, M. A. (2018). Water exercise in coronary artery disease patients, effects on heart rate variability, and body composition: A randomized controlled trial. *Physiotherapy research international: the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 23(3), e1713.
 13. Gao, C., Yue, Y., Wu, D., Zhang, J., & Zhu, S. (2025). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory and exercise capacity in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 20(2), e0314134.
 14. Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334-1359.

15. Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Conceição, L. S. R., Saquetto, M. B., Alves, I. G., Smart, N. A., & Carvalho, V. O. (2024). Some types of exercise interventions are more effective than others in people with coronary heart disease: systematic review and network meta-analysis. *Journal of physiotherapy*, 70(2), 106-114.
16. Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Reis, H. F. C. D., Neves, V. R., Martinez, B. P., & Carvalho, V. O. (2017). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *European journal of preventive cardiology*, 24(16), 1696-1707.
17. Guimarães, A. L. A., Gomes-Neto, M., Conceição, L. S. R., Saquetto, M. B., Gois, C. O., & Carvalho, V. O. (2023). Water-Based Exercises on Peak Oxygen Consumption, Exercise Time, and Muscle Strength in Patients with Coronary Artery Disease: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Cardiovascular therapeutics*, 4305474.
18. Hollings, M., Mavros, Y., Freeston, J., & Fiatarone Singh, M. (2017). The effect of progressive resistance training on aerobic fitness and strength in adults with coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European journal of preventive cardiology*, 24(12), 1242-1259.
19. Hong, G., & Liu, F. (2025). Effects of high-intensity interval training on cardiopulmonary function and quality of life in post-PCI or CABG patients with coronary heart disease: a meta-analysis. *Journal of cardiothoracic surgery*, 20(1), 303.
20. Hrvatski zavod za javno zdravstvo. (2025) *Odjel za srčano-žilne bolesti s registrim*. Dostupno na: <https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevencija-nezaraznih-bolesti/odjel-za-srcano-zilne-bolesti/> [18.8.2025.]
21. Jurakić, D. i Heimer, S. (2012). Prevalencija nedovoljne tjelesne aktivnosti u Hrvatskoj i u svijetu: pregled istraživanja. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*. 63 (3), 3-11.
22. Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2008). Efficacy of aerobic exercise on coronary heart disease risk factors. *Preventive cardiology*, 11(2), 71-75.
23. Liu, T., Chan, A. W., Liu, Y. H., & Taylor-Piliae, R. E. (2018). Effects of Tai Chi-based cardiac rehabilitation on aerobic endurance, psychosocial well-being, and cardiovascular risk reduction among patients with coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *European journal of cardiovascular nursing*, 17(4), 368-383.
24. McGregor, G., Powell, R., Begg, B., Birkett, S. T., Nichols, S., Ennis, S., McGuire, S., Prosser, J., Fiassam, O., Hee, S. W., Hamborg, T., Banerjee, P., Hartfiel, N., Charles, J. M., Edwards, R. T., Drane, A., Ali, D., Osman, F., He, H., Lachlan, T., ... Shave, R. (2023). High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a multi-centre randomized controlled trial. *European journal of preventive cardiology*, 30(9), 745-755.
25. Mišigoj-Duraković et al. (2018) *Tjelesno vježbanje i zdravlje*. Drugo dopunjeno izdanje. Zagreb: Znanje.
26. Nagyova, I., Jendrichovsky, M., Kucinsky, R., Lachytova, M., & Rus, V. (2020). Effects of Nordic walking on cardiovascular performance and quality of life in coronary artery disease. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 56(5), 616-624.
27. Obadić, E., Blajić, B., Kerner, I., Leško, L. (2017) Tjelesna neaktivnost i troškovi zdravstvene zaštite u Republici Hrvatskoj. *Hrvatski športski medicinski vjesnik*. 32 (1), 51-58.

28. Pattyn, N., Beulque, R., & Cornelissen, V. (2018). Aerobic Interval vs. Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease or Heart Failure: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis with a Focus on Secondary Outcomes. *Sports medicine*, 48(5), 1189-1205.
29. Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., Collet, J. P., Corrado, D., Drezner, J. A., Halle, M., Hansen, D., Heidbuchel, H., Myers, J., Niebauer, J., Papadakis, M., Piepoli, M. F., Prescott, E., Roos-Hesselink, J. W., Graham Stuart, A., Taylor, R. S., ... ESC Scientific Document Group (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European heart journal*, 42(1), 17-96.
30. Perk, J., De Backer, G., Gohlke, H., Graham, I., Reiner, Z., Verschuren, M., Albus, C., Benlian, P., Boysen, G., Cifkova, R., Deaton, C., Ebrahim, S., Fisher, M., Germano, G., Hobbs, R., Hoes, A., Karadeniz, S., Mezzani, A., Prescott, E., Ryden, L., ... ESC Committee for Practice Guidelines (CPG) (2012). European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *European heart journal*, 33(13), 1635–1701.
31. Reed, J. L., Terada, T., Cotie, L. M., Tulloch, H. E., Leenen, F. H., Mistura, M., Hans, H., Wang, H. W., Vidal-Almela, S., Reid, R. D., & Pipe, A. L. (2022). The effects of high-intensity interval training, Nordic walking and moderate-to-vigorous intensity continuous training on functional capacity, depression and quality of life in patients with coronary artery disease enrolled in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial (CRX study). *Progress in cardiovascular diseases*, 70, 73–83.
32. Ribeiro, P. A. B., Boidin, M., Juneau, M., Nigam, A., & Gayda, M. (2017). High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: Prescription models and perspectives. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 60(1), 50-57.
33. Rognmo, Ø., Moholdt, T., Bakken, H., Hole, T., Mølsted, P., Myhr, N. E., Grimsmo, J., & Wisløff, U. (2012). Cardiovascular risk of high- versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation*, 126(12), 1436-1440.
34. Scheer, A. S., I R de Oliveira, B., Shah, A., Jacques, A., Chasland, L. C., Green, D. J., & Maiorana, A. J. (2023). The effects of water-based circuit exercise training on vascular function in people with coronary heart disease. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 325(6), H1386-H1393.
35. Smith, S. C., Jr, Benjamin, E. J., Bonow, R. O., Braun, L. T., Creager, M. A., Franklin, B. A., Gibbons, R. J., Grundy, S. M., Hiratzka, L. F., Jones, D. W., Lloyd-Jones, D. M., Minissian, M., Mosca, L., Peterson, E. D., Sacco, R. L., Spertus, J., Stein, J. H., & Taubert, K. A. (2011). AHA/ACC secondary prevention and risk reduction therapy for patients with coronary and other atherosclerotic vascular disease: 2011 update: a guideline from the American Heart Association and American College of Cardiology Foundation endorsed by the World Heart Federation and the Preventive Cardiovascular Nurses Association. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(23), 2432-2446.
36. Stewart, R. A. H., Held, C., Hadziosmanovic, N., Armstrong, P. W., Cannon, C. P., Granger, C. B., Hagström, E., Hochman, J. S., Koenig, W., Lonn, E., Nicolau, J. C., Steg,

- P. G., Vedin, O., Wallentin, L., White, H. D., & STABILITY Investigators (2017). Physical Activity and Mortality in Patients With Stable Coronary Heart Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(14), 1689-1700.
37. Strain, T., Flaxman, S., Guthold, R., Semenova, E., Cowan, M., Riley, L. M., Bull, F. C., Stevens, G. A., & Country Data Author Group (2024). National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5·7 million participants. *The Lancet. Global health*, 12(8), e1232-e1243.
 38. Taylor, J. L., Holland, D. J., Keating, S. E., Leveritt, M. D., Gomersall, S. R., Rowlands, A. V., Bailey, T. G., & Coombes, J. S. (2020). Short-term and Long-term Feasibility, Safety, and Efficacy of High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation: The FITR Heart Study Randomized Clinical Trial. *JAMA cardiology*, 5(12), 1382-1389.
 39. Terada, T., Pap, R., Thomas, A., Wei, R., Noda, T., Visintini, S., & Reed, J. L. (2024). Effects of muscle strength training combined with aerobic training versus aerobic training alone on cardiovascular disease risk indicators in patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *British journal of sports medicine*, 58(20), 1225-1234.
 40. Wang, C., Xing, J., Zhao, B., Wang, Y., Zhang, L., Wang, Y., Zheng, M., & Liu, G. (2022). The Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Prognosis in Heart Failure and Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular therapeutics*, 2022, 4273809.
 41. Wardoku, R., Blair, C., Demmer, R., & Prizment, A. (2019). Association between physical inactivity and health-related quality of life in adults with coronary heart disease. *Maturitas*, 128, 36-42.
 42. World Health Organization. (2024). *Physical activity*. Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity> [18.8.2025.]
 43. World Health Organization. (2025). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. Dostupno na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) [18.8.2025.]
 44. Wu, C., Bu, R., Wang, Y., Xu, C., Chen, Y., Che, L., & Wang, S. (2022). Rehabilitation effects of circuit resistance training in coronary heart disease patients: A systematic review and meta-analysis. *Clinical cardiology*, 45(8), 821-830.
 45. Xanthos, P. D., Gordon, B. A., & Kingsley, M. I. (2017). Implementing resistance training in the rehabilitation of coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis. *International journal of cardiology*, 230, 493-508.
 46. Yamamoto, S., Hotta, K., Ota, E., Mori, R., & Matsunaga, A. (2016). Effects of resistance training on muscle strength, exercise capacity, and mobility in middle-aged and elderly patients with coronary artery disease: A meta-analysis. *Journal of cardiology*, 68(2), 125-134.
 47. Zheng, L., Pan, D., Gu, Y., Wang, R., Wu, Y., & Xue, M. (2022). Effects of high-intensity and moderate-intensity exercise training on cardiopulmonary function in patients with coronary artery disease: A meta-analysis. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9, 961414.
 48. Zhou, J., Liu, Y., Zhao, H., Yan, W., Chen, L., Sun, X., Feng, X., Wang, J., Pei, Y., & Li, S. (2025). Application of Cardiac Rehabilitation Aerobic Exercise in Patients with Stable

Angina in Coronary Heart Disease. *British journal of hospital medicine* (London, England: 2005), 86(1), 1-12.

KOMPARATIVNA ANALIZA UČINAKA INTERVALNOG I GRUPNOG TRENINGA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE ISPITANICA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF INTERVAL AND GROUP TRAINING ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS IN FEMALE PARTICIPANTS

Danijela Kuna

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

dkuna@kifos.hr

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je usporediti učinke šestotjednog grupnog fitnes programa i kombiniranog visokointenzivnog intervalnog treninga trčanja (HIIT) na promjene u tjelesnoj kompoziciji i aerobnom kapacitetu rekreativno aktivnih žena. U istraživanju je sudjelovalo 35 ispitanica podijeljenih u dvije eksperimentalne skupine: grupni fitnes program (E1, $n = 18$) i kombinirani program HIIT trčanja (E2, $n = 17$). Programi su se provodili četiri puta tjedno tijekom šest tjedana. Analizirane su promjene u indeksu tjelesne mase (ITM), udjelu tjelesne masti (UM), mišićnom tkivu (MT) i maksimalnom primitku kisika ($VO_2 \max$). Podaci su analizirani dvofaktorskom analizom varijance s ponovljenim mjerenjima, mješoviti 2×2 dizajn. Oba programa dovela su do statistički značajnih poboljšanja u pokazateljima tjelesne kompozicije i aerobnog kapaciteta ($p < .05$). U skupini koja je provodila HIIT program zabilježen je izraženiji porast mišićnog tkiva ($p = .005$) i veće smanjenje udjela masnog tkiva, dok su promjene u $VO_2 \max$ bile podjednake u obje skupine. Rezultati ukazuju da su i grupni fitnes i HIIT učinkoviti u poboljšanju tjelesne kompozicije i aerobne sposobnosti žena, s time da je HIIT pokazao veće promjene u povećanju udjela mišićne mase i redukciji masnog tkiva. Ovi nalazi potvrđuju da različiti strukturirani programi vježbanja mogu ostvariti slične kardiorespiratorne adaptacije.

Ključne riječi: *HIIT, grupni fitnes, aerobni kapacitet, rekreativno vježbanje.*

Abstract

The aim of this study was to compare the effects of a six-week group fitness program and a combined high-intensity interval running training (HIIT) program on changes in body composition and aerobic capacity in recreationally active women. A total of 35 participants were included and divided into two experimental groups: group fitness (E1, $n = 18$) and combined HIIT running (E2, $n = 17$). Both programs were performed four times per week over six weeks. Changes in body mass index (BMI), body fat percentage (BF%), muscle tissue (MT%), and maximal oxygen uptake ($VO_2 \max$) were analyzed. Data were processed using a two-way mixed-design ANOVA with repeated measures (2×2 design). Both interventions led to statistically significant improvements in body composition and aerobic capacity ($p < .05$). The HIIT group showed a more pronounced increase in muscle mass ($p = .005$) and a greater reduction in body fat percentage, while $VO_2 \max$ improvements were comparable between groups. The results indicate that both group fitness and HIIT are effective for enhancing body composition and aerobic performance in women, with HIIT producing larger changes in muscle

gain and fat reduction. These findings confirm that various structured exercise programs can elicit similar cardiorespiratory adaptations.

Keywords: *HIIT, group fitness, aerobic capacity, recreational exercise.*

UVOD

Tjelesno vježbanje predstavlja ključni čimbenik u održavanju zdravlja s dokazanim pozitivnim učincima optimizacije tjelesne kompozicije i unapređenja funkcionalnih sposobnosti. Više istraživanja ističe ključnu ulogu redovnog vježbanja u modulaciji sastava tijela, specifično kroz redukciju masne mase uz istovremeno očuvanje ili povećanje mišićne mase, te poboljšanje kardiorespiratorne izdržljivosti, najčešće procijenjene maksimalnim primitkom kisika (VO_2max) (Guo i sur., 2023). U populaciji žena, osobito rekreativnih vježbačica, postizanje povoljnog omjera mišićnog i masnog tkiva te visoke razine aerobne spremnosti nadilazi estetske ciljeve, budući da predstavlja ključni temelj očuvanja metaboličkog zdravlja i funkcionalne neovisnosti u svakodnevnim aktivnostima (Li i sur., 2024).

U posljednjem desetljeću, organizirani grupni fitness programi doživjeli su ekspanziju, privlačeći širok spektar sudionika. Empirijski podaci potvrđuju da sudjelovanje u programima koji integriraju elemente aerobnog treninga te vježbi za razvoj mišićne jakosti i izdržljivosti, može rezultirati statistički značajnim promjenama u antropometrijskim pokazateljima, uključujući smanjenje postotka tjelesne masti i povećanje mišićne mase (Wang i sur., 2024). Ipak, metodološka heterogenost tih programa u pogledu modaliteta, intenziteta i volumena opterećenja nalaže potrebu za preciznijom evaluacijom njihovih specifičnih fizioloških ishoda (Nunes i sur., 2023).

Paralelno s popularizacijom grupnih fitness programa, visokointenzivni intervalni trening (HIIT) etablirao se kao iznimno vremenski učinkovit pristup za simultano poboljšanje kardiorespiratorne funkcije i tjelesne kompozicije (Cuenca-Martínez i sur., 2022; Wang i sur., 2024). Studije konzistentno pokazuju da HIIT protokoli, posebice oni bazirani na trčanju, kod rekreativno aktivnih žena mogu potaknuti značajniju redukciju ukupnog masnog tkiva i superiorne adaptacije maksimalnog primitka kisika u usporedbi s kontinuiranim aerobnim treningom umjerenog intenziteta (Guo i sur., 2023; Li i sur., 2025).

Iako brojni nalazi potvrđuju učinkovitost HIIT-a, još uvijek nedostaju empirijski podaci koji bi izravno usporedili specifične, strukturirane HIIT protokole s raznovrsnim grupnim fitness programima. Dosadašnja istraživanja pokazuju da HIIT programi vježbanja dovode do značajnog povećanja VO_2max i učinkovitog smanjenja tjelesne mase, dok grupni fitness programi, dovode do superiornijeg poticanja porasta mišićne mase (Wang i sur., 2024). Budući da grupni programi vježbanja integriraju kombinaciju različitih vrsta vježbi, dok je HIIT usmjeren na induciranje visokog kardiovaskularnog i metaboličkog stresa, usporedna analiza njihovih učinaka predstavlja važan doprinos razumijevanju specifičnih adaptacija. Ipak, komparativne studije koje istovremeno procjenjuju ove dvije popularne metode treninga u ženskoj populaciji još uvijek su nedostatne (Khalafi i sur., 2023). Dodatno, podaci iz Hrvatske ukazuju na nisku razinu tjelesne aktivnosti i visoku prevalenciju pretilosti, što podupire potrebu za učinkovitijim programima vježbanja (Radman i sur., 2020).

Stoga, cilj ovog istraživanja bio je ispitati interakciju između strukturiranog grupnog fitness programa i programa kombiniranog visokointenzivnog intervalnog trčanja (HIIT) te vremena na promjene u parametrima sastava tijela i aerobnog kapaciteta kod rekreativno aktivnih žena. Očekuje se da će obje intervencije dovesti do poboljšanja tjelesne kompozicije i aerobne sposobnosti kod žena, pri čemu će kombinirani program HIIT trčanje rezultirati većim povećanjem aerobnog kapaciteta te izraženijim smanjenjem udjela masnog tkiva u odnosu na grupni fitness program.

METODE I MATERIJALI

Uzorak ispitanica

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 35 žena, raspoređenih u dvije eksperimentalne skupine. Prvu eksperimentalnu skupinu (E1) činilo je 18 rekreativnih vježbačica u dobi od 20 do 45 godina, polaznica Kondicijskog centra u Osijeku. Drugu eksperimentalnu skupinu (E2) činilo je 17 studentica Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, dobi od 20 do 31 godinu, koje su sudjelovale u HIIT programu trčanja.

Sve sudionice dobrovoljno su pristale na sudjelovanje u istraživanju te su potpisale informirani pristanak. Kriteriji uključivanja obuhvaćali su prethodno iskustvo u rekreativnim programima vježbanja te uredan zdravstveni status, bez prisutnosti kardiovaskularnih, metaboličkih, respiratornih ili mišićno-koštanih bolesti i ozljeda koje bi mogle ograničiti sudjelovanje ispitanica u trenažnom procesu.

Mjerni instrumenti

Za procjenu varijabli sastava tijela korištena je digitalna medicinska vaga TANITA BC-545 N (TANITA Corp., Japan), koja omogućuje izračun sljedećih parametara: indeks tjelesne mase (ITM, kg/m²), udio tjelesne masti (UM, %), postotak tjelesne vode (PV, %), udio mišićnog tkiva (MT, %) i razinu visceralne masti (VM). Praćenje frekvencije srca (HR) provodilo se pomoću senzora Polar H7 Heart Rate Sensor (Polar Electro Oy, Finska), uparenog putem Bluetooth® veze s iPad uređajem (8. generacija, model A2270) i aplikacijom Polar Beat: Running & Fitness. Na temelju zabilježenih vrijednosti srčane frekvencije te antropometrijskih podataka unesenih u aplikaciju, izračunate su procijenjene vrijednosti VO₂max-a prije i nakon provedbe intervencije.

Postupak provođenja istraživanja

Istraživanje je provedeno u dva vremenska mjerenja, inicijalnom koje je prethodilo početku trenažnih programa i finalnom koje je provedeno nakon završetka šestotjedne intervencije. U obje faze procijenjeni su sastav tijela i VO₂ max uz primjenu identičnih mjernih protokola i uvjeta, čime je osigurana metodološka dosljednost i pouzdanost dobivenih podataka. Istraživanje je provedeno u skladu s aktualnom Helsinškom deklaracijom i uz suglasnost Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Osijek.

Opis trenažnih programa

Obje eksperimentalne skupine sudjelovale su u strukturiranim trenažnim programima u trajanju od šest tjedana, s učestalošću od četiri treninga tjedno i prosječnim trajanjem od 60 minuta po treningu, što čini ukupni trenažni volumen od približno 24 sata.

Sudionice grupnog fitnes programa (E1) sudjelovale su u strukturiranim i vođenim treninzima u Kondicijskom centru u Osijeku, koji su obuhvaćali kombinaciju raznolikih aerobnih vježbi te vježbi s vanjskim opterećenjem (slobodni utezi, elastične trake, vijače, medicinske lopte, vježbe s vlastitom tjelesnom težinom i dr.). Treninzi su bili usmjereni na razvijanje mišićne snage, jakosti i izdržljivosti, a intenzitet vježbanja postupno je povećavan iz tjedna u tjedan, u skladu s principom progresivnog opterećenja i uz kontinuirano praćenje frekvencije srčanog rada. Sudionice su u prosjeku izvršile 86% predviđenih treninga, što ukazuje na visoku razinu uključenosti u program.

Sudionice kombiniranog HIIT programa trčanja (E2) provodile su strukturirane treninge na atletskoj stazi u Osijeku, pod stručnim nadzorom kineziologa. Svaki je trening započinjao uvodnim dijelom koji je obuhvaćao lagano trčanje i vježbe zagrijavanja, uz uključivanje atletski trkačkih vježbi. Glavni se dio treninga provodio kroz intervalni ili kontinuirani oblik rada, dok je završni dio uključivao postupno smirivanje organizma i statičko istezanje. Trenažni program bio je strukturiran u dva trodnevna ciklusa. U prvom su se ciklusu primjenjivali kontinuirani aerobni treninzi usmjereni na razvoj osnovne aerobne izdržljivosti, dok je drugi ciklus uključivao kombinaciju kontinuiranih treninga i intervalnih treninga visokog intenziteta, s ciljem poticanja aerobno-anaerobnih adaptacija. Sudionice su prosječno odradile 82% predviđenih treninga, pri čemu je razina dolaznosti bila visoka, ali nešto niža u usporedbi sa skupinom E1.

Metode obrade podataka

Za obradu podataka korišteni su standardni postupci deskriptivne statistike, uključujući izračun aritmetičke sredine (M), standardne devijacije (SD), koeficijenta asimetrije (Skewness) i spljoštenosti (Kurtosis). Normalnost distribucije provjerena je uvidom u navedene koeficijente. Leveneovim testom provjerena je homogenost varijanci između eksperimentalnih skupina. Za analizu učinaka trenažnih programa upotrijebljena je dvofaktorska analiza varijance s ponovljenim mjerenjima, mješoviti 2 x 2 dizajn, s jednim međusubjektivnim faktorom (skupina) i jednim unutar subjektivnim faktorom (vrijeme). Analizirani su glavni učinci vremena i skupine te interakcijski učinak (vrijeme × skupina). U slučaju statistički značajne interakcije, provedena je post hoc analiza za utvrđivanje specifičnih razlika. Veličina učinka procijenjena je pomoću omega kvadrata (ω^2). Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < .05$. Svi podaci obrađeni su u statističkom paketu JASP (verzija 0.95.2).

REZULTATI

Pregledom deskriptivnih pokazatelja za analizirane varijable prikazane u Tablici 1, utvrđeno je da su obje skupine na početku istraživanja imale slične vrijednosti indeksa tjelesne mase (ITM), sastava tijela i aerobnog kapaciteta (VO_{2max}), što ukazuje na početnu homogenost među

ispitanicama. Nakon provedenih intervencijskih programa, grupnog programa vježbanja (E1 skupina) i HIIT programa trčanja (E2 skupina), zabilježene su promjene u većini analiziranih varijabli. Uočeno je blago smanjenje ITM-a u obje skupine (E1: s 22.28 na 22.11; E2: s 22.89 na 22.06), uz smanjenje UM-a (E1: s 28.32 na 27.90 %; E2: s 29.54 na 25.81 %) i blagi porast MT-a (E1: s 40.93 na 40.82 %; E2: s 40.33 na 41.72 %).

Promjene su bile izraženije u skupini koja je provodila HIIT protokol, što ukazuje na veći utjecaj visokointenzivnog intervalnog treninga na smanjenje masnog tkiva i povećanje udjela nemasne mase. Paralelno s tim, zabilježen je i porast vrijednosti VO₂ max-a u obje skupine (E1: s 45.56 na 48.61 ml·kg⁻¹·min⁻¹; E2: s 45.35 na 49.24 ml·kg⁻¹·min⁻¹), s izraženijim poboljšanjem u skupini koja je provodila HIIT program trčanja.

Vrijednosti standardne devijacije ukazivale su na umjerenu varijabilnost unutar skupina, dok su koeficijenti asimetrije (Skew) i spljoštenosti (Kurt) u većini slučajeva bili unutar prihvatljivih granica (-1 do +1). Na temelju toga može se zaključiti da su zadovoljeni osnovni preduvjeti za daljnju primjenu parametrijskih statističkih analiza.

Tablica 1 Osnovni deskriptivni pokazatelji inicijalnog mjerenja ispitanica

Variable	Grupa	M	SD	Skew	Kurt	Min	Max
ITM I	E1	22.276	3.024	0.553	-0.813	18.10	27.70
	E2	22.894	2.010	-0.279	-1.256	19.37	26.00
UM (%) I	E1	28.322	5.649	-0.231	-0.777	18.00	37.20
	E2	29.542	4.005	0.107	-1.151	23.67	36.30
PV (%) I	E1	52.628	4.154	0.420	-0.600	46.50	60.90
	E2	52.760	2.155	0.144	-1.633	49.70	55.93
MT (%) I	E1	40.933	2.856	0.498	0.832	35.40	47.70
	E2	40.325	1.616	-0.219	-0.316	37.00	43.05
VM I	E1	3.722	2.421	0.422	-1.260	1.000	8.000
	E2	4.035	1.083	0.222	-0.497	2.500	6.300
Vo ₂ max I	E1	45.556	4.328	0.028	-0.739	38.00	53.00
	E2	45.353	3.552	0.300	-0.370	39.00	54.00
ITM F	E1	22.106	2.819	0.378	-0.742	17.50	27.30
	E2	22.062	2.371	0.173	-0.482	18.43	27.00
UM (%) F	E1	27.900	5.625	0.090	-0.840	18.80	37.80
	E2	25.808	7.814	3.129	11.555	18.66	54.00
PV (%) F	E1	52.883	4.051	0.005	-0.798	46.00	59.80
	E2	52.184	3.509	-1.954	5.998	40.00	58.02
MT (%) F	E1	40.817	2.486	-0.210	-0.490	36.40	44.20
	E2	41.721	1.115	0.124	-0.857	40.44	43.64

VM F	E1	3.528	2.373	0.656	-0.685	1.000	8.500
	E2	2.654	1.314	0.679	0.882	1.000	5.930
VO2 max F	E1	48.611	5.370	0.023	-0.785	39.92	54.63
	E2	49.235	4.842	-0.811	1.561	35.00	58.00

Legenda: ITM – indeks tjelesne mase (kg/m^2); UM – udio masti (%); PV – postotak vode (%); MT – mišićno tkivo (%); VM – visceralna mast; VO_2max – maksimalna potrošnja kisika ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); M – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Skew – koeficijent asimetrije; Kurt – koeficijent spljoštenosti; Min – najmanja vrijednost; Max – najveća vrijednost.

U svrhu procjene učinaka intervencijskih programa provedena je dvofaktorska analiza varijance s ponovljenim mjerenjima, mješoviti 2×2 dizajn, za svaku zavisnu varijablu (Tablica 2). Analizirani su učinci vremena, razlike između skupina neovisno o vremenu te interakcijski učinci (vrijeme $\times$ skupina), koji pokazuju razliku u promjenama kroz vrijeme između dvaju programa. Distribucije mjera bile su unutar granica normalnosti, a Leveneov test potvrdio je homogenost varijanci između skupina ($p > .05$), čime su zadovoljene pretpostavke za korištenje parametrijskih metoda obrade podataka.

Analizom varijance s ponovljenim mjerenjima utvrđeno je da su se tijekom razdoblja intervencije pojavile značajne promjene u većini analiziranih pokazatelja tjelesnog sastava i aerobnog kapaciteta ispitanica. Statistički značajan učinak vremena zabilježen je kod indeksa tjelesne mase ($F(1, 33) = 74.35, p = .010, \omega^2 = .008$), koji se kod obje skupine smanjio između inicijalnog i završnog mjerenja. Iako interakcijski učinak između vremena i skupine nije bio značajan ($p = .081$), post hoc analiza pokazala je da je do značajno smanjenje indeksa tjelesne mase bilo unutar skupine koja je provodila HIIT program ($p = .020$), dok se u skupini koja je sudjelovala u grupnom programu promjena nije pokazala statistički značajnom. Slične promjene zabilježene su i kod udjela tjelesne masti ($F(1, 33) = 5.10, p = .031, \omega^2 = .025$), gdje je razvidan umjeren učinak vremena, što potvrđuje smanjenje udjela masnog tkiva tijekom intervencijskog razdoblja. Iako interakcija vrijeme $\times$ skupina nije dosegla razinu statističke značajnosti ($p = .081$), rezultati pokazuju tendenciju izraženijeg smanjenja udjela tjelesne masti u skupini koja je provodila HIIT program, što je potvrđeno post hoc analizom ($p = .047$), dok promjene u grupnom programu nisu bile statistički značajne. Za postotak tjelesne vode nije utvrđen značajan učinak vremena ($p = .762$) ni razlike među skupinama ($p > .05$), što upućuje na stabilnost hidracijskog statusa ispitanica tijekom trajanja intervencije i odsutnost promjena u ovom segmentu tjelesnog sastava. Nasuprot tome, analiza mišićnog tkiva pokazala je značajan učinak vremena ($F(1, 33) = 6.50, p = .016, \omega^2 = .019$) te značajnu interakciju vrijeme $\times$ skupina ($F(1, 33) = 9.09, p = .005, \omega^2 = .028$), što ukazuje na različit opseg promjena između skupina. Promjene su bile izraženije u HIIT skupini, u kojoj je zabilježen statistički značajan porast udjela mišićnog tkiva ($p = .003$), dok se u grupnom programu promjena nije pokazala značajnom. Ovaj rezultat upućuje na umjeren do izražen učinak intervencije, odnosno na veći mišićni adaptacijski odgovor ispitanica izloženih visokointenzivnom intervalnom treningu.

Najizraženiji učinak intervencije zabilježen je kod parametra maksimalne potrošnje kisika ($F(1, 33) = 21.68, p < .001, \omega^2 = .123$), gdje je uočen snažan učinak vremena koji ukazuje na

značajno povećanje aerobnog kapaciteta tijekom provedbe programa. Iako učinci skupine ($p = .878$) i interakcije vrijeme $\times$ skupina ($p = .583$) nisu bili značajni, post hoc analize pokazale su da su poboljšanja bila statistički značajna i u grupnom programu ($p = .036$) i u HIIT programu ($p = .006$), s nešto izraženijim porastom. Ovi nalazi potvrđuju visok stupanj adaptacije aerobnog kapaciteta neovisno o vrsti programa, s naglaskom na veću učinkovitost protokola visokointenzivnog intervalnog treninga.

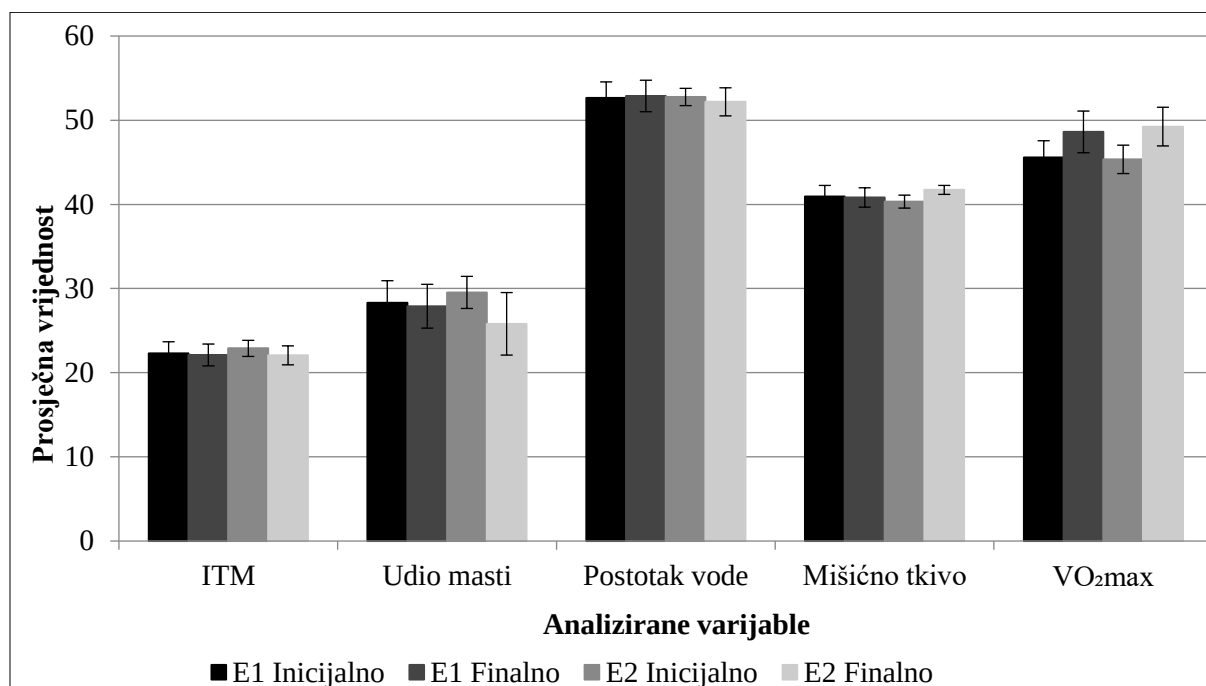
Tablica 2 Rezultati analize varijance s ponovljenim mjerenjima

Varijabla	Efekt	F	p	ω^2
ITM	Vrijeme	7.435	.010	0.008
	Vrijeme x Grupa	8.88	.081	0.003
	Grupa	0.112	.740	0.000
UM (%)	Vrijeme	5.097	.031	0.025
	Vrijeme x Grupa	3.236	.081	0.014
	Grupa	0.060	.808	0.000
PV (%)	Vrijeme	0.093	.762	0.000
	Vrijeme x Grupa	0.627	.434	0.000
	Grupa	0.068	.796	0.000
MT (%)	Vrijeme	6.504	.016	0.019
	Vrijeme x Grupa	9.093	.005	0.028
	Grupa	0.047	.829	0.000
VO2 max	Vrijeme	21.675	< .001	0.123
	Vrijeme x Grupa	0.308	.583	0.000
	Grupa	0.024	.878	0.000

Legenda: F – vrijednost, p – razina značajnosti; ω^2 – veličina učinka.

Prikaz 1 grafički prikazuje prosječne vrijednosti analiziranih varijabli u inicijalnom i završnom mjerenju za obje skupine ispitanica. Uz aritmetičke sredine, prikazani su i 95%-tni intervali pouzdanosti, koji omogućuju vizualnu procjenu stabilnosti i pouzdanosti promjena. Na temelju grafičkog prikaza moguće je uočiti smjer i opseg promjena u pojedinim pokazateljima tjelesnog sastava i funkcionalnih sposobnosti između skupina. Skupina koja je provodila HIIT program (E2) pokazuje izraženije razlike između početnih i završnih vrijednosti, osobito u varijablama povezanim s mišićnim i aerobnim kapacitetom, dok su promjene u skupini koja je sudjelovala u grupnom programu (E1) bile umjerenije.

Prikaz 1. Usporedba inicijalnih i finalnih mjerenja E1 i E2 skupine



Napomena: Prikazane su srednje vrijednosti (M) uz pripadajuće 95% intervale pouzdanosti (CI)

RASPRAVA

Ovo istraživanje provedeno je s ciljem ispitivanja interakcijskog efekta između grupnog fitnesa programa i programa kombiniranog HIIT trčanja te vremena na promjene u sastavu tijela i aerobnom kapacitetu. Dobiveni rezultati djelomično potvrđuju postavljenu hipotezu, ukazujući na to da je specifičnost trenažnog podražaja ključan faktor koji determinira vrstu i veličinu adaptacijskih odgovora. Rezultati upućuju na to da je program kombiniranog HIIT trčanja imao izraženiji učinak na promjene morfoloških parametara, dok je u pogledu povećanja aerobnog kapaciteta učinkovitost oba programa bila ekvivalentna. Najvažniji nalaz ove studije je statistički značajna interakcija između vremena i skupine za udio mišićnog tkiva ($p = .005$), što potvrđuje da su primijenjeni programi vježbanja imali različit utjecaj na mišićnu masu. Post-hoc analizom je utvrđeno da je kombinirani HIIT program doveo do statistički značajnog porasta mišićnog tkiva. Dobiveni rezultat se može pripisati visokom stupnju mehaničkog i metaboličkog stresa koji generiraju intervali trčanja blizu maksimalnog intenziteta (Blue i sur., 2018). Takav podražaj potiče pojačanu sintezu mišićnih proteina i aktivira anaboličke signalne puteve neophodne za hipertrofiju. S druge strane, iako je program grupnog fitnesa uključivao vježbe s otporom, njihova metodološka raznolikost i vjerojatno nedovoljan fokus na princip progresivnog opterećenja nisu bili dovoljan podražaj za poticanje mjerljivog mišićnog rasta unutar šestotjednog perioda. Dobiveni nalaz je u skladu s istraživanjem Wang i sur. (2024), koji ističu da je za poticanje hipertrofije ključna kombinacija visokog intenziteta i adekvatnog volumena treninga s otporom, što u heterogenim grupnim programima može izostati.

Također, uočena je i snažna tendencija prema izraženijem smanjenju udjela masnog tkiva u HIIT skupini, iako interakcijski učinak nije dosegao prag statističke značajnosti ($p = .081$). Međutim, post-hoc analizom potvrđeno je kako je kombinirani HIIT program doveo do

statistički značajnog smanjenja masnog tkiva ispitanica. Ovaj nalaz konzistentan je s meta-analizama koje HIIT programe prepoznaju kao iznimno učinkovite metode za poticanje oksidacije masti (Boutcher, 2011; Gibala i sur., 2012). Mehanizmi koji stoje iza toga uključuju značajno povišenu potrošnju kisika nakon vježbanja, pojačano lučenje kateholamina, adrenalina i noradrenalina, koji mobiliziraju slobodne masne kiseline iz masnih stanica, te poboljšanu osjetljivost na inzulin (Guo i sur., 2023; Li i sur., 2025). Grupni fitnes program, iako metabolički zahtjevan, očito nije dosegnoo intenzitet potreban za pokretanje tako snažnog i dugotrajnog lipolitičkog odgovora.

Suprotno postavljenoj hipotezi da će kombinirani HIIT program imati veći učinak u poboljšanju aerobnog kapaciteta, interakcija vrijeme $\times$ skupina nije bila statistički značajna ($p > .05$). Međutim, utvrđen je snažan učinak vremena ($p < .001$), što znači da su oba programa rezultirala podjednakim povećanjem VO_2 max. Međutim, u ovoj studiji HIIT grupa je u prvom dijelu provodila kontinuirani program trčanja, a tek u posljednja tri tjedna prešla na visokointenzivne intervalne treninge trčanja, što je doprinijelo postignutim rezultatima. Prethodna istraživanja su pokazala da strukturirani kontinuirani i visokointenzivni programi vježbanja, koji traju duže od tri tjedna, donose slična poboljšanja aerobnog kapaciteta (Bacon i sur., 2013). Dobro strukturiran grupni fitnes program koji uključuje izmjene višeg i nižeg intenziteta može osigurati dostatan podražaj za razvoj središnjih i perifernih adaptacija, uključujući povećanje udarnog volumena srca i učinkovitiju ekstrakciju kisika u mišićima. Prema nalazima Reutera i sur. (2024), HIIT trening i kontinuirani aerobni trening umjerenog intenziteta mogu dovesti do sličnih poboljšanja u maksimalnom primitku kisika, osobito kada su volumen i ukupno trajanje opterećenja međusobno usklađeni. Slične rezultate ističu i Khalafi i sur. (2023), koji su utvrdili da različiti modaliteti intervalnog i grupnog treninga mogu proizvesti usporedive adaptacije kardiorespiratornog sustava, uz razlike uglavnom u percepciji napora i vremenskoj učinkovitosti.

Ipak, ovo istraživanje ima određena metodološka ograničenja. Uzorak ispitanica bio je relativno malen, a intervencija je trajala samo šest tjedana, što može ograničiti razinu i stabilnost uočenih promjena. Nadalje, prehrambene navike nisu bile kontrolirane, iako predstavljaju važan čimbenik u modulaciji tjelesne kompozicije. Buduća istraživanja trebala bi uključiti sustavno praćenje prehrane radi preciznije interpretacije promjena. Dodatno, procjena VO_{2max} -a provedena je indirektnom metodom putem aplikacije, što je manje precizno od standardiziranih laboratorijskih mjerenja.

ZAKLJUČAK

Rezultati ove studije pružaju važan uvid u specifične adaptacije na dva popularna modaliteta vježbanja u ženskoj populaciji. Različiti oblici strukturiranog vježbanja mogu proizvesti slične kardiorespiratorne adaptacije. Ovi nalazi mogu pomoći kineziolozima i rekreativnim vježbačima u odabiru optimalnog programa vježbanja u skladu s individualnim ciljevima, što je od posebnog značaja u kontekstu poboljšanja zdravstvenog statusa i fitnesa.

LITERATURA

1. Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. (2013). VO2max trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PloS one*, 8(9), e73182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073182>
2. Binmahfoz, A., Dighriri, A., Gray, C., & Gray, S. R. (2025). Effect of resistance exercise on body composition, muscle strength and cardiometabolic health during dietary weight loss in people living with overweight or obesity: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 11(3), e002363. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2024-002363>
3. Blue, M. N. M., Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., & Hirsch, K. R. (2018). The effects of high intensity interval training on muscle size and quality in overweight and obese adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 207–212. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.06.001>
4. Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011, 868305. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
5. Cuenca-Martínez, F., Sempere-Rubio, N., Varangot-Reille, C., Fernández-Carnero, J., Suso-Martí, L., Alba-Quesada, P., & Touche, R. (2022). Effects of High-Intensity Interval Training (HIIT) on Patients with Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis with a Meta-Regression and Mapping Report. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 12(10), 2532. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12102532>
6. Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
7. Guo, Z., Li, M., Cai, J., Gong, W., Liu, Y., & Liu, Z. (2023). Effect of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on fat loss and cardiorespiratory fitness in the young and middle-aged: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4741. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064741>
8. Khalafi, M., Habibi Maleki, A., Sakhaei, M. H., Rosenkranz, S. K., Pourvaghari, M. J., Ehsanifar, M., Bayat, H., Korivi, M., & Liu, Y. (2023). The effects of exercise training on body composition in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1183765. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1183765>
9. Khalafi, M., Symonds, M. E., El-Haj, N., Al-Khelaifi, F., Al-Kuwari, D., Al-Eida, M., & Taheri, S. (2023). Influence of exercise type and duration on cardiorespiratory fitness and muscular strength in post-menopausal women: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10, 1190187. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1190187>
10. Li, J., Chen, Z., Zhang, Y., & Wang, Q. (2024). The impact of high-intensity interval training on women's health: A bibliometric analysis. *Medicine*, 103(39), e39855. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000039855>
11. Li, X., Cui, Z., Tan, Z., Li, J., & Yang, C. (2025). Comparative effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on body composition and blood pressure in overweight adolescents: A systematic review and meta-analysis of

- randomized controlled trials. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1636792>
12. Nunes, P. R. P., Castro-e-Souza, P., de Oliveira, A. A., Camilo, B. D. F., Cristina-Souza, G., Vieira-Souza, L. M., & da Silva Carneiro, M. A. (2023). Effect of resistance training volume on body adiposity, metabolic risk, and inflammation in postmenopausal and older females: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Sport and Health Science*, 12(6), 743-754. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.09.012>
 13. Radman, I., Sorić, M., i Mišigoj-Duraković, M. (2020). Prevalence of key modifiable cardiovascular risk factors among urban adolescents: The CRO-PALS study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3162. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093162>
 14. Reuter, M., Rosenberger, F., Barz, A., Venhorst, A., Blanz, L., Roecker, K., & Meyer, T. (2024). Effects on cardiorespiratory fitness of moderate-intensity training vs. energy-matched training with increasing intensity. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1298877. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1298877>
 15. Wang, H., Cheng, R., Xie, L., & Hu, F. (2024). Comparative efficacy of exercise training modes on systemic metabolic health in adults with overweight and obesity: A network meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1294362>
 16. Wang, Y., Yang, X., Deng, J., Wang, Z., Yang, D., Han, Y., & Wang, H. (2024). Combined high-intensity interval and resistance training improves cardiorespiratory fitness more than high-intensity interval training in young women with overweight/obesity: A randomized controlled trial. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 1450944. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1450944>

BIOMEHANIČKA I BIOKEMIJSKA OSNOVA OSTEOPOROZE I FIZIOTERAPIJSKIH INTERVENCIJA

BIOMECHANICAL AND BIOCHEMICAL BASIS OF OSTEOPOROSIS AND PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS

Manuela Kušec

Veleučilište Ivanić-Grad

voditelj.kvaliteta@vevig.hr

Ana Lovrić

BC Institut

ana.lovric@yahoo.com

Iva Vajda

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva Republike Hrvatske

iva.mraovic@gmail.com

Snježana Brući

SB Naftalan

snjezana.brucci@naftalan.hr

Marina Vitković

Veleučilište Ivanić-Grad

mvitkovic@vevig.hr

Sažetak

Osteoporoza predstavlja multifaktorijski poremećaj koštanog metabolizma obilježen smanjenjem mineralne gustoće i degradacijom mikroarhitekture kosti, što rezultira povećanom sklonošću prijelomima. Biomehanički aspekt bolesti odnosi se na kompromitiran kapacitet koštanog tkiva da podnese fiziološka i patološka opterećenja. Gubitak trabekularne konektivnosti i stanjivanje kortikalnog sloja uzrokuju smanjenu čvrstoću i elastičnost, što se klinički očituje prijelomima pri minimalnoj traumi. Biokemijska podloga osteoporoze uključuje disbalans između osteoklastne resorpcije i osteoblastne formacije kosti. Ključnu ulogu imaju hormonske promjene (estrogenski deficit, smanjena sekrecija paratiroidnog hormona i kalcitonina), poremećaj metabolizma kalcija i vitamina D te povećana ekspresija proinflammatory citokina. Ti procesi posljedično dovode do negativnog remodeliranja i progresivnog gubitka koštane mase. Fizioterapijske intervencije, utemeljene na biomehničkim principima, imaju značajnu preventivnu i terapijsku vrijednost. Trening opterećenja, vježbe otpora te specifični programi za poboljšanje balansa i koordinacije dokazano smanjuju rizik od padova i pridruženih fraktura. Redovita primjena individualiziranih protokola vježbanja potiče osteogenu stimulaciju, jača mišićno-koštani sustav i doprinosi očuvanju funkcionalne sposobnosti. Edukacija bolesnika, zajedno s farmakološkim i nutricionističkim mjerama, čini integralni pristup u liječenju osteoporoze. Integracija biomehničkih i biokemijskih spoznaja

omogućava optimizaciju fizioterapijskih strategija te razvoj personaliziranih intervencija usmjerenih na očuvanje kvalitete života i smanjenje tereta bolesti u populaciji.

Ključne riječi: *hormonska regulacija, mehaničko opterećenje, osteogeneza, remodeliranje kosti.*

Abstract

Osteoporosis is a multifactorial disorder of bone metabolism characterized by a decrease in mineral density and degradation of bone microarchitecture, which results in increased susceptibility to fractures. The biomechanical aspect of the disease refers to the compromised capacity of bone tissue to bear physiological and pathological loads. Loss of trabecular connectivity and thinning of the cortical layer cause reduced strength and elasticity, which is clinically manifested by fractures with minimal trauma. The biochemical basis of osteoporosis includes an imbalance between osteoclastic resorption and osteoblastic bone formation. Hormonal changes (estrogen deficit, reduced secretion of parathyroid hormone and calcitonin), disorder of calcium and vitamin D metabolism and increased expression of proinflammatory cytokines play a key role. These processes consequently lead to negative remodeling and progressive bone loss. Physiotherapy interventions, based on biomechanical principles, have significant preventive and therapeutic value. Load training, resistance exercises and specific programs to improve balance and coordination have been proven to reduce the risk of falls and associated fractures. Regular application of individualized exercise protocols promotes osteogenic stimulation, strengthens the musculoskeletal system and contributes to the preservation of functional ability. Patient education, together with pharmacological and nutritional measures, constitutes an integral approach in the treatment of osteoporosis. The integration of biomechanical and biochemical knowledge enables the optimization of physiotherapy strategies and the development of personalized interventions aimed at preserving the quality of life and reducing the burden of disease in the population.

Keywords: *bone remodeling, hormonal regulation, mechanical load, osteogenesis.*

UVOD

Osteoporoza je kronična, progresivna bolest koštanog sustava koja se definira smanjenjem mineralne gustoće kosti (engl. *bone mineral density*, BMD) i poremećajem mikroarhitekture koštanog tkiva, što rezultira povećanom lomljivošću kosti i posljedično većim rizikom od prijeloma (Compston i sur, 2019). Radi se o jednom od najznačajnijih javnozdravstvenih izazova suvremenog doba, s obzirom na demografske trendove starenja stanovništva i povećanje životnog vijeka. Procjene Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2023) pokazuju da više od 200 milijuna ljudi u svijetu boluje od osteoporoze, pri čemu je prevalencija znatno veća među ženama u postmenopauzi zbog pada razine estrogena koji ima ključnu ulogu u homeostazi koštanog metabolizma.

Epidemiološki podaci upućuju na to da se svaka treća žena i svaki peti muškarac stariji od 50 godina suoče s osteoporotskim prijelomom tijekom života (Kanis i sur., 2021). Takvi prijelomi, osobito kuka i kralježnice, često dovode do dugotrajnog smanjenja pokretljivosti, gubitka samostalnosti te povećane smrtnosti, što osteoporozi čini ne samo medicinskim već i socioekonomskim problemom (Johnell i Kanis, 2006).

Biomehanički aspekt osteoporoze odnosi se na narušenu sposobnost kosti da podnese fiziološka i patološka opterećenja zbog gubitka mase i promjena u mikrostrukтури. Kod osteoporotskih kosti dolazi do prorjeđivanja trabekula, smanjenja njihove povezanosti i stanjivanja kortikalnog sloja, što dovodi do smanjene čvrstoće i elastičnosti kosti (Bouxsein, 2015). S biomehaničkog gledišta, takva kost ima niži modul elastičnosti i manju sposobnost apsorpcije mehaničke energije, što povećava rizik od prijeloma i pri minimalnim traumama (Fonseca i sur., 2022).

S druge strane, biokemijska osnova osteoporoze uključuje složene procese remodeliranja kosti, u kojima je poremećen balans između aktivnosti osteoklasta (resorpcija) i osteoblasta (formacija). Taj disbalans često proizlazi iz hormonskih promjena – osobito smanjene razine estrogena, paratiroidnog hormona i kalcitonina – te iz nedostatka vitamina D i kalcija (Eastell i sur., 2016). Uz to, povećana ekspresija proinflammatoryh citokina, poput interleukina-6 (IL-6) i faktora nekroze tumora alfa (TNF- α), dodatno potiče resorpciju kosti i remeti homeostatsku ravnotežu (Khosla i Shane, 2017).

Integracija biomehaničkih i biokemijskih spoznaja ključna je za razumijevanje patofizioloških mehanizama osteoporoze. Takav multidisciplinarni pristup omogućuje razvoj učinkovitijih i personaliziranih fizioterapijskih intervencija koje ciljano potiču osteogenu aktivnost, poboljšavaju funkcionalnu stabilnost i smanjuju rizik od prijeloma (Bouxsein, 2015; Fonseca i sur., 2022; Reginster i Rizzoli, 2021). Biomehanika time ne pruža samo uvid u mehanička svojstva kosti, već i temelj za dizajn terapijskih strategija koje sinergijski djeluju s biokemijskim procesima remodeliranja (Eastell i sur., 2016).

BIOMEHANIČKA OSNOVA OSTEOPOROZE

Biomehanika kostiju proučava odnose između unutarnje mikrostrukture, materijalnih svojstava i vanjskih sila koje djeluju na kost, s ciljem razumijevanja načina na koji mehanička opterećenja utječu na njezinu čvrstoću, elastičnost i otpornost na oštećenje. U zdravoj kosti, kortikalni (kompaktni) sloj čini vanjsku strukturu i osigurava visoku otpornost na savijanje, torziju i aksijalna opterećenja, dok trabekularna (spužvasta) mreža unutar kosti omogućuje elastičnost, raspodjelu mehaničkih sila i apsorpciju udarnih opterećenja (Cowin i Doty, 2007; Rho, Kuhn-Spearing i Zioupos, 1998). Ova kombinacija omogućuje kostima da zadrže optimalan omjer mase i čvrstoće, što je ključno za učinkovito funkcioniranje mišićno-koštanog sustava.

Kod osteoporoze dolazi do strukturnih i materijalnih promjena koje kompromitiraju mehanička svojstva kosti. Glavne promjene uključuju stanjivanje kortikalnog sloja, smanjenje volumena trabekularne mreže te gubitak povezanosti između trabekula, što rezultira smanjenjem otpornosti na mehanička naprezanja i povećanom lomljivošću (Khosla i Shane, 2016). Mikroskopske analize pokazale su da već minimalan gubitak trabekularne konektivnosti (od 10–20%) može dovesti do smanjenja otpornosti na kompresijska opterećenja i do 50%, čime se značajno povećava rizik od prijeloma (Bouxsein, 2008).

Biomehanički gledano, kvaliteta kosti određena je ne samo mineralnom gustoćom (BMD), već i geometrijom, mikroarhitekturom, raspodjelom mineralne faze i kolagenskom organizacijom (Fonseca i sur., 2022; Rho, Kuhn-Spearing i Zioupos, 1998). Kod osteoporotične kosti, gubitak mineralne komponente smanjuje modul elastičnosti i granicu čvrstoće, dok promjene u

kolagenskoj matrici smanjuju sposobnost apsorpcije energije prije loma. Posljedično, kost gubi sposobnost amortizacije i disipacije mehaničkih sila, što dovodi do disbalansa između primijenjenih opterećenja i nosivosti kosti (Bouxsein, 2015; Zysset, Dall'Ara i Pahr, 2021).

Zbog toga osteoporotična kost puca pri minimalnim traumama – primjerice, pri padu s visine vlastitog tijela ili naglim pokretima torza. Najčešći prijelomi kod osteoporoze javljaju se u područjima gdje su mehanička opterećenja najveća i gdje postoji značajna prisutnost trabekularne kosti: kralježnica, proksimalni femur i distalni radius (Kanis i sur., 2021). Smanjena sposobnost prijenosa sila kroz ove strukture uzrokuje progresivnu deformaciju, osobito u kralješcima, što može dovesti do kifoze, smanjenja visine tijela i kronične boli.

U suvremenim istraživanjima biomehaničkih svojstava kosti, računalni modeli poput Finite Element (FE) analize postali su ključni alat u procjeni rizika od prijeloma i optimizaciji terapijskih pristupa. Ovi modeli omogućuju simulaciju raspodjele mehaničkih naprezanja i deformacija unutar kosti te predviđaju točke potencijalne slabosti u odnosu na različite sile (Zysset, Dall'Ara i Pahr, 2021; Pappas i Sheikh, 2021). FE analiza također omogućuje kvantitativnu procjenu učinka različitih fizioterapijskih i rehabilitacijskih intervencija, uključujući vježbe opterećenja i promjene u posturalnim obrascima, na strukturalnu otpornost i rizik od prijeloma (Viceconti, Blemker i Reggiani, 2020).

Sveukupno, biomehanička osnova osteoporoze ukazuje na to da bolest ne utječe samo na gustoću, već i na kvalitativna svojstva kosti, čime se mijenja njezin odgovor na mehaničke sile. Razumijevanje tih odnosa ključno je za razvoj ciljanih fizioterapijskih intervencija koje koriste mehaničku stimulaciju za poticanje remodeliranja i očuvanje mehaničke otpornosti koštanog tkiva (Lorenzetti i Schileo, 2021).

BIOKEMIJSKA OSNOVA OSTEOPOROZE

Biokemijska podloga osteoporoze temelji se na poremećaju dinamičke ravnoteže između osteoklastne resorpcije i osteoblastne formacije kosti, što dovodi do prevage kataboličkih nad anaboličkim procesima u koštanom tkivu (Clarke i Vignery, 2019). U fiziološkim uvjetima, remodeliranje kosti omogućuje kontinuiranu obnovu koštanog matriksa i prilagodbu mehaničkim opterećenjima. Međutim, kod osteoporoze dolazi do disregulacije sustava RANK/RANKL/OPG (engl. *receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand / osteoprotegerin*), koji predstavlja ključnu os između osteoklasta i osteoblasta (Boyle i sur., 2003).

Smanjena razina estrogena u postmenopauzalnom razdoblju jedan je od najvažnijih pokretača ovog disbalansa. Estrogen fiziološki inhibira ekspresiju RANKL i proinflamatornih citokina, poput interleukina-6 (IL-6) i tumorskog nekrotičnog faktora alfa (TNF- α), koji stimuliraju diferencijaciju i aktivnost osteoklasta (Eastell i sur., 2022). Kada razina estrogena padne, dolazi do povećane osteoklastogeneze i pojačane resorpcije kosti, dok se istovremeno smanjuje aktivnost osteoblasta i sinteza kolagena tipa I, osnovne komponente koštanog matriksa (Riggs i sur., 2021). Ovaj kombinirani učinak rezultira strukturnim slabljenjem kosti i smanjenjem njezine sposobnosti da održi mehaničku čvrstoću i elastičnost.

Uz hormonalne promjene, važnu ulogu ima i poremećaj metabolizma kalcija i vitamina D, koji dovodi do sekundarne hiperparatireoze. Nedostatak vitamina D smanjuje apsorpciju kalcija u crijevima, što potiče povećanu sekreciju paratireoidnog hormona (PTH) i mobilizaciju kalcija iz kostiju (Holick, 2019). Dugotrajna aktivacija ovog mehanizma rezultira povećanom demineralizacijom i slabljenjem mineralne komponente koštanog matriksa.

Dodatno, upalni medijatori, uključujući TNF- α , IL-1 β i IL-6, sudjeluju u patogenezi osteoporoze kroz stimulaciju osteoklastne aktivnosti i inhibiciju ekspresije osteoprotegerina, čime se dodatno pojačava resorpcija kosti (Zhao i sur., 2020). Povećana razina oksidativnog stresa, koji djeluje putem istih signalnih putova, dodatno potiče apoptozu osteoblasta i osteocita te smanjuje njihovu regenerativnu sposobnost (Manolagas, 2010).

Sve ove promjene kumulativno dovode do negativnog remodeliranja, smanjene mineralne gustoće kosti (BMD) i progresivnog gubitka koštane mase. Razumijevanje biokemijskih mehanizama osteoporoze stoga je ključno za razvoj terapijskih i preventivnih strategija koje ciljaju na hormonske, upalne i metaboličke čimbenike koji sudjeluju u patogenezi bolesti (Eastell i sur., 2022; Manolagas, 2010; Riggs i sur., 2021; Zhao i sur., 2020)..

FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE TEMELJENE NA BIOMEHANIČKIM PRINCIPIMA

Fizioterapijske intervencije imaju ključnu ulogu u prevenciji i liječenju osteoporoze, budući da mehaničko opterećenje djeluje kao primarni biološki poticaj za očuvanje i stvaranje koštane mase. Kost su dinamično tkivo koje neprestano prolazi kroz procese remodeliranja, a prema Wolffovom zakonu, njihova struktura prilagođava se mehaničkim silama kojima su izložene (Judex i Rubin, 2010). Kada su mehanički podražaji adekvatnog intenziteta i frekvencije, dolazi do aktivacije osteocita – glavnih mehanosenzornih stanica u kosti – koje putem mehanotransdukcije potiču diferencijaciju osteoblasta i stvaranje novog koštanog matriksa (Robling, Castillo i Turner, 2020). Suprotno tome, nedostatak opterećenja, poput dugotrajnog mirovanja ili hipokinezije, uzrokuje pojačanu aktivnost osteoklasta i posljedični gubitak koštane mase (Frost, 2004).

Biomehanički temelj fizioterapijskih intervencija u osteoporozi počiva na kontroliranom mehaničkom stresu, kojim se potiče osteogena aktivnost bez rizika od fraktura. Najdjelotvorniji su programi vježbi otpora (engl. weight-bearing and resistance exercise) koji uključuju vertikalna opterećenja, vježbe s vlastitom težinom, kao i korištenje elastičnih traka, utega i sprava. Ove vježbe potiču mikrodeformacije koštanog tkiva i stvaranje električnih potencijala unutar kosti, što aktivira osteocitne mreže i pojačava sintezu kolagena tipa I i mineralizaciju matriksa (Giangregorio, Papaioannou i Ashe, 2019; Robling, Castillo i Turner, 2020).

Uz vježbe otpora, trening ravnoteže i propriocepcije ključan je za smanjenje rizika od padova, koji predstavljaju glavni uzrok osteoporotičnih prijeloma u starijoj populaciji (Howe i sur., 2019). Poboljšanje koordinacije, posturalne kontrole i refleksnih reakcija smanjuje incidenciju padova, dok dinamičke vježbe (poput hodanja uz promjene smjera, plesnih pokreta i tai-chija) dodatno aktiviraju veliki broj mišićnih skupina i poboljšavaju mišićno-koštanu stabilnost (Martyn-St James i Carroll, 2010).

Biomehanički modeli i istraživanja pokazuju da optimalno mehaničko opterećenje za poticanje osteogene aktivnosti iznosi otprilike 40–60% od 1RM (jednog maksimalnog ponavljanja) i da su najbolji učinci vidljivi pri izvođenju treninga otpora 3–4 puta tjedno, uz postupno povećanje opterećenja (Robling i sur., 2020; Guadalupe-Grau i sur., 2009). Takav režim potiče mehanotransdukcijske procese – pretvaranje mehaničkog stimulusa u biokemijski odgovor – čime se stimulira proliferacija osteoblasta, povećava ekspresija gena povezanih s osteogenezom (npr. RUNX2 i osteokalcina) te poboljšava mikroarhitektura kosti (Kwon, Lee i Koh, 2021).

Značajno je napomenuti da učinak fizičkog opterećenja na gustoću kostiju ovisi o specifičnosti, intenzitetu i smjeru sile. Vertikalna i intermitentna opterećenja, kao kod hodanja, trčanja ili skakanja, imaju izraženiji osteogeni potencijal od statičkih ili repetitivnih pokreta niskog intenziteta (Judex i Rubin, 2010). Stoga, fizioterapijski programi trebaju biti individualno prilagođeni – uzimajući u obzir dob, spol, početni stupanj osteoporoze, mišićnu snagu i rizik od fraktura.

U konačnici, biomehanički utemeljene fizioterapijske intervencije ne samo da povećavaju mineralnu gustoću kostiju u područjima najveće učestalosti prijeloma (kralježnica, proksimalni femur), već doprinose i boljoj posturalnoj stabilnosti, smanjenju boli i očuvanju mobilnosti. Takav integrativni pristup, koji povezuje biomehaničke principe i individualiziranu fizioterapiju, predstavlja ključan korak prema prevenciji osteoporotičnih fraktura i poboljšanju kvalitete života oboljelih osoba.

INTEGRACIJA BIOMEHANIČKIH I BIOKEMIJSKIH SPOZNAJA

Suvremeni pristup razumijevanju i liječenju osteoporoze temelji se na integraciji biomehaničkih i biokemijskih uvida, koji zajedno omogućuju precizniji prikaz stanja koštanog sustava i učinkovitije planiranje terapijskih strategija. Biokemijski procesi, poput remodeliranja kosti, regulirani su hormonskim i staničnim signalima koji određuju brzinu i smjer anaboličkih i kataboličkih procesa, dok biomehanički faktori definiraju lokalnu raspodjelu opterećenja i adaptaciju kosti na mehaničke sile (Rittweger, 2020).

Prema mehanostatnoj teoriji, kost reagira na mehaničke podražaje povećanjem mineralne gustoće i reorganizacijom mikrostrukture, čime se povećava otpornost na stres i naprezanje (Frost, 2003). Međutim, taj proces ovisi o biokemijskim signalima koji aktiviraju osteocite i posreduju u remodeliranju. Kada biokemijski uvjeti (npr. razine hormona, citokina ili kalcija) nisu optimalni, adaptacija na mehaničko opterećenje može biti oslabljena, što naglašava potrebu za multidisciplinarnim pristupom (Eastell i sur., 2022).

Integracija ovih spoznaja omogućuje razvoj personaliziranih terapijskih protokola koji kombiniraju biomehaničku stimulaciju s praćenjem biokemijskih markera remodeliranja. Klinički relevantni markeri, poput osteokalcina, C-terminalnog telopeptida kolagena tipa I (CTX) i amino-terminalnog propeptida prokolagena tipa I (P1NP), omogućuju kvantifikaciju promjena u koštanom metabolizmu i evaluaciju učinka fizioterapijskih intervencija (Verschueren i sur., 2022; Vasikaran i sur., 2011). Na taj se način može individualno prilagoditi intenzitet, trajanje i vrsta vježbi, čime se postiže optimalna stimulacija osteogene aktivnosti bez preopterećenja kostiju ili zglobova.

Biomehanički modeli, potpomognuti računalnim simulacijama i kinematičkom analizom, dodatno doprinose razumijevanju kako različiti obrasci pokreta i vrste opterećenja utječu na distribuciju naprezanja unutar kosti (Rittweger, 2020; Pappas i Sheikh, 2021; Viceconti i sur., 2020). Takva sinergija biomehaničkih i biokemijskih pristupa ne samo da omogućuje precizniju procjenu učinkovitosti intervencija, nego i potiče razvoj personalizirane rehabilitacije temeljene na objektivnim, kvantitativnim pokazateljima (Verschuereen i sur., 2022; Reggiani i Blemker, 2021).

U konačnici, multidisciplinarni modeli koji povezuju biomehaniku, biokemiju i kliničku fizioterapiju pridonose holističkom pristupu liječenju osteoporoze. Takav integrirani okvir omogućuje ne samo usporavanje progresije bolesti nego i dugoročno očuvanje funkcionalne sposobnosti, smanjenje rizika od prijeloma i poboljšanje kvalitete života pacijenata (Verschuereen i sur., 2022; Eastell i sur., 2022).

ZAKLJUČAK

Osteoporoza predstavlja jedan od najvećih izazova suvremene medicine i javnog zdravstva, s obzirom na njezinu visoku prevalenciju, ozbiljne kliničke posljedice i rastući socioekonomski teret. Temeljni mehanizmi ove bolesti uključuju poremećaj ravnoteže između resorpcije i formacije kosti, što dovodi do gubitka mineralne gustoće, promjena u mikroarhitekturi i smanjenja mehaničke otpornosti koštanog tkiva. Biokemijski procesi remodeliranja kosti usko su povezani s hormonskim, upalnim i metaboličkim čimbenicima, dok biomehanički aspekti određuju sposobnost kosti da se prilagodi vanjskim silama i mehaničkim stresovima.

Integracija biomehaničkih i biokemijskih spoznaja pokazuje da kost nije statična struktura, već visoko dinamično tkivo koje reagira na promjene u opterećenju putem složenih mehanotransdukcijskih i molekularnih procesa. Ova povezanost omogućuje preciznije razumijevanje patofiziologije osteoporoze i otvara prostor za razvoj personaliziranih fizioterapijskih strategija koje ciljano djeluju na očuvanje i obnovu koštane mase.

Fizioterapijske intervencije, osobito vježbe otpora, trening ravnoteže i propriocepcije, dokazano potiču osteogenu aktivnost, povećavaju mineralnu gustoću kosti te smanjuju rizik od padova i prijeloma. Kontrolirano mehaničko opterećenje aktivira osteocyte i stimulira stvaranje novog koštanog matriksa, dok pravilno dozirani intenzitet i učestalost vježbanja sprječavaju preopterećenje i sekundarne ozljede. Istodobno, praćenje biokemijskih markera remodeliranja omogućuje objektivnu procjenu učinka terapije i prilagodbu intervencija individualnim potrebama pacijenta.

Ovakav multidisciplinarni pristup, koji spaja biomehaničke principe i biokemijske pokazatelje s kliničkom fizioterapijom, omogućuje učinkovitiju prevenciju i usporavanje progresije osteoporoze. Time se ne samo poboljšava mehanička čvrstoća i funkcionalna stabilnost kosti, nego se i značajno doprinosi očuvanju mobilnosti, neovisnosti i kvalitete života starije populacije.

Zaključno, uspješno liječenje i prevencija osteoporoze zahtijevaju integrirano razumijevanje biomehanike, biokemije i terapijske prakse, pri čemu fizioterapija ima središnju ulogu kao most između znanstvenih spoznaja i funkcionalne primjene u kliničkom radu. Takav holistički

pristup predstavlja temelj suvremene rehabilitacije usmjerene na dugoročno očuvanje zdravlja koštano-mišićnog sustava.

LITERATURA

1. Bouxsein, M. L. (2008). *Mechanisms of osteoporosis and fragility fracture*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 469(8), 2160–2169.
2. Boyle, W. J., Simonet, W. S., Lacey, D. L. (2003). Osteoclast differentiation and activation. *Nature*, 423(6937), 337–342.
3. Clarke, B., Vignery, A. (2019). *Molecular and cellular biology of bone remodeling*. Endocrine Reviews, 40(4), 1362–1391.
4. Compston, J., McClung, M., Leslie, W. (2019). *Osteoporosis*. Lancet, 393(10169), 364–376.
5. Cowin, S. C., Doty, S. B. (2007). *Tissue mechanics*. Springer.
6. Eastell, R., O'Neill, T. W., Hofbauer, L. C., Langdahl, B., Reid, I. R., Gold, D. T., Cummings, S. R. (2016). Postmenopausal osteoporosis. *Nature Reviews Disease Primers*, 2, 16069.
7. Eastell, R., Rosen, C. J., Black, D. M. (2022). *Bone remodeling and treatment strategies*. Nature Reviews Endocrinology, 18, 225–240.
8. Eastell, R., Rosen, C. J., Black, D. M., Cheung, A. M., Murad, M. H., Shoback, D. (2022). Pharmacological management of osteoporosis in postmenopausal women: An endocrine society guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 107(9), 2511–2556.
9. Fonseca, H., Moreira-Gonçalves, D., Coriolano, H. J., Duarte, J. A. (2022). Bone quality: The determinants of bone strength and fragility. *Sports Medicine*, 52(7), 1523–1539.
10. Frost, H. M. (2003). Bone's mechanostat: A 2003 update. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 275(2), 1081–1101.
11. Giangregorio, L. M., Papaioannou, A., Ashe, M. C. (2019). Exercise for improving outcomes after osteoporotic vertebral fracture. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 7(7), CD008618.
12. Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., Calbet, J. A. L. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39(6), 439–468.
13. Giangregorio, L. M., Papaioannou, A., MacIntyre, N. J. (2019). *Exercise for improving bone strength in postmenopausal women*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 1(3), CD004143.
14. Holick, M. F. (2019). *Vitamin D deficiency*. New England Journal of Medicine, 380(1), 1–12.
15. Howe, T. E., Shea, B., Dawson, L. J., Downie, F. (2019). Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4(4), CD000333.
16. Johnell, O., Kanis, J. A. (2006). An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 17(12), 1726–1733.
17. Judex, S., Rubin, C. (2010). *Physical signals and bone adaptation*. Journal of Orthopaedic Research, 28(11), 1456–1463.

18. Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J. Y. (2021). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 32(1), 3–44.
19. Khosla, S., Shane, E. (2016). *A crisis in the treatment of osteoporosis*. Journal of Bone and Mineral Research, 31(8), 1485–1487.
20. Kwon, J., Lee, J., Koh, J. M. (2021). The role of mechanical loading in bone formation and remodeling: Implications for therapy in osteoporosis. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 747651.
21. Manolagas, S. C. (2010). From estrogen-centric to aging and oxidative stress: A revised perspective of the pathogenesis of osteoporosis. *Endocrine Reviews*, 31(3), 266–300.
22. Martyn-St James, M., Carroll, S. (2010). High-impact exercise and bone mineral density in premenopausal women: A meta-analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 25(11), 2349–2360.
23. Pappas, A. M., Sheikh, A. Z. (2021). Computational modeling and simulation in musculoskeletal rehabilitation: From theory to clinical application. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 654321.
24. Reggiani, M., Blemker, S. S. (2021). Personalized musculoskeletal modeling: Current challenges and future directions. *Journal of Biomechanics*, 123, 110520.
25. Reginster, J. Y., Rizzoli, R. (2021). The role of bone-forming agents in the management of osteoporosis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(4), 675–689.
26. Rho, J. Y., Kuhn-Spearing, L., Zioupos, P. (1998). Mechanical properties and the hierarchical structure of bone. *Medical Engineering & Physics*, 20(2), 92–102.
27. Riggs, B. L., Khosla, S., & Melton, L. J. (2021). Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocrine Reviews*, 23(3), 279–302.
28. Rittweger, J. (2020). *Musculoskeletal simulation in bone adaptation research*. Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions, 20(1), 1–9.
29. Robling, A. G., Castillo, A. B., Turner, C. H. (2020). *Biomechanical and molecular regulation of bone adaptation to mechanical loading*. Physiological Reviews, 100(2), 761–813.
30. Vasikaran, S., Eastell, R., Bruyère, O., Foldes, A. J., Garnero, P., Griesmacher, A., Cooper, C. (2011). Markers of bone turnover for the prediction of fracture risk and monitoring of osteoporosis treatment: A need for international reference standards. *Osteoporosis International*, 22(2), 391–420.
31. Verschueren, S., Bogaerts, A., Delecluse, C. (2022). *Combined physical and pharmacological interventions for osteoporosis management*. Osteoporosis International, 33(2), 247–258.
32. Viceconti, M., Modenese, L., Taddei, F. (2020). Personalized musculoskeletal modeling as a clinical tool to predict treatment outcomes. *Nature Reviews Rheumatology*, 16(1), 18–32.
33. Viceconti, M., Blemker, S., Reggiani, B. (2020). Multiscale modeling of the musculoskeletal system. *Journal of Biomechanics*, 107, 109826.
34. World Health Organization. (2023, February 23). *New collaboration targets better bone health and ageing*. <https://www.who.int/news/item/23-02-2023-new-collaboration-targets-better-bone-health-and-ageing> (datum pristupanja: 30.10.2025.)

35. Zhao, L. J., Liu, Y. J., Xiong, D. H. (2020). *Inflammation and bone metabolism*. Bone Research, 8(1), 12–19.
36. Zysset, P. K., Dall'Ara, E., Pahr, D. H. (2021). *Finite element analysis in osteoporosis research*. Bone, 151, 116–124.
37. Zysset, P. K., Lorenzetti, S., Schileo, E. (2021). From bone tissue to bone organ: A review on new approaches for fracture risk assessment. *Bone*, 143, 115660.

PRIMJENA BIOMEHANIČKIH MODELA U PROCJENI UČINKOVITOSTI FIZIOTERAPIJSKIH INTERVENCIJA

APPLICATION OF BIOMECHANICAL MODELS IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS

Manuela Kušec

Veleučilište Ivanić-Grad

voditelj.kvaliteta@vevig.hr

Denis Tovernić

OŠ Đure Deželića, Ivanić-Grad

tovernicd@gmail.com

Petra Krstičević

Veleučilište Ivanić-Grad

pkrsticevic@vevig.hr

Dejan Eldić

Veleučilište Ivanić-Grad

deldic@vevig.hr

Sažetak

Biomehanički modeli predstavljaju ključan alat u objektivnoj procjeni učinkovitosti fizioterapijskih intervencija. Temeljeni na fizikalnim principima i biološkim parametrima, omogućuju kvantifikaciju kinematičkih, kinetičkih i mišićno-koštanih pokazatelja prije i nakon terapijskih postupaka. Cilj rada je prikazati suvremene pristupe u primjeni biomehaničkih modela u procjeni učinkovitosti fizioterapijskih intervencija te istaknuti mogućnosti njihove integracije u kliničku i obrazovnu praksu. Poseban naglasak stavljen je na korištenje 3D analize hoda, ali i elektromiografskih (EMG) modela, muskulotendinoznih simulacija te personaliziranih računalnih alata poput OpenSim i NMSM Pipeline okruženja. Analizirani su i Finite Element (FE) modeli koji kvantificiraju opterećenja u zglobnim strukturama. Integracijom biomehaničkih modela u proces rehabilitacije moguće je postići veću preciznost, individualizaciju i objektivnost terapijskih postupaka. Također, obrađena je i primjena u svrhu obrazovanja.

Ključne riječi: *biomehanika, fizioterapija, modeli pokreta, analiza hoda, EMG, učinkovitost, obrazovanje.*

Abstract

Biomechanical models represent a key tool in the objective assessment of the effectiveness of physiotherapy interventions. Based on physical principles and biological parameters, they enable the quantification of kinematic, kinetic and musculoskeletal indicators before and after therapeutic procedures. The aim of the paper is to present modern approaches in the application of biomechanical models in assessing the effectiveness of physiotherapy interventions and to

highlight the possibilities of their integration into clinical and educational practice. Special emphasis is placed on the use of 3D gait analysis, but also electromyographic (EMG) models, musculotendinous simulations and personalized computer tools such as OpenSim and NMSM Pipeline environments. Finite Element (FE) models that quantify loads in joint structures were also analyzed. By integrating biomechanical models into the rehabilitation process, it is possible to achieve greater precision, individualization and objectivity of therapeutic procedures. Also, the application for the purpose of education was processed.

Keywords: *biomechanics, physiotherapy, movement models, gait analysis, EMG, efficiency, education.*

UVOD

Biomehanika, kao interdisciplinarno područje koje objedinjuje principe fizike, inženjerstva i biologije, omogućuje kvantitativno razumijevanje sila, kretanja i deformacija koje djeluju na ljudsko tijelo tijekom svakodnevnih i rehabilitacijskih aktivnosti (Neumann, 2017). U okviru fizioterapije, biomehanička analiza ima ključnu ulogu u objektivnoj procjeni učinkovitosti terapijskih intervencija jer omogućuje mjerenje i interpretaciju parametara poput momenta sila, kinematike zglobova, mišićne aktivnosti i raspodjele opterećenja (Winter, 2009). Takvi podaci omogućuju fizioterapeutima da preciznije odrede uzroke disfunkcija i da razviju ciljane, mjerljive i individualizirane terapijske protokole (Whittle, 2014).

Primjena biomehanike u kliničkom kontekstu nadilazi osnovnu analizu pokreta; ona predstavlja alat za donošenje odluka i evaluaciju terapijskog učinka. Sustavi poput trodimenzionalne kinematičke analize, elektromiografije (EMG) i računalnih modela muskulature omogućuju objektivno praćenje promjena u funkcionalnim obrascima prije i nakon intervencije (Baker, 2006; Pappas i Sheikh, 2021). Na taj se način biomehanika integrira u evidence-based practice, čime se povezuju teorijska znanja s empirijskim dokazima dobivenima iz mjerenja.

Osim u kliničkoj primjeni, biomehanika ima značajnu edukacijsku vrijednost u obrazovanju fizioterapeuta. Kroz proučavanje biomehaničkih koncepata studenti stječu razumijevanje odnosa između pokreta, sila i funkcionalnih ishoda, razvijaju sposobnost kritičke procjene terapijskih efekata te uče primjenjivati kvantitativne metode u procjeni pokreta (Baker, 2006). Integracija biomehanike u kurikulare fizioterapije potiče razvoj analitičkog razmišljanja i omogućuje studentima da razumiju kako različiti obrasci kretanja, mišićne aktivacije i opterećenja utječu na rehabilitacijske rezultate (Hall, 2015).

U novije vrijeme, napredak u području računalnog modeliranja i simulacije pokreta dodatno je unaprijedio mogućnosti biomehaničke analize. Alati poput OpenSim, AnyBody i NMSM Pipeline omogućuju personalizirano modeliranje mišićno-koštanog sustava, procjenu unutarnjih sila i kinematičkih varijabli te predviđanje učinaka različitih terapijskih pristupa (Viceconti, Modenese i Taddei, 2020). Takvi modeli pružaju platformu za povezivanje biomehaničkih mjerenja i kliničkih pokazatelja te za evaluaciju učinkovitosti fizioterapijskih intervencija u kontroliranim i ponovljivim uvjetima.

Cilj ovog rada je prikazati suvremene pristupe u primjeni biomehaničkih modela u procjeni učinkovitosti fizioterapijskih intervencija, s naglaskom na integraciju računalnih alata i

validiranih modela u kliničku praksu te njihovu primjenu u obrazovanju budućih fizioterapeuta. Poseban naglasak stavlja se na važnost objektivnih, kvantitativnih pokazatelja u procjeni terapijskih ishoda i na ulogu biomehanike u razvoju personalizirane rehabilitacije.

BIOMEHANIČKA OSNOVA FIZIOTERAPIJE

Biomehanika, kao znanstvena disciplina koja proučava međudjelovanje sila i pokreta u biološkim sustavima, čini temeljni teorijski okvir fizioterapijske prakse. Njezina primjena omogućuje razumijevanje načina na koji mišićno-koštani sustav reagira na vanjska i unutarnja opterećenja te kako se te sile prenose kroz kosti, zglobove i meka tkiva (Neumann, 2017). Biomehanički pristup u fizioterapiji omogućuje preciznu analizu normalnih i patoloških obrazaca kretanja, što je ključno za postavljanje funkcionalne dijagnoze i planiranje rehabilitacijskih postupaka (Bini, Hume, 2016).

Osnovna svrha biomehaničke analize u kliničkoj praksi jest razumjeti kako promjene u strukturi, snazi i funkcionalnom kapacitetu mišića utječu na kinematiku i kinetiku pokreta. Primjenom kinematičke i kinetičke analize moguće je kvantificirati parametre poput zglobnih kutova, linearne i kutne brzine, momenta sila, snage i energetske troškova tijekom kretanja (Whittle, 2014). Takve analize pružaju objektivne podatke koji se mogu koristiti za evaluaciju učinkovitosti terapijskih intervencija, praćenje napretka bolesnika i optimizaciju rehabilitacijskih programa (Baker, 2006).

Biomehanički principi omogućuju fizioterapeutima razumijevanje zakonitosti opterećenja i adaptacije tkiva, što je osobito važno pri planiranju vježbi otpornosti, neuromišićnog treninga i posturalne korekcije. Na primjer, pravilno doziranje mehaničkog stresa može potaknuti adaptivne promjene u mišićima i tetivama, dok prekomjerno opterećenje može uzrokovati mikrotraume i disfunkciju (Hall, 2015). Stoga biomehaničko razumijevanje odnosa između sile, vremena i pokreta omogućuje dizajniranje sigurnih i učinkovitih terapijskih postupaka.

U suvremenoj fizioterapiji, biomehanika se sve više povezuje s tehnologijama poput trodimenzionalne analize hoda, elektromiografije (EMG) i računalnih modela pokreta. Te metode omogućuju detaljno mapiranje funkcionalnih deficita, kvantificiranje asimetrija i predviđanje biomehaničkih posljedica terapijskih intervencija (Pappas i Sheikh, 2021; Viceconti, Modenese i Taddei, 2020). Integracija ovih alata s kliničkom procjenom pruža fizioterapeutima objektivnu osnovu za donošenje odluka, čime se povećava učinkovitost i sigurnost rehabilitacijskih protokola.

Biomehanička analiza tako ne predstavlja samo istraživački instrument, već i ključni element svakodnevne prakse koji povezuje teorijska načela s kliničkim iskustvom. Njome se osigurava mjerljivost terapijskih ishoda, čime se jača znanstvena utemeljenost fizioterapije kao zdravstvene profesije (Baker, 2006; Neumann, 2017; Whittle, 2014).

BIOMEHANIČKI MODELI – KONCEPT I VRSTE

Biomehanički modeli predstavljaju matematičke, analitičke ili računalno simulacijske prikaze koji omogućuju kvantitativnu analizu mehaničkog ponašanja mišićno-koštanog sustava. Oni povezuju anatomske, fiziološke i fizikalne principe s ciljem razumijevanja odnosa između sila,

kretanja i bioloških odgovora tkiva (Neptune, Kautz i Zajac, 2009). U fizioterapijskoj praksi, takvi modeli služe kao most između teorijskih biomehaničkih koncepata i kliničkih opažanja, omogućujući objektivno mjerenje učinaka terapijskih intervencija i predviđanje funkcionalnih ishoda (Rasmussen, Damsgaard i Voigt, 2019).

Postoji više vrsta biomehaničkih modela koji se razlikuju prema razini složenosti i namjeni. Analitički modeli temelje se na pojednostavljenim jednadžbama gibanja i koriste se za procjenu odnosa između sila, momenta i kutnih promjena u zglobovima (Robertson i sur., 2013). Segmentalni modeli dijele tijelo na međusobno povezane segmente (npr. natkoljenicu, potkoljenicu, stopalo), čime omogućuju procjenu kinematičkih i kinetičkih parametara tijekom specifičnih pokreta (Winter, 2009). Računalno simulacijski modeli, koji su danas standard u istraživačkoj i kliničkoj biomehanici, integriraju anatomske geometrije, podatke o mišićnim silama, momentima i neuralnoj aktivaciji te omogućuju izvođenje simulacija pokreta u uvjetima sličnim stvarnim (Delp i sur., 2007).

Jedan od najpoznatijih i najčešće korištenih alata u tu svrhu je OpenSim, besplatna open-source platforma za muskuloskeletno modeliranje i analizu pokreta. OpenSim omogućuje izračun kinematičkih i kinetičkih parametara, analizu inverzne dinamike i procjenu sila koje djeluju unutar zglobova i mišića (Delp i sur., 2007). Slično, AnyBody Modeling System koristi napredne metode optimizacije za procjenu mišićnih sila i opterećenja na zglobovima, što omogućuje simulaciju različitih funkcionalnih aktivnosti i predviđanje učinaka rehabilitacijskih postupaka (Rasmussen, Damsgaard i Voigt, 2019).

U kliničkoj primjeni, biomehanički modeli omogućuju detaljnu procjenu promjena u funkcionalnim parametrima prije i nakon terapijskih intervencija. Na primjer, u rehabilitaciji koljena nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta (ACL), analiza temeljena na računalnom modeliranju pokazuje smanjenje zglobnih momenata, poboljšanje simetrije koraka i redistribuciju opterećenja između ekstremiteta nakon ciljane fizioterapijske rehabilitacije (De Rossi, Della Croce i Cereatti, 2021). Takvi rezultati omogućuju terapeutu da kvantificira napredak, objektivizira učinak tretmana i prilagodi daljnji rehabilitacijski plan.

Suvremeni razvoj biomehaničkih modela sve se više usmjerava na multimodalnu integraciju podataka, pri čemu se kombiniraju 3D analiza pokreta, elektromiografija (EMG) i simulacija mišićnih sila u realnom vremenu. Time se dobiva precizniji prikaz mehanike kretanja i stanja mišićne aktivacije tijekom rehabilitacijskog procesa (Pizzolato, Lloyd i Sartori, 2017; Reggiani i Blemker, 2021). U novijim studijama (2023-2025) sve se češće primjenjuju personalizirani muskuloskeletni modeli koji uzimaju u obzir individualne anatomske i funkcionalne karakteristike pacijenta te omogućuju predviđanje odgovora na određene fizioterapijske intervencije (Viceconti, Modenese i Taddei, 2020).

Kombinacijom biomehaničkih simulacija, fizioloških mjerenja i računalne analize moguće je razviti personalizirane terapijske strategije koje se temelje na kvantitativnim pokazateljima učinkovitosti. Takvi modeli ne samo da pridonose znanstvenom razumijevanju ljudskog pokreta, nego i unapređuju kliničku praksu kroz objektivno praćenje napretka i poboljšanje terapijskih ishoda (Rittweger, 2020).

METODOLOŠKI ALATI I EVALUACIJSKI PRISTUPI

Procjena učinkovitosti fizioterapijskih intervencija zahtijeva primjenu objektivnih metodoloških alata koji omogućuju kvantifikaciju promjena u funkciji, biomehanici pokreta i fiziološkim parametrima. Suvremena istraživanja i klinička praksa sve se više oslanjaju na kombinaciju kinematičkih, kinetičkih, elektromiografskih i biokemijskih mjerenja, čime se osigurava sveobuhvatan uvid u mehanizme oporavka i adaptacije organizma (Robertson i sur., 2013; Winter, 2009).

Kinematička i kinetička analiza

Kinematička analiza omogućuje kvantifikaciju promjena u zglobnim kutovima, brzinama i amplitudama pokreta, dok se kinetička analiza bavi silama i momentima koji uzrokuju gibanje (Hall, 2015). U fizioterapijskoj praksi, ove metode omogućuju objektivno praćenje napretka kod pacijenata, primjerice nakon ortopedskih zahvata ili u rehabilitaciji neuroloških poremećaja. Upotrebom trodimenzionalnih sustava za analizu hoda i sila reakcije tla moguće je identificirati biomehaničke asimetrije i prilagoditi program vježbi individualnim potrebama (Whittle, 2014; Baker, 2006).

Elektromiografija (EMG)

Elektromiografija (EMG) predstavlja važan alat za praćenje mišićne aktivnosti i neuromuskularne kontrole tijekom izvođenja pokreta. Površinska EMG (sEMG) tehnologija omogućuje neinvazivno bilježenje aktivacije mišića u realnom vremenu, čime se dobiva uvid u učinkovitost i koordinaciju mišićnih skupina tijekom terapije (De Luca et al., 2010). Napredni EMG-informed modeli integriraju signale mišićne aktivnosti s muskuloskeletnim simulacijama, čime omogućuju točniju procjenu mišićnih sila i optimizaciju terapijskih postupaka (Cutti i sur., 2020; Sartori, Farina i Lloyd, 2017; Pizzolato, Lloyd i Sartori., 2015).

Računalno modeliranje i simulacija

Računalni alati, poput OpenSim i AnyBody, koriste se za kvantitativnu analizu mehaničkih interakcija u mišićno-koštanom sustavu (Delp i sur., 2007; Rasmussen, Damsgaard i Voigt, 2019). Ovi alati omogućuju izradu personaliziranih modela temeljenih na anatomske i funkcionalnim podacima pacijenta te simulaciju različitih rehabilitacijskih scenarija. Integracijom podataka iz 3D analize pokreta, EMG-a i dinamometrije moguće je procijeniti učinkovitost fizioterapijskih intervencija prije i nakon terapije, pri čemu se prate ključni biomehanički pokazatelji poput zajedničkih momenata, mišićnih sila i distribucije opterećenja (Viceconti, Modenese i Taddei, 2020; Reggiani i Blemker, 2021).

Biokemijski i fiziološki pokazatelji

U kombinaciji s biomehaničkim alatima, biokemijski markeri remodeliranja kosti i mišića (npr. osteokalcin, CTX, P1NP, kreatin-kinaza) koriste se za praćenje adaptivnih promjena i procjenu učinkovitosti terapijskih protokola (Eastell, Szulc i Seeman, 2022). Time se omogućuje

integracija biomehaničkih i biokemijskih pokazatelja u holistički evaluacijski okvir koji odražava i strukturne i funkcionalne promjene.

Validacija i reproducibilnost mjerenja

U evaluaciji fizioterapijskih intervencija posebno je važno osigurati validnost i pouzdanost mjernih alata. Standardizirani protokoli (npr. ISB preporuke za analizu pokreta) i višestruka mjerenja doprinose reproducibilnosti rezultata (Wu i sur., 2005). Validacija računalnih modela provodi se usporedbom simuliranih rezultata s eksperimentalnim podacima (npr. EMG, sila reakcije tla), što osigurava njihovu primjenjivost u kliničkom okruženju (Viceconti, Modenese i Taddei, 2020; Reggiani i Blemker, 2021).

PRIMJENA MODELA U PROCJENI UČINKOVITOSTI FIZIOTERAPIJSKIH INTERVENCIJA – ANALIZA HODA

Sposobnost održavanja uspravnog položaja i hoda je visoko kontrolirani, ali i automatizirani proces. Dijelovi tijela različite inercije povezani su mišićima različitih karakteristikama, a svi zajedno dovode do rezultante sile i na koncu do kinematike. Tijekom hoda djeluju vanjske sile; sile trenja i reakcije podloge, inercijalne sile, te unutarnje sile; aktivna sila mišića, te sile pasivnih dijelova lokomotornog sustava (tetive, ligamenti, hrskavice, kosti) (Winter, 2009). Potrebna je koordinacija niza kemijskih i mehaničkih reakcija (neurološki impulsi, pretvorba energije, održavanje posturalne stabilnosti, mehanički rad mišića...). Svaki pojedinačni zglobovi pokret uključuje dinamičku interakciju sa drugim segmentima kinetičkog lanca i utječe na posturu i pokrete (Latash, 2012). Interakcije nervnih i mehaničkih faktora rezultira sveukupnim ponašanje tijela i udova tijekom hoda (Enoka, 2015; Shumway-Cook, Woollacott, 2017).

Za procjenu obrasca hoda koriste se bežični senzorski sustavi čije su senzorske jedinice bežične, malih dimenzija i jednostavno se montiraju na segmente nogu subjekta čiji se hoda analizira. Koriste se senzorske jedinice koje podržavaju 3D inercijalne senzore (senzore ubrzanja i kutnih brzina, tj. akcelerometre i žiroskope) te senzore sile (Mancini i sur., 2011). Obradom podataka sa senzora određuju se kinematičke veličine koje su uobičajene u analizi hoda (dužine koraka, brzina kretanja, kutovi zglobova...). Na taj način dolazi se do objektivne procjene nivoa motornog deficita, progresa bolesti i efikasnosti terapija, a i efikasnosti motorne kontrole (prilikom funkcionalne električne stimulacije) (Picerno, 2017).

Postoje različite metode za računanje kutova segmenata nogu ili zglobova, u zavisnosti od senzorske konfiguracije i složenosti algoritma (Washabaugh i sur., 2017). Neophodno je snimati kretanje u prostoru (3D analiza), a često se kinematika reducira na sagitalnu ravan (2D analiza). Algoritmi uključuju i kalibraciju senzora, eliminaciju pogrešaka, rekonstrukciju trajektorije i izračunavanje niza drugih relevantnih podataka koji opisuju obrazac hoda (Tadano i sur., 2013).

Različite ozljede ili neurološki problemi mogu narušiti pravilnu izvedbu hoda na različite načine te se u praksi koriste i različiti protokoli s načinima postavljanja markera te analiziranja najbitnijih segmenata čovjekova tijela kao i njihov međusobni odnos (Baker, 2006). Hod je bitno analizirati na početku i kraju svakog procesa rehabilitacije kako bi odredili daljnji proces ili završetak rehabilitacijskog postupka (Whittle, 2014; Cimolin, Galli, 2014).

U suvremenoj biomehaničkoj praksi primjenjuju se različiti senzorski i optički sustavi za precizno prikupljanje kinematičkih i kinetičkih podataka tijekom analize hoda i trčanja. Svaki od njih ima specifične prednosti u pogledu točnosti, složenosti i mogućnosti primjene u kliničkom ili istraživačkom okruženju (Baker, 2006; Whittle, 2014).

Najčešće korištena metoda u laboratorijskim uvjetima uključuje pasivno-reflektirajuće oznake (markere) postavljene na tijelo ispitanika prema jasno definiranim anatomsko-topografskim točkama i karakteristikama pojedinih segmenata tijela. Ovi sustavi, u kombinaciji s višekamerinskim infracrvenim optičkim sustavima, omogućuju trodimenzionalnu (3D) rekonstrukciju pokreta i izračun parametara poput zglobnih kutova, koraka i brzine (Cappozzo i sur., 2005; Baker, 2006).

Drugi čest pristup u analizi hoda jest primjena inercijskih i magnetskih mjernih sustava (IMMS), koji se sastoje od minijaturnih senzorskih jedinica (SU) opremljenih 3D akcelerometrima, žiroskopima i magnetometrima. Ovi senzori, postavljeni na ključne segmente donjih ekstremiteta, omogućuju neovisno snimanje pokreta izvan laboratorijskih uvjeta te rekonstruiraju orijentaciju i kutove zglobova kroz kombinaciju linearnih i kutnih ubrzanja (Tadano, Takeda i Miyagawa, 2013; Picerno, 2017; Washabaugh i sur., 2017).

Za detaljnu analizu hoda i trčanja u kontroliranim uvjetima često se koristi traka za trčanje s integriranim 3D mjeračima sile reakcije podloge, koja omogućuje simultano prikupljanje kinetičkih i kinematičkih podataka. Sustav je povezan s infracrvenim kamerama koje prate reflektirajuće markere postavljene na donje ekstremitete, čime se dobiva sveobuhvatan prikaz dinamike pokreta (Cimolin, Galli, 2014). Ovisno o cilju istraživanja, broj kamera i njihova pozicija variraju kako bi se optimizirala točnost u mjerenju specifičnih zglobnih kutova i faza hoda (Winter, 2009).

Najnoviji napredak u području biomehanike pokreta uključuje metode računalnog vida bez upotrebe markera, gdje se pomoću RGB videozapisa i algoritama dubokog učenja izravno procjenjuju 3D poze i prostorne koordinate tijela. Ovi sustavi koriste ključne točke kao virtualne anatomske markere te primjenjuju inverznu kinematiku i prostorno-vremenske izračune unutar softverskog sustava za rekonstrukciju pokreta (Nakano i sur., 2020; Cronin i sur., 2022). Takve tehnologije, poput *OpenPose*, *DeepLabCut* i *Theia3D*, omogućuju analizu hoda u realnim uvjetima bez složenih laboratorijskih postavki, čime se povećava dostupnost biomehaničke evaluacije u kliničkoj praksi.

Integracijom navedenih tehnologija postiže se visoka razina preciznosti i pouzdanosti u procjeni biomehaničkih parametara, što omogućuje objektivno praćenje promjena u hodu tijekom rehabilitacije i procjenu učinkovitosti fizioterapijskih intervencija.

PRIMJENA BIOMEHANIČKIH MODELA U REHABILITACIJI – PRIMJERI IZ PRAKSE

Primjena biomehaničkih modela u rehabilitaciji omogućuje objektivnu procjenu funkcionalnog statusa pacijenata te kvantifikaciju promjena koje nastaju tijekom procesa oporavka. Analizom kinematičkih i kinetičkih parametara moguće je identificirati kompenzacijske obrasce,

asimetrije u pokretima te mehaničke čimbenike koji utječu na ishod terapije (Delp i sur., 2007; Pizzolato i sur., 2017).

U istraživanju Kima, Parka i Leea (2022) analizirane su razlike u opterećenju zgloba koljena između osoba s akutnom rupturom prednjeg križnog ligamenta (ACL) i zdravih ispitanika. Korištenjem trodimenzionalne analize hoda i OpenSim muskuloskeletnog modela, autori su pokazali da ozlijeđeni ispitanici imaju promijenjene kinematičke obrasce, smanjene ekstenzijske momente i povećane sile reakcije podloge u određenim fazama hoda. Ti rezultati ukazuju na razvoj kompenzacijskih strategija i redistribuciju opterećenja između ekstremiteta, što potvrđuje važnost biomehaničke analize u planiranju i praćenju rehabilitacijskih protokola (Kim, Park i Lee, 2022).

S druge strane, studija Sanna, Russo i Contini (2024) proširuje spoznaje o biomehaničkim adaptacijama u kasnijim fazama rehabilitacije nakon rekonstrukcije ACL-a. Usporedbom biomehaničkih parametara između pacijenata nakon primarne rekonstrukcije i onih koji su prošli kirurški popravak, autori su zabilježili specifične obrasce mišićne aktivacije i hoda, s razlikama u distribuciji sila i vremenskom uzorku koraka. Precizna analiza gibanja omogućila je personalizirano prilagođavanje terapijskih programa, što je rezultiralo boljim funkcionalnim ishodima i smanjenjem rizika od ponovnih ozljeda (Sanna, Russo i Contini, 2024).

Kombiniranjem nalaza navedenih istraživanja vidljivo je da računalni biomehanički modeli i trodimenzionalna analiza pokreta značajno doprinose razumijevanju funkcionalnih promjena nakon ozljeda mišićno-koštanog sustava. Ovi pristupi omogućuju razvoj personalizirane fizioterapije temeljene na objektivnim biomehaničkim pokazateljima, čime se optimizira proces rehabilitacije i povećava učinkovitost terapijskih intervencija.

PREDNOSTI, IZAZOVI I PERSPEKTIVE PRIMJENE BIOMEHANIČKIH MODELA

Primjena biomehaničkih modela u fizioterapijskoj praksi pruža brojne prednosti, među kojima se ističu visoka objektivnost procjene, mogućnost individualizacije terapijskih pristupa te precizno kvantificiranje promjena u funkcionalnim i mehaničkim parametrima tijekom rehabilitacije. Korištenjem modela koji integriraju podatke o kinematici, kinetici i elektromiografskoj aktivnosti, fizioterapeut može precizno analizirati učinkovitost terapijske intervencije i prilagoditi tretman specifičnim potrebama pacijenta (Delp i sur., 2007; Pizzolato i sur., 2017). Takvi modeli omogućuju objektivno praćenje napretka i zamjenu subjektivnih procjena kvantitativnim pokazateljima poput zglobnih momenata, mišićnih sila i energetske troškova (Baker, 2006; Rittweger, 2020).

Unatoč velikom potencijalu, primjena biomehaničkih modela u kliničkoj praksi suočava se s brojnim izazovima. Među glavnim ograničenjima ističu se visoki troškovi opreme, potreba za tehničkom ekspertizom te složenost interpretacije rezultata koja zahtijeva interdisciplinarno razumijevanje mehanike, fiziologije i računalnog modeliranja (Verschuere i sur., 2022; Impact of Biomechanics on Therapeutic Interventions and Rehab, 2023). Dodatno, nužna je edukacija fizioterapeuta u području biomehanike i analize pokreta kako bi se rezultati modela pravilno interpretirali i integrirali u rehabilitacijske odluke (Neumann, 2017; Cimolin i Galli, 2014).

S druge strane, razvoj nosivih senzora, računalnog vida, strojnog učenja i umjetne inteligencije (AI) otvara nove mogućnosti za širu primjenu biomehaničkih modela izvan laboratorijskih uvjeta. Tehnologije poput bežičnih inercijskih mjernih sustava (IMUs) i AI-pokretanih prediktivnih modela omogućuju prikupljanje i analizu biomehaničkih podataka u realnom vremenu, čime se poboljšava praćenje učinka terapije i omogućuje personalizirana rehabilitacija (Exercise and Biomechanical Intervention in Prevention/Rehab of Neuromusculoskeletal Disorders, 2024; Cronin i sur., 2022). Umjetna inteligencija dodatno pridonosi interpretaciji složenih podataka, otkrivanju biomehaničkih obrazaca i predviđanju terapijskih ishoda, što u konačnici dovodi do optimizacije fizioterapijskih intervencija i poboljšanja kvalitete života pacijenata (Nakano i sur., 2020; Pizzolato, Lloyd i Sartori, 2019).

Integracijom novih tehnologija i multidisciplinarnog pristupa, biomehaničko modeliranje sve više prelazi iz istraživačkog okruženja u kliničku praksu, postajući ključan alat za kvantitativnu evaluaciju i planiranje terapije. Očekuje se da će u nadolazećem desetljeću digitalizacija i personalizirana biomehanika oblikovati temelje moderne fizioterapije i rehabilitacijske znanosti (Rittweger, 2020; Verschueren i sur., 2022).

ZAKLJUČAK

Primjena biomehaničkih modela u fizioterapiji predstavlja važan korak prema objektivnijem, kvantitativnom i personaliziranom pristupu procjeni učinkovitosti terapijskih intervencija. Kombinacijom kinematičkih, kinetičkih i elektromiografskih podataka moguće je precizno analizirati promjene u obrascima pokreta, raspodjeli sila i mišićnoj aktivaciji prije i nakon provedene terapije. Takvi modeli omogućuju fizioterapeutima da donose odluke temeljene na mjerljivim parametrima, čime se povećava pouzdanost evaluacije i učinkovitost rehabilitacijskih postupaka.

Biomehanički modeli, poput onih razvijenih u sustavima *OpenSim* ili *AnyBody*, pružaju mogućnost simulacije stvarnih pokreta, predviđanja opterećenja na zglobovima i procjene mišićnih sila u različitim uvjetima. Time se fizioterapijske intervencije mogu optimizirati prema specifičnim potrebama pacijenta, uz smanjenje rizika od ponovnih ozljeda i povećanje funkcionalnog oporavka.

Unatoč brojnim prednostima, široka primjena biomehaničkih modela u kliničkoj praksi još je ograničena zbog visokih troškova, tehničke složenosti i potrebe za dodatnom edukacijom fizioterapeuta. Međutim, brzi razvoj nosivih senzora, računalnih algoritama i umjetne inteligencije otvara nove mogućnosti za integraciju modela u svakodnevnu praksu.

Zaključno, biomehanički modeli ne predstavljaju samo istraživački alat, već postaju temelj modernog pristupa fizioterapiji — onog koji spaja znanstvenu preciznost s individualiziranim planiranjem i evaluacijom terapijskih učinaka, čime se unapređuje kvaliteta skrbi i ishodi rehabilitacije.

LITERATURA

1. Baker, R. (2006). *Gait analysis methods in rehabilitation*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 3(4), 1–10.
2. Bini, R. R., Hume, P. A. (2016). *Using biomechanical models to evaluate rehabilitation interventions*. Journal of Biomechanics, 49(3), 589–595.
3. BioMed Central (2025). *NMSM Pipeline for personalized musculoskeletal modeling*. BMC Musculoskeletal Disorders.
4. Cappozzo, A., Della Croce, U., Leardini, A., Chiari, L. (2005). Human movement analysis using stereophotogrammetry: Part 1 – theoretical background. *Gait & Posture*, 21(2), 186–196. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.01.010>
5. Cimolin, V., Galli, M. (2014). Summary measures for clinical gait analysis: A literature review. *Gait & Posture*, 39(4), 1005–1010.
6. Cronin, N. J., Rantalainen, T., Ahtiainen, J. P., Hynynen, E., Waller, B. (2022). Markerless motion capture can provide reliable joint kinematics during gait analysis: A validation study. *Scientific Reports*, 12, 1756. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05812-6>
7. Cutti, A. G., Ferrari, A., Garofalo, P., Raggi, M. (2020). *Wearable sensors for movement analysis in rehabilitation*. Sensors, 20(24), 7134.
8. Delp, S. L., Anderson, F. C., Arnold, A. S., Loan, P. (2007). *OpenSim: Open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement*. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 54(11), 1940–1950.
9. De Rossi, S. M. M., Della Croce, U., Cereatti, A. (2021). *Wearable sensors and biomechanical models in physiotherapy research*. Sensors, 21(7), 2341. Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. Elsevier.
10. Eastell, R., Szulc, P., Seeman, E. (2022). Biochemical markers of bone turnover in osteoporosis. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(3), 143–156.
11. Enoka, R. M. (2015). *Neuromechanics of human movement* (5th ed.). Human Kinetics.
12. Exercise and Biomechanical Intervention in Prevention/Rehab of Neuromusculoskeletal Disorders. (2024). *Frontiers in Physiology*. <https://www.frontiersin.org/journals/physiology>
13. Hall, S. J. (2015). *Basic biomechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education. Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Elsevier.
14. Human Kinetics Journals (2024). *Narrative Review of Personalized Musculoskeletal Modeling*.
15. Impact of Biomechanics on Therapeutic Interventions and Rehab. (2023). *ScienceDirect Review Collection*. Elsevier.
16. Kim, D., Park, S., Lee, J. (2022). Comparison of the knee joint reaction force between individuals with and without acute anterior cruciate ligament rupture during walking. *Applied Sciences*, 12(8), 3894.
17. Latash, M. L. (2012). *Fundamentals of motor control*. Academic Press.
18. Mancini, M., Salarian, A., Carlson-Kuhta, P., Zampieri, C., King, L., Chiari, L., Horak, F. B. (2011). ISway: A sensitive, valid and reliable measure of postural control. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8, 21.

19. MDPI (2024). *ML + FE for Knee Joint Stress Prediction*.
20. Nakano, N., Sakura, T., Ueda, K., Omura, L., Kimura, A., Iino, Y., Fukushima, S. (2020). Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 50. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00050>
21. Neptune, R. R., Kautz, S. A., Zajac, F. E. (2009). Muscle coordination and function during walking: A modeling perspective. *Journal of Biomechanics*, 42(14), 2143–2150. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.08.010>
22. Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Elsevier.
23. Pappas, A. M., Sheikh, A. Z. (2021). Computational modeling and simulation in musculoskeletal rehabilitation: From theory to clinical application. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 654321.
24. Picerno, P. (2017). 25 years of lower limb joint kinematics by using inertial and magnetic sensors: A review of methodological approaches. *Gait & Posture*, 51, 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.11.008>
25. Pizzolato, C., Lloyd, D. G., Sartori, M. (2017). *Computational modeling in musculoskeletal rehabilitation*. Current Opinion in Biomedical Engineering, 2, 39–46.
26. Pizzolato, C., Lloyd, D. G., Barrett, R. S., Cook, J. L., Zheng, M. H., Besier, T. F., Ackland, D. C. (2015). Biofeedback for gait retraining based on real-time estimation of tibiofemoral joint contact forces. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 23(5), 857–866.
27. PMC (2024). *Finite Element Analysis of the Knee: A Review*.
28. Rasmussen, J., Damsgaard, M., Voigt, M. (2019). Muscle recruitment by the min/max criterion – A comparative numerical study. *Journal of Biomechanics*, 34(3), 409–415.
29. Reggiani, M., Blemker, S. S. (2021). Personalized musculoskeletal modeling: Current challenges and future directions. *Journal of Biomechanics*, 123, 110520.
30. Rittweger, J. (2020). Physiological targets of artificial gravity: Adaptive processes in bone and muscle. *npj Microgravity*, 6(1), 31. <https://doi.org/10.1038/s41526-020-00124-4>
31. Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G., Whittlesey, S. N. (2013). *Research methods in biomechanics* (2nd ed.). Human Kinetics.
32. Sanna, M., Russo, L., & Contini, R. (2024). Gait Analysis After Anterior Cruciate Ligament Surgery: Comparing Primary Repair and Reconstruction Techniques. *Journal of Clinical Medicine*, 14(14), 5026.
33. Sartori, M., Farina, D., Lloyd, D. G. (2017). Hybrid neuromusculoskeletal modeling to best track joint moments using a balance between muscle excitations derived from EMG and optimization. *Journal of Biomechanics*, 62, 121–128.
34. ScienceDirect (2024). *Musculoskeletal modeling & movement simulation for hip disorders*. ScienceDirect Database.
35. Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H. (2017). *Motor control: Translating research into clinical practice* (5th ed.). Wolters Kluwer Health.
36. Tadano, S., Takeda, R., Miyagawa, H. (2013). Three-dimensional gait analysis using wearable acceleration and gyro sensors based on quaternion calculations. *Sensors*, 13(7), 9321–9343.

37. Verschueren, S. M. P., Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A. L., Boonen, S. (2022). The role of biomechanical modeling in clinical decision making for rehabilitation. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 22(1), 44–55.
38. Viceconti, M., Modenese, L., Taddei, F. (2020). Personalized musculoskeletal modeling as a clinical tool to predict treatment outcomes. *Nature Reviews Rheumatology*, 16(1), 18–32.
39. Washabaugh, E. P., Kalyanaraman, T., Adamczyk, P. G., Claflin, E. S. (2017). Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait & Posture*, 55, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.013>
40. Whittle, M. W. (2014). *Gait Analysis: An Introduction*. Elsevier.
41. Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Wiley.
42. Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement* (4th ed.). John Wiley & Sons.
43. Wu, G., van der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., ... Buchholz, B. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion – Part II: Shoulder, elbow, wrist, and hand. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981–992. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.05.042>

UTJECAJ TJELOVJEŽBE NA KOGNITIVNI PAD KOD STARIJIH ODRASLIH OSOBA

THE IMPACT OF EXERCISE ON COGNITIVE DECLINE IN OLDER ADULTS

Tonči Mašina

Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru

tmasina@unizd.hr

Dražen Pejić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

drazen.pejic@vevu.hr

Miljana Pavković

Farmacia Sportsko savjetovalište, Atlantic grupa

miljana.pavkovic@atlanticgrupa.com

Sažetak

Starija životna dob određena je kronološkom dobi od 65 i više godina starosti. Broj članova starije populacije je u kontinuiranom porastu a isti trend zabilježen je i u Republici Hrvatskoj. Osim toga, posljednjih desetljeća bilježi se povećanje očekivanog trajanja života osoba od 65 godina. Znanstvenici različitih profesija nastoje odgovoriti na pitanja kako održati sposobnosti u starosti, kako održati kvalitetu života te kako smanjiti zdravstvene troškove. Jedan od značajnijih zdravstvenih problema povezan sa starenjem je kognitivni pad a očituje se kroz smanjenje pamćenja, izvršnih funkcija i brzine obrade informacija. Izvršne funkcije mozga su skup kognitivnih procesa koji nam omogućuju planiranje, organiziranje, usmjeravanje i zadržavanje pažnje, kontrolu ponašanja te prilagodbu novim situacijama a uglavnom su povezane s prefrontalnim korteksom mozga čiji se volumen i funkcija smanjuju starenjem. Brzina obrade podataka (engl. processing speed) označava koliko brzo i učinkovito mozak može primiti, prepoznati, obraditi i reagirati na informacije koje dolaze iz okoline ili iz unutarnjih misaonih procesa. Na brzinu obrade mogu utjecati dob, zdravstveno stanje te životni stil. Kod zdravih odraslih osoba, često dolazi do pada brzine obrade uslijed prirodnog starenja. Unaprjeđenje životnog stila, provođenje kognitivnih vježbi, primjena redovite tjelesne aktivnosti i tjelovježbe, kvalitetan san, optimalna prehrana, mogu biti zaštitni čimbenik i održati brzinu obrade podataka čim duže na optimalnoj razini. Recentna znanstvena istraživanja upućuju na ključni značaj tjelovježbe, jedne od sastavnica životnog stila, kao zaštitnog čimbenika kognitivnog pada iniciranog starenjem. Studije koje analiziraju različite učinke aerobnih vježbi, treninga sa otporom te protokola kombiniranih treninga, pružile su jasne uvide u intervencije usmjerene na kontrolu kognitivnih funkcija i mentalnog dobrostanja kod starijih osoba. Čini se da provedba sustavno strukturiranih programa tjelesnog vježbanja utemeljenih na dokazima, uključujući aerobni trening, trening sa otporom i kombinirani trening, nameće kao ključna strategija za prevenciju pada kognitivnih i fizičkih funkcija povezanih sa starenjem. **Ključne riječi:** *aerobni trening, kognitivni pad, kombinirani trening, starija životna dob, trening s otporom.*

Abstract

Older age is defined as the chronological age of 65 years and older. The number of members of the elderly population is continuously increasing, and the same trend has been recorded in the Republic of Croatia. In addition, in recent decades, an increase in the life expectancy of people aged 65 years and older has been recorded. Scientists from various professions are trying to answer the questions of how to maintain abilities in old age, how to maintain quality of life, and how to reduce healthcare costs. One of the most significant health problems associated with aging is cognitive decline, which is manifested through a decrease in memory, executive functions, and processing speed. The executive functions of the brain are a set of cognitive processes that allow us to plan, organize, direct and maintain attention, control behavior and adapt to new situations and are mainly associated with the prefrontal cortex of the brain, the volume and function of which decrease with age. Processing speed indicates how quickly and efficiently the brain can receive, recognize, process and react to information coming from the environment or from internal thought processes. Processing speed can be affected by age, health status and lifestyle. In healthy adults, a decline in processing speed often occurs due to natural aging. Improving lifestyle, conducting cognitive exercises, applying regular physical activity and exercise, quality sleep, optimal nutrition, can be a protective factor and maintain processing speed at an optimal level for as long as possible. Recent scientific research indicates the key importance of exercise, one of the components of lifestyle, as a protective factor against cognitive decline initiated by aging. Studies examining the different effects of aerobic exercise, resistance training, and combined training protocols have provided clear insights into interventions aimed at controlling cognitive function and mental well-being in older adults. Implementation of systematically structured, evidence-based physical exercise programs, including aerobic training, resistance training, and combined training, appears to be a key strategy for preventing age-related decline in cognitive and physical function.

Keywords: *aerobic training, cognitive decline, combined training, older age, resistance training.*

UVOD

Utjecaj kognitivnog pada u suvremenom društvu

Jedan od značajnijih zdravstvenih problema povezan sa starenjem je kognitivni pad, a očituje se kroz smanjenje pamćenja, izvršnih funkcija i brzine obrade informacija (Idowu, Szameitat, 2023). Starija životna dob određena je kronološkom dobi od 65 i više godina starosti pri čemu se broj članova te populacije kontinuirano povećava, a isti trend primijećen je i u Republici Hrvatskoj. Osim toga, posljednjih se desetljeća bilježi povećanje očekivanog trajanja života osoba od 65 godina (Duraković, 2018.). Porast broja osoba sa dijagnosticiranim kognitivnim padom zahtjeva veću potrebu za zdravstvenom skrbi što iziskuje povećanje financijskih i socijalnih posljedica za obitelji i zdravstveni sustav (Alzheimers and Dementia, 2024). Rezultati istraživanja upućuju na važnost prevencije među populacijom mlađih odraslih osoba, budući da rizični čimbenici djeluju tijekom čitavog života, a neki od njih su životni stil, sluh, vid, krvožilni rizici i obrazovanje (Lancet Commission, 2024). Često blagi kognitivni pad (engl. *mild cognitive impairment* — MCI) ostaje nedijagnosticiran, što uz nedostupnu odgovarajuću

skrb dodatno pogoršava brigu za ugrožene skupine. Kognitivni pad utječe na radnu sposobnost, egzistencijalnu održivost i samostalnost pojedinca te na taj način povećava potrebu za njegovateljima i socijalnim servisima.

Istraživanje Mena i sur, (2017), upućuju na esencijalnu ulogu primjerene tjelesne aktivnosti i tjelovježbe, jedne od sastavnica životnog stila, kao zaštitnog čimbenika kognitivnog pada iniciranog starenjem (Mena et al., 2017). Provedba sustavno strukturiranih programa tjelesnog vježbanja utemeljenih na dokazima, uključujući aerobni trening, trening sa otporom i kombinirani trening, nameće se kao ključna strategija za prevenciju pada kognitivnih i fizičkih funkcija povezanih sa starenjem (Izquierdo et al., 2025).

Cilj i značaj ovog rada je približiti i osvijestiti mogućnosti učinkovite primjene tjelesnog vježbanja, različitih modaliteta i volumena opterećenja, u svrhu prevencije pojave i smanjenja intenziteta kognitivnog pada te unaprjeđenja kvalitete života osoba starije životne dobi.

Kognitivni pad: definicija i čimbenici rizika

Kognitivni pad predstavlja pogoršanje ili gubitak spoznajnih funkcija u odnosu na prethodno razdoblje ili u odnosu na očekivane sposobnosti za dob i obrazovanje, a očituju se kroz smanjenje pamćenja, pažnje, izvršnih funkcija, jezika, prostorne orijentacije i brzine procesuiranja. Može biti izražen kao blagi subjektivni pad ili većeg intenziteta koji narušava normalno obavljanje svakodnevnih aktivnosti (demencija) (Mayo Clinic, 2023).

Izvršne funkcije mozga su skup kognitivnih procesa koji nam omogućuju planiranje, organiziranje, usmjeravanje i zadržavanje pažnje, kontrolu ponašanja te prilagodbu novim situacijama, a uglavnom su povezane sa prefrontalnim režnjem mozga čiji se volumen i funkcija smanjuju starenjem (Glisky, 2007).

Brzina obrade informacija (engl. *processing speed*) označava koliko brzo i učinkovito mozak može primiti, prepoznati, obraditi i reagirati na informacije koje dolaze iz okoline ili iz unutarnjih misaonih procesa. Na brzinu obrade mogu utjecati dob, zdravstveno stanje te životni stil. Kod zdravih odraslih osoba, često dolazi do pada brzine obrade uslijed prirodnog starenja. Nasuprot tome, traume glave, multipla skleroza, ADHD te demencija također utječu na regresiju brzine obrade informacija. Unaprjeđenjem životnog stila, provođenjem kognitivnih vježbi, redovita tjelesna aktivnost i primjerena tjelovježba, kvalitetan san, optimalna prehrana, mogu biti zaštitni čimbenici i održati brzinu obrade informacija čim duže na optimalnoj razini.

Normalno starenje i patološki kognitivni pad

Normalno starenje popraćeno je blagim usporavanjem brzine obrade informacija te opetovano zaboravljanje imena ili podataka, bez većeg utjecaja na svakodnevno obavljanje poslova. Osoba se osjeća sigurno, bez progresivnog gubitka sposobnosti za samostalno funkcioniranje (Randhawa, Varghese, 2025). Postoje određena individualna odstupanja koja ovise o razini obrazovanja, vrsti posla koji pojedinac obavlja, općem zdravstvenom stanju te nasljeđu.

Patološki kognitivni pad može biti umjerenog intenziteta (MCI) ili izraženijeg intenziteta koje se naziva demencija. Blagi kognitivni pad izražen je kroz objektivne smetnje u barem jednoj

kognitivnoj domeni (npr. pamćenje), koje su izvan očekivanog za dob, ali bez ili sa minimalnim utjecajem na svakodnevno obavljanje zadataka. Ove osobe su pod većim rizikom za razvoj dementnog sindroma ali i sa mogućnošću povratka u normalu, (engl. *reversion*) (Kim et al., 2024).

Dementne osobe suočene su sa kognitivnim smetnjama koje značajno utječu na samostalnost i obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Bilježi se progresija kognitivnih smetnji koje su popraćene promjenama raspoloženja i ponašanja, a kod nekih dijagnoza i povećanim biomarkerima (npr. neuroimaging, biomarkeri u likvoru).

Neurobiološki mehanizmi utjecaja tjelovježbe na mozak; Povećanje cerebralne perfuzije i oksigenizacije

Tjelesno vježbanje potiče neurogenezu, angiogenezu i sinaptogenezu, povećava neuralnu plastičnost i poništava neke štetne morfološke i biološke posljedice starenja (Ferreira et al., 2011). Tjelesno vježbanje povećava protok krvi kroz mozak (cerebralna perfuzija) što je neophodno za njegovu opskrbu kisikom i nutrijentima. Istodobno, povećanim protokom krvi kroz mozak povećava se i količina kisika koja dolazi do moždanog tkiva, a taj proces se naziva oksigenizacija. Navedenim procesima, zadovoljava se potreba tjelesnih stanica na svim razinama za krvi obogaćene kisikom kao odgovorom na povećanu tjelesnu aktivnost i većim utroškom energije. Kako bi tijelo osiguralo energiju, srce počinje pumpati više krvi u minuti odnosno povećava se minutni volumen srca. Na taj način veća količina krvi cirkulira kroz arterije, uključujući i one koje opskrbljuju mozak (karotidne i vertebralne). Povećanjem cerebralne perfuzije povećava se i perfuzijski tlak koji pomaže potiskivati krv u mozak. Unatoč tome što cerebralne arterije imaju vlastiti regulacijski mehanizam koji kontrolira krvni tlak, umjerena tjelesna aktivnost može povećati lokalnu perfuziju u aktivnim regijama mozga.

Povećanje optoka krvi u organizmu zahtjeva veću plućnu ventilaciju i bržu izmjenu tvari. Brže i dublje disanje omogućiti će veću opskrbu kisika u krvi te odstranjivanje ugljičnog dioksida CO₂, što znači više hranjivih elemenata neuronskim stanicama.

Aktivnije moždane regije zahtijevaju više energije koja će se osigurati lokalnim proširenjem kapilara i arterija te na taj način osigurati povećani protok krvi u regijama koje su aktivne uslijed akutne motoričke aktivnosti. Naime, uslijed povećane perfuzije i oksigenizacije, stanice endotela luče dušikov oksid (NO) koji širi krvne žile (vazodilatacija) te na taj način umanjuje rizik ateroskleroze i potiče elastičnost krvnih žila.

Primjerena dugoročna tjelovježba može stimulirati stvaranje novih kapilara (angiogeneza) između ostalog i u mozgu, što ima dugoročan utjecaj na perfuziju.

Oslobađanje neurotrofnih faktora (BDNF, IGF-1)

Neurotrofni faktori su proteini koji podržavaju rast, preživljavanje i diferencijaciju živčanih stanica (neurona). Oni su ključni za zdravlje živčanog sustava u embrionalnoj fazi, ranom djetinjstvu ali i u odrasloj dobi (Tari et al. 2025). Najčešće spominjan neurotrofin je BDNF (engl. *brain derived neurotrophic factor*), koji je naveden kao ključni medijator dobrobiti tjelovježbe za zdravlje mozga odnosno neurogeneze, sinaptičke plastičnosti i preživljavanja

neurona (Steventon et al., 2021), Razine BDNF-a dosežu vrhunac u tridesetima (30-39 godina) i imaju tendenciju blagog opadanja u kasnijoj dobi, četrdesetima (40-49 godina) i pedesetima (50-59 godina) (Katoh-Semba et al., 2007). Uočeno opadanje razine BDNF-a s godinama, doprinosi sinaptičkoj atrofiji hipokampusa, (Mizoguchi et al., 2020), i kognitivnom padu. (Dinoff et al., 2017). Nakon akutne i regularne tjelovježbe razine BDNF-a povećavaju se dva do tri puta u usporedbi na uvjete mirovanja i u pozitivnim su relacijama s poboljšanjima kognitivnih funkcija kod ljudi (Szuhany, Bugatti i Otto, 2014).

Slični rezultati zabilježeni su kod osoba oboljelih od multipla skleroze (MS), pri čemu autori navode višu razinu BDNF-a i 3 tjedna nakon tjelovježbe, što ukazuje na moguću neurozaštitnu ulogu akutne tjelovježbe kod osoba sa neurodegenerativnim oboljenjima (Andreu-Caravaca et al., 2025). Aktivnosti koje mogu doprinijeti povećanju razine BDNF-a su tjelesna aktivnost i tjelovježba, odgovarajuća prehrana, san, kontrola stresa i mentalni izazovi.

IGF (engl. *Insulin-like Growth Factor*) je skupina hormona koji su važni za rast, razvoj i regeneraciju stanica a njegova inačica IGF-1, vezan je uz hormon rasta, važan za rast u djetinjstvu i obnovu tkiva kod odraslih. Njegova je uloga za zdravlje mozga je višestruka a najznačajniji benefiti su:

- Neurogeneza - poticanje i stvaranje neurona u hipokampusu, lokaciji odgovornoj za učenje i pamćenje (Fernandez, Torres-Alemán, 2012).
- Sinaptička plastičnost - poticanje promjena u sinapsama jačajući veze među neuronima te olakšava učenje i pamćenje (Dyer et al., 2016)
- Neurozaštita od upala, oksidativnog stresa i smanjenje oštećenja neurona (Wan et al., 2022)

U svrhu prirodnog održavanja IGF-1 na optimalnoj razini preporučuje se provođenje tjelovježbe, kontrole mase tijela, kvaliteta sna, nošenje sa stresom, optimalna prehrana i kontrola stanja koja mogu narušiti IGF-1 signalizaciju (dijabetes, pretilost).

Aerobna tjelovježba i kognitivne funkcije

Zaštitno djelovanje aerobne tjelovježbe na kognitivno zdravlje ljudi, a posebice one starije životne dobi potkrijepljeno je brojnim, čvrstim i recentnim dokazima (Zhang, Fang i Wang, 2025., Zhang, Zhou i Chen, 2023., Dhahbi et al., 2025).

Aerobno vježbanje koje prije svega ovisi o funkcijama srčano-žilnog i dišnog sustava, predstavlja temeljnu odrednicu ljudskog zdravlja, a u literaturi se još nalazi pod nazivom kardio respiratorni fitnes (engl. *cardio respiratory fitness – CRF*). Vježbanjem u aerobnom režimu rada potiče se bolja učinkovitost transportnog sustava za kisik kao osnovnog izvora energije, a primjerene aktivnosti su hodaње, trčanje, bicikliranje, skijaње, veslaње, rolaње. Ovakav oblik tjelovježbe može unaprijediti spoznajne funkcije, ali i utjecati na poboljšanje raspoloženja te na taj način neizravno utjecati na kognitivno zdravlje. Aerobno vježbanje primjerenog intenziteta može poboljšati signalizaciju inzulina u mozgu, odnosno unaprijediti metabolizam glukoze, (Malin et al., 2022., Ramírez-Alvarado, 2023), i potaknuti vazodilataciju i poboljšati protok krvi u moždane regije (Afradi, 2023). Osim toga, aerobna aktivnost duljeg trajanja povezuje se

sa strukturnim promjenama mozga, primarno sa povećanjem volumena hipokampusa i medijalnog temporalnog režnja koji su povezani sa pamćenjem i učenjem (Wang et al., 2023).

Programi aerobnog vježbanja niskog intenziteta pogodni su za kognitivno zdravlje starijih zdravih osoba i kod osoba s kognitivnim poremećajima. Vježbanje niskog intenziteta podrazumijeva vrijednosti od 50-60% maksimalne srčane frekvencije, vrijednosti 3-5 na Borgovoj ljestvici percipiranog napora (0-10), hodanje sa tempom do 100 koraka u minuti ili 1,6-3,0 metaboličkog ekvivalenta zadatka – MET. Istraživanje odnosa između svakodnevne aktivnosti hodanja i volumena hipokampusa kod žena starijih od 60 godina, bez demencije, upućuju na snažnu pozitivnu relaciju između hodanja niskog intenziteta i volumena hipokampusa (Varma et al., 2015). Zabilježeno je da aerobni trening niskog intenziteta unaprjeđuje kognitivne funkcije, posebno u apstrakciji i mentalnoj fleksibilnosti (Ferreira et al., 2015).

Generalno, aerobne vježbe niskog intenziteta ukazuju na pozitivne učinke u poboljšanju spoznajnih funkcija i opće zdravstvene dobrobiti kod starijih osoba, neovisno o njihovom kognitivnom zdravstvenom statusu. (Erickson et al., 2012., Babyak et al., 2000). Osim poboljšanja u kognitivnim funkcijama zabilježene su i promjene u povećanju volumena hipokampusa, povišenim razinama BDNF-a u hipokampusu te regulaciju raspoloženja, posebno kod osoba s depresivnim poremećajima (Shams et al., 2021).

Tablica 1. Utjecaj preporučenog aerobnog vježbanja niskog intenziteta u svrhu unaprjeđenja kognitivnih funkcija

Aerobne aktivnosti niskog intenziteta			Utjecaj na kognitivne funkcije
Učestalost	2 do 5 puta tjedno	min 6 do 12 tjedana	Poboljšava raspoloženje, unaprjeđuje mentalno dobrostanje, razvija apstrakciju i mentalnu fleksibilnost.
Intenzitet	100 koraka u minuti, 50 do 60% MSF		
Ekstenzitet	10 do 40 minuta		
Modaliteti	LIIT I LSD trening. Hodanje, jogging, bicikliranje		

Programi aerobnog vježbanja umjerenog intenziteta odnose se na vježbe pri kojima se vrijednosti srčane frekvencije kreću u rasponu od 60-70% od maksimalnih vrijednosti, vrijednosti 5-6 na Borgovoj ljestvici percipiranog napora (0-10), ili 3,0-6,0 MET. Tjelovježba provedena ovim intenzitetom poboljšava izvršne funkcije, pamćenje i regulaciju raspoloženja. Navedene dobrobiti ostvaruju se zbog djelovanja mehanizama koji uključuju povećani volumen hipokampusa, višu razinu BDNF-a i veću cerebralnu perfuziju. (Erickson et al., 2009., Erickson et al., 2012). Intervencijske studije koje su analizirale učinke tjelesnog vježbanja umjerenog intenziteta, u trajanju od 30 minuta većinu dana u tjednu, pronalaze poboljšanje u izvršnim funkcijama i pamćenju kod zdravih odraslih osoba (Sanders et al., 2019., Zhidong et al., 2021). Programi aerobnog vježbanja umjerenim intenzitetom, tri sata tjedno, kroz 12 mjeseci, uspješno usporavaju napredovanje kognitivnog pada povezanog sa starenjem među starijim odraslim osobama. (Muscari et al., 2010).

Poboljšanje izvršnih funkcija i pamćenja bilježi se uslijed primjene aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta u trajanju od 15 minuta, tri puta tjedno, tijekom 12 tjedana. Osim toga,

istraživanje je utvrdilo smanjenje depresivnih simptoma, što ukazuje na šire dobrobiti primjene aerobnih aktivnosti umjerenog intenziteta. (Rhodes, 2021).

Dobrobiti aerobnog tjelesnog vježbanja umjerenog intenziteta koje uključuju izvršne funkcije, pamćenje, regulaciju raspoloženja te sprječavanje kognitivnog pada kao posljedicu starenja, posredovane su mehanizmima kao što su povećanje volumena hipokampusa, neurogeneze i više razine BDNF-a. Navedene dobrobiti primijećene su kod zdravih starijih osoba kao i kod starijih osoba s blagim kognitivnim oštećenjem. Primjena programa aerobnog vježbanja umjerenog intenziteta, preporučuje se kao dio strategije za unaprjeđenje kognitivnog zdravlja i općeg zdravstvenog statusa.

Tablica 2. Utjecaj preporučenog aerobnog vježbanja umjerenog intenziteta u svrhu unaprjeđenja kognitivnih funkcija

Aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta			Utjecaj na kognitivne funkcije
Učestalost	3 do 7 puta tjedno	min 4 do 9 tjedana	
Intenzitet	50 do 70% MSF ili VO2 max		
Ekstenzitet	15 do 45 minuta, ukupno 3 sata tjedno		
Modaliteti	Intervalna i produžena kontinuirana aerobna opterećenja. Brzo hodanje, bicikliranje, trčanje, plivanje, plesovi, aerobika u vodi.		

Programi aerobnog vježbanja visokog intenziteta podrazumijevaju vježbanje čije su vrijednosti srčane frekvencije od 75-90% od maksimalne rezerve otkucaja srca te preko 6.0 MET. Recentna znanstvena istraživanja upućuju na podatke o značajnijim dobrobitima primjene visoko intenzivnog intervalnog treninga (engl. *high intensity interval training* - HIIT) i visoko intenzivnog funkcionalnog treninga (engl. *high intensity functional training* - HIFT) na radno pamćenje, izvršne funkcije i verbalnu tečnost kod starijih odraslih osoba, u odnosu na aerobni trening umjerenog intenziteta (Afradi, 2023., Simonsson et al., 2023).

Spomenute prednosti primjene aerobnog treninga visokog intenziteta u odnosu na niže vrijednosti intenziteta, posljedica su većeg učinka na cerebralnu perfuziju i više razine neurotrofičnih faktora, ponajprije BDNF-a. (Greeley et al., 2023., Simonsson et al., 2023).

Daljnja istraživanja koja proučavaju utjecaj aerobnog vježbanja različitih intenziteta na kognitivno zdravlje, upućuju na podatak da visoko intenzivni aerobni trening u kombinaciji s motoričko kognitivnim treningom sa dva zadatka, vodi ka poboljšanju brzine obrade informacija, vizualno prostorne vještine i kontrolu inhibicije, što se opet povezuje s povećanim cerebralnim protokom krvi i višom razinom neurotrofičnih faktora. (Izquierdo et al., 2025., Simonsson et al., 2023., Mundada, Dadgal i Dadgal, 2022).

Unatoč optimističnim rezultatima, primjena protokola kombiniranja aerobnog treninga različitih intenziteta i kognitivnih zadataka zahtjeva dodatna istraživanja kako bi se dali optimalni odgovori.

Aerobno vježbanje visokog intenziteta a posebno visoko intenzivni intervalni trening (HIIT), unaprjeđuju radnu memoriju i verbalnu tečnost pod utjecajem povećane cerebralne perfuzije i

oslobađanja neurotrofičnih faktora, (Izquierdo et al., 2025., Greeley et al., 2023., Mekari et al., 2020), dok kombiniranje visoko intenzivnih aerobnih vježbi sa motoričko kognitivnim treningom sa dva zadatka, može povećati brzinu obrade informacija, vizualno prostorne vještine i kontrolu inhibicije. Visoko intenzivni intervalni trening (HIIT) čini se superiornim u odnosu na druge modalitete i intenzitete treninga, a posebno se to odnosi na unaprjeđenje kognitivne fleksibilnosti kao jedne od temeljnih odrednica mentalnog zdravlja (Mekari et al., 2020).

Valja uzeti u obzir činjenice o aktualnom zdravstvenom stanju pojedinca kao i njegovim zatečenim pokazateljima opće kondicijske pripremljenosti te se predlaže individualan pristup pri određivanju intervencijskih postupaka.

Tablica 3. Utjecaj preporučenog aerobnog vježbanja visokog intenziteta u svrhu unaprjeđenja kognitivnih funkcija

Aerobne aktivnosti visokog intenziteta			Utjecaj na kognitivne funkcije
Učestalost	2 do 4 puta tjedno	6 do 26 tjedana	Unaprjeđuje radno pamćenje, izvršne funkcije, tečnost govora, brzinu procesuiranja, prostorno vizualne vještine i kontrolu inhibicije.
Intenzitet	70 do 85% MSF		
Ekstenzitet	20 do 40 minuta		
Modaliteti	HIFT - kombinirane visoko intenzivne vježbe i tjelesno kognitivni zadaci(vježbe agilnosti, ravnoteža, koordinacija), HIIT		

Mehanizmi poboljšanja kognitivnih funkcija pod utjecajem aerobne tjelovježbe

Programi tjelesnog vježbanja u aerobnom režimu rada izazivaju promjene u obrascima disanja, krvnom tlaku, srčanoj frekvenciji te imaju za posljedicu fluktuacije u oslobađanju norepinefrina (noradrenalina), u središnjem živčanom sustavu. Spomenute fiziološke promjene iniciraju složene neurobiološke prilagodbe koje podupiru kognitivno poboljšanje. Povećanjem razine norepinefrina pod utjecajem tjelovježbe, unaprjeđuje se pažnja, pamćenje i učenje, bolje raspoloženje te zbog veće frekvencije srca, bolje cirkulacije krvi prema mišićima i većeg krvnog tlaka, spremnost tijela da se bolje suočava sa stresom. (Moret, Briley, 2020., McMorris, 2021).

Kortizol, kao posljedica stresa izazvanog aerobnom tjelovježbom, ima dvosmjerni odnos sa tjelovježbom i kognitivnim funkcijama, pri čemu njegov utjecaj ovisi o vrsti, intenzitetu i trajanju vježbanja. Akutni kratkotrajni porast kortizola tijekom tjelovježbe, ima umjeren utjecaj na pažnju i pamćenje, neke izvršne funkcije i brzinu procesuiranja. (Garrett et al., 2024).

Dugotrajno povišena razina kortizola, koja može biti posljedica pretreniranosti, nedostatka sna ili kontinuiranog izlaganja stresu, može imati nepovoljne učinke na funkciju hipokampusa i pamćenje te kognitivnu fleksibilnost (Bermejo et al., 2022). Takvo stanje može utjecati na smanjenje volumena hipokampusa, narušiti pamćenje i otežati mehanizme nošenja sa stresom. (Kim, Kim, 2023).

Neurološke studije su potvrdile kako tjelovježba aerobnog tipa može optimizirati neuronske procese unutar prefrontalnog korteksa i parijentalnih funkcija odgovornih za izvršne funkcije.

(Prakash et al., 2011., Voelcker-Rehage, Niemann, 2013). Preporučena aerobna tjelovježba, povećava volumen hipokampusa i potiče neurogenezu što pomaže smanjenju hipokampusa uzrokovanog starenjem te unaprijeđuje perfuziju u moždanim regijama povezanim sa kognitivnim funkcijama (Zhidong et al., 2021).

Živčano mišićni trening i kognitivne funkcije

Ovakav način tjelesnog vježbanja najčešće podrazumijeva razvoj jakosti, snage i mišićne izdržljivosti, a u tu svrhu koriste se slobodni utezi, posebno dizajnirane sprave za pojedine mišićne skupine – trenažeri, elastične trake, medicinke, girje i slični rekviziti. Kirk-Sanchez i McGough (2014) zaključuju da ovakav oblik trenažnog rada, može unaprijediti kognitivne funkcije. (Kirk-Sanchez, McGough, 2014). Živčano mišićni trening koji ima pozitivan transfer na kognitivne funkcije trebao bi slijediti smjernice temeljene na dokazima (tablica 1).

Tablica 4. Smjernice za određivanje živčano mišićnog treninga kod starijih odraslih osoba

Broj treninga/tjedan	Broj vježbi	Broj serija	Broj ponavljanja	Intenzitet	Odmor
2 do 3	8 do 10	2 do 3	8 do 12	40 do 80%	1 do 2 min

Izbor vježbi trebao bi dati prioritet višezglobnim, višeravninskim, unilateralnim i propioceptivnim vježbama, ispred jednozglobnih, jednoravninskih i bilateralnih. Opterećenje bi trebalo slijediti progresivan karakter, odnosno povećanje za 5-10%, kada osoba može odraditi zadano opterećenje pravilnom i sigurnom izvedbom (de Asteasu et al., 2024).

Akutni učinci živčano mišićnog treninga, posljedica su prije svega povećane cerebralne perfuzije te većeg otpuštanja neurotrofičnih faktora. Bolje učinke u kognitivnim funkcijama, bilježi se primjenom živčano mišićnog treninga višeg intenziteta (70-80% 1RM) u odnosu na niže vrijednosti intenziteta, ponajprije zbog bolje cerebralne perfuzije i većeg otpuštanja neurotrofina (IGF-1) (Tsai et al., 2015).

U svrhu unaprijeđenja kognitivnih funkcija starijih odraslih osoba, neophodno optimalno dozirati osnovne pokazatelje volumena opterećenja živčano mišićnog treninga i to, frekvenciju (2-3 /tjedno), intenzitet (70-80% 1RM) i trajanje treninga (ne manje od 6 mjeseci) (Washif et al., 2024).

Nedavne znanstvene studije pronalaze da živčano mišićni trening, potiče trenutna poboljšanja u izvršnim funkcijama, posebice pažnju, radno pamćenje, kognitivnu fleksibilnost i verbalnu tečnost (Chang et al., 2014., Hsieh et al., 2016., Hsieh et al., 2016).

Hsieh i suradnici (2016), dolaze do rezultata koji upućuje na poboljšanje radnog pamćenja i pažnje kod skupine mladih (21 – 30 godina) i odraslih starijih muškaraca (65 – 69 godina), nakon primjene živčano mišićnog treninga (70% 1RM), čime se ukazuje kako su akutne kognitivne koristi treninga sa otporom, učinkovite bez obzira na godine starosti (Hsieh et al., 2016).

Zabilježeno je da su najveće kognitivne dobrobiti (izvršne funkcije i brzina procesuiranja), izraženi u vremenskom rasponu od 10-20 minuta nakon prestanka vježbanja i to zbog

mehanizama koji uključuju povećani protok krvi u moždane regije i oslobađanje neurotrofičnih faktora. (Vonk et al., 2019).

Dugotrajna provedba intervencija temeljenih na živčano mišićnom treningu, rezultira ishodima na kognitivne funkcije koji nadmašuju ishode akutnih ishoda. Istraživanje među starijim ženama podvrgnutih 10-tjednom programu živčano mišićnog treninga usmjerenog na donji dio tijela, proveden tijekom tri tjedna, pokazalo je povećanje od 65,2% BDNF-a u krvnoj plazmi. (Coelho et al., 2012). Slične rezultate su potvrdile i druge studije što sugerira kako živčano mišićni trening pozitivno utječe na periferni BDNF koji posljedično povećava otpornost na oštećenja mozga povezana sa starenjem i neurodegeneraciju. (Kirk-Sanchez, McGough, 2014., Szalewska et al., 2017., Forti et al., 2015).

Neki autori sugeriraju živčano mišićni trening za poboljšanje i održavanje kognitivnih funkcija kod starijih osoba, u trajanju 2 do 12 mjeseci i to dva puta tjedno (Chang Y-K, Pan C-Y, Chen F-T, Tsai, Huang, 2012).

Živčano mišićni trening, proveden dva puta tjedno kroz 6 mjeseci, s intenzitetom progresivnog karaktera (40 do 80% 1RM), može poboljšati selektivnu pažnju, rješavanje sukoba i asocijativno pamćenje kod starijih odraslih osoba. (Nagamatsu et al., 2012). I brojne druge studije pronalaze slične rezultate tako da se može kazati da živčano mišićni trening umjerenog intenziteta (60 do 80% 1RM), u trajanju najmanje 6 mjeseci, ima najizraženije učinke na poboljšanje kognitivnih funkcija kod starijih odraslih osoba. (Cheng et al., 2022).

Generalno, može se reći kako živčano mišićni trening umjerenog intenziteta, proveden dva puta tjedno kroz minimalno 6 mjeseci, najučinkovitije doprinosi boljoj prokrvljenosti moždanih regija, zatim povišenim vrijednostima neurotrofičnih faktora, BDNF i IGF – 1 te faktora rasta vaskularnog endotela. Unaprjeđenje navedenih mehanizama povezuje se sa neurogenezom i pojačanjem signalizacije inzulina u mozgu što konačno dovodi do boljeg kognitivnog funkcioniranja. Kognitivni benefiti opisanog živčano mišićnog treninga, najočitiji su u unaprjeđenju brzine obrade informacija, pažnje, selektivne pažnje, rješavanja sukoba i asocijativnog pamćenja.

Zaključno, može se reći na temelju brojnih istraživanja, da aerobne aktivnosti uglavnom unaprjeđuju pamćenje i izvršne funkcije, a živčano mišićni trening bilježi veće dobrobiti u poboljšanju pažnje i vizualno prostorne obrade. (Chang et al., 2014., Colcombe, Kramer, 2003).

Mehanizmi poboljšanja kognitivnih funkcija pod utjecajem živčano mišićnog treninga

Živčano mišićni trening umanjuje i prevenira kognitivni pad izazvan starenjem pomoću mehanizama smanjenja upale, poboljšanja neurogeneze i povećanja razine BDNF-a i IGF-1. Redovita primjena živčano mišićnog treninga osigurati će višu razinu BDNF-a u odnosu na osobe koji ne primjenjuju ovakav modalitet treninga. Mliječna kiselina, kao nusproizvod mišića nakon živčano mišićnog treninga, uz pomoć monokarbonskih kiselina prolazi krvno-moždanu barijeru, (Riske et al., 2017., Brooks, 2018), potičući aktivaciju BDNF-a u hipokampusu i njegovo oslobađanje u serum. (Marston et al., 2017., Lira et al., 2020). Na taj način stimuliraju se i unaprjeđuju funkcije neuronskih krugova što dovodi do boljeg pamćenja i učenja.

BDNF, kao posljedica živčano mišićnog treninga je u izravnoj ili neizravnoj interakciji sa IGF-1, što pomaže mozgu u povećanju razine IGF-1, potičući rast živaca i proizvodeći angiotenzin i aminokiseline u serumu. (Riske et al., 2017., Brooks, 2018).

Cijeli taj proces stimulira BDNF receptore, odnosno poboljšava sinaptičku plastičnost. Ako su sinaptičke veze dugotrajno ili jače stimulirane (dugotrajna potencijacija – LTP), postati će čvršće i stabilnije što će omogućiti bolje funkcije pamćenja i učenja.

Utjecaj kombiniranog treninga na kognitivne funkcije starijih odraslih osoba

Intervencijske strategije tjelesnog vježbanja koje integriraju aerobni i živčano mišićni trening, nameću se kao superiorna intervencija za prevenciju kognitivnog pada kod starijih odraslih osoba. Koristeći sinergijske mehanizme više fizioloških i neuralnih aktivnosti, ovakve intervencije mogu imati značajniji utjecaj na kognitivne funkcije u odnosu na jednostrane intervencije, npr., samo aerobnog treninga. (Kirk-Sanchez, McGough, 2014., Smith et al., 2010). Osim toga, utvrđeno je da istovremeno proveden kombinirani trening sa kognitivnim zadacima (engl. „*dual task training – DTT*“), značajno unaprjeđuje i tjelesne i kognitivne dobrobiti. (Castaño et al., 2022., Rieker et al., 2022., Xu et al., 2023., Mundada, Dadgal i Dadgal, 2022).

Istraživanja koja analiziraju učinke kombiniranog treninga u odnosu na samo aerobni trening, utvrdili su bolje rezultate u smanjenju kognitivnog i motoričko kognitivnog pada dvostrukih zadataka, kod starijih pacijenata s demencijom (Bossers et al., 2015), bolje rezultate na Mini Mental State Examination (MMSE) i razine IGF-1. (Castillo Quezada et al., 2021). U području kognitivnog treninga, trening sa dvostrukim zadacima (DTT), pokazao se učinkovitijom strategijom u poboljšanju kognitivnih funkcija u odnosu na samo aerobni trening. (Xu et al., 2023).

Istovremeno provođenje dvostrukog treninga (DTT) i kombiniranog treninga (aerobni 75 do 90% MHR, + živčano mišićni trening 70-80% 1RM), bilježi bolje ishode u poboljšanju izvršnih funkcija i brzine obrade informacija. Ovakve činjenice su utemeljene na spoznajama o sinergijskim učincima na neuroplastičnost, cerebralnu perfuziju i oslobađanje neurotrofina, a dobrobiti uključuju zdrave starije odrasle osobe, osobe s blagim kognitivnim poremećajem te one s demencijom. (Xu et al., 2023., Markov, Hauser i Chaabene, 2023., Mundada, Dadgal i Dadgal, 2022).

Kognitivne dobrobiti kod starijih odraslih osoba izazvane kombiniranim treningom, posljedica su sinergijskih procesa izazvanih aerobnim i živčano mišićnim podražajima, a njihova posljedica je povećani cerebralni protok krvi, oslobađanje neurotrofičnih faktora i bolje zdravlje krvnih žila, posebice onih u moždanoj regiji.

ZAKLJUČAK

Na temelju informacija prikupljenih u ovom preglednom radu, može se reći da postoji značajan utjecaj tjelesnog vježbanja na kognitivno zdravlje starijih odraslih osoba. Najveće dobrobiti zabilježene su kod primjene aerobnih aktivnosti umjerenog intenziteta sa pozitivnim ishodima u izvršnim funkcijama, boljem pamćenju i sporijem padu kognitivnih funkcija kao posljedice

starenja. Primjenom živčano mišićnog treninga (treninga s otporom), zabilježene su akutne promjene u vizualno prostornoj obradi i izvršnim funkcijama, posebice u intervalu 10 do 20 minuta nakon tjelovježbe. Dugoročne dobrobiti živčano mišićnog treninga očituju se kroz poboljšanu neurogenezu i opće zdravlje mozga. Nadalje, kombiniranje mješovitog treninga (aerobni i trening s otporom) s kognitivnim zadacima nadmašuje rezultate pojedinačnih oblika treninga najviše zbog veće cerebralne perfuzije i dostave kisika u moždane regije, neurogeneze, viših vrijednosti BDNF-a, smanjenog oksidativnog stresa i upala. U svrhu dobivanja preciznijih informacija o utjecaju tjelesnog vježbanja na kognitivno zdravlje starijih odraslih osoba, buduća istraživanja bi trebala imati:

- ujednačene protokole intervencija tjelesnog vježbanja
- ujednačiti alate za procjenu kognitivnog zdravlja
- uključiti studije koje traju dulje vrijeme (više od godine dana), kako bi se dobile vjerodostojne informacije o utjecaju tjelesnih intervencija na kognitivno zdravlje starijih odraslih osoba.

LITERATURA

1. Alzheimers and Dementia (2024). Alzheimer's disease facts and figures. 20(5), 3708-3821.
2. Andreu-Caravaca, L., Ramos-Campo, DJ., Moncada-Jiménez, J., Abellán-Aynés, O., Rubio-Arias, JÁ. (2025). Immediate and short-term effect of physical exercise on BDNF in multiple sclerosis patients: a systematic review and meta-analysis, *Scientific reports*, 15(1), 19696.
3. Afradi, M. (2023). The effect of aerobics in the elderly. *International Journal of Psychology and Brain Science*, 8(2), 19–22.
4. Babyak, M., Blumenthal, J. A., Herman, S., Khatr, P., Doraiswamy, M., Moore, K., ... & Krishnan, K. R. (2000). Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. *Biopsychosocial Science and Medicine*, 62(5), 633-638.
5. Bermejo, J.L., Valdecabres, R., Villarrasa-Sapiña, I., Monfort-Torres, G., Marco-Ahulló, A., Do Couto, B.R. (2022). Increased cortisol levels caused by acute resistance physical exercise impair memory and learning ability, *PeerJ*, 10, e13000.
6. Brooks, G.A. (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metabolism*, 27(4), 757–85.
7. Bossers, W.J., van der Woude, L.H., Boersma, F., Hortobágyi, T., Scherder, E.J., van Heuvelen, M.J. (2015). A 9-week aerobic and strength training program improves cognitive and motor function in patients with dementia: a randomized, controlled trial, *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 23(11), 1106–16.
8. Castaño, L.A.A., de Lima, V.C., Barbieri, J.F., de Lucena, E.G.P., Gáspari, A.F., Arai, H., Teixeira C.V.L, Coelho-Júnior H.J, Uchida M.C. (2022). Resistance training combined with cognitive training increases brain-derived neurotrophic factor and improves cognitive function in healthy older adults. *Frontiers in Psychology*, 13, 870561.
9. Castillo Quezada, H., Martínez-Salazar, C., Fuentealba-Urra, S., HernándezMosqueira, C., Araneda Garcés, N., Rodríguez-Rodríguez, F., ... Y., Molina-Sotomayor, E. (2021).

- Effects of two physical training programs on the cognitive status of a group of older adults in Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4186.
10. Chang, Y-K., Pan, C-Y., Chen, F-T., Tsai, C-L., Huang, C-C. (2012). Effect of resistance exercise training on cognitive function in healthy older adults: a review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 20(4), 497–517.
 11. Chang, Y.K., Tsai, C.L., Huang, C.C., Wang, C.C., Chu, I.H. (2014). Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults: general or specific cognitive improvement? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 51–5.
 12. Cheng, A., Zhao, Z., Liu, H., Yang, J., Luo, J. (2022). The physiological mechanism and effect of resistance exercise on cognitive function in the elderly people. *Frontiers in Public Health*. 10, 1013734.
 13. Coelho, F., Pereira, D., Lustosa, L., Silva, J., Dias, J., Dias, R., ... Pereira L.S. (2012). Physical therapy intervention (PTI) increases plasma brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels in non-frail and pre-frail elderly women. *Archives of Gerontology Geriatrics*, 54(3), 415–20.
 14. Colcombe, S., Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14(2), 125–30.
 15. de Asteasu, M.L.S., Martínez-Velilla, N., Zambom-Ferraresi, F., Galbete, A., Ramírez-Vélez, R., Cadore, EL., ... Izquierdo M. (2024). Dose-response relationship between exercise duration and enhanced function and cognition in acutely hospitalized older adults: a secondary analysis of a randomized clinical trial. *Innovation Aging*, 8(6), igae053
 16. Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., Lanctôt, KL. (2017). The effect of acute exercise on blood concentrations of brain-derived neurotrophic factor in healthy adults: a meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46, 1635–46.
 17. Dhahbi, W., Briki, W., Heissel, A., Schega, L., Dergaa, I., Guelmami, N., Omri, AE., Chaabene, H. (2025). Physical Activity to Counter Age-Related Cognitive Decline: Benefits of Aerobic, Resistance, and Combined Training-A Narrative Review, *Sports Medicine Open*, 11(1), 56.
 18. Dyer, A.H., Vahdatpour, C., Sanfeliu, A., Tropea, D. (2016). The role of Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) in brain development, maturation and neuroplasticity. *Neuroscience*, 325, 89-99.
 19. Erickson, K.I., Prakash, R.S., Voss, M.W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, KS., ... Kramer AF. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*. 19(10), 1030–9.
 20. Erickson, K.I., Miller, D.L., Weinstein, A.M., Akl, S.L., Banducci, S. (2012). Physical activity and brain plasticity in late adulthood: a conceptual and comprehensive review. *Ageing Research*, 3(1), 6.
 21. Ferreira, A.F.B., Real, C.C., Rodrigues, A.C., Alves, A.S., Britto, L.R.G. S. (2011). Short-term, moderate exercise is capable of inducing structural, BDNF-independent hippocampal plasticity. *Brain Research*, 1425, 111–122.
 22. Ferreira, L., Tanaka, K., Santos-Galduróz, R.F., Galduróz, J.C.F. (2015). Respiratory training as strategy to prevent cognitive decline in aging: a randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 593–603.

23. Fernandez, A.M., Torres-Alemán, I. (2012). Therapeutic potential of IGF-I in the treatment of neurodegenerative diseases. *Molecular Neurobiology*, 46(3), 573–586.
24. Forti, L.N., Van Roie, E., Njemini, R., Coudyzer, W., Beyer, I., Delecluse, C., Bautmans, I. (2015). Dose- and gender-specific effects of resistance training on circulating levels of brain derived neurotrophic factor (BDNF) in community-dwelling older adults. *Experimental Gerontology*, 70, 144–149.
25. Garrett, J., Chak, C., Bullock, T. Giesbrecht, B. (2024). A systematic review and Bayesian meta-analysis provide evidence for an effect of acute physical activity on cognition in young adults. *Communications Psychology*, 2, 82.
26. Glisky, E.L. (2007). Changes in cognitive function in human aging. In: Riddle DR, editor. *Brain aging: models, methods, and mechanisms*, Boca Raton: CRC Press, 3–20.
27. Greeley, B., Larssen, B., Ferris, J., Yeganeh, N., Andrushko, J., Chau, B., ... Boyd, L.A. (2013). Improved cognition after high-intensity exercise paired with motor practice in individuals with stroke and older adults: a randomized controlled trial, medRxiv.
28. Hsieh, S.S., Chang, Y.K., Hung, T.M., Fang, C.L. (2016). The effects of acute resistance exercise on young and older males' working memory. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 286–93.
29. Hsieh, S.S., Chang, Y.K., Fang, C.L., Hung, T.M. (2016). Acute resistance exercise facilitates attention control in adult males without an age-moderating effect. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 38(3), 247–254
30. Idowu, M.I., Szameitat, A.J. (2023). Executive function abilities in cognitively healthy young and older adults—a cross-sectional study. *Frontiers in aging neuroscience*, 15, 976915.
31. Izquierdo, M., de Souto, BP., Arai, H., Bischoff-Ferrari, HA., Cadore, EL., Cesari, M., ... Fiatarone Singh, MA. (2025). Global consensus on optimal exercise recommendations for enhancing healthy longevity in older adults (ICFSR). *The journal of nutrition, health & aging*, 29(1), 100401.
32. Kim, H.G., Kim, Y., Edmonds, E.C., Bondi, M.W.. (2024). Comparison of Cognitive Impairment Diagnosis Criteria in Clinical Settings: Conventional vs. Neuropsychological. *Alpha Psychiatry*, 25(2), 212-219.
33. Katoh-Semba, R., Wakako, R., Komori, T., Shigemi, H., Miyazaki, N., Ito, H., ... Nakayama, A. (2007). Age-related changes in BDNF protein levels in human serum: differences between autism cases and normal controls. *International journal of developmental science: the official journal of International Society of Developmental Neuroscience*, 25, 367–372.
34. Kim, E.J., Kim, J.J. (2023). Neurocognitive effects of stress: a metaparadigm perspective. *Molecular Psychiatry*, 28, 2750–2763.
35. Kirk-Sanchez, N.J., McGough, E.L. (2014). Physical exercise and cognitive performance in the elderly: current perspectives. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 51–62.
36. Lancet Commission (2024). Dementia prevention, intervention, and care: 2024 report. *The Lancet*, 404(10321), 1123–1197.
37. Lira, F.S., de Freitas, M.C., Gerosa-Neto, J., Cholewa, J.M., Rossi, F.E. (2020). Comparison between full-body vs. split-body resistance exercise on the brain-derived

- neurotrophic factor and immunometabolic response. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3094–3102.
38. Malin, S.K., Stewart, N.R., Ude, A.A., Alderman, B.L. (2022). Brain insulin resistance and cognitive function: influence of exercise. *Journal of applied physiology*, 133(3), 748–758.
 39. Markov, A., Hauser, L., Chaabene, H. (2023). Effects of concurrent strength and endurance training on measures of physical fitness in healthy middle aged and older adults: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 53(2):437–455.
 40. Marston, K.J., Newton, M.J., Brown, B.M., Rainey-Smith, S.R., Bird, S., Martins, R.N., (2017). Intense resistance exercise increases peripheral brain-derived neurotrophic factor. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 899–903.
 41. Mayo Clinic. (2023). Mild cognitive impairment (MCI): Symptoms and causes. Mayo Foundation for Medical Education and Research. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/mild-cognitive-impairment>.
 42. McMorris, T. (2021). Acute exercise and neurocognition: Catecholamine mechanisms. *Progress in Brain Research*, 259, 1–24.
 43. Mekari, S., Neyedli, HF., Fraser, S., O'Brien, MW., Martins, R., Evans, K., ... Dupuy, O. (2020). High-intensity interval training improves cognitive flexibility in older adults. *Brain Science*, 10(11), 796.
 44. Mena, C., Sepúlveda, C., Ormazábal, Y., Fuentes, E., Palomo, I. (2017). Impact of walk ability with regard to physical activity in the prevention of diabetes. *Geospatial Health*, 12(2), 557.
 45. Mišigoj Duraković, M. i suradnici (2018). Tjelesno vježbanje i zdravlje. Zagreb: Znanje d.o.o.
 46. Mizoguchi, Y., Yao, H., Imamura, Y., Hashimoto, M., Monji, A. (2020). Lower brain-derived neurotrophic factor levels are associated with age related memory impairment in community-dwelling older adults: the Sefuri study. *Scientific Reports*, 10, 16442.
 47. Moret, C., Briley, M. (2020). The importance of norepinephrine in depression. *CNS Spectrums*, 25(1), 21–28.
 48. Mundada, P.H., Dadgal, R.M., Dadgal, R. (2022). Comparison of dual task training versus aerobics training in improving cognition in healthy elderly population. *Cureus*, 14(9), e29231.
 49. Muscari, A., Giannoni, C., Pierpaoli, L., Berzigotti, A., Maietta, P., Foschi, E., ... Zoli, M. (2010). Chronic endurance exercise training prevents aging-related cognitive decline in healthy older adults: a randomized controlled trial. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 25(10), 1055–1064.
 50. Nagamatsu, L.S., Handy, TC., Hsu, CL., Voss, M., Liu-Ambrose, T. (2012). Resistance training promotes cognitive and functional brain plasticity in seniors with probable mild cognitive impairment. *Archives of Internal Medicine*, 172(8), 666–668.
 51. Prakash, R.S., Voss, M.W., Erickson, K.I., Lewis, J.M., Chaddock, L., Malkowski, E., ... E., Kramer, A.F. (2011). Cardiorespiratory fitness and attentional control in the aging brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 229.
 52. Ramírez-Alvarado, C.J. (2023). Aerobic exercise as a protective factor in older adults with type 2 diabetes mellitus. *Mexican Journal of Medical Research ICSA*, 11(22), 54–60.

53. Randhawa, S.S., Varghese, D. (2023). Geriatric Evaluation and Treatment of Age-Related Cognitive Decline. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. PMID: 35593843.
54. Rhodes, S. (2021). Supporting physical activity behaviour change in adults with obstructive sleep apnoea [dissertation]. Dunedin: University of Otago; 2021.)
55. Riske, L., Thomas, R.K., Baker, G.B., Dursun, S.M. (2017). Lactate in the brain: an update on its relevance to brain energy, neurons, glia, and panic disorder. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 7(2), 85–9.
56. Sanders, L.M., Hortobagyi, T., la Bastide-van, G.S., van der Zee, E.A., van Heuvelen, M.J. (2019). Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 14(1), e0210036. 76.
57. Shams, A, Nobari, H., Afonso, J., Abbasi, H., Mainer-Pardos, E., Pérez Gómez, J., ... Carneiro L. (2021). Effect of aerobic-based exercise on psychological well-being and quality of life among older people: a Middle East study. *Frontiers in Public Health*, 9, 764044.
58. Simonsson, E., Levik Sandström, S., Hedlund, M., Holmberg, H., Johansson, B., Lindelöf, N., ... C.J., Rosendahl, E. (2023). Effects of controlled supramaximal high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness and global cognitive function in older adults: the Umeå HIT study—a randomized controlled trial. *The Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 78(9), 1581–1590.
59. Smith, P.J., Blumenthal, J.A., Hoffman, B.M., Cooper, H., Strauman, T.A., WelshBohmer, K., Browndyke, J.N., Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials, *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239–52.
60. Steventon, J.J., Chandler, H.L., Foster, C., Dingsdale, H., Germuska, M., Massey, T., ... Murphy (2021). Changes in white matter microstructure and MRI-derived cerebral blood flow after 1-week of exercise training. *Scientific Reports* 11, 22061
61. Szalewska, D., Radkowski, M., Demkow, U., Winklewski, P.J. (2017). Exercise strategies to counteract brain aging effects. *Advances in experimental medicine and biology*, 69–79.
62. Tari, A.R., Walke, T.L., Huuha, A.M., Sando, S.B., Wisloff, U. (2025). Neuroprotective mechanisms of exercise and the importance of fitness for healthy brain ageing. *The Lancet* 405(10484), 1093-1118.
63. Tsai, C.L., Wang, C.H., Pan, C.Y., Chen, F.C. (2015). The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9, 23.
64. Varma, V.R., Chuang, Y.F., Harris, G.C., Tan, E.J., Carlson, M.C. (2015). Low-intensity daily walking activity is associated with hippocampal volume in older adults. *Hippocampus*. 25(5), 605–615.
65. Voelcker-Rehage, C., Niemann, C. (2013). Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. *Neuroscience and Biobehavioral reviews*, 37(9 Pt B), 2268–95.

66. Vonk, M., Wikkerink, S., Regan, K., Middleton, L.E. (2019). Similar changes in executive function after moderate resistance training and loadless movement. *PLoS ONE*, 14(2), e0212122.
67. Wan, Y., Gao, W., Zhou, K., Liu, X., Jiang, W., Xue, R., Wu, W. (2022). Role of IGF-1 in neuroinflammation and cognition deficits induced by sleep deprivation. *Neuroscience Letters*, 776, 136575.
68. Wang, Y., Wang, L., Yan, J., Yuan, X., Lou, QQ. (2023). Aerobic training increases hippocampal volume and protects cognitive function for type 2 diabetes patients with normal cognition. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 131(11), 605–614.
69. Washif, J., Pagaduan, J., James, C., Dergaa, I., Beaven, C. (2024). Artificial intelligence in sport: exploring the potential of using ChatGPT in resistance training prescription. *Biology of Sport*, 41(2), 209–220.
70. Zhang, M., Fang, W., Wang, J. (2025). Effects of human concurrent aerobic and resistance training on cognitive health: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Clinical and Health Psychology* 25(1), 100559.
71. Zhang, W., Zhou, C., Chen, A. (2024). A systematic review and meta-analysis of the effects of physical exercise on white matter integrity and cognitive function in older adults. *Geroscience*, 46(2), 2641-2651.
72. Zhidong, C., Wang, X., Yin, J., Song, D., Chen, Z. (2021). Effects of physical exercise on working memory in older adults: a systematic and meta-analytic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 18(1), 18.

KOMPETENCIJE KINEZIOLOGA U MULTIDISCIPLINARNOJ SKRBI ZA ZDRAVO STARENJE

KINESIOLOGISTS' COMPETENCE IN MULTIDISCIPLINARY SUPPORT FOR HEALTHY AGING

Mirna Mikić

OŠ „Dragutin Tadijanović”, Slavonski Brod

mirna.mikic@gmail.com

Sažetak

Starenje donosi složene biološke promjene koje mijenjaju funkcionalne sposobnosti, a redovita tjelesna aktivnost važan je čimbenik očuvanja samostalnosti i kvalitete života u starijoj dobi. Kineziolozi u multidisciplinarnoj skrbi procjenjuju funkcionalno stanje, izrađuju individualizirane programe vježbanja, preveniraju ozljede i surađuju s drugim zdravstvenim stručnjacima. Ovo istraživanje, provedeno na uzorku od tristo petnaest učitelja i nastavnika tjelesne i zdravstvene kulture iz svih dijelova Hrvatske, ispitalo je njihove kompetencije, svijest o važnosti tjelesne aktivnosti, informiranost o zdravoj prehrani i životnom stilu te sudjelovanje u stručnim usavršavanjima. Rezultati istraživanja potvrđuju visoku razinu stručnosti i profesionalnog angažmana kineziologa, što dodatno naglašava njihov značajan doprinos očuvanju funkcionalnih sposobnosti svih osoba, uključujući i one starije životne dobi, te ukazuje na potrebu za njihovom snažnijom uključenosti u javnozdravstvene strategije.

Ključne riječi: *kineziolozi, multidisciplinarna skrb, zdravo starenje.*

Abstract

Aging brings complex biological changes that affect functional abilities, while regular physical activity is an important factor in maintaining independence and quality of life in older age. Kinesiologists in multidisciplinary care assess functional status, design individualized exercise programs, prevent injuries, and collaborate with other healthcare professionals. This study, conducted on a sample of three hundred fifteen physical education teachers from all parts of Croatia, examined their competencies, awareness of the importance of physical activity, knowledge of healthy nutrition and lifestyle, and participation in professional development. The research results confirm a high level of expertise and professional engagement among kinesiologists, further emphasizing their significant contribution to preserving the functional abilities of all individuals, including older adults, and indicating the need for their stronger involvement in public health strategies.

Keywords: *kinesiologists, multidisciplinary care, healthy aging.*

UVOD

Starenje je prirodan i neizbježan proces tijekom kojeg dolazi do postupnih i složenih promjena u funkcijama organa i organskih sustava, što s vremenom utječe na ukupnu funkcionalnu sposobnost pojedinca. Prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije (2015), zdravo starenje temelji se na očuvanju funkcionalne sposobnosti koja omogućuje dobrobit u starijoj

dobi. Funkcionalna sposobnost uključuje tjelesne i kognitivne funkcije, socijalnu povezanost te sposobnost samostalnog obavljanja svakodnevnih aktivnosti.

Jedan od osnovnih preduvjeta očuvanja funkcionalne sposobnosti u starijoj dobi jest redovita tjelesna aktivnost. Prospektivna istraživanja pokazala su da starije osobe koje redovito provode aerobne aktivnosti umjerenog do intenzivnog intenziteta imaju za 30-50 % manji rizik od razvoja funkcionalnih ograničenja ili invalidnosti u kasnijoj dobi (Paterson i Warburton, 2010). Pregledni radovi također ukazuju na to da redovita tjelesna aktivnost značajno povećava izgleda za uspješno starenje, osobito kada se dosegnu preporučene razine aktivnosti (Szychowska i Drygas, 2021).

Kineziolozi imaju važnu ulogu u multidisciplinarnoj skrbi jer svojim stručnim znanjem mogu procijeniti tjelesnu kondiciju i funkcionalne sposobnosti starijih osoba, izraditi individualizirane programe vježbanja te pratiti napredak i prevenirati potencijalne ozljede kroz kontinuirano praćenje. U suradnji s fizioterapeutima osiguravaju pravilnu rehabilitaciju i prevenciju ozljeda, dok liječnici nadziru cjelokupno zdravstveno stanje i prilagođavaju preporuke prema medicinskim indikacijama (Fortier et al., 2024). Literaturni izvori, poput Yamada et al. (2022), prikazuju modele dobre prakse u kojima kineziolog djeluje kao ravnopravan član multidisciplinarnog tima usmjerenog na očuvanje i unapređenje funkcionalnih sposobnosti starijih osoba. Slične zaključke navode i Masini et al. (2025), koji naglašavaju važnost integracije kineziološke struke u javnozdravstvene programe usmjerene na zdravo starenje.

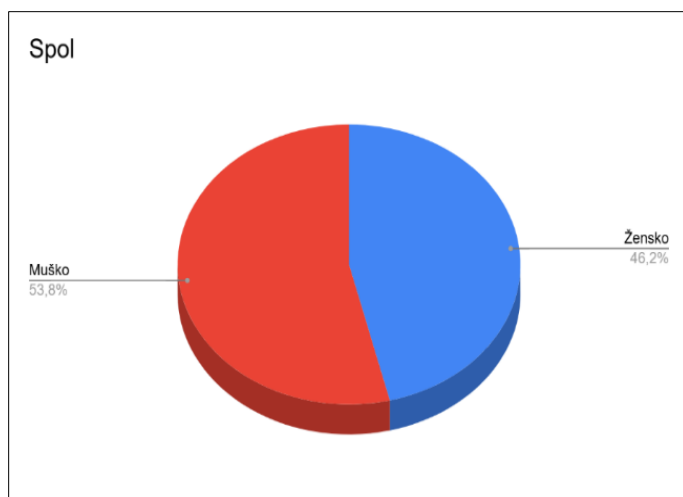
Multidisciplinarni timovi u gerijatrijskoj skrbi (kineziolozi, fizioterapeuti, liječnici) osiguravaju sveobuhvatnu njegu koja poboljšava fizičku funkciju, smanjuje rizik od padova i doprinosi kvaliteti života starijih osoba (Groos et al., 2025). Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi utjecaj i važnost kineziologa u procesu očuvanja i unapređenja funkcionalnih sposobnosti osoba starije životne dobi, s naglaskom na njihovu ulogu u planiranju i provedbi individualiziranih programa tjelesne aktivnosti, prevenciji ozljeda i suradnji s drugim stručnjacima zdravstvenog sustava.

Rezultati istraživanja mogu poslužiti kao podloga za unapređenje profesionalnih smjernica, razvoj učinkovitijih preventivnih programa i integraciju kineziologa u šire javnozdravstvene strategije usmjerene na aktivno i zdravo starenje.

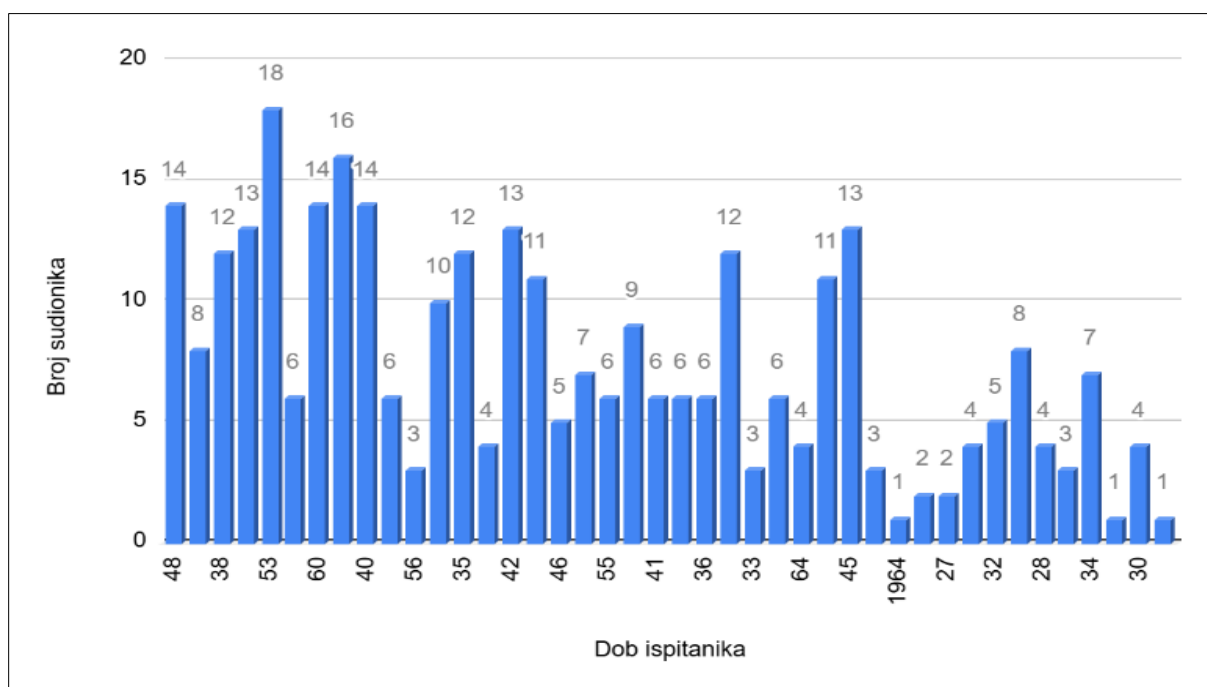
METODE

Uzorak ispitanika

U istraživanju je sudjelovalo 315 ispitanika, svi zaposleni kao učitelji i nastavnici tjelesne i zdravstvene kulture u osnovnim i srednjim školama Republike Hrvatske. Uzorak je spolno uravnotežen (53,8 % muškaraca i 46,2 % žena), što je prikazano na Slici 1. Kronološka dob sudionika kretala se od 34 do 62 godine ($M = 46,37 \pm 9,49$), kako je prikazano na Slici 2.

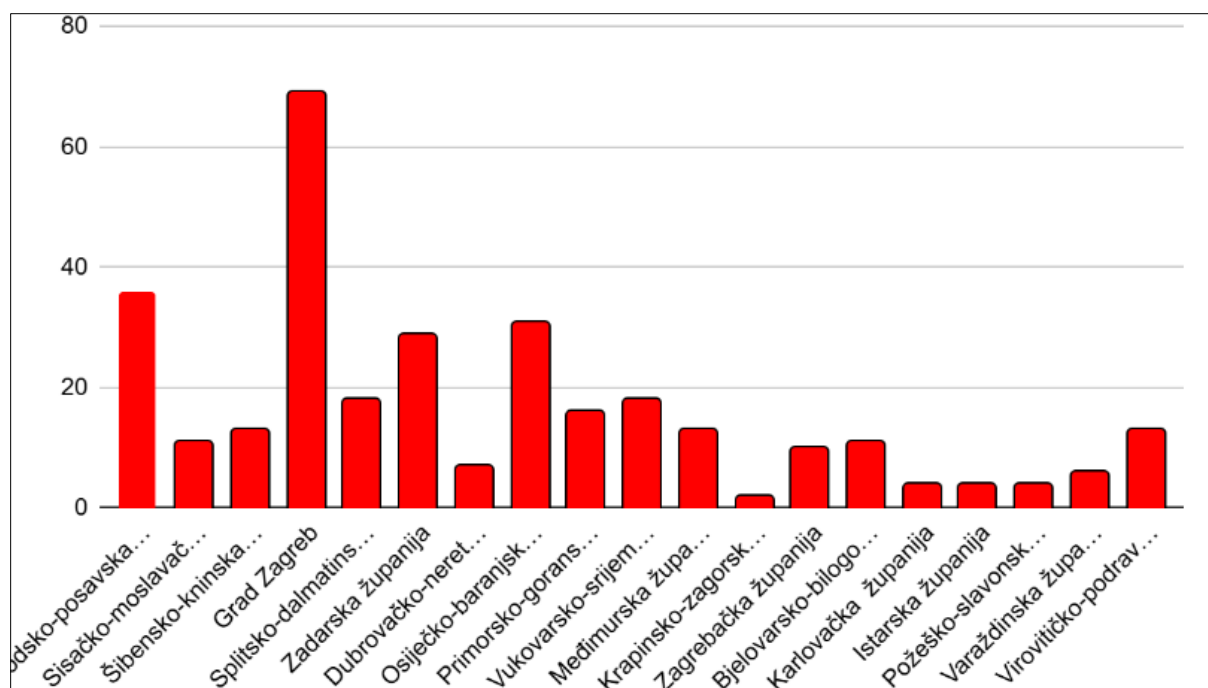


Slika 1. Grafički prikaz distribucije sudionika po spolu



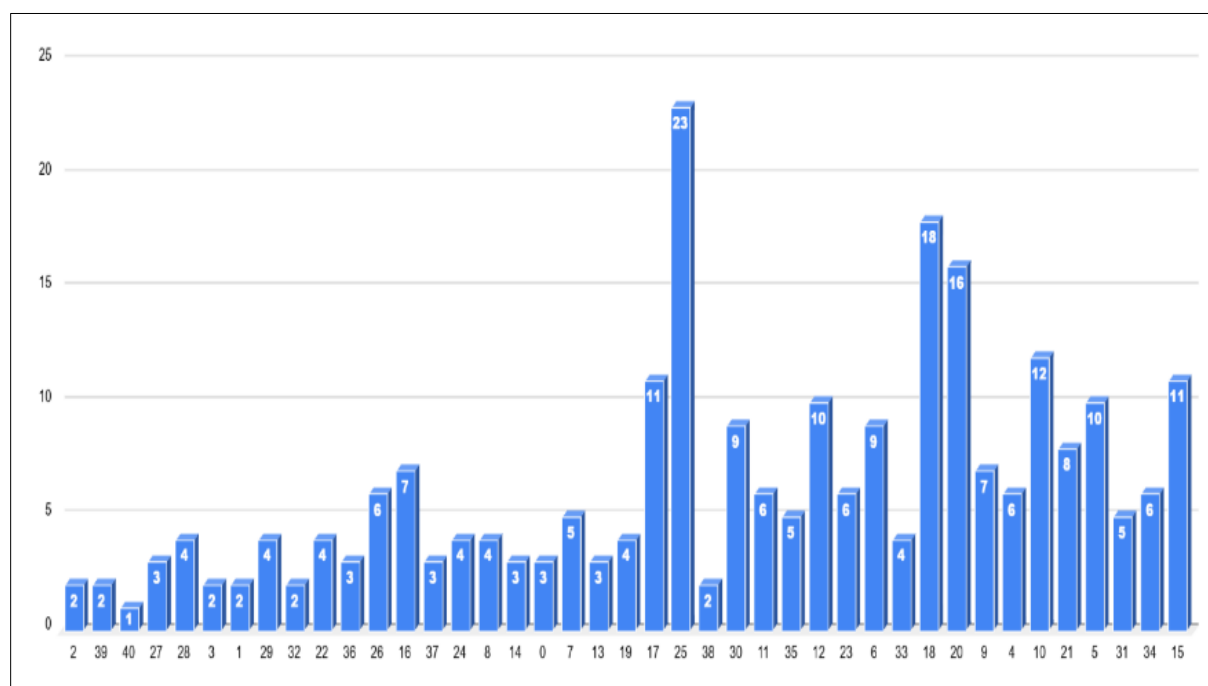
Slika 2. Grafički prikaz distribucije sudionika po dobi

Sudionici su dolazili iz svih dijelova Republike Hrvatske, obuhvaćajući 21 županiju i Grad Zagreb. Ovakva prostorna distribucija uzorka, prikazana na Slici 3., pridonosi nacionalnoj reprezentativnosti i jača valjanost rezultata.



Slika 3. Grafički prikaz distribucije sudionika po županijama

Prosječno radno iskustvo iznosilo je $18,11 \pm 9,72$ godina (raspon 1-40 godina) što je prikazano na Slici 4.



Slika 4. Grafički prikaz distribucije sudionika po radnom iskustvu

Uzorak varijabli

Za potrebe utvrđivanja utjecaja i važnosti kineziologa u procesu očuvanja i unapređenja funkcionalnih sposobnosti osoba starije životne dobi korišten je upitnik koji je izvorno sadržavao 33 tvrdnje. U ovom radu analizirano je sedam čestica. Analizirane su dvije

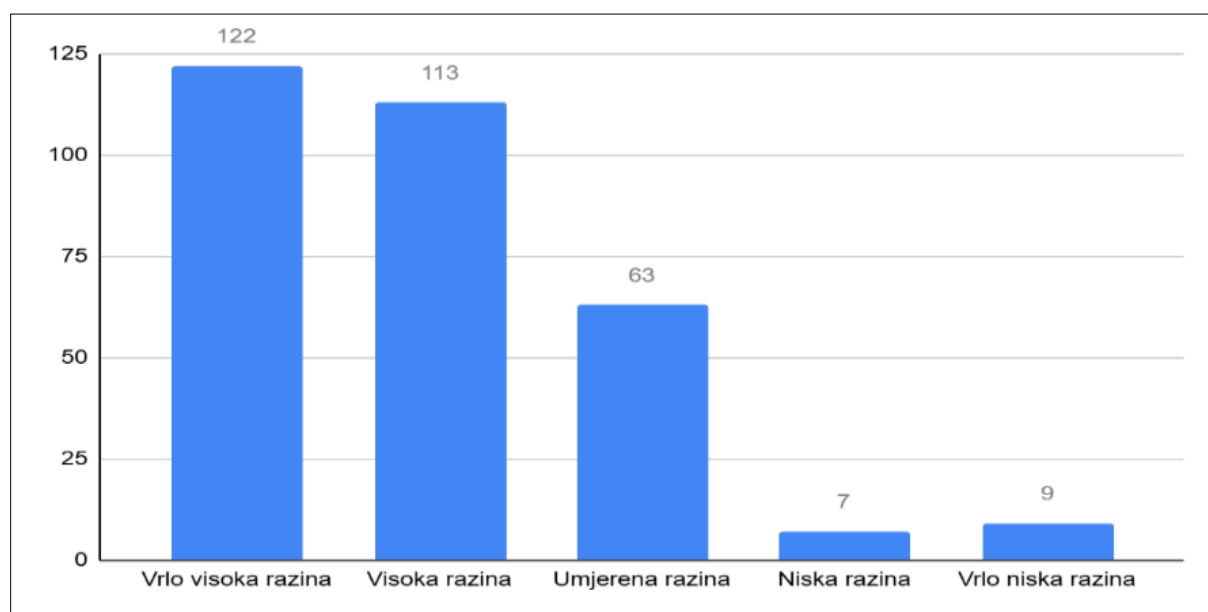
kontinuirane varijable: kronološka dob (DOB) te duljina radnog iskustva u struci izražena u godinama (RAD). U svrhu definiranja općeg profila sudionika istraživanja uzete su u obzir i varijable OSV – razina osobne osviještenosti o važnosti tjelesne aktivnosti te INF – informiranost i stavovi o zdravoj prehrani i životnom stilu. Iako ne odražavaju izravno razinu stručnog znanja kineziologa, doprinose razumijevanju zdravstvenog i motivacijskog okruženja ispitanika. Za ostale varijable sudionici su navodili razinu slaganja na Likertovoj ljestvici (1 = nikakva/o, 5 = iznimna/o). Varijable su: PIP – sposobnost samostalne izrade plana i programa procesa vježbanja; OPK – sposobnost objašnjavanja, primjene i kritičkog razmatranja utjecaja tjelesnog vježbanja na zdravlje, rast i razvoj; SPT – poznavanje osnova sportskog treninga, uključujući sportsku formu te principe i pravila sportskog treninga i USU – učestalost sudjelovanja ispitanika u stručnim usavršavanjima.

Protokol istraživanja

Istraživanje je provedeno korištenjem mrežnog anketnog upitnika, kojem su sudionici pristupili nakon što su bili upoznati sa svrhom istraživanja. Sudjelovanje je bilo dobrovoljno i anonimno, a pri ispunjavanju upitnika nisu se prikupljali osobni podaci koji bi omogućili identifikaciju ispitanika. Prema Creswellu i Creswellu (2018), anketno istraživanje predstavlja učinkovit alat za prikupljanje podataka o stavovima, znanju i ponašanju ispitanika, omogućujući dobivanje reprezentativnih i kvantitativno usporedivih rezultata. Korištenje digitalnog formata olakšalo je distribuciju upitnika i omogućilo sudjelovanje osoba iz različitih geografskih područja, dok su svi prikupljeni odgovori korišteni isključivo u istraživačke svrhe.

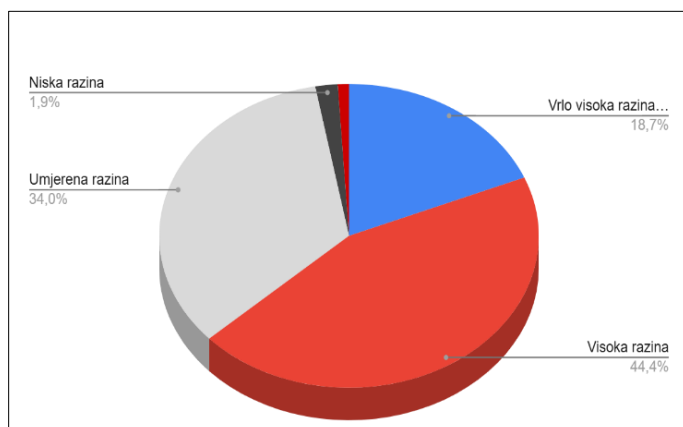
REZULTATI I RASPRAVA

Dobiveni rezultati ovog istraživanja daju uvid u razinu kompetencija, stavova i profesionalnog angažmana kineziologa u okviru multidisciplinarne skrbi za zdravo starenje. Analiza podataka omogućuje usporedbu sa sličnim istraživanjima.



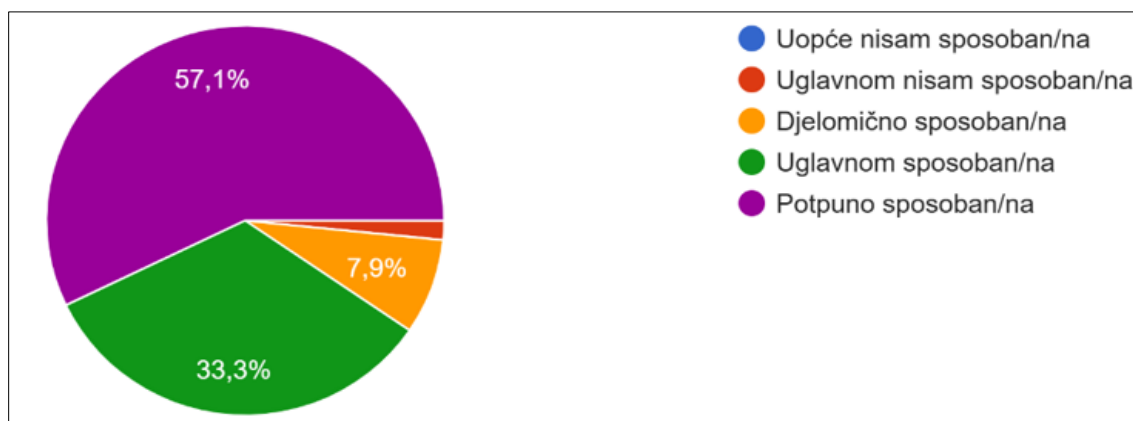
Slika 5. Grafički prikaz razine osobne osviještenosti o važnosti tjelesne aktivnosti

Rezultati prikazani na Slici 5. pokazuju da većina ispitanika pokazuje visoku razinu osviještenosti o važnosti tjelesne aktivnosti. Najzastupljeniji su oni s vrlo visokom razinom osviještenosti (38,7 %), a odmah zatim slijede ispitanici s visokom razinom (36,2 %). Zajedno ove dvije skupine obuhvaćaju gotovo tri četvrtine sudionika, što jasno ukazuje na pozitivan stav većine prema tjelesnoj aktivnosti. Umjerenu razinu svijesti ima 20 % ispitanika, što sugerira da prepoznaju važnost kretanja. Vrlo mali udio sudionika navodi nisku (2,2 %) ili vrlo nisku (2,9 %) razinu osviještenosti, što pokazuje da potpuna nezainteresiranost za tjelesnu aktivnost nije široko rasprostranjena.



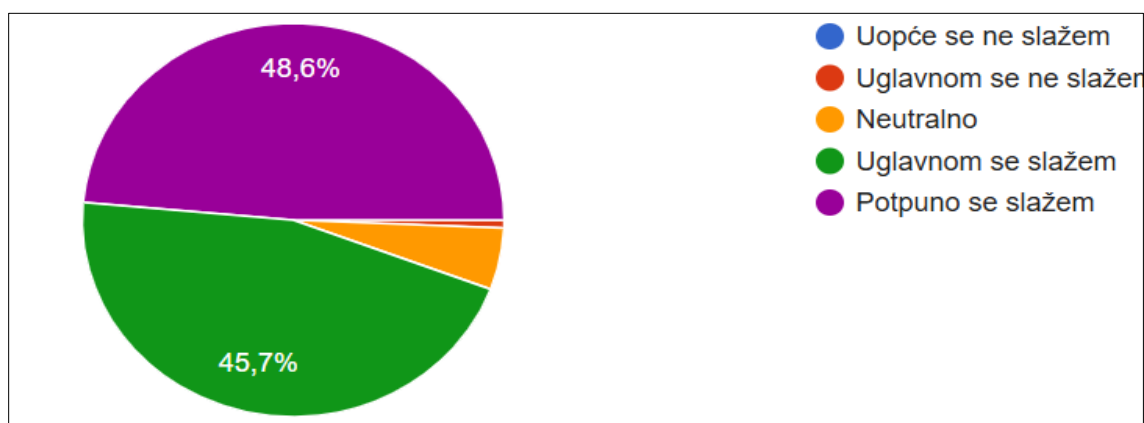
Slika 6. Grafički prikaz o informiranosti i stavovima ispitanika o zdravoj prehrani i životnom stilu

Rezultati prikazani na Slici 6. odnose se na informiranost i stavove ispitanika o zdravoj prehrani i životnom stilu pokazuju da najveći dio ispitanika (44,4 %) ima visoku razinu znanja i pozitivan pristup tim temama. Na drugom mjestu su ispitanici s umjerenom razinom informiranosti (34,0 %), što ukazuje na to da je riječ o značajnoj skupini koja posjeduje osnovno razumijevanje, ali možda ne i dovoljno dubinskog znanja ili motivacije za dosljednu primjenu. Vrlo visoku razinu informiranosti bilježi 18,7 % sudionika, što, iako je manji udio u odnosu na visoku razinu, i dalje predstavlja skupinu izrazito angažiranih pojedinaca. Nisku razinu informiranosti navodi tek 1,9 % ispitanika, što govori da potpuni nedostatak interesa ili znanja nije česta pojava. Sveukupno, podaci pokazuju da većina ima solidnu do vrlo visoku razinu svijesti.



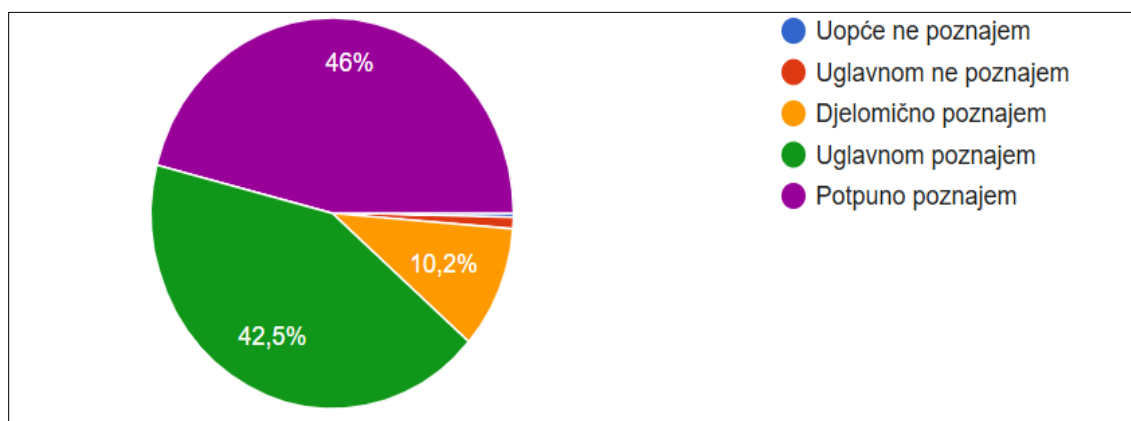
Slika 7. Grafički prikaz procjene ispitanika o sposobnosti samostalne izrade plana i programa procesa vježbanja

Rezultati prikazani na Slici 7. otkrivaju jasnu sliku samoprocjene ispitanika kada je riječ o sposobnosti samostalne izrade plana i programa procesa vježbanja. Više od polovice sudionika (57,1 %) smatra se potpuno sposobnima, što pokazuje visoku razinu samopouzdanja i vjerojatno veće iskustvo u planiranju treninga. Trećina ispitanika (33,3 %) procjenjuje da su uglavnom sposobni, što implicira solidnu razinu znanja uz mogućnost povremenog oslanjanja na dodatne izvore ili savjete. Djelomičnu sposobnost navodi 7,9 % sudionika, dok su oni koji se uglavnom ili potpuno smatraju nesposobnima za takav postupak prisutni u zanemarivom postotku, što ukazuje da je nesigurnost po ovom pitanju vrlo rijetka.



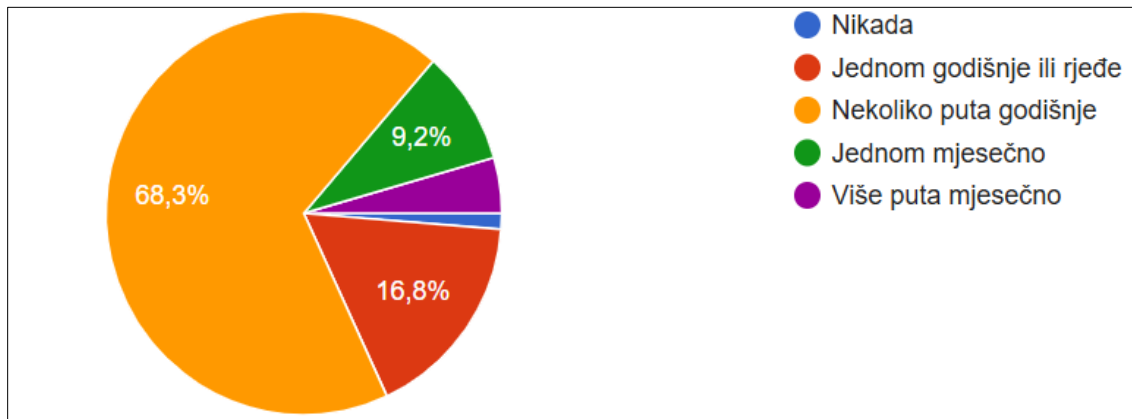
Slika 8. Grafički prikaz sposobnosti objašnjavanja, primjene i kritičkog razmatranja utjecaja tjelesnog vježbanja na zdravlje

Grafikon na Slici 8. prikazuje razinu slaganja ispitanika s vlastitom sposobnošću objašnjavanja, primjene i kritičkog razmatranja utjecaja tjelesnog vježbanja na zdravlje. 48,6 % ispitanika izjavljuje da se potpuno slaže s tom tvrdnjom, što govori o visokom stupnju sigurnosti u vlastite kompetencije. Vrlo blizu tome je i skupina koja se uglavnom slaže (45,7 %), što upućuje na to da većina sudionika procjenjuje kako posjeduje dovoljno znanja i vještina za kvalitetno promišljanje i primjenu ovih tema. Neutralan stav zauzima manji dio ispitanika, dok oni koji se uglavnom ili u potpunosti ne slažu čine tek zanemariv udio, što pokazuje da nesigurnost u ovom području nije česta.



Slika 9. Grafički prikaz poznavanja osnova sportskog treninga, uključujući sportsku formu te principe i pravila sportskog treninga

Prikaz na Slici 9. pokazuje razinu poznavanja osnova sportskog treninga među ispitanicima, uključujući sportsku formu te principe i pravila treninga. Najveći udio ispitanika (46%) smatra da u potpunosti poznaje ova područja, što odražava visoku razinu stručnog znanja. Neposredno iza njih nalaze se oni koji uglavnom poznaju ove teme (42,5 %), što pokazuje da gotovo polovica sudionika procjenjuje kako ima solidno razumijevanje tematike. Djelomično poznavanje navodi 10,2 % ispitanika, dok su oni koji navode da uglavnom ili uopće ne poznaju ovu problematiku zastupljeni u minimalnom postotku. Ovakva raspodjela odgovora ukazuje na to da većina ispitanika raspolaže snažnom teorijskom i praktičnom osnovom.



Slika 10. Grafički prikaz učestalosti sudjelovanja ispitanika u stručnim usavršavanjima

Grafikon na Slici 10. daje uvid u učestalost sudjelovanja ispitanika u stručnim usavršavanjima. 68,3 %, sudjeluje nekoliko puta godišnje, što pokazuje da je povremeno uključivanje u stručne edukacije najčešći obrazac ponašanja. Slijedi 16,8 % ispitanika koji se usavršavaju jednom godišnje ili rjeđe, dok 9,2 % sudjeluje jednom mjesečno, što ih svrstava među redovitije polaznike takvih aktivnosti. Više puta mjesečno stručna usavršavanja pohađa manji udio ispitanika, dok je potpuno izostajanje od sudjelovanja zabilježeno kod vrlo malog broja sudionika. Ovakvi rezultati pokazuju da većina ispitanika održava određenu razinu profesionalnog razvoja, iako se intenzitet sudjelovanja razlikuje, pri čemu je najveći naglasak na povremenim, ali ne i kontinuiranim edukacijama.

ZAKLJUČAK

Kineziolozi raspolažu visokim kompetencijama i razvijenom svijesću o važnosti tjelesne aktivnosti. Njihovo djelovanje unutar multidisciplinarnih timova, zajedno s fizioterapeutima i liječnicima, pridonosi održavanju fizičke funkcije, smanjenju rizika od padova i općem unapređenju dobrobiti starijih osoba. Sustavno praćenje, prilagodba programa i stalno stručno usavršavanje osiguravaju učinkovitost kinezioloških intervencija. Kineziolozi, kao visoko educirani stručnjaci za kretanje, kompetentni su za rad sa svim dobnim skupinama, uključujući i stariju populaciju, kojoj mogu pružiti značajnu podršku u očuvanju funkcionalnosti i samostalnosti. Njihova integracija u javnozdravstvene politike i jačanje suradnje s ostalim stručnjacima ključni su koraci prema boljoj skrbi za starije osobe.

LITERATURA

1. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
2. Fortier, M. S., Ducharme, S., & Sweet, S. N. (2024). *Integration of exercise professionals to help patients adopt physical activity and exercise in healthcare. Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 11477259.
3. Groos, S. S., Tan, S. M., Linn, A. J., Kuiper, J. I., van Schoor, N. M., van Weert, J. C., & van der Velde, N. (2025). Multidisciplinary care pathways for falls prevention in older adults: Visualizing the needs of primary care-based health care professionals. *European Geriatric Medicine*, 16(1), 229–236.
4. Masini, A., Dominguez, L. J., & Barbagallo, M. (2025). *Preventive Pathways for Healthy Ageing: A Systematic Review. Geriatrics*, 10(1), 31.
5. Paterson, D. H., & Warburton, D. E. R. (2010). Physical activity and functional limitations in older adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 38.
6. Szychowska, A., & Drygas, W. (2021). Physical activity as a determinant of successful aging: A narrative review. *Aging Clinical and Experimental Research*. 34(6), 1209-1214.
7. Taherdoost, H. (2016). Sampling methods in research methodology: How to choose a sampling technique for research. *International Journal of Academic Research in Management*, 5(2), 18–27.
8. World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565042>
9. Yamada, Y., Nishijima, T., Kimura, Y., & Tanaka, K. (2022). *Utilizing a Team Kinesiology Model to Support Rehabilitative Services. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2893.

PRIMJENA ORTOTIKE U LIJEČENJU SKOLIOZA KOD DJECE I ADOLESCENATA

APPLICATION OF ORTHOTICS IN THE TREATMENT OF SCOLIOSIS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

Melis Mladineo Brničević

Pravni fakultet Sveučilišta u Splitu

mmladineo@pravst.hr

Valentina Gojević

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Splitu

valvuc@kfst.hr

Sažetak

Skolioza je deformacija kralježnice koja uz estetske promjene može uzrokovati i funkcionalne poteškoće. Konzervativne metode liječenja se primjenjuju kod djece i adolescenata u fazi rasta. Cilj liječenja je usporavanje i zaustavljanje progresije deformiteta uz multidisciplinirani pristup u kojem sudjeluju liječnik specijalist, schroth terapeut, fizioterapeut, kineziterapeut, psiholog i ortotičar. U radu su prikazani principi konzervativnog liječenja skolioza uz naglasak na primjenu ortoza. Liječenje ortozama se preporučuje kod blagih ali i progresivnih skolioza s vrijednostima krivina između 25° i 40°. Uspješnost uvelike ovisi o duljini dnevnog nošenja ortoze i suradljivosti djeteta. Aplikaciju ortoze indicira liječnik specijalist nakon obavljenog kliničkog pregleda i napravljene RTG snimke. Ortoza je pomagalo koje se individualno izrađuje za svakog pacijenta a služi za ispravljanje kralježnice. Korektivna ortoza se uključuje u liječenje kada dođe do progresije krivine skolioze veća od 6° ili je skolioza sa stupnjem krivine većim od 20°. Cilj primjene korektivne ortoze je spriječiti progresiju krivine, i ako je to moguće već postojani kut ublažiti. Sekundarni cilj ortoze je poboljšati vanjski izgled tijekom razdoblja rasta uz uvjet da se pridržava usklađenost cijelog tijela. Kako bi došlo do ispravljanja postojeće krivine kralježnice, potrebno je upotrijebiti mehaničke sile.

Ključne riječi: *deformacija kralježnice, konzervativno liječenje, ortoze, skolioza.*

Abstract

Scoliosis is a spinal deformity that, in addition to aesthetic changes, can also cause functional difficulties. Conservative treatment methods are used in children and adolescents in the growth phase. The goal of treatment is to slow down and stop the progression of the deformity with a multidisciplinary approach involving a specialist doctor, Schroth therapist, physiotherapist, kinesiologist, psychologist and orthotist. The paper presents the principles of conservative treatment of scoliosis with an emphasis on the use of orthoses. Treatment with orthoses is recommended for mild but also progressive scoliosis with curvature values between 25° and 40°. Success largely depends on the length of time the orthosis is worn daily and the child's cooperation. The application of the orthosis is indicated by a specialist doctor after a clinical examination and an X-ray. An orthosis is an aid that is individually made for each patient and is used to straighten the spine. A corrective orthosis is included in the treatment when the

progression of the scoliosis curve exceeds 6° or the scoliosis has a degree of curvature greater than 20° . The goal of corrective orthosis is to prevent the progression of the curve and, if possible, to reduce the already established angle. The secondary goal of the orthosis is to improve the external appearance during the growth period, provided that the alignment of the whole body is maintained. In order to correct the existing curvature of the spine, it is necessary to use mechanical forces.

Keywords: *conservative treatment, orthoses, scoliosis, spinal deformity.*

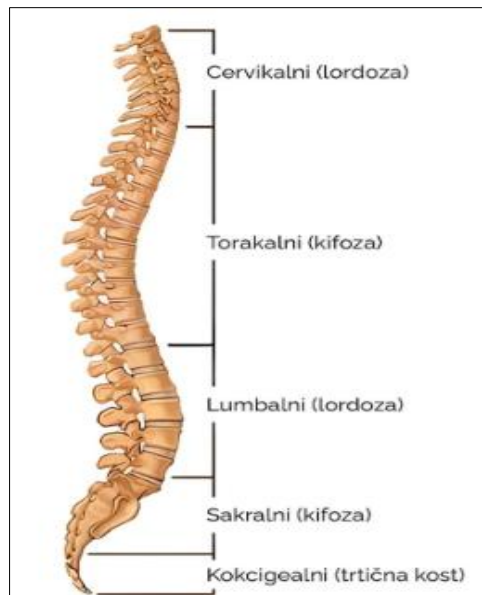
UVOD

Riječ skolioza potječe iz grčkog jezika od riječi skolios što znači iskrivljen. Skoliozu definiramo kao deformitet koji karakterizira svako postranično iskrivljenje u frontalnoj ravnini pri kojem je kut po Cobbu veći od 10° (Wuersching et al., 2010). Skolioza se najčešće javlja u dječjoj i adolescentnoj dobi u fazi intenzivnog rasta. Većina skolioza ne dosegne ozbiljne stupnjeve deformacije i ne zahtijeva agresivno liječenje dok određeni broj pokazuje progresiju koja dovodi do estetskih i funkcionalnih posljedica koje uzrokuju bolove, smanjenje respiratorne funkcije i psihosocijalne poteškoće (Wuersching et al., 2010). Prognoza deformacije kralježnice najviše ovisi o dobi u kojoj se javlja i etiologiji. Skolioze poznate i nepoznate etiologije koje se javljaju u prvih pet godina života nazivaju se rano pojavne skolioze što u pravilu znači „loše skolioze“ (Wuersching et al., 2010).

Cilj konzervativnog liječenja je primarno usporiti progresiju skolioze a zatim i zaustaviti progresiju krivine tijekom rasta. Najvažniji dio konzervativnog liječenja je očuvati funkcionalnu sposobnost i spriječiti operativni zahvat (Wuersching et al., 2010). Kod strukturalnih skolioza i konzervativnog liječenja stavlja se naglasak na primjenu ortoza kao ključnog dijela te mogućnosti multidisciplinarnog pristupa koji obuhvaća suradnju specijalista fizikalne medicine i rehabilitacije, kineziterapeuta, fizioterapeuta, Schroth terapeuta, psihologa i certificiranog ortotičara (Wuersching et al., 2010).

U uspravnom stavu čovjeka kralježnica je u obliku dvostrukog slova S (slika 1.), što omogućuje da glava u prostoru zadrži prikladan položaj, te da se težina tijela razdjeli na manje komponente i prenese na veću površinu (Kosinac, 2018).

Normalna kralježnica ima četiri krivine u sagitalnoj ravnini: cervikalnoj, torakalnoj, lumbalnoj i sakralnoj, dok je u frontalnoj ravnini ravna, u sklopu koji se nalazi 33 do 34 kralježaka (Kosinac, 2018).



Slika 1. Fiziološke krivine kralježnice (Izvor: <https://www.yoga-studio-vg.hr/single-post/lordoza-i-kifoza-kralje%C5%BEnice-krivine-koje-%C5%BEivot-zna%C4%8De>)

Kralježnica označava stabilnost i savitljivost, djeluje kao amortizer i štiti kralježničnu moždinu. Postoje tri savitljive regije kralježnice: cervikalna, torakalna i lumbalna i jedna rigidna regija: sakralna. Sve četiri regije su povezane u lanac te promjenom jedne regije dolazi do promjena u ostalim regijama (Kosinac, 2018).

KLASIFIKACIJA SKOLIOZA

Skolioze dijelimo na funkcionalne i strukturalne. Razlikujemo ih po tome što kod strukturalnih skolioza uz postranično iskrivljenje postoji i rotacija kralježaka (Weinstein et al, 2019).

Funkcionalne skolioze

Funkcionalne skolioze su postranična iskrivljenja kod kojih su promjene korektibilne pa se nazivaju fleksibilne. Na RTG snimci se očitava Cobb do 20 stupnjeva (Weinstein et al., 2019). Funkcionalne skolioze se dijele na kompenzatorne i posturalne jer se povezuju s nepravilnim držanjem tijela. Posturalne skolioze se primijete na početku intenzivnog rasta oko desete godine, javljaju se kao odraz lošeg držanja ili brzog rasta i razvoja. U Adamsov testu preklona nema izraženih krivina kralježnice niti prisutnih rebarnih gibusa, ne ograničava pokretljivost kralježaka. Kompenzatorne skolioze su posljedica poremećenih stato – dinamičkih odnosa uslijed skraćanja jedne noge, deformacije kuka i spušenog stopala, krivog vrata, smetnji vida. Uklanjanje primarnih uzroka nestaje i skoliotično držanje (Weinstein et al., 2019).

Strukturalne skolioze

Strukturalne skolioze su one kod kojih postoje koštane promjene (iskrivljenje kralježnice i rotacija kralježaka) i u testu preklona su vidljive krivine kralježnice te rebarni gibus. Ireduktibilne su i ne mogu se pasivno korekcijom korigirati. Dijagnosticiraju se RTG snimkama (Weinstein et al., 2019). Dijelimo ih na kongenitalne i stečene.

Kongenitalne su posljedica raznih poremećaja kralježnice: klinasti kralješci, prekobrojni kralješci, sakralizacija, sinteza više kralježaka itd. Stečene su mnogobrojnije od kongenitalnih. Općenito je prihvaćena podjela stečenih skolioza po Cobbu (tzv. Cobb – ova etiološka klasifikacija strukturalnih skolioza) (Roach, 2006):

- miopatske: uzrok nastajanja mišića distrofija,
- neuropatske: uzrok nastajanja cerebralne kljenuti, poliomijelitis,
- osteopatske: uzroci nastajanja kongenitalni i
- idiopatske: uzrok nepoznat.

KOŠTANA ZRELOST

Određivanje koštane zrelosti bitno je za određivanje načina i perioda liječenja skolioza. U ocjenjivanju koštane zrelosti promatra se javljanje primarnih i sekundarnih centara osifikacije prema njihovom broju, obliku i položaju, ta zbivanja se prate na RTG snimci. Najčešće se koristi Risserov znak (osifikacija ilijakalnih apofiza) (Li, Zhang & Wang 2024). Prema opsegu okoštavanja, zone rasta na rubu zdjeličnih kostiju dijele se na pet stupnjeva (Li, Zhang & Wang 2024):

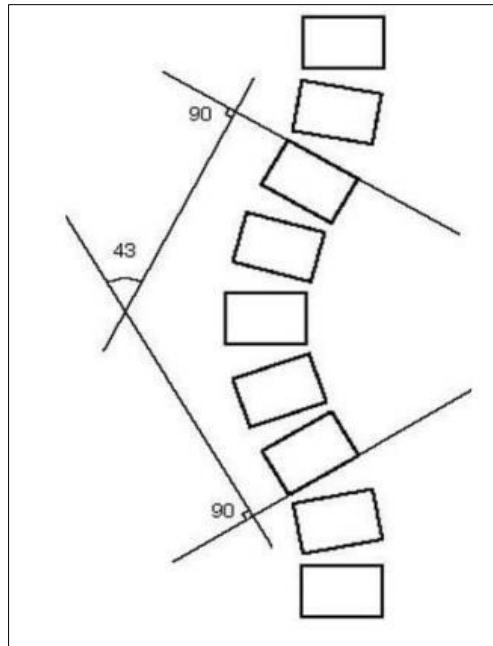
- 0 – nema okoštavanja,
- 1 – 25 % epifize je okoštalo,
- 2 – 50 % epifize je okoštalo,
- 3 – 75 % epifize je okoštalo,
- 4 – 100 % epifize je okoštalo i
- 5 – potpuno spajanje okoštale epifize s ostatkom zdjelične kosti.

COBBOV KUT

Skoliotička krivina mjeri se putem Cobbove metode u anterio – posteriornom pogledu standardne rendgenske snimke. Najčešća je to korištena metoda koja ima brojne prednosti nad drugim metodama, uključujući najtočnije mjerenje kuta krivine. Risser – Ferguson je alternativna metoda koja se također koristi, ali puno rjeđe (Li, Zhang & Wang 2024).

Mjerenje se obavlja tako da se pronađu krajnji kralješci kojim započinje, odnosno završava krivina te koji se najviše naginju prema konkavitetu krivine (Li, Zhang & Wang 2024). Linija se povlači okomito na navedene ploštine te tako prave kut pod nazivom Cobbov kut (slika 2.) Usprkos jednostavnosti mjerenja postoje čimbenici koji mogu utjecati na grešku mjerenja, kao što su razina iskustva ispitivača, identifikacija završnih kralježaka te nagib.

Pogreške u mjerenju su moguće od 3° – 5° (Li, Zhang & Wang 2024). Mjereno po Cobbu, ukoliko je kut skolioze od 10° – 20°, pacijenti se prate, u slučaju gdje je kut 20° – 50° tretiraju se konzervativnim liječenjem, a u slučaju da je kut veći od 50° se operiraju, jer se njihova progresija očekuje i nakon završetka rasta (Li, Zhang & Wang 2024).



Slika 2. Cobbov kut (Izvor: <https://kdk.hr/sto-je-to-skolioza-lijecenje-dijagnoza-i-uloga-ortoza-u-lijecenju-dio-ii-ii/>)

ORTOTIČKO LIJEČENJE

Liječenje ortozama se preporučuje kod blagih ali i progresivnih skolioza s vrijednostima krivina između 25° i 40° . Uspješnost uvelike ovisi o duljini dnevnog nošenja ortoze i suradljivosti djeteta (Đapić, Kubat, 2021). Aplikaciju ortoze indicira liječnik specijalist nakon obavljenog kliničkog pregleda i napravljene RTG snimke. Sate nošenja ortoze određuje isti liječnik specijalist ovisno o dobivenim parametrima (Webster, Murphy, 2017).

Nakon provedenih istraživanja doneseno je pravilo nošenja ortoze koje iznosi minimalno 18 sati dnevnog nošenja, nakon što dijete prođe fazu prilagodbe (Negrini et al., 2009). Pravilna aplikacija i dobra satnica nošenja ortoze dovodi do smanjenja stupnjeva skolioze kao i izbjegavanje operacije, ako je skolioza uočena na vrijeme u ranoj fazi (Webster, Murphy, 2017).

Ortoza se aplicira do završetka rasta tj. do koštane zrelosti, zato je potrebno iskoristiti vrijeme rasta i razvoja te se pridržavati uputa uključenih u liječenje skolioze da bi se spriječile neželjene posljedice (Stilinović et al., 2020). Ortoza je pomagalo koje se individualno izrađuje za svakog pacijenta a služi za ispravljanje kralježnice. Korektivna ortoza se uključuje u liječenje kada dođe do progresije krivine skolioze veća od 6° ili je skolioza sa stupnjem krivine većim od 20° (Webster, Murphy, 2017). Cilj primjene korektivne ortoze je spriječiti progresiju krivine, i ako je to moguće već postojeći kut ublažiti. Sekundarni cilj ortoze je poboljšati vanjski izgled tijekom razdoblja rasta uz uvjet da se pridržava usklađenost cijelog tijela. Kako bi došlo do ispravljanja postojeće krivine kralježnice, potrebno je upotrijebiti mehaničke sile, stoga distrakcijska sila treba biti na konkavnoj strani krivine, kompresijska sila na konveksnoj strani, poprečne sile s obje strane te bočni pojasevi na konveksnoj strani (Webster, Murphy, 2017).

Bitnu ulogu kod liječenja s ortozom imaju redoviti pregledi specijalista ortopeda, ortotičar koji je zadužen za izradu što kvalitetnije ortoze i obitelj kao najveća podrška i sam pacijent koji

mora ozbiljno shvatiti situaciju i prihvatiti istu (Webster, Murphy, 2017). Podjela ortoza ide na više načina, s obzirom na mjesto gdje se primjenjuju, s obzirom na materijal od kojeg su izrađene, kojeg su djelovanja, koliko dijelova imaju itd. Razlikujemo CTLSO (cervikotorakolumbosakralne ortoze), TLSO (torakolumbosakralne) i LSO (lumbosakralne) s obzirom na mjesto gdje se primjenjuju (Webster, Murphy, 2017). Gledajući od koliko dijelova se sastoje, postoje monoblok i višedjelne ortoze. Monoblok ortoze su od naprijed i od nazad pričvršćene čičak trakom ili metalnim kopčama za trup. Na mjestu gdje je krivina konveksna ugrađuju se korektivni jastučići (Webster, Murphy, 2017). Ortoze se s obzirom na djelovanje dijele na elastične, rigidne i super-rigidne. Ortoze također možemo podijeliti po materijalu od kojeg se izrađuju na one koje su napravljene od metala, tekstilnih traka, termoplastike te ugljičnih materijala (Webster, Murphy, 2017).

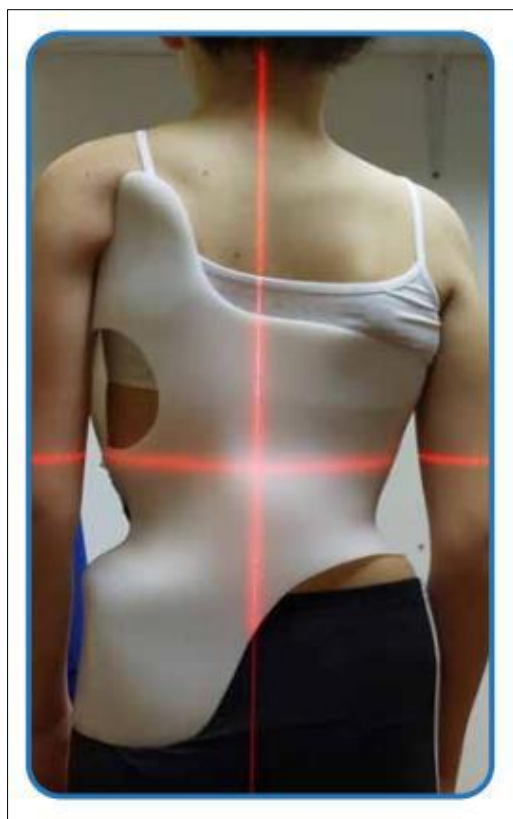
Primjena Cheneau ortoza u liječenju skolioza

Cheneau ortoza je TLSO ortoza koja se sastoji iz 46 zona, od kojih su 16 zona potpore, dok 12 čine zdjelčni pojas. Ostale zone su raspoređene po trupu (Webster, Murphy, 2017). Cheneau ortoza se koristi kod djece u juvenilnom periodu i adolescenata (slika 3.). Neophodan dio tretmana ovom ortozom je između ostalog i respiratorna terapija u kojoj pacijent uči kako koristiti zone ekspanzije u ortozi, prema kojima tijelo treba širiti pri disanju (ove zone nalaze se nasuprot zonama pritiska) (Webster, Murphy, 2017).

Cheneau ortoza je aktivna ortoza koja potiče derotaciju, odnosno ortoza u kojoj se korekcija deformiteta kralježnice postiže sustavom koji obuhvaća pritisak preko pelota, kompenzacijske zone ekspanzije i specijalnu tehniku disanja koju pacijent treba naučiti kao dio tretmana (Webster, Murphy, 2017). Cilj koji se želi postići Cheneau ortozom je hiperkorekcija (Webster, Murphy, 2017).

Zone korektivnog pritiska su oblikovane prema unutra (tijelu pacijenta) konveksne površine su ovalnog oblika, na kojima je pritisak najjači u centralnoj točki, dok se prema rubovima zone postepeno smanjuje. Zone restrikcije su one koje kroz sustav potpornih sila u tri točke imaju ulogu stabilizacije trupa. Takva zona je zona potpazušne potpore koja stabilizira gornji dio trupa i sa sternalnom potpornom zonom sprečava povećavanje kifotičnog položaja kralježnice (Webster, Murphy, 2017).

Zone ekspanzije su najznačajnije zone u Cheneau ortozi i nalaze se po jedna nasuprot svake zone pritiska. One nikada ne smiju biti u dodiru s kožom pacijenta. Pri maksimalnom udisaju, točka maksimalne ekspanzije treba biti udaljena najmanje 3 – 4 cm od površine kože, dok pri maksimalnom izdisaju zona ekspanzije treba biti minimalno 7 cm udaljena od površine kože korisnika (Webster, Murphy, 2017).

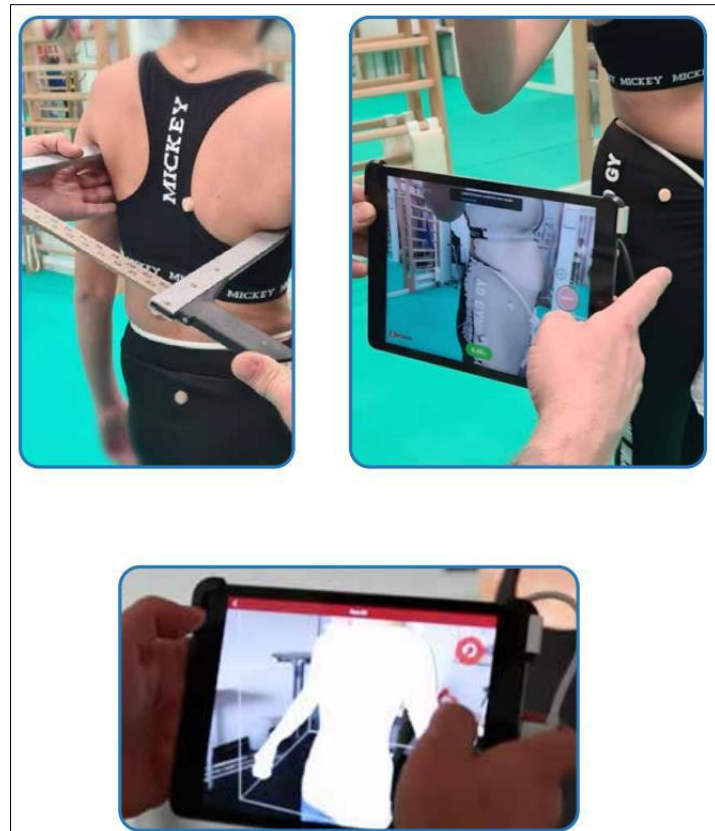


Slika 3. Cheneau ortoza (Izvor: <https://kdk.hr/sto-je-to-skolioza-lijecenje-dijagnoza-i-uloga-ortoza-u-lijecenju-dio-ii-ii/>)

Uzimanje mjera za izradu ortoze za skoliozu

Osim ručno uzimanja mjera gipsanim zavojima mogu se uzeti i 3D SCAN tehnologijom (slika 4.). Ovom tehnikom se trup snima 3D laserskim skenerom a podaci se za dvije minute pretvaraju u trodimenzionalnu sliku u računalu a mogu se samo unijeti određene izmjerene točke tijela 53 s pomoću kojih će računalni grafički program stvoriti sliku tijela. Uz to se uzimaju mjere obujma zdjelice, struka i grudi (Wuersching et al., 2010).

Obrada modela i korekcije se također radi s pomoću programa koji nam daje precizne podatke i sheme za korekciju. Kad se završi modeliranje program vodi CNC brusilicu koja izrađuje pozitiv. Brusilica može imati 2-7 osovine s različitim veličinama brusnih glava koje obrađuju gipsani pozitiv ili PU model (Wuersching et al., 2010).



Slika 4. Uzimanje mjera i skeniranje (Izvor: <https://kdk.hr/sto-je-to-skolioza-lijecenje-dijagnoza-i-uloga-ortoza-u-lijecenju-dio-ii-ii/>)

ZAKLJUČAK

Trodimenzionalna deformacija kralježnice – skolioza zahvaća estetski, funkcionalni i psihološki dio ljudskog tijela. Idiopatska skolioza koja se javlja u adolescentskoj dobi je najčešći oblik skolioze, a progresija ovisi o koštanoj zrelosti, Cobbovom kutu i dobi pojavljivanja. Kroz klinički pregled se dobije pravovremena dijagnoza uz pomoć radiološke obrade i procjene rasta. Kako bi se zaustavilo napredovanje skolioze i očuvala funkcionalna sposobnost u prvom planu treba biti konzervativno liječenje. Uz vježbe, učinkovita metoda liječenja je i primjena Cheneau ortoze koja aktivno potiče korekciju kralježnice u trodimenzionalnom smislu, sustavi zona pritisaka i ekspanzijskih prostora postižu derotaciju i hiperkorekciju kralježnice. Dosadašnja istraživanja su pokazala da pravovremenom dijagnostikom i postavljanjem dijagnoze skolioze, smanjuje se rizik od progresije, te se uspješno izbjegava kirurško liječenje. Fizikalnim i terapijskim vježbama se čuva strukturalna stabilnost kralježnice i sprječavaju se funkcionalne posljedice. Djeci se savjetuje da se bave fizičkom aktivnošću najmanje 60 minuta dnevno.

LITERATURA

1. Đapić, T., & Kubat, O. (2021). Ortotika u liječenju deformacija kralježnice u djece i adolescenata. *Fizikalna i rehabilitacijska medicina*, 35(3-4), 139-140.
2. Kosinac, Z. (2018). *Posturalni problemi u djece i mladeži: Dijagnostika i liječenje*. Zagreb: Medicinska naklada.
3. Li, J., Gao, J., Zhao, Z., Canavese, F., Cai, Q., Li, Y., & Wang, Y. (2024). Quantitative computed tomography assessment of bone mineral density in adolescent idiopathic scoliosis: correlations with Cobb angle, vertebral rotation, and Risser sign. *Translational Pediatrics*, 13(4), 610.
4. Negrini S., Grivas T. B., Kotwicki T., Rigo M., & Zaina F. (2009). International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT). Guidelines on “Standards of management of idiopathic scoliosis with corrective braces in everyday clinics and in clinical research”: SOSORT Consensus 2008. *Scoliosis*, 4 (1), 2.
5. Roach, J. W. (2006). Congenital scoliosis. *Orthopedic Clinics of North America*, 38(4), 497–506.
6. Stilinović, M., Kubat, O., Čimić, M., Drezga, T., & Đapić, T. (2020). Suradljivost bolesnika s adolescentnom idiopatskom skoliozom tijekom konzervativnog liječenja – pregled istraživanja i iskustva multidisciplinarnog tima Klinike za ortopediju Kliničkoga bolničkog centra Zagreb. *Liječnički vjesnik*, 142(9-10), 343-347.
7. Webster, J. B., & Murphy, D. P. (2017). *Atlas of orthoses and assistive devices* (5. izdanje). Elsevier.
8. Weinstein, S. L., & Dolan, L. A. (2015). The Evidence Base for the Prognosis and Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: The 2015 Orthopaedic Research and Education Foundation Clinical Research Award. *The Journal of bone and joint surgery*, 97(22), 1899–1903.
9. Wuerschling, S., Đapić, T., Jelić, M., & Miličić, D. (2010). *Skolioza i kifoza*. Zagreb: Kuća zdravlja.

**TREND MALIGNIH BOLESTI MEĐU STUDENTSKOM POPULACIJOM I
NJIHOVIM OBITELJIMA U RAZDOBLJU OD 10 GODINA: ANALIZA
SVEUČILIŠTA U SPLITU**

**THE TREND OF MALIGNANT DISEASES AMONG THE STUDENT POPULATION
AND THEIR FAMILIES IN 10 YEAR SPAN OF TIME: ANALYSIS FROM
UNIVERSITY OF SPLIT**

Melis Mladineo Brničević

Pravni fakultet Sveučilišta u Splitu

mmladineo@pravst.hr

Željko Kovačević

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu

zeljko.kovacevic@ozs.unist.hr

Željka Karin

Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Split

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu

karinzeljka@gmail.com

Sažetak

Dijagnoze raka kod mladih predstavljaju jedinstvene medicinske, emocionalne i društvene izazove i za pacijente i za njihove obitelji. Longitudinalno istraživanje prati i mjere pojave i promjene tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Ovo je longitudinalno istraživanje provedeno na Sveučilištu u Splitu, koje prati pojavu malignih bolesti među studentima i članovima njihove uže obitelji tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Studija je usporedila dva vremenska razdoblja: 2005.-2009. i 2015.-2019., s ukupnim uzorkom od 5.146 studenata. Hi-kvadrat test je korišten za procjenu porasta pojavnosti tijekom 10-godišnjeg razdoblja koje se pokazali statistički značajno s razinom značajnosti $p < 0,05$. Izračunate frekvencije pokazuju da se postotak studenata s dijagnozom malignih bolesti povećao više od pet puta tijekom deset godina, s 0,10 % na 0,56 %. Broj oboljelih članova obitelji s malignim bolestima porastao s 20,10 % na 35,29 % tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Povećanje pojave malignih bolesti među studentima i njihovim obiteljima statistički je značajno, što ukazuje na stvaran trend rasta.

Ključne riječi: *longitudinalno istraživanje, rak, studentska populacija.*

Abstract

Cancer diagnoses in youth present unique medical, emotional, and social challenges for both patients and their families. This was longitudinal study conducted at the University of Split, tracking the occurrence of malignant diseases (cancers) among students and their close family members over a ten-year period. The study compared two time frames: 2005-2009. and 2015- 2019 with a total sample of 5.146 students. Chi-square tests were used to assess whether the observed increases in occurrence over the 10-year period were statistically significant. The results show that percentage of students diagnosed with malignant diseases increased more than

fivefold over ten years, from 0,10 % to 0,56 %. The percentage of students reporting a close family member with malignant disease rose from 20,10 % to 35,29 % over the ten-year period. Increases in malignant diseases occurrence among both students and their families are statistically significant, indicating that the growing trend is real.

Keywords: *cancer, longitudinal study, student population.*

UVOD

Rak je naziv za veliku skupinu bolesti koje mogu zahvatiti gotovo svaki dio tijela, akoje se međusobno razlikuju prema svojoj etiologiji, kliničkoj slici te načinu liječenja. Ono što je zajedničko svim vrstama raka je da nastaju od zdravih stanica organizma procesom koji se naziva zloćudna pretvorba (Vrdoljak et all., 2018.).

Sve je veća prevalencija onkoloških bolesti koje nisu nužno vezane uz stariju dob, već se mogu javiti u svim životnim razdobljima (Šekerija et all., 2020.). Upravo onkološke bolesti danas predstavljaju jedan od vodećih zdravstvenih i društvenih problema u svijetu pa tako i u Hrvatskoj gdje je broj oboljelih osoba u stalnom porastu (Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2020).

Rak u mnogim zemljama svijeta predstavlja inajčešći uzrok smrti odmah nakon srčano-žilnih bolesti te se zbog toga često doživljava kao globalni teret (Jemal et all., 2011.). Sukladno navedenom, samo u Hrvatskoj je tijekom 2018 godine dijagnosticirano približno 25.000 novih slučajeva raka, dok su zloćudne bolesti bile odgovorne za 27 % svih smrti (Nacionalni strateški okvir protiv raka do 2030.).

Sukladno rastu broja novooboljelih od raka, medicinskim napretkom došlo je i do porasta stope preživljavanja od zloćudnih bolesti kao i do poboljšanja kvalitete života oboljelih osoba nakon dijagnosticiranja bolesti. Usprkos tome, rak se i dalje u javnosti često izjednačava spojmom smrtnosti presude, odnosno doživljava se kao teško izlječiva bolest (Liu et all., 2016.). Unatoč tome, rak, iako relativno rijedak u studentskoj populaciji, ostaje kritičan zdravstveni problem zbog svog utjecaja na mlade živote i svog položaja kao vodećeg uzroka smrtnosti povezane s bolestima nakon nesreća i samoubojstava kod adolescenata i mladih odraslih osoba. Povećanje pojave malignih bolesti među studentima i njihovim obiteljima statistički je značajno, što ukazuje na stvaran trend rasta te je i cilj ovog rada.

MATERIJALI I METODE

Uzorak ispitanika

Ovo longitudinalno istraživanje je provedeno na Sveučilištu u Splitu. Istraživanje je provedeno na studentima upisanim na prvu godinu studija u dobi od 19 ± 1 godina, tijekom perioda od deset godina. Rezultati su prikupljeni temeljem anketnog upitnika, kojeg su studenti ispunjavali na sistematskom pregledu. Podatci za ovo istraživanje su dobiveni od HZZJ. Istraživanje prati pojavu malignih bolesti među studentima i članovima njihove uže obitelji tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Studija je usporedila dva vremenska razdoblja: 2005.-2009. i 2015.-2019., s ukupnim uzorkom ispitanika od 5.146 studenata.

Metode obrade podataka

Za obradu prikupljenih podataka korišten je programski paket Statistica ver.14.0.1. (TIBCO Software Inc., USA). Relacije između frekvencija pojavnosti malignih bolesti i vremenskih razdoblja analizirane su neparametrijskim Hi-kvadrat testom.

Hi – kvadrat test je korišten za procjenu porasta pojavnosti tijekom 10-godišnjeg razdoblja koji su se pokazali statistički značajni s razinom značajnosti $p < 0,05$.

Izračunate su frekvencije pojavnosti malignih bolesti kod studenata/ca i njihovih obitelji te postotna zastupljenost u pojedinim vremenskim razdobljima.

REZULTATI

U tablicama od 1.-4. su prikazani rezultati obrade podataka ispitanika frekvencija i Hi-kvadrat testa.

Tablica 1. Maligne bolesti kod studenata

razdoblje	oboljeli	zdravi	ukupno	% – oboljenja
2005. – 2009.	4	4088	4092	0,10
2015. – 2019.	6	1048	1054	0,56

Tablica 2. Rezultati Hi-kvadrat testa za bolest studenata

Rezultat HI-kvadrat testa za bolest		
Chi – square	p ^A	DF
9,61	0,00	1,00

p^A– razina značajnosti

Prema Tablici 1. ukupan broj anketiranih studenata od 2005. do 2009. bio je 4092. Broj studenata s malignim bolestima bio je 4 s postotkom oboljelih studenata od 0,10 %.

Dok je ukupan broj anketiranih studenata od 2015. do 2019. bio 1054, od čega je broj studenata s malignim bolestima bio 6 s postotkom oboljelih od 0,56 %.

Rezultati pokazuju da se postotak studenata s dijagnozom malignih bolesti povećao više od pet puta tijekom deset godina, s 0,10 % na 0,56 %.

Rezultati Hi-kvadrat testa su se pokazali statistički značajnima, $p^A = 0,00$ (Tablica 2.).

Tablica 3. Maligne bolesti kod bližih članova obitelji studenata

razdoblje	oboljeli	zdravi	ukupno	% – oboljenja
2005. – 2009.	685	3407	4092	20,10
2015. – 2019.	372	682	1054	35,29

Tablica 4. Rezultati Hi-kvadrat testa za bolest članova obitelji studenata

Rezultat HI-kvadrat testa za bolest		
Chi – square	p ^A	DF
176,80	0,00	1,00

p^A – razina značajnosti

Broj oboljelih članova obitelji (Tablica 3.) s malignim bolestima od 2005. do 2009. je bio 685 s postotkom od 20,10%, te u periodu od 2015. do 2019. je bio 372 s postotkom oboljelih članova obitelji od 35,29%.

Postotak studenata koji su prijavili bliskog člana obitelji s malignom bolešću, porastao je s 20,10% na 35,29% tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Rezultati HI – kvadrat testa su se pokazali statistički značajnima, p^A = 0,00 (Tablica 4.).

Povećanje pojave malignih bolesti među studentima i njihovim obiteljima statistički je značajno, što ukazuje na stvaran trend rasta.

Studija pokazuje jasan i značajan porast malignih bolesti među studentima i članovima njihovih užih obitelji tijekom desetljeća. To naglašava važnost kontinuiranog praćenja, preventivnih zdravstvenih strategija i sustava podrške za pogođene pojedince i obitelji.

RASPRAVA

Globalno se procjenjuje da se svake godine dijagnosticira otprilike 300.000 novih slučajeva raka među adolescentima (u dobi od 10 do 19 godina), s laganim porastom stope incidencije u posljednjim desetljećima. Ovakav trend porasta malignih oboljena prisutan je i kod populacije obuhvaćene ovim istraživanjem. Studentske populacije sveučilišta, iako općenito zdrave, mogu imati obiteljsku anamnezu raka, a manjina može biti pogođena tijekom studija, što je pokazalo i ovo istraživanje.

Dijagnoze raka kod mladih predstavljaju jedinstvene medicinske, emocionalne i društvene izazove i za pacijente i za njihove obitelji. Najčešći karcinomi među studentima i mladima uključuju: leukemije, limfome, tumore mozga i središnjeg živčanog sustava, tumore kostiju i tumore zametnih stanica.

U istraživanju (Merten et al., 2017.) na uzorku osoba mlađe životne dobi utvrđeno je dobro poznavanje povezanosti između raka i rizičnih čimbenika koji su zastupljeni u medijima i koji su tipični za njihovu životnu dob poput konzumiranja alkohola, cigareta i pretjeranog izlaganja suncu.

Dio dosadašnjih istraživanja usmjerio se i na ispitivanje razlika u znanju o različitim aspektima raka s obzirom na područje studiranja. Naime, studenti medicinskog i zdravstvenog usmjerenja pokazali su veće poznavanje činjenica vezanih uz provođenje preventivnih pregleda povezanih s rakom kao i o važnosti pravilne prehrane u kontekstu preventivnog ponašanja u odnosu na studente preostalih fakultetskih usmjerenja (Al-Naggar, Chen, 2011.).

ZAKLJUČAK

Dijagnoze raka kod mladih predstavljaju jedinstvene medicinske, emocionalne i društvene izazove i za pacijente i za njihove obitelji. Rezultati pokazuju da se postotak studenata s dijagnozom malignih bolesti povećao više od pet puta tijekom deset godina, s 0,10 % na 0,56 %, dok je broj oboljelih članova obitelji s malignim bolestima od 2005. do 2009. bio 685 s postotkom od 20,10%, a u razdoblju od 2015. do 2019. je bio 372 s postotkom oboljelih članova obitelji od 35,29%. Postotak studenata koji su prijavili bliskog člana obitelji s malignom bolešću porastao je s 20,10% na 35,29% tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Ovakva istraživanja su u skladu s negativnim trendom pojave malignih oboljenja u studentskoj populaciji i njihovim obiteljima. Povećanje pojave malignih bolesti među studentima i njihovim obiteljima statistički je značajno, što ukazuje na stvaran trend rasta. To naglašava važnost kontinuiranog praćenja, preventivnih zdravstvenih strategija i sustava podrške za pogođene pojedince i obitelji.

LITERATURA

1. Al-Naggar, R. A., & Chen, R. (2011). Nutrition and cancer prevention: knowledge, attitudes and practices among young Malaysians. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 12(3), 691–694.
2. <https://www.hzjz.hr/sluzba-epidemiologija-prevencija-nezaraznih-bolesti/publikacije-odjel-za-maligne-bolesti/>
3. Jemal, A., Bray, F., Center, M. M., Ferlay, J., Ward, E., & Forman, D. (2011). Global cancer statistics. *CA: a cancer journal for clinicians*, 61(2), 69–90. doi: 10.3322/caac.20107
4. Liu, L., O'Donnell, P., Sullivan, R., Katalinic, A., Moser, E. C., de Boer, A., & Meunier, F. (2016). Cancer in Europe: Death sentence or life sentence?. *European Journal of cancer*, 65, 150-155. doi: 10.1016/j.ejca.2016.07.007
5. Merten, J. W., Parker, A., Williams, A., King, J. L., Largo-Wight, E., & Osmani, M. (2017). Cancer risk factor knowledge among young adults. *Journal of Cancer Education*, 32(4), 865–870. doi: 10.1007/s13187-016-1093-3
6. Šekerija, M., Korda, K., Čukelj, P., & Erceg, M. (2020). Uloga Registra za rak u praćenju epidemiologije raka u Hrvatskoj. *Bilten Hrvatskog društva za medicinsku informatiku*, 26(2), 23–29.
7. Vrdoljak, E., Belac Lovasić, I., Kusić, Z., Gugić, D., & Juretić, A. (2018). *Klinička onkologija*. Zagreb: Medicinska naklada.

**VAŽNOST STABILIZACIJE TRUPA PO DNS PRINCIPIMA U RAZVOJU
PRAVILNIH MOTORIČKIH OBRAZACA POKRETA MLADIH SPORTAŠA**

**THE IMPORTANCE OF TRUNK STABILIZATION BASED ON DNS PRINCIPLES
IN THE DEVELOPMENT OF PROPER MOTOR PATTERNS
IN YOUNG ATHLETES**

Jelena Paušić

Kineziološko fakultet Sveučilišta u Splitu

jelena.pausic@kfst.eu

Željko Kovačević

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu

zkovacev@ozs.unist.hr

Ante Peran

Fakultet zdravstvenih znanosti Sveučilišta u Splitu

ante.smackdown@gmail.com

Sažetak

Stabilizacija trupa temelj je svakog pravilnog i učinkovitog obrasca pokreta, osobito u razdoblju motoričkog razvoja mladih sportaša. Dinamička neuromuskularna stabilizacija (DNS), utemeljena na principima razvojne kineziologije, naglašava povezanost između pravilne aktivacije dubokih mišića trupa i optimalne funkcije lokomotornog sustava. Cilj ovog rada je istaknuti važnost DNS pristupa u razvoju i očuvanju pravilnih motoričkih obrazaca kod mladih sportaša, čime se omogućuje prevencija ozljeda i postizanje optimalnih sportskih performansi. DNS pristup temelji se na aktivaciji dubokih stabilizatora trupa, koji zajedno stvaraju stabilnu bazu za sve pokrete ekstremiteta. Kroz usmjerene vježbe stabilizacije potiče se pravilna posturalna kontrola, simetrična aktivacija mišića i integracija disanja s pokretom. Time se kod mladih sportaša razvija efikasna neuromuskularna koordinacija, što predstavlja preduvjet za sigurno i funkcionalno izvođenje složenih motoričkih zadataka. Primjena DNS principa u treningu sportaša rezultira poboljšanjem kontrole pokreta, smanjenjem kompenzacijskih obrazaca te dugoročno doprinosi prevenciji preopterećenja i ozljeda. U kontekstu sportskog razvoja, stabilan trup omogućuje optimalan prijenos sila između ekstremiteta i trupa, čime se povećava učinkovitost i ekonomičnost pokreta. Zaključno, stabilizacija trupa po DNS principima ima ključnu ulogu u stvaranju pravilnih motoričkih obrazaca i dugoročnoj zaštiti zdravlja mladih sportaša. Uključivanje ovih principa u rani trenažni proces treba biti sastavni dio kinezioloških i rehabilitacijskih programa usmjerenih na razvoj funkcionalne stabilnosti i posturalne kontrole.

Ključne riječi: *intra-abdominalni tlak, kineziterapija, motor kontrola, prevencija ozljeda.*

Abstract

Trunk stability is a key determinant of efficient motor control and injury prevention in young athletes. According to the Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) approach, trunk

stabilization is not a static but a dynamic process that integrates breathing, postural alignment, and coordinated intra-abdominal pressure (IAP). This review article examines the theoretical foundations and practical applications of DNS principles in the context of sports kinesitherapy and youth athletic development. The literature indicates that trunk stabilization based on DNS enhances motor coordination, proprioception, and balance, contributing to the formation of efficient and symmetrical movement patterns. Recent studies emphasize that DNS training improves functional stability and performance while reducing compensatory movement strategies. Evidence also supports the role of IAP regulation as a key component in load distribution and spinal protection. Integrating DNS-based stabilization into training programs for young athletes supports neuromuscular efficiency, prevents overuse injuries, and establishes a functional foundation for later sports specialization.

Keywords: *intra-abdominal pressure, injury prevention, kinesitherapy, motor control.*

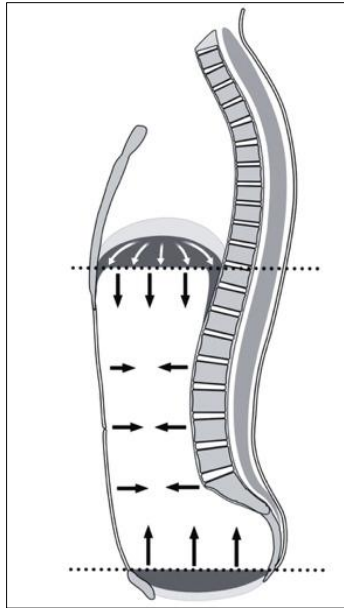
UVOD

Stabilnost trupa jedan je od temeljnih preduvjeta za pravilno izvođenje motoričkih obrazaca i optimalnu sportsku izvedbu. U kineziterapijskom i sportskom kontekstu, stabilizacija trupa ne podrazumijeva statičnu aktivnost, nego dinamičku kontrolu pokreta i sposobnost održavanja funkcionalne posturalne ravnoteže tijekom kompleksnih motoričkih zadataka (Hodges, 2004; McGill, 2009; Ramasamy et al., 2022; Fogliata et al., 2025; Marinković et al., 2024). Kod mladih sportaša, koji prolaze kroz faze brzog rasta, biomehaničkih promjena i razvoja živčano-mišićne koordinacije, stabilnost trupa ima ključnu ulogu u formiranju pravilnih obrazaca pokreta i prevenciji ozljeda (Panjabi, 1992; Janda, 1983; Mueller et al., 2022; Wang et al., 2024; Amor-Salamanca et al., 2025). Metoda Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS), razvijena od strane Pavela Kolara i suradnika, temelji se na principima razvojne kineziologije i prikazuje kako aktivacija dubokih mišića trupa te integracija disanja i pokreta omogućuju stvaranje optimalnih posturalnih uvjeta za funkcionalan i učinkovit pokret. DNS pristup postaje sve važniji u kineziterapiji mladih sportaša, gdje pravilno uspostavljena stabilnost trupa služi kao osnova za razvoj motoričke kontrole, ekonomičnosti pokreta i prevenciju ozljeda.

TEORIJSKE OSNOVE DNS STABILIZACIJE TRUPA

Funkcionalna anatomija i biomehanika trupa

Trup čine kompleksne mišićne i fascijalne strukture koje zajednički osiguravaju stabilnost i mobilnost kralježnice te optimalan prijenos sila između gornjih i donjih ekstremiteta. Ključne komponente stabilizacijskog sustava uključuju ošit, transverzalni trbušni mišić (m. transversus abdominis), multifidus, mišiće zdjeličnog dna, obliques, latissimus dorsi, psoas major i torakolumbalnu fasciju (slika 1.) (McGill, 2010; Kolar et al., 2014). Panjabi (1992) opisuje sustav stabilizacije kralježnice kroz tri međusobno povezana podsustava: pasivni (zglobovi, ligamenti), aktivni (mišići) i neuralni (središnji živčani sustav). Optimalna stabilnost postiže se kroz njihovu sinkronizaciju – što je ujedno i osnovni princip DNS koncepta.



Slika 1. Djelovanje intra-abdominalnog tlaka u koaktivaciji mišića trupa i ošita

Ontogeneza i razvoj motoričkih obrazaca

Ontogenetski razvoj pokreta tijekom prve godine života predstavlja prirodni model učenja pravilnih motoričkih obrazaca. U neonatalnoj fazi pokreti su refleksni i kontrolirani moždanim deblom; tijekom prve godine sazrijeva subkortikalna kontrola, integriraju se primitivni refleksi, a dijete razvija osnovnu stabilnost trupa potrebnu za fazične pokrete (Kolar, Kobesova, 2010.). U završnoj, kortikalnoj fazi razvoja, dolazi do multisenzorne integracije i svjesne kontrole pokreta (Kolar, 2013). DNS pristup koristi upravo te razvojne položaje – supinirane, pronirane, četveronožne, lateralne i uspravne – kako bi reaktivirao prirodne obrasce stabilizacije, time potičući funkcionalnu kontrolu, simetriju i ekonomičnost pokreta (Slika 2 i 3).



Slika 2. DNS 3.5 mjesecni položaj



Slika 3. DNS čučnj

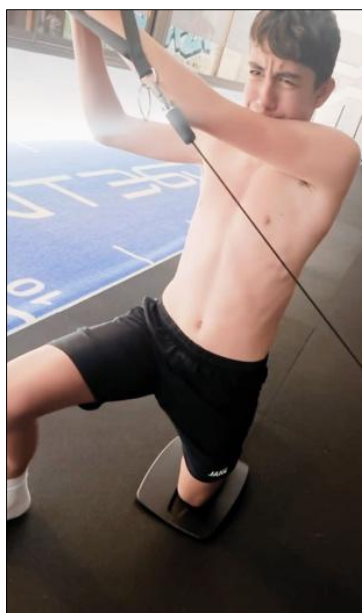
Senzomotorna kontrola i intraabdominalni tlak (IAP)

Središnji živčani sustav integrira aferentne informacije iz proprioceptivnih, vestibularnih i vizualnih izvora kako bi održao stabilnost i usklađenost pokreta. Hodges i Gandevia (2000) istaknuli su da kontrakcija dijafragme prethodi svakom pokretu ekstremiteta, čime se osigurava

“unutarnja stabilnost” trupa. Ošit, zajedno s trbušnim zidom i zdjeličnim dnom, stvara intraabdominalni tlak (IAP) koji stabilizira kralježnicu i omogućuje optimalan prijenos sila (Hodges, 2004). DNS metoda posebno naglašava sagitalnu stabilizaciju, gdje su ošit i zdjelično dno paralelni, a torakalni koš i zdjelica usklađeni, čime se osigurava centriran položaj kralježnice i ravnoteža između dorzalne i ventralne muskulature (Vele, Kolar, 2012). Nedavno istraživanje Budiše (2025) potvrđuje da povećanje intraabdominalnog tlaka ima ključnu ulogu u generiranju sile i stabilizaciji trupa tijekom dinamičkih zadataka kod sportaša. Autorica ističe da pravilna aktivacija IAP-a poboljšava vertikalnu eksplozivnost i učinkovitost pokreta, što dodatno potvrđuje važnost funkcionalnog disanja i duboke stabilizacije trupa u sportskom treningu.

Fascije i kinetički lanci

Fascijalni sustav predstavlja integracijsku mrežu koja prenosi sile kroz tijelo i povezuje mišiće u funkcionalne kinetičke lance. Torakolumbalna fascija povezuje gornje i donje ekstremitete te omogućuje učinkovitu koordinaciju pokreta između trupa i udova (Myers, 2014). DNS pristup koristi kinetičke lance kao osnovu za aktivaciju mišića u međusobno povezanim obrascima, čime se osigurava sinkronizirana posturalna kontrola i stabilnost tijekom pokreta (Slika 4.).



Slika 4. DNS Half kneeling pozicija s aktivacijom prednje funkcionalne i spiralne kinetičke linije

DNS U RAZVOJU STABILNOSTI KOD MLADIH SPORTAŠA

U razvoju mladih sportaša česte su pojave posturalnih kompenzacija, koje proizlaze iz asimetrija rasta, neuravnotežene muskulature i nedostatne kontrole trupa. Najčešće disfunkcije su donji ukriženi sindrom i gornji ukriženi sindrom (Janda, 1983), koji se manifestiraju kroz hiperlordozu, anteverziju zdjelice, protrakciju ramena i nestabilnost torakolumbalne regije. Nedostatna stabilizacija trupa može uzrokovati nepravilnu mehaniku pokreta i povećati rizik od ozljeda donjeg dijela leđa, kuka i koljena (McGill, 2010). Kod mladih sportaša to često rezultira

sindromima prenaprezanja, bolnim stanjima i smanjenom učinkovitošću pokreta. Recentna istraživanja potvrđuju da trening stabilizacije trupa mora biti dinamički i funkcionalno orijentiran, usmjeren na kontrolu pokreta i ravnotežu, a ne na statičko održavanje položaja (Ramasamy et al., 2022). Mueller et al. (2022) dokazali su da šestotjedni program otpora i senzomotoričkog treninga značajno povećava snagu i stabilnost trupa kod adolescentnih sportaša. Wang et al. (2024) ističu da neuromuskularni treninzi koji uključuju aktivaciju trupa poboljšavaju dinamičku ravnotežu i mišićnu koordinaciju, dok Amor-Salamanca et al. (2025) identificiraju nedostatnu stabilnost trupa kao jedan od glavnih intrinzičnih faktora rizika za ozljede kod mladih sportaša.



Slika 5. Primjena DNS tranzicije half kneealing u treningu mladog nogometaša

Specifično za DNS pristup, Frank, Kobesova i Kolar (2013) naglašavaju da stabilizacija trupa u DNS-u ne znači samo jačanje mišića, već integraciju regulacije intraabdominalnog tlaka (IAP) i koordinacije između dijafragme, zdjeličnog dna i mišića trbušne stijenke. Time DNS pristup ne trenira “mišiće trupa”, već “neuromuskularni sustav stabilnosti”, što omogućuje učinkovit i ekonomičan pokret u sportu. U istraživanju Mahdih et al. (2020) DNS-vježbe su primijenjene kod sportaša s ciljem poboljšanja funkcionalnih obrazaca pokreta. Rezultati su pokazali značajna poboljšanja u kontroli trupa, ravnoteži i stabilnosti u usporedbi s klasičnim treninzima, potvrđujući učinkovitost razvojnih položaja DNS-a za formiranje pravilnih motoričkih obrazaca. Najnovije istraživanje Yeşilkir et al. (2025) potvrdilo je da DNS-bazirani trening ravnoteže kod sportaša s kroničnom nestabilnošću gležnja dovodi do značajnog poboljšanja neuromuskularne kontrole, propriocepcije i funkcionalne stabilnosti. Time se dokazuje da DNS-principi imaju širu primjenu i u prevenciji ozljeda donjih ekstremiteta, jer utječu na stabilnost cijelog kinetičkog lanca, a ne samo trupa. DNS pristup u sportskom treningu također se primjenjuje u području snage i kondicije, gdje autori poput Richarda Ulma ističu važnost integracije DNS-principa u treninge s vanjskim opterećenjem (npr. čučanj, mrtvo dizanje, olimpijska dizanja). Ulm naglašava da DNS-principi omogućuju održavanje neutralne

posturalne pozicije i optimalnog intraabdominalnog tlaka tijekom zahtjevnih pokreta snage, čime se smanjuje rizik od ozljeda i povećava učinkovitost pokreta (Ulm, 2017). DNS pristup, koji integrira disanje, intraabdominalni tlak i proprioceptivnu kontrolu, dokazano poboljšava dinamičku stabilnost, eksplozivnost i koordinaciju pokreta (Fogliata et al., 2025; Marinković et al., 2024). Time se ne trenira samo snaga, već i posturalna inteligencija – sposobnost tijela da anticipira i kontrolira pokret.

Integracija DNS principa u trening mladih sportaša doprinosi stvaranju motoričkog temelja koji omogućuje kasniji razvoj snage, brzine i agilnosti bez narušavanja biomehaničke stabilnosti (Panjabi, 1992; Kolar, 2013). Time se postiže bolja učinkovitost pokreta i dugoročno smanjuje rizik od ozljeda, što DNS pristup čini posebno relevantnim u radu s mladima.

U radu s mladim sportašima DNS pristup replicira ontogenetske tranzicije, počevši već od 3,5-mjesečnog supiniranog položaja, u kojem se uspostavlja disanje ošitom, rebalans trupa i početna kontrola dubokog stabilizacijskog sustava (Slika 2.). Nakon toga sportaši prolaze kroz progresiju razvojnih položaja: prone 3. i 4. mjesec, bočni položaj 5. mjesec, 6-mjesečni položaj s prednjom i bočnom podrškom, 7-mjesečni pivoting i transfer težine, 8.–9. mjesec na sve četiri (quadrupled), 10.–11. mjesec klečeći i poluklečeći (high kneeling, half kneeling – Slika 5.) i naposljetku 12. mjesec – uspravljanje i čučanj (Slika 3.). DNS koncept predstavlja napredni razvojni položaj koji potječe iz ontogenetske faze oko 9. do 11. mjeseca života — kada dijete prelazi iz četveronožnog u uspravni položaj kroz rotaciju i transfer težine. Ova pozicija je ključna za razvoj unilateralne stabilnosti, kontrole zdjelice i trupa, te prijenosa opterećenja između donjih ekstremiteta.

Svaka tranzicija zahtijeva kontrolirani prijenos težine, pravilnu aktivaciju dijafragme i zdjeličnog dna, te centriranje zglobova, što stvara uvjete za stabilnu integraciju trupa i udova. Završni razvojni položaj, čučanj, predstavlja najvišu razinu vertikalizacije i najveći izazov za održavanje pravilne stabilnosti trupa. U toj fazi ošit i zdjelično dno moraju ostati paralelni, rebra u neutralnom položaju, a zdjelica stabilna kako bi se pokret izvodio dominantno iz kuka, bez kompenzacija u lumbalnoj kralježnici. Ovaj položaj kod mladih sportaša omogućuje razvoj biomehanički učinkovitog obrasca lokomocije, prijenosa sile i eksplozivnih pokreta.

ZAKLJUČAK

Stabilizacija trupa prema DNS principima predstavlja integrirani pristup koji povezuje biomehaničke, neurofiziološke i kineziološke mehanizme u svrhu stvaranja optimalne posturalne i pokretne kontrole. Kod mladih sportaša DNS koncept omogućuje razvoj pravilnih motoričkih obrazaca, prevenciju ozljeda i izgradnju funkcionalne baze za sportsku specijalizaciju. DNS pristup treba biti sastavni dio kineziološke edukacije i kineziterapijske prakse, jer omogućuje sustavno učenje stabilizacije trupa kroz disanje, ontogenetske obrasce i senzomotornu integraciju – temeljne preduvjete za zdrav, učinkovit i dugoročno održiv sportski razvoj.

LITERATURA

1. Amor-Salamanca, M. S., Sánchez-Gómez, J., & García-Calvo, T. (2025). *Risk factors and prevention of musculoskeletal injuries in adolescent sport: Poor core stability among intrinsic contributors*. Sports, 13(10), 336. <https://doi.org/10.3390/sports13100336>
2. Budiša, B. (2025). *Korelacija između intraabdominalnog tlaka i sile vertikalne skakaonosti kod sportaša* [Diplomski rad, Kineziološki fakultet, Sveučilište u Splitu]. Repozitorij Kineziološkog fakulteta u Splitu. <https://repozitorij.kfst.unist.hr/object/kfst:1783>
3. Fogliata, A., Bigoni, M., Cappellini, C., Petrigna, L., & Di Giminiani, R. (2025). *How body-centering improves the effects of core stability and balance training in young volleyball athletes*. Sports, 10(2), 144. <https://doi.org/10.3390/sports10020144>
4. Frank, C., Kobesova, A., & Kolar, P. (2013). *Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation*. International Journal of Sports Physical Therapy, 8(1), 62–73.
5. Hodges, P. (2004). *Core stability: An evolving concept*. Journal of Manual & Manipulative Therapy, 12(1), 35–41.
6. Janda, V. (1983). *Muscle function testing*. London: Butterworths. (knjiga – bez DOI)
7. Kolar, P. (2013). *Dynamic Neuromuscular Stabilization: Approach to developmental kinesiology*. Prague: Rehabilitation Prague School.
8. Kolar, P., & Kobesova, A. (2010). *Developmental kinesiology: Three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system*. Journal of Bodywork & Movement Therapies, 18(1), 23–33. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24411146/>
9. Mahdih, L., Zolaktaf, V., & Karimi, M. T. (2020). *Effects of dynamic neuromuscular stabilization (DNS) training on functional movements in athletes*. Human Movement Science, 70, 102568. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102568>
10. Marinković, D., Kaurin, I., & Radić, M. (2024). *Effect of different neuromuscular training modalities on posture and stability*. Scientific Reports, 14(1), 83828. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83828-z>
11. McGill, S. (2010). *Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation*. Human Kinetics.
12. Mueller, S., Mueller, J., Stoll, J., & Mayer, F. (2022). *Effect of six-week resistance and sensorimotor training on trunk strength and stability in elite adolescent athletes: A randomized controlled pilot trial*. Frontiers in Physiology, 13, 802315. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.802315>
13. Myers, T. (2014). *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists*. Churchill Livingstone.
14. Panjabi, M. (1992). *The stabilizing system of the spine*. Journal of Spinal Disorders, 5(4), 383–389.
15. Ramasamy, S., Govindaraj, S., & Singh, A. (2022). *The effect of core training on dynamic balance and strength in junior field hockey players*. Baltic Journal of Health & Physical Activity, 14(4), 115–126.
16. Ulm, R. (2017). *Stability and weightlifting: Mechanics of stabilization (Part 1)*. NSCA Coach, 4(1). https://www.utrgv.edu/coha-research-academy/_files/images/news/nsca%20coach%204.4.pdf

17. Kolář, P., Šulc, J., Kynčl, M., Šanda, J., Čakrt, O., Andel, R., ... & Kobesová, A. (2012). Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 42(4), 352-362. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2012.3830>
18. Yeşilkir, E., Yildiz, S., & Karabicak, G. O. (2025). *Dynamic neuromuscular stabilization, balance and neuromuscular control in athletes with chronic ankle instability*. BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation, 17(1), 319. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01319-8>
19. Wang, P., Liu, Y., & Chen, C. (2024). Effects of neuromuscular training on dynamic balance ability in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10(16). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)11854-3](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)11854-3)

**KLJUČNI POKAZATELJI ZDRAVOG STARENJA, DOBIVENI
BIOIMPENDACIJSKOM ANALIZOM UREĐAJEM ACCUNIQ BC720: FAZA
KUTA, SKELETNA MIŠIĆNA MASA I VISCERALNA MAST (ANALIZA
REZULTATA U POPULACIJI OD 45-65 GODINA)**

**KEY INDICATORS OF HEALTHY AGING, OBTAINED BY BIOIMPEDANCE
ANALYSIS WITH THE ACCUNIQ BC720 DEVICE: PHASE ANGLE, SKELETAL
MUSCLE MASS AND VISCERAL FAT (ANALYSIS OF RESULTS IN THE
POPULATION AGED 45-65)**

Miljana Pavković

Farmacia Sportsko savjetovalište, Atlantic grupa

miljana.pavkovic@atlanticgrupa.com

Viktorija Trninić

Fakultet hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu

vtrninic@fhs.unizg.hr

Dražen Pejić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

drazen.pejic@vevu.hr

Sažetak

Zdravo starenje po definiciji podrazumijeva očuvanje funkcionalnih sposobnosti, tjelesne kompozicije i metaboličke stabilnosti unatoč fiziološkim promjenama povezanim s dobi. Ključni izazovi u tom procesu uključuju promjene u sastavu tijela koje se očituju u smanjenju (skeletne) mišićne mase, povećanju visceralne masti i promjene u hidracijskom statusu, što može dovesti do smanjene mobilnosti i povećanja rizika od kroničnih bolesti. Pravovremena identifikacija tih promjena može biti ključna za prevenciju i očuvanje zdravlja starije populacije (Duraković Z, et al, 2001). U svrhu preciznog utvrđivanja tjelesne kompozicije u ovome radu koristit će se uređaj koji koristi primjenu višefrekventne segmentalne bioelektrične impedancijske analize (BIA), a predviđena mjerenja uključuju analizu ukupne tjelesne mase, udjela masnog i nemasnog tkiva, segmentalne raspodjele mišićne mase, udjela intracelularne (ICW) i ekstracelularne vode (ECW) te izračun faze kuta (Phase Angle, PA) i indeksa visceralne masti (VFI), kao najvažnijeg čimbenika zdravlja općenito. Faza kuta odražava zdravlje staničnih membrana i nutritivni status, dok omjer ECW/TBW (ukupne tjelesne vode) ukazuje na ravnotežu hidracije. Segmentalna analiza mišićne mase pomaže u prepoznavanju disbalansa, koji mogu utjecati na funkcionalnost i rizik od padova. Povišeni VFI povezan je sa većim rizikom od metaboličkih i kardiovaskularnih bolesti. Integriranjem ovih pokazatelja moguće je pratiti učinke prehrambenih, rehabilitacijskih i kinezioloških intervencija.

Ključne riječi: *bioimpedancijska analiza, faza kuta, skeletna mišićna masa, visceralna mast, zdravo starenje.*

Abstract

Healthy aging implies preservation of functional abilities, body composition and metabolic stability despite age-related physiological changes. Key challenges in this process include changes in body composition that are manifested in a decrease in (skeletal) muscle mass, an increase in visceral fat, and changes in hydration status, which can lead to reduced mobility and increased risk of chronic diseases. Timely identification of these changes can be crucial for the prevention and preservation of the health of the elderly population (Duraković et al, 2001). In order to precisely determine the body composition, a device that uses the application of multi-frequency segmental bioelectrical impedance analysis (BIA) will be used, and the intended measurements include the analysis of total body mass, the proportion of fat and lean tissue, the segmental distribution of muscle mass, the proportion of intracellular (ICW) and extracellular water (ECW) and the calculation of the phase angle (Phase Angle, PA) and visceral fat index (VFI), as the most important factor of health in general. Angle phase reflects the health of cell membranes and nutritional status, while the ECW/TBW (total body water) ratio indicates hydration balance. Segmental analysis of muscle mass helps to identify imbalances, which can affect functionality and the risk of falls. An elevated VFI is associated with a higher risk of metabolic and cardiovascular diseases. By integrating these indicators, it is possible to monitor the effects of nutritional, rehabilitation and kinesiological interventions.

Keywords: *bioimpedance analysis, angle phase, skeletal muscle mass, visceral fat, healthy aging.*

UVOD

U ovome radu cilj je prikazati kako nas detaljna analiza sastava tijela, uključujući visceralnu masnoću (izdvojenu u preciznim mjerama u kg), nemasnu tjelesnu masu i fazni kut, kao ključne pokazatelje zdravlja stanica, dovodi do spoznaja o zdravlju starenja našeg organizma (slika 1). Prateći mjerne podatke poput tjelesne masti, mišićne mase i bazalnog metabolizma tijekom vremena možemo izraditi plan za održavanje mišićne mase i zdravog sastava tijela, koji su ključni za zdravo starenje i prevenciju bolesti povezanih sa starenjem (Uemura et al, 2019).

Cilj ovoga rada je prikazati i pratiti ključne faktore zdravog starenja, koji se mogu dobiti pomoću najsuvremenijeg uređaja te naglasiti njihovu važnost u preventivnoj i kliničkoj praksi. Na taj način nam je omogućeno neinvazivno, brzo i precizno praćenje parametara ključnih za zdravo starenje, a sustavno korištenje ovih mjerenja može doprinijeti individualiziranom pristupu prevenciji bolesti i očuvanju funkcionalne neovisnosti starijih osoba.

Analiza sastava tijela putem bioimpedancijske analize (BIA) je brz, neinvazivan i koristan alat za prevenciju sarkopenije, gerijatrijske krhkosti i drugih srodnih stanja. Omogućuje rano prepoznavanje promjena u tjelesnom sastavu i praćenje učinkovitosti preventivnih mjera.

PREVENCIJA UZ BIA

Prevencija uz bioimpedancijsku analizu se odnosi na sljedeće:

- Rana detekcija smanjene mišićne mase: BIA precizno mjeri udio mišićne mase u tijelu. Značajan gubitak mišićne mase, čak i u ranim fazama kada simptomi još nisu očiti,

može se uočiti na BIA uređaju. To omogućuje liječnicima ili nutricionistima da na vrijeme interveniraju.

- Procjena rizika od sarkopenije i krhkosti: Mjerenjem mišićne mase i kvalitete mišića (koju napredniji BIA uređaji mogu procijeniti), BIA pomaže u procjeni rizika od razvoja pune kliničke slike sarkopenije i sindroma krhkosti. Identifikacija rizičnih pojedinaca je ključna za ciljanu prevenciju.
- Praćenje učinkovitosti intervencija: nakon što se identificira rizik ili početak stanja, mogu se uvesti preventivne mjere kao što su prilagodba prehrane (povećanje unosa proteina, vitamina D) i ciljane vježbe snage. Ponovljena BIA mjerenja omogućuju praćenje promjena u sastavu tijela u stvarnom vremenu i procjenu koliko su te intervencije učinkovite.
- Identifikacija sarkopenijske pretilosti: BIA uređaji mogu razlikovati masno tkivo od mišićnog tkiva. Ovo je posebno važno za dijagnozu sarkopenijske pretilosti, stanja gdje osoba ima normalnu ili prekomjernu težinu, ali premalo mišićne mase. Kod takvih osoba, uobičajene metode procjene (poput BMI) ne bi otkrile problem, dok BIA pruža uvid u stvarni sastav tijela.
- Procjena povezanih stanja (npr. osteoporoze): Iako BIA primarno ne mjeri gustoću kostiju, neizravno pomaže. Budući da su mišići i kosti usko povezani (sarkosteoporoza), praćenje mišićne mase i fizičke aktivnosti (koja se potiče nakon BIA analize) pomaže u prevenciji osteoporoze i smanjuje rizik od prijeloma.
- Individualizacija savjeta: Detaljni podaci o postotku mišića, masti, i ukupnoj tjelesnoj vodi omogućuju liječnicima i stručnjacima da daju personalizirane preporuke za prehranu i vježbanje, umjesto generičkih savjeta.

Ukratko, BIA analiza pruža objektivne i mjerljive podatke koji su temelj za pravovremenu intervenciju i prevenciju, što je od vitalnog značaja za održavanje samostalnosti i kvalitete života starijih osoba.

NAJČEŠĆE BOLESTI I ZDRAVSTVENI PROBLEMI KOD STARIJIH OSOBA

Sarkopenija

Sarkopenija je progresivni gubitak mišićne mase i snage koji je prvenstveno povezan s procesom starenja, ali se smatra bolešću, a ne neizbježnom posljedicom starenja. Može značajno smanjiti kvalitetu života, povećati rizik od padova i otežati obavljanje svakodnevnih aktivnosti (Hou et al, 2025).

Stanja i bolesti slične ili usko povezane sa sarkopenijom kod starije populacije uključuju:

- Gerijatrijska krhkost (frailty sindrom): šire stanje koje karakterizira smanjena fiziološka rezerva i otpornost na stres, što rezultira povećanom ranjivošću. Sarkopenija je ključna komponenta sindroma krhkosti.
- Kaheksija: Za razliku od sarkopenije, koja je primarno povezana sa starenjem, kaheksija je stanje ekstremne slabosti i gubitka težine uzrokovano kroničnom bolešću (poput karcinoma, zatajenja srca ili KOPB-a) i često uključuje gubitak i mišićne mase i masnog tkiva (Pessoa DF et al, 2019).

- Osteoporoza: stanje smanjene gustoće kostiju. Sarkopenija i osteoporoza su često prisutne istovremeno (sarkosteoporoza) jer su zdravlje mišića i kostiju usko povezani i dijele zajedničke čimbenike rizika i patofiziološke mehanizme.
- Atrofija mišića (amiotrofija): opći termin za smanjenje veličine mišića. Sarkopenija je specifičan oblik atrofije mišića povezan sa starenjem ili kroničnim bolestima.
- Sarkopenijska pretilost (sarcopenic obesity): stanje u kojem osoba ima istovremeno prekomjernu tjelesnu težinu ili pretilost, ali nisku mišićnu masu i snagu.
- Mišićna slabost (dinamopenija): specifično označavanje smanjene mišićne snage, što je česta posljedica sarkopenije.
- Invaliditet i smanjena fizička funkcionalnost: sarkopenija izravno doprinosi ovim stanjima ograničavanjem sposobnosti kretanja i obavljanja dnevnih zadataka.

Sarkopenija je stoga središnji dio kompleksnog mozaika zdravstvenih problema koji utječu na starije osobe, a često je povezana s drugim kroničnim stanjima koja pogoršavaju opće zdravlje i samostalnost (Otsuka et al, 2022).

Pretilost

Pretilost je složeno stanje koje uključuje genetiku, stil života i okoliš. Povezuje se s nizom bolesti – od dijabetesa i srčanih bolesti do demencije i karcinoma. Pravilna prehrana, tjelovježba i, po potrebi, terapija lijekovima mogu pomoći u upravljanju težinom. Pretilost kod starijih osoba, kao i kod mlađih dobnih skupina, definira se kao abnormalno ili prekomjerno nakupljanje masnog tkiva u mjeri koja predstavlja rizik za zdravlje. Dijagnosticira se najčešće pomoću indeksa tjelesne mase (ITM), iako se kod starijih osoba moraju uzeti u obzir i specifične fiziološke promjene.

Zanimljivo je da u nekim situacijama, blaga prekomjerna težina kod starijih osoba može imati i neke pozitivne učinke (tzv. "pretilost preživljavanja"), pružajući veće rezerve hranjivih tvari u slučaju bolesti ili stresa, ali generalno, pretilost predstavlja ozbiljan zdravstveni rizik. Stoga je ključno pretilost kod starijih osoba promatrati u kontekstu cjelokupnog zdravstvenog stanja i sastava tijela, a ne samo prema ITM-u.

Artritis

Artritis je upalna bolest zglobova koja značajno utječe na kvalitetu života, pokretljivost i samostalnost. Najčešći oblik artritisa u starijoj dobi (uz reumatoidni artritis) je osteoartritis – tzv. "istrošenost zglobova". Iako se čini suprotno, redovito kretanje može olakšati simptome. Lagana aktivnost poput hodanja, vožnje bicikla ili joge poboljšava funkciju zglobova i smanjuje bol (WebMD, 2025).

Liječenje je uglavnom simptomatsko i usmjereno je na smanjenje boli, kontrolu upalnog procesa, sprječavanje daljnjeg oštećenja zglobova i očuvanje funkcionalnosti. Metode uključuju:

- lijekove protiv bolova i protuupalne lijekove,
- fizikalnu terapiju i vježbe za jačanje mišića oko zglobova,
- održavanje zdrave tjelesne težine radi smanjenja opterećenja na zglobove i

- u nekim slučajevima, kirurške zahvate (npr. zamjena zgloba).

Dijabetes tipa 2

Dijabetes tipa 2 (šećerna bolest tipa 2) je kronična metabolička bolest koja je vrlo česta kod starijih osoba. Karakterizira ju inzulinska rezistencija (stanice tijela ne reagiraju pravilno na inzulin) i/ili nedovoljna proizvodnja inzulina od strane gušterače. Gotovo 30% osoba starijih od 65 godina boluje od dijabetesa tipa 2. Ako se ne liječi, može dovesti do zatajenja bubrega, gubitka vida i srčanih bolesti. Dijabetes često ide ruku pod ruku s pretilošću, visokim tlakom i nezdravom prehranom. Biljna prehrana bogata vlaknima i pravilna terapija mogu poboljšati stanje (WHO, 2024).

Liječenje uključuje kombinaciju promjena životnog stila (koju možemo pratiti BIA uređajima) i lijekova:

- Zdrava prehrana: Fokus na optimalan unos energije i dovoljan unos proteina, povrća i ribe, a smanjen unos šećera i rafiniranih žitarica.
- Tjelesna aktivnost: Redovita tjelovježba, uključujući aerobne vježbe i vježbe snage, poboljšava osjetljivost na inzulin i opće zdravlje.
- Lijekovi: Metformin je često lijek prvog izbora ako je bubrežna funkcija stabilna, a izbor drugih lijekova ovisi o individualnim faktorima i komorbiditetima, dajući prednost onima s manjim rizikom od hipoglikemije.

"Vitalnost tijela" odnosi se na sveukupno zdravlje i stanični status pojedinca, koji se primarno procjenjuje pomoću očitavanja faznog kuta (PA) (Martins et al, 2022).

Fazni kut je ključni pokazatelj koji se odnosi na (Moriyama et al, 2024):

- zdravlje stanične membrane: odražava strukturni i funkcionalni integritet stanične membrane,
- nutritivni status: više vrijednosti često su u korelaciji s boljim prehrambenim zdravljem,
- sveukupno zdravlje i sposobnost oporavka: viši fazni kut ukazuje na zdravije stanice i robusnije tijelo, dok niži fazni kut može sugerirati oštećene stanice ili određene zdravstvene probleme.

U biti, "vitalnost tijela" je sveobuhvatna mjera potencijala tijela za oporavak i opću dobrobit na staničnoj razini, izvedena iz podataka analize bioelektrične impedancije (BIA), posebno faznog kuta (Kuchnia et al., 2016.).

Faza kuta (Phase angle – PA)

Označava nutritivni i cjelokupni zdravstveni status stanica. Viša vrijednost upućuje na zdrave i funkcionalne stanice, niska može signalizirati oštećenja i veći rizik od kroničnih bolesti. Također, otkriva razinu staničnog zdravlja i nutritivnog statusa – temeljnih komponenti zdravog starenja.

Analizator sastava tijela ACCUNIQ BC720 mjeri i prikazuje fazni kut cijelog tijela i segmentni fazni kut (za svaki od pet dijelova tijela: lijeva ruka, desna ruka, lijeva noga, desna noga i trup).

Sam fazni kut nije fiksna vrijednost uređaja, već rezultat mjerenja koji varira ovisno o zdravstvenom stanju pojedinca, statusu uhranjenosti i integritetu stanične membrane.

Viša vrijednost faznog kuta ukazuje na zdrave, strukturno netaknute stanične membrane, dok niža vrijednost može sugerirati oštećenje stanice ili loš nutritivni status. Može se koristiti kao pokazatelj ukupnog staničnog zdravlja, pa čak i kao prognostički pokazatelj za određena zdravstvena stanja.

U konačnici, fazni kut odnosi se na sposobnost uređaja da pruži specifično mjerenje povezano sa zdravljem, a ne jedan, univerzalni broj povezan sa kronološkom dobi klijenta (Bosy-Westphal et al, 2006.).

Mišićna masa i segmentalna raspodjela

Praćenje skeletne mišićne mase, i to po dijelovima tijela (ruke, noge, trup), vrlo je važno za održavanje funkcionalnosti, ravnoteže i mobilnosti. Doprinosi i neovisnosti, smanjuje rizik od padova te podupire kvalitetu života općenito. Direktno je povezan sa zdravljem i vitalnosti te predstavlja ključan faktor kvalitete života (Liu et al, 2024).

ACCUNIQ BC720 koristi analizu bioelektrične impedancije (BIA) za mjerenje mase skeletnih mišića, tj. mišića pričvršćenih za kosti, na koji direktno utječemo prehranom (bogatom bjelanjčevinama) i vježbanjem i razlikuju se od glatkih mišića unutarnjih organa poput srca ili pluća (slika 1).

Rezultati se prikazuju na zaslonu osjetljivom na dodir i mogu se ispisati, pružajući detaljnu analizu poput težine, mase skeletnih mišića i mase tjelesne masti. Također prikazuje sve informacije grafički u usporedbi s normalnim rasponima za dob i spol (referentnim vrijednostima).

Grafički prikaz: Rezultati se obično prikazuju grafički, prikazujući korisnikov SMM u usporedbi s normalnim rasponom za njihovu dob i spol, što olakšava razumijevanje je li mišićna masa ispod, unutar ili iznad standardnih razina (slika 1).

Segmentalna analiza: uređaj također pruža detaljnu procjenu mišićne mase za pet specifičnih dijelova tijela: lijeva ruka, desna ruka, lijeva noga, desna noga i trup.

Indikator zdravlja: SMM je vitalni pokazatelj ukupnog zdravlja i fizičkog stanja. Uz masnu masu, mjerenje pomaže u procjeni tipa tijela, postavljanju ciljeva kontrole težine i procjeni rizika od stanja kao što je sarkopenija (gubitak mišića).

Vodič za kontrolu: Tablica s rezultatima također pruža "vrijednost kontrole mišića", što je predložena prilagodba (dobitak ili gubitak u kg) za postizanje zdrave, preporučene mišićne mase.

Visceralna (abdominalna) masnoća

Detekcija mase visceralne masti u kilogramima (kg) omogućuje direktno praćenje ciljanog parametra zdravlja starije populacije. Također pruža povezane pokazatelje kao što su razina visceralne masti i površina visceralne masti (u cm³).

Ključni pokazatelji za analizu abdominalne pretilosti uključuju:

- Visceralna masna masa u kilogramima (kg)
- Površina visceralne masti u cm³
- Razina visceralne masti (indeks/ocjena, obično na ljestvici od 1-59, pri čemu je 1-12 zdravo)
- Masa potkožnog masnog tkiva u kilogramima (kg)
- Omjer struka i bokova (WHR)

Ove metrike pomažu u detaljnoj procjeni abdominalne pretilosti i povezanih zdravstvenih rizika (prikaz mase visceralnog masnog tkiva kao dio sveobuhvatne analize abdominalne pretilosti).

Mjeri i visceralnu i potkožnu masnoću, pružajući "vrijednost predviđanja abdominalne pretilosti" i procjenjujući zdravstvene rizike uzimajući u obzir čimbenike poput bazalnog metabolizma te je povezana i sa bolestima odraslih (bolesti metaboličkog sindroma, kardiovaskularne bolesti, dijabetes tip 2, vrlo visok rizik).

Pruž a prediktivnu vrijednost: koristi se svojim mjerenjima za predviđanje subjektovog rizika od abdominalne pretilosti u sljedećih pet godina, posebno kada se promatra zajedno s promjenama u stopi bazalnog metabolizma.

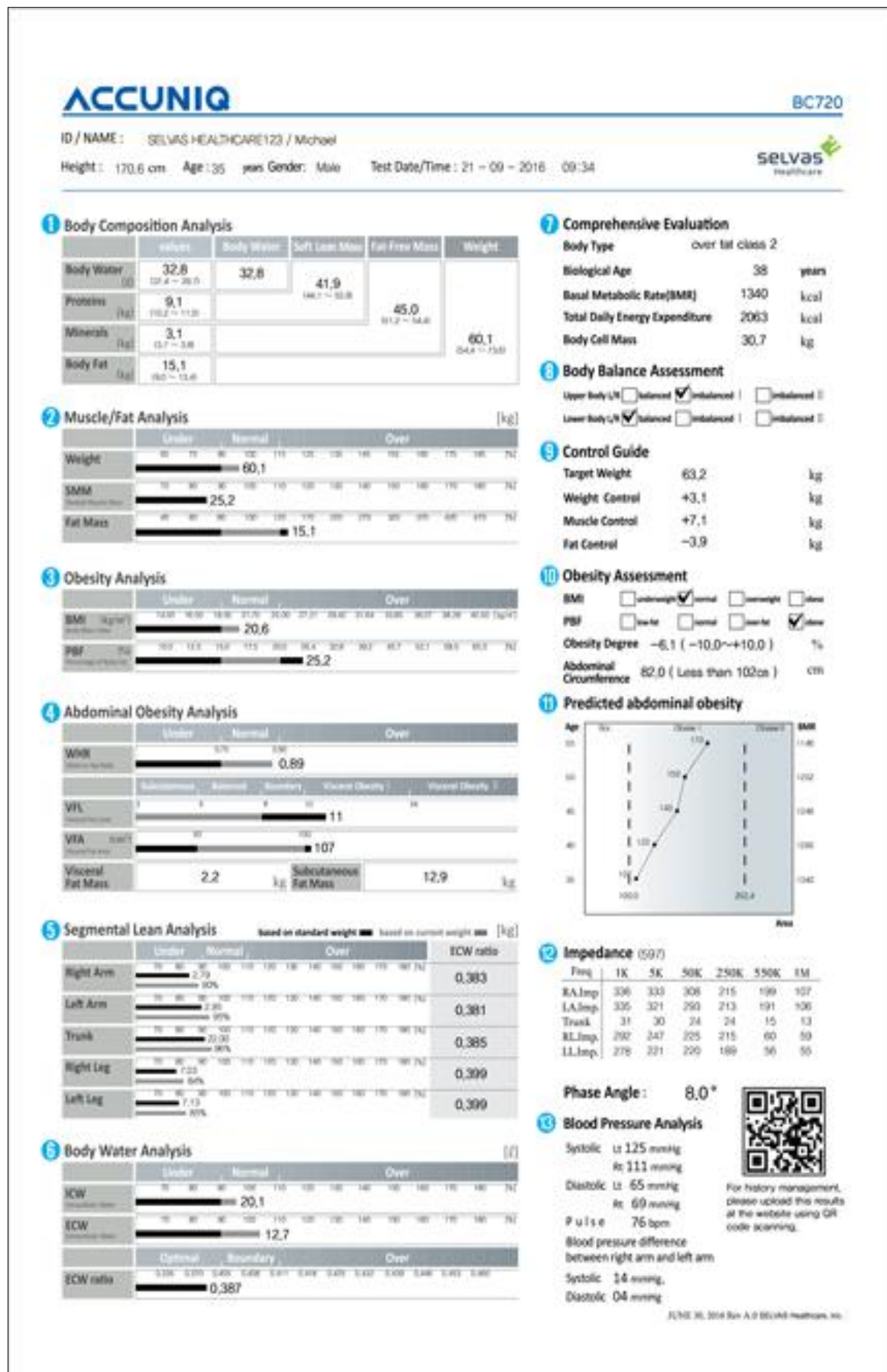
Nudi sveobuhvatnu sliku: analiza pokazuje visceralnu mast zajedno s drugim komponentama kao što su potkožna mast, masa skeletnih mišića i tjelesna voda.

Ostali pokazatelji zdravog starenja su i hidratacija i njena pravilna distribucija, ispravno procijenjen opći zdravstveni status i metabolička učinkovitost te praćenje proporcionalnosti i masnoće (Castizo-Olier et al, 2018.).

Vodena ravnoteža (intracelularna i ekstracelularna voda te njihov omjer) presudan je faktor zdravog starenja. Ono zahtijeva pravilnu hidrataciju i balans između unutarnje i vanjske tjelesne tekućine. Prikazuju se detaljne vrijednosti za svaku regiju tijela (ruke, noge, trup) i upozorava se na potencijalne poremećaje poput edema.

Opći zdravstveni index i biološka dob (Comprehensive Evaluation) uključuje procjenu biološke dobi, bazalnog metabolizma (BMR), ukupne dnevne potrošnje energije (TEE), tjelesne tipologije i stanične mase (BCM), što pomaže u razumijevanju općeg stanja zdravlja i razine vitalnosti te omogućuje personalizirane planove za prehranu i fizičku aktivnost.

Indikatori tjelesne težine i sastava (BMI – isključivo kod starije populacije, postotak tjelesne masti) prate dobivene vrijednosti u usporedbi sa standardnim vrijednostima, što može pomoći u identifikaciji rizika od prekomjerne težine ili potkožnog mršavljenja, važnim aspektima zdravog starenja. Također, pomaže u dugoročnom održavanju optimalne težine i tjelesne kompozicije (Norman K et al, 2012).



Slika 1. Prikaz (scan) analize sastava tijela pomoću BIA uređaja AccunIQ BC720

ZAKLJUČAK

Praćenje tjelesne kompozicije na ovakav način omogućuje preciznu predikciju ključnih parametara zdravog starenja. Redovita analiza skeletne mišićne mase, masnog tkiva i hidratacije doprinosi pravovremenoj prevenciji sarkopenije i metaboličkih poremećaja (sindroma) te podržava individualizirani pristup očuvanju vitalnosti i kvalitete života u starijoj dobi.

Grafike i detaljni izvještaji vizualno prikazuju sve navedene parametre po segmentima tijela te omogućuju predikcije (npr. abdominalna masnoća kroz vrijeme). To olakšava razumijevanje i osvještavanje promjena – osobito ako se koristi za planiranje životnog stila prilagođenog potrebama zdravog starenja i održavanje maksimalne funkcionalnosti, vitalnosti i samostalnosti starije populacije.

Možemo zaključiti da su kronične bolesti i promjene u sastavu tijela, poput sarkopenije i gerijatrijske krhkosti, značajan zdravstveni izazov kod starije populacije. Međutim, ove promjene nisu neizbježne i moguće ih je učinkovito prevenirati ili usporiti njihov napredak.

- Rana detekcija je ključna: Alati poput bioimpedancijske analize (BIA) omogućuju rano prepoznavanje rizika, čak i prije pojave kliničkih simptoma, što je temelj za pravovremenu intervenciju.
- Sveobuhvatan pristup: Prevencija zahtijeva kombinaciju pravilne prehrane (osobito dovoljan unos proteina i vitamina D), redovite tjelesne aktivnosti (posebno vježbe snage) i redovitih liječničkih kontrola.
- Očuvanje funkcionalne sposobnosti: Glavni cilj prevencije ovih stanja je očuvanje mišićne snage, pokretljivosti i neovisnosti starijih osoba, čime se direktno poboljšava njihova kvaliteta života i smanjuje rizik od padova, prijeloma i hospitalizacija.
- BIA kao moćan alat: Uređaji za analizu sastava tijela poput BIA-e pružaju objektivne, mjerljive podatke koji omogućuju personalizirani pristup prevenciji i praćenje uspješnosti preventivnih mjera.

Ukratko, proaktivnim praćenjem i intervencijom, uz pomoć suvremenih dijagnostičkih alata, moguće je značajno utjecati na zdravstveno stanje starijih osoba te im omogućiti da žive duži, zdraviji i samostalniji život.

LITERATURA

1. Duraković, Z i sur. (2007). *Gerijatrija – Medicina starije dobi*. Zagreb: CT-poslovne informacije.
2. Duraković, Z., & Mišigoj Duraković, M. (2001). Neki aspekti suvremene medicinske dijagnostike u procjeni sposobnosti za tjelesno vježbanje. *Medix*, 35, 76-80.
3. Martins, A. D., Fernandes, O., Oliveira, R., Bilro, V., Lopes, G., Rego, A. M., ... & Brito, J. P. (2022). Effects of exercise programs on phase angle in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 103, 104787.
4. Otsuka, Y., Yamada, Y., Maeda, A., Izumo, T., Rogi, T., Shibata, H., ... & Hashimoto, T. (2022). Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged

- and older people: a randomized controlled trial. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 13(2), 894-908.
5. Liu, S., Zhang, S., Cheng, X., Wu, D., Chen, J., Liang, W., Qian, S., Zhang, J., & Jiang, F. (2024). A meta-analysis on the impact of resistance training on phase angle in middle-aged and older individuals. *Archives of gerontology and geriatrics*, 119, 105318. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.105318>
 6. Uemura, K., Yamada, M., & Okamoto, H. (2019). Association of bioimpedance phase angle and prospective falls in older adults. *Geriatrics & gerontology international*, 19(6), 503-507. <https://doi.org/10.1111/ggi.13651>
 7. Martins, P. C., Alves Junior, C. A. S., Silva, A. M., & Silva, D. A. S. (2023). Phase angle and body composition: A scoping review. *Clinical nutrition ESPEN*, 56, 237–250. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.05.015>
 8. Moriyama, T., Tokunaga, M., Hori, R., Hachisuka, A., Itoh, H., Ochi, M., Matsushima, Y., & Saeki, S. (2024). Correlation between Phase Angle and the Number of Medications in Older Inpatients: A Cross-Sectional Study. *Annals of geriatric medicine and research*, 28(4), 419–426. <https://doi.org/10.4235/agmr.24.0096>
 9. Hou, S., Zhao, X., Wei, J., & Wang, G. (2025). The diagnostic performance of phase angle for sarcopenia among older adults: A systematic review and diagnostic meta-analysis. *Archives of gerontology and geriatrics*, 131, 105754. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2025.105754>
 10. Genton, L., Norman, K., Spoerri, A., Pichard, C., Karsegard, V. L., Herrmann, F. R., & Graf, C. E. (2017). Bioimpedance-Derived Phase Angle and Mortality Among Older People. *Rejuvenation research*, 20(2), 118–124. <https://doi.org/10.1089/rej.2016.1879>
 11. Pessoa, D. F., de Branco, F. M. S., Dos Reis, A. S., Limirio, L. S., Borges, L. P., Barbosa, C. D., Kanitz, A. C., & de Oliveira, E. P. (2020). Association of phase angle with sarcopenia and its components in physically active older women. *Aging clinical and experimental research*, 32(8), 1469–1475. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01325-0>
 12. Kołodziej, M., & Ignasiak, Z. (2020). Changes in the bioelectrical impedance parameters estimating appendicular skeletal muscle mass in healthy older persons. *Aging clinical and experimental research*, 32(10), 1939–1945. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01413-1>
 13. Tomeleri, C. M., Cavalcante, E. F., Antunes, M., Nabuco, H. C. G., de Souza, M. F., Teixeira, D. C., Gobbo, L. A., Silva, A. M., & Cyrino, E. S. (2019). Phase Angle Is Moderately Associated With Muscle Quality and Functional Capacity, Independent of Age and Body Composition in Older Women. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 42(4), 281–286. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000161>
 14. Bennett, J. P., Cataldi, D., Liu, Y. E., Kelly, N. N., Quon, B. K., Gonzalez, M. C., Heymsfield, S. B., & Shepherd, J. A. (2024). Variations in bioelectrical impedance devices impact raw measures comparisons and subsequent prediction of body composition using recommended estimation equations. *Clinical nutrition ESPEN*, 63, 540–550. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.07.009>
 15. Castizo-Olier, J., Irurtia, A., Jemni, M., Carrasco-Marginet, M., Fernández-García, R., & Rodríguez, F. A. (2018). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PloS one*, 13(6), e0197957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197957>

16. Luo, X., Cai, B., & Jin, W. (2023). The Prevalence Rate of Adult Sarcopenic Obesity and Correlation of Appendicular Skeletal Muscle Mass Index with Body Mass Index, Percent Body Fat, Waist-Hip Ratio, Basal Metabolic Rate, and Visceral Fat Area. *Metabolic syndrome and related disorders*, 21(1), 48–56. <https://doi.org/10.1089/met.2022.0035>
17. Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R. P., Later, W., Wiese, S., & Müller, M. J. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition*, 30(4), 309–316. <https://doi.org/10.1177/0148607106030004309>
18. Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., & Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 31(6), 854–861. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
19. Barbosa-Silva, M. C., & Barros, A. J. (2005). Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 8(3), 311–317. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000165011.69943.39>
20. Jensen, B., Moritoyo, T., Kaufer-Horwitz, M., Peine, S., Norman, K., Maisch, M. J., Matsumoto, A., Masui, Y., Velázquez-González, A., Domínguez-García, J., Fonz-Enríquez, E., Salgado-Moctezuma, S. G., & Bosy-Westphal, A. (2019). Ethnic differences in fat and muscle mass and their implication for interpretation of bioelectrical impedance vector analysis. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 44(6), 619–626. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0276>
21. Kuchnia, A. J., Teigen, L. M., Cole, A. J., Mulasi, U., Gonzalez, M. C., Heymsfield, S. B., Vock, D. M., & Earthman, C. P. (2017). Phase Angle and Impedance Ratio: Reference Cut-Points From the United States National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004 From Bioimpedance Spectroscopy Data. *JPEN. Journal of parenteral and enteral nutrition*, 41(8), 1310–1315. <https://doi.org/10.1177/0148607116670378>
22. Reljic, D., Zarafat, D., Jensen, B., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., Konturek, P. C., & Zopf, Y. (2020). Phase angle and vector analysis from multifrequency segmental bioelectrical impedance analysis: new reference data for older adults. *Journal of physiology and pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*, 71(4), 10.26402/jpp.2020.4.04. <https://doi.org/10.26402/jpp.2020.4.04>
23. GBD 2021 Adult BMI Collaborators (2025). Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990-2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet (London, England)*, 405(10481), 813-838. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)00355-1)
24. World Health Organization (WHO). (2024). Ageing and health. Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA OBUĆE NA POSTURU I BIOMEHANIKU TRČANJA

THE IMPACT OF DIFFERENT TYPES OF FOOTWEAR ON POSTURE AND RUNNING BIOMECHANICS

Beata Pepić Banović

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

beata.banovicpepic7@gmail.com

Sažetak

Trčanje je jedna od najraširenijih tjelesnih aktivnosti današnjice zbog svoje zastupljenosti kao sastavni dio priprema profesionalnih sportaša, ali i sve veće popularizacije među rekreativcima. Trkaća obuća koja djeluje poput veze između tijela trkača i podloge važna je komponenta biomehaničkog sustava pokreta utječući na posturu i samu biomehaniku pokreta trkača. Različiti modeli trkaće obuće (minimalistički, maksimalistički, stabilizacijski te bosonogo trčanje) utječu na obrasce doskoka, raspodjelu sila, aktivaciju mišića i rizik od ozljeda. Pitanje pravilnog izbora obuće postaje ključno ne samo za poboljšanje sportskih performansa, nego i za prevenciju ozljeda i očuvanje zdravlja mišićno-koštanog sustava. Cilj ovog rada je analiza dostupnih znanstvenih spoznaja o utjecaju različitih vrsta trkaće obuće na posturu i biomehaniku trčanja. Istraživanja ukazuju da trkaća obuća nije samo estetski ili komforni dodatak sportskoj opremi trkača, nego da sudjeluje kao aktivan čimbenik u regulaciji pokreta, raspodjeli opterećenja i održavanju posture. Minimalistička obuća, kao i bosonogo trčanje, potiču prirodnije obrasce kretanja. Maksimalistička obuća zahvaljujući debljem potplatu ima višu razinu amortizacije i nudi veću zaštitu od udarnih sila. Stabilizacijska obuća i ortopedski ulošci pružaju ciljanu biomehaničku podršku osobama s anatomskim nepravilnostima. Zaključno, poštivanje individualnih razlika trkača, edukacija, testiranje i postupno uvođenje promjena u obući predstavljaju osnovne preduvjete za smanjenje rizika od ozljeda i unapređenje performansi.

Ključne riječi: *biomehanika, obuća, ozljede, postura, trčanje.*

Abstract

Running is one of the most widespread physical activities today, being an integral part of professional athletes' training routines and increasingly popular among recreational exercisers. Running footwear, acting as a link between the runner's body and the ground, is a crucial component of the biomechanical movement system, influencing posture and the biomechanics of running itself. Different types of running shoes – minimalist, maximalist, stability shoes, and barefoot running – affect landing patterns, force distribution, muscle activation, and injury risk. The question of proper footwear selection becomes essential not only for enhancing athletic performance but also for injury prevention and maintaining musculoskeletal health. The aim of this paper is to analyze current scientific findings on the impact of various types of running footwear on posture and running biomechanics. Research indicates that running shoes are not merely aesthetic or comfort accessories, but active elements in movement regulation, load distribution, and postural control. Minimalist shoes and barefoot running promote more natural

movement patterns. Maximalist shoes, with their thicker soles, offer higher levels of shock absorption and greater protection from impact forces. Stability shoes and orthopedic insoles provide targeted biomechanical support for individuals with anatomical irregularities. In conclusion, respecting individual differences among runners, education, testing, and gradual implementation of footwear changes are key prerequisites for reducing injury risk and improving performance.

Keywords: *biomechanics, footwear, injuries, posture, running.*

UVOD

Trkačka obuća nije samo estetski ili komforni dodatak, već predstavlja ključnu komponentu biomehaničkog sustava pokreta (Sun et al., 2020). Upravo zbog toga sve više istraživanja pokušava objasniti kako različite vrste obuće utječu na posturu tijela i samu biomehaniku trčanja, s ciljem optimizacije performansa i prevencije ozljeda (Sun et al., 2020). Tijekom trčanja tijelo prolazi kroz nekoliko različitih faza – od inicijalnog kontakta s podlogom, preko faze amortizacije i potiska do faze zamaha. Svaka od faza sa sobom nosi određeno mehaničko opterećenje (Rodrigo-Carranza et al., 2021). Zbog toga je uloga obuće u ovom kontekstu višestruka jer ona djeluje kao veza između tijela trkača i podloge utječući na biomehaniku pokreta, amortizaciju udaraca, raspodjelu sila, zdravlje zglobova i ukupnu učinkovitost trkača (Baltich, Maurer i Nigg, 2015; Rodrigo-Carranza et al., 2021). Razumijevanje uloge obuće kako u profesionalnom sportu, tako i u rekreativnom trčanju od iznimne je važnosti s obzirom na to da se upravo pravilnim odabirom obuće može prevenirati niz ozljeda i tegoba, poput plantarnog fascitisa, bolova u koljenima ili prenaprezanja Ahilove tetive (Rodrigo-Carranza et al., 2021). Cilj ovog rada bio je opisati utjecaj različitih vrsta obuće na posturu i biomehaniku trčanja.

VRSTE TRKAĆE OBUĆE I NJIHOVE KARAKTERISTIKE

Četiri glavne vrste trkaće obuće su: minimalistička obuća, obuća s visokom amortizacijom (maksimalistička), stabilizacijska obuća s ortopedskim ulošcima te bosonogo trčanje. Svaka od ovih kategorija ima specifične karakteristike.

Minimalističku obuću karakterizira izrazito tanak potplat, mala težina i vrlo ograničena amortizacija. Cilj ove vrste obuće je omogućiti što prirodniji osjećaj kontakta sa podlogom i potaknuti trkača na promjenu tehnike trčanja (Beatty et al., 2017). Prema istraživanju Beattyja i suradnika iz 2017. godine, trkači koji koriste minimalističku obuću često mijenjaju način kontakta s podlogom, najčešće prelazeći s udarca petom na srednji ili prednji dio stopala.

Obuća s visokom amortizacijom (maksimalistička obuća) dizajnirana je kako bi svojom građom (debelim potplatima i slojevitim materijalima) ublažila sile udarca pri dugotrajnom trčanju ili kod trkača veće tjelesne mase (Nigg et al., 2015). No, važno je za napomenuti kako su Pollard i suradnici su 2018. godine dokazali da udarni vrhovi (*engl. impact peak*) mogu biti čak 10% veći u maksimalističkim tenisicama jer trkači intuitivno "tvrđe" doskaču na podlogu kako bi kompenzirali debeli potplat (Pollard et al., 2018).

Stabilizacijska obuča namijenjena je za trkače kod kojih su prisutne biomehaničke nepravilnosti i potreba za kontrolom stopala kao što je primjerice prekomjerna pronacija stopala (Richards, Magin i Callister, 2009).

Bosonogo trčanje, odnosno trčanje bez ikakve obuće, predstavlja najprirodniji oblik trčanja u kojem trkači češće koriste prednji ili srednji dio stopala prilikom kontakta s podlogom. U posljednjih desetak godina upravo ovakav oblik trčanja izazvao je velik interes (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010).

UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA OBUĆE NA POSTURU

Vrsta obuće koju pojedinac koristi ima značajan utjecaj na njegovu posturu, osobito tijekom dinamičkih aktivnosti kao što je trčanje.

Minimalistička obuča zahvaljujući svojoj jednostavnoj građi i tankom potplatu omogućuje veći osjećaj tla i samim time tijelo prima bolji senzorni input. Također, zbog svojih smanjenih stabilizacijskih i amortizacijskih svojstava izaziva povećanu aktivaciju mišića zbog potrebe za boljom stabilizacijom i prilagodbom na podlogu (Snow, Bassett i Byrne, 2016). Uz povećanu mišićnu aktivaciju potiče i aktivniju ulogu stopala i donjeg dijela noge u kontroli pokreta, što u konačnici može rezultirati prilagodbom držanja tijela (Beatty et al., 2017). Zbog svega navedenog, minimalistička obuča može potaknuti prilagodbu posture od stopala pa sve do trupa jer jači stabilizatori održavaju neutralnu zdjelicu i pravilan lanac od gležnja preko koljena, sve do kuka (Snow, Bassett i Byrne, 2016). Važno je za naglasiti kako prelazak na minimalističku obuću ili bosonogo trčanje zahtijeva postepenu prilagodbu jer naglo povećanje opterećenja na mišiće i tetive može izazvati ozljede i narušiti posturu ukoliko tijelo nije spremno (Richards, Magin i Callister, 2009).

Pollard i suradnici u svom istraživanju iz 2018. godine navode da obuća s visokom amortizacijom (maksimalistička obuća) djeluje kao "sloj" koji ublažava sile udarca, a to smanjuje opterećenje zglobova donjih ekstremiteta tijekom trčanja. Međutim, upravo zbog debljeg potplata dolazi do smanjenog senzornog inputa čime tijelo može izgubiti dio svoje prirodne sposobnosti da održava optimalnu posturu (Pollard et al., 2018). To može dovesti do nepravilnosti u držanju i neučinkovitosti pokreta koje se s vremenom mogu manifestirati kao kronične poteškoće (Pollard et al., 2018).

Govoreći o stabilizacijskoj obući i njezinu utjecaju na posturu Mundermann i suradnici su 2002. godine pokazali da obuća s većom stabilizacijom može dugoročno smanjiti rotacijske sile na koljenu, a to može imati pozitivan učinak u prevenciji ozljeda te održavanju pravilne posturalne linije. Međutim, pretjerano oslanjanje na takvu potporu može uzrokovati smanjenje vlastite sposobnosti mišića da stabiliziraju zglobove, a to dugoročno može dovesti do slabije posturalne kontrole (Mundermann et al., 2002).

Također, istraživanje koje su proveli Hausselle i suradnici 2021. godine potvrđuje kako prvenstveno bosonogo stajanje, ali isto tako i stajanje u minimalističkoj obući uzrokuje mnogo manje pomake centra gravitacije, a samim time i omogućuje veću posturalnu stabilnost, nego maksimalistička obuća koja uzrokuje veće i brže pomake centra gravitacije što upućuje na

slabiju posturalnu kontrolu i smanjenu senzomotornu povratnu informaciju (Hauselle et al., 2021).

UTJECAJ OBUĆE NA BIOMEHANIKU TRČANJA

Bez obzira na stil trčanja ili razinu utreniranosti, svaki korak proizvodi udarne sile koje se prenose od stopala prema gležnju, koljenu, kuku i kralježnici. U tom složenom lancu reakcija, obuća trkača predstavlja prvu točku kontakta s podlogom i kao takva ima važnu ulogu u načinu na koji se sile prenose kroz tijelo tijekom trčanja, utječući na obrasce doskoka, intenzitet sile udarca, korak te potencijalni rizik od ozljeda. Svaka promjena, pa čak i minimalna, može izazvati promjene u biomehanici (Nigg et al., 2015; Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010; Maharaj, Cresswell i Lichtwark, 2017).

Vrsta i konstrukcija obuće utječu na način na koji stopalo dolazi u kontakt s podlogom, a time i na cjelokupnu biomehniku trčanja. Obrasci doskoka (*engl. foot-strike patterns*) klasificiraju se u tri glavne vrste: *rearfoot strike*, *midfoot strike* i *forefoot strike*. Svaki od njih usmjerava sile različito kroz zglobove gležnja, koljena i kuka te zahtijeva drugačiju aktivaciju mišića i mišićno-koštanu dinamiku (Xu et al., 2021; Bonacci et al., 2013). *Rearfoot strike* (RFS) označava doskok na petu te je on najčešći uzorak kod obučanih trkača, a istraživanja pokazuju da preko 90% rekreativnih trkača koristi upravo ovaj stil doskoka. Kod RFS obrasca, prvi kontakt s podlogom ostvaruje se petnim dijelom stopala (Lieberman et al., 2010; Xu et al., 2021). *Midfoot strike* (MFS) označava doskok na srednji dio stopala, a *forefoot strike* (FFS) označava doskok na prednji dio stopala (Almeida, Davis i Lopes, 2015). Suvremene, mekane i povišene pete (*engl. hoe-to-toe drop*) potiču RFS kontakt, što štiti koljeno kratkotrajno, ali dugoročno može povećati opterećenje i rizik od ozljeda. S druge strane, minimalistička obuća s nižim padom i manjom potporom potiče prelazak na MFS/FFS obrasce koji smanjuju posljedice udara, ali povećavaju moment sile na mišiće i tetive (Mo et al., 2020). Meta-analiza koju su proveli Xu i suradnici iz 2020. godine, koja obuhvaća 26 istraživanja s ukupno 472 ispitanika, potvrđuje ovu razliku i zaključuje kako FFS i MFS obrasci zahtijevaju veću aktivaciju Ahilove tetive i mišića potkoljenice, dok RFS rezultira bržim, ali potencijalno rizičnijim udarcima noge o podlogu, uzrokujući tako veće udarno opterećenje na potkoljenu i koljeno (Xu et al., 2021).

Također, mjerenje i analiza *loading ratea* – koliko naglo opterećenje djeluje na tijelo, predstavlja bitan alat, kako za razumijevanje trkačke tehnike, tako i za personalizaciju odabira obuće i planiranje treninga. Zanemarivanje tog parametra u biomehaničkoj procjeni može dovesti do pogrešnih pretpostavki o sigurnosti trčanja i neučinkovitosti prevencije ozljeda (Baltich, Maurer i Nigg, 2015). Veća brzina opterećenja često je povezana s većim rizikom od ozljeda jer tijelo ima manje vremena za raspodjelu i apsorpciju sile (Baltich, Maurer i Nigg, 2015). To znači da čak i ako ukupna sila udarca nije visoka, ukoliko se ona dogodi naglo i iznenada te s velikim *loading rateom*, potencijalno štetno opterećenje može biti koncentrirano u kratkom vremenskom intervalu i na ograničen broj struktura (Baltich, Maurer i Nigg, 2015). Stoga, vrsta obuće može bitno utjecati na silu udarca i prijenos opterećenja (Nigg et al., 2015). Jedan od najčešće istraživanih aspekata trkačke obuće jest razlika između klasičnih (konvencionalnih) tenisica i minimalističkih modela, a dokazi upućuju na to da maksimalističke

tenisice s debelim i jako amortiziranim potplatom mogu smanjiti subjektivni osjećaj udarca, ali ne nužno i stvarni *loading rate*. Tijelo često nesvjesno kompenzira "mekšu" površinu jačim doskokom, a time se udarni šok može čak i povećati (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010; Bonacci et al., 2013). S druge strane, minimalistička obuća ima tanji potplat, manji pad pete te manje potpore za svodove stopala. Ovakva obuća potiče promjene u obrascu doskoka, i to najčešće prijelaz s doskoka na petu na prednji ili srednji dio stopala (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010; Bonacci et al., 2013). Zahvaljujući MFS i FFS obrascima doskoka trkači u minimalističkoj obući imaju niže vrijednosti *loading ratea* zato što njihova mehanika omogućuje dulje trajanje faze apsorpcije sile (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010). Umjesto naglog prijenosa sile kroz petu, ovdje se opterećenje prenosi kroz miškulaturu i tetive u potkoljenici, naročito kroz Ahilovu tetivu i mišiće stražnje strane potkoljenice, a to omogućava „mekši“ i biomehanički sigurniji prijelaz (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010). Taj prijelaz rezultira smanjenjem *impact peak-a* i *loading rate-a*, ali istodobno zahtijeva veću mišićnu aktivaciju u gležnju i potkoljenici, a to može povećati rizik od ozljeda, ako taj prijelaz nije postupan (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010; Bonacci et al., 2013).

Kako na obrasce doskoka i vrijednosti *loading ratea* različite vrste tenisica također mogu potaknuti ili inhibirati specifične promjene u obrascu trčanja, poput duljine iskoraka (*engl. stride length*), kadence ili vremena kontakta s podlogom (Nigg et al., 2015). Te promjene, koje ne ovise samo o trkačevim individualnim karakteristikama, već i o dizajnu obuće koju koristi, posredno utječu na raspodjelu sile i učinkovitost trčanja (Nigg et al., 2015). Jedno od važnih zapažanja odnosi se na kadencu, odnosno broj koraka koje trkač napravi u minuti. Heiderscheit i suradnici 2011. godine u svojem istraživanju utvrdili su da povećanje kadence dovodi do smanjenja mehaničke energije apsorbirane u koljenu i kuku (Heiderscheit et al., 2011). Isto tako, pri povećanju kadence uočeno je i skraćeno vrijeme kontakta s podlogom, manje vertikalno pomicanje centra gravitacije, povećana aktivacija gluteusa i hamstringsa, te smanjenje mehaničkog opterećenja na tibiju i koljeno (Almonroeder, Willson i Kernozek, 2013). Ove promjene nisu uvjetovane samo tehnikom, već su snažno povezane s vrstom obuće jer laganije i fleksibilnije tenisice često intuitivno potiču veću kadencu i kraći iskorak (Heiderscheit et al., 2011). Promjene u duljini iskoraka također su istraživana tema u biomehaničkim analizama. Dug iskorak, iako energetski učinkovit kod nekih trkača, može uzrokovati povećano udarno opterećenje u početnoj fazi kontakta s podlogom, osobito kod onih koji koriste RFS obrazac (Bowser et al., 2018). S druge strane, kraći iskorak u kombinaciji s većom kadencom, koji je karakterističan za trčanje u minimalističkoj obući ili za bosonogo trčanje, pokazuje povoljniji utjecaj na raspodjelu opterećenja (veća redistribucija sila prema distalnijim segmentima) i redukciju sile udarca (Bowser et al., 2018; Bonacci et al., 2013). Sve navedeno potvrđuje važnost kontrole duljine iskoraka i kadence ne samo s aspekta ekonomičnosti trčanja, već i u prevenciji preopterećenja i ozljeda (Almonroeder, Willson i Kernozek, 2013).

RIZIK OD OZLJEDA

Odabir trkačke obuće skriva mnogo više od modnog izbora – potencira biomehaničke obrasce koji dugoročno mogu povećati ili smanjiti rizik od ozljeda (Pollard et al., 2018). Minimalistička obuća, koja nastoji oponašati bosonogo trčanje, potiče trkače na prirodniji obrazac doskoka,

često s prednjim ili srednjim dijelom stopala, a time se smanjuje brzina prijenosa sile na tijelo što može smanjiti rizik od ozljeda povezanih s ponovljenim opterećenjima poput stres fraktura i patelofemoralnog sindroma. Međutim, minimalistička obuća zahtijeva dobru snagu i prilagodbu mišića stopala i potkoljenice pa nagla promjena bez pravilnog uvoda i prilagodbe može rezultirati ozljedama, posebno Ahilove tetive i mišića stražnje lože (Beatty et al., 2017; Zhang et al., 2018). S druge strane, maksimalistička obuća nudi značajnu zaštitu od udara na podlogu zahvaljujući debelim i mekanim potplatima. Ovakav dizajn može smanjiti osjećaj nelagode pri doskoku i pomoći pri smanjenju kratkotrajnih sila udarca. Međutim, prevelika amortizacija može dovesti do promjena u tehnici trčanja, kao što je povećanje duljine koraka i smanjena kadenca, a to može povećati opterećenje na koljena i kukove. Osim toga, previše potpore može smanjiti prirodnu aktivaciju mišića stabilizatora stopala, a to kod nekih trkača može pridonijeti ozljedama zbog smanjene propriocepcije i kontrole pokreta (Nigg et al., 2015; Sun et al., 2020). Stabilizacijska obuća s ortopedskim ulošcima koristi se za korekciju biomehaničkih nepravilnosti. Ulošci i dodatna potpora mogu pomoći u pravilnom rasporedu sila i smanjiti lokalna opterećenja koja bi inače mogla dovesti do preopterećenja i posljedičnih upala tetiva ili bolova u zglobovima. Međutim, pretjerana ovisnost o takvoj obući može smanjiti snagu i funkciju mišića stopala pa je važno da se pomagala koriste uz adekvatnu edukaciju (Richards, Magin i Callister, 2009; Sun et al., 2020). Bosonogo trčanje vraća tijelo na način trčanja bez dodatnih vanjskih utjecaja, što može poboljšati prirodnu biomehniku i propriocepciju. No, kao i kod minimalističke obuće, nagla promjena na bosonogi stil, bez postupne prilagodbe, povećava rizik od ozljeda mekih tkiva i kosti. Ovaj stil trčanja zahtijeva dobru tehniku i svijest o podlozi te nije prikladan za sve trkače, osobito one s prethodnim ozljedama ili slabijom mišićnom podrškom (Lieberman, Venkadesan i Werbel, 2010; Bonacci et al., 2013).

ZAKLJUČAK

Utjecaj različitih vrsta trkaće obuće na posturu i biomehniku trčanja tema je koja je izrazito važna, kako za trkače, tako i za trenere i proizvođače. Kroz analizu biomehaničkih faza pokreta, mišićne aktivnosti i prijenosa sila, jasno je istaknuto kako obuća nije tek dodatak sportskoj opremi, već aktivan čimbenik u regulaciji pokreta, raspodjeli opterećenja i održavanju posture. Minimalistička obuća, kao i bosonogo trčanje, potiču prirodnije obrasce kretanja i povećanu propriocepciju, ali zahtijevaju postepenu prilagodbu i mišićnu spremnost. S druge strane, maksimalistička obuća s visokom razinom amortizacije nudi veću zaštitu od udarnih sila, no može promijeniti tehniku trčanja i smanjiti aktivaciju mišića stabilizatora. Stabilizacijska obuća i ortopedski ulošci pružaju ciljanu biomehaničku podršku osobama s anatomskim nepravilnostima, ali kod prekomjerne ovisnosti o takvoj potpori postoji rizik od smanjenja funkcionalne sposobnosti stopala. Sve ove spoznaje ukazuju na to da nijedna vrsta obuće nije univerzalno "najbolja", već da je prilagodba nužna svakom pojedincu. Odabir trkaće obuće izravno utječe na silu udarca, obrasce doskoka, kadencu, duljinu iskoraka i raspodjelu opterećenja kroz kinetički lanac. Zanemarivanje ovih parametara može dovesti do biomehaničkih disbalansa, preopterećenja određenih struktura i ozljeda.

LITERATURA

1. Almeida, M., Davis, I., Lopes, A. (2015). Biomechanical differences of foot-strike patterns during running: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45(10), 738-755.
2. Almonroeder, T., Willson, J., Kernozek, T. (2013). The effect of foot strike pattern on Achilles tendon load during running. *Annals of biomedical engineering*, 41, 1758-1766.
3. Baltich, J., Maurer, C., Nigg, B. (2015). Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes. *PLOS ONE*, 10(4), 0125196.
4. Beatty, N., Felix, I., Hettler, J., Moley, P., Wyss, J. (2017). Rehabilitation and Prevention of Proximal Hamstring Tendinopathy. *Current sports medicine reports*, 16(3), 162–171.
5. Bonacci, J., Saunders, P., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B. (2013). Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 387-392.
6. Bowser, B., Fellin, R., Milner, C., Pohl, M., Davis, I. (2018). Reducing impact loading in runners: a one-year follow-up. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(12), str. 2500.
7. Hauselle, J., Haddox, A., Kasitz, J., Azoug, A. (2021). An interventional exploratory study to assess the effect of footwear on postural stability and strategy during quiet standing. *International Biomechanics*, 8(1), 63–74.
8. Heiderscheit, B., Chumanov, E., Wille, C., Ryan, M. (2011). Effects of step rate manipulation on joint mechanics during running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(2), 296.
9. Lieberman, D., Venkadesan, M., Werbel, W. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463(7280), 531–535.
10. Maharaj, J., Cresswell, A. G., Lichtwark, G. (2017). Foot structure is significantly associated to subtalar joint kinetics and mechanical energetics. *Gait and Posture*, 58, 159-165.
11. Mo, S., Lam, W., Ching, E., Chan, Z., Zhang, J. (2020). Effects of heel-toe drop on running biomechanics and perceived comfort of rearfoot strikers in standard cushioned running shoes. *Footwear Science*, 12(2), 91-99.
12. Mundermann, A., Nigg, B., Stefanyshyn, D., Humble, R. (2002). Development of a reliable method to assess footwear comfort during running. *Gait and Posture*, 16(1), 38-45.
13. Nigg, B., Baltich, J., Hoerzer, S., Enders, H. (2015). Running shoes and running injuries: mythbusting and a proposal for two new paradigms: “preferred movement path” and “comfort filter”. *British Journal of Sports Medicine*, 49(20), 1290–1294.
14. Pollard, C., Ter Har, J., Hannigan, J., Norcross, M. (2018). Influence of maximal running shoes on biomechanics before and after a 5K run. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(6), 2325967118775720.
15. Richards, C., Magin, P., Callister, R. (2009). Is your prescription of distance running shoes evidence-based? *British Journal of Sports Medicine*, 43(3), 159-162.
16. Rodrigo-Carranza, V., Gonzalez-Mohino, F., Santos-Concejero, J., Garcia-Pinillos, F., Latorre-Roman, P. (2021). The effects of footwear midsole longitudinal bending stiffness on running economy and ground contact biomechanics: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 22(10), 1508–1521.

17. Snow, N., Bassett, F., Byrne, J. (2016). An acute bout of barefoot running alters lower-limb muscle activation for minimalist shoe users. *International Journal of Sports Medicine*, 37(5), 382–387.
18. Sun, X., Lam, W., Zhang, X., Wang, J., Fu, W. (2020). Systematic review of the role of footwear constructions in running biomechanics: Implications for running-related injury and performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1), 20.
19. Xu, Y., Yuan, P., Wang, R., Wang, D., Liu, J., Zhou, H. (2021). Effects of foot strike techniques on running biomechanics: a systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 13(1), 71-77.
20. Zhang, X., Delabastita, T., Lissens, J., De Beenhouwer, F., Vanwanseele, B. (2018). The morphology of foot soft tissues is associated with running shoe type in healthy recreational runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(7), 686-690.

MOGUĆNOSTI PRIMJENE EMMETT TEHNIKE U TRENAŽNOM PROCESU MLADIH VESLAČA: PILOT-STUDIJA

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE EMMETT TECHNIQUE IN THE TRAINING PROCESS OF YOUNG ROWERS: A PILOT STUDY

Teo Radić

Opća bolnica Šibensko-kninske županije, Šibenik

teo.radic23@gmail.com

Hrvoje Petrović

Medicinska škola – Šibenik

petrovic.hrvoje2009@gmail.com

Jelena Paušić

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Splitu

jelena.pausic@kfst.eu

Sažetak

Veslanje je sport koji zahtijeva visok stupanj mišićne koordinacije i snage te uključuje kompleksan ciklički pokret u kojem dolazi do koordinirane aktivacije donjih i gornjih ekstremiteta. Manualna terapija, poput EMMETT tehnike, koristi se u svrhu poboljšanja elastičnosti mišićnog tkiva, pokretljivosti zglobova i funkcionalne ravnoteže, što može utjecati na biomehaničku učinkovitost u sportovima kao što je veslanje. Odabrani mišići (quadriceps femoris, latissimus dorsi i pectoralis major) čine temeljnu biomehaničku osnovu veslačkog zaveslaja, što ih čini relevantnim ciljem za potencijalnu primjenu neuromišićne intervencije poput EMMETT tehnike. Cilj ove pilot-studije bio je ispitati akutni učinak manualne EMMETT tehnike na ergometarske varijable kod mladih veslača. U istraživanju je sudjelovalo 10 registriranih junior veslača (dob 15-18 godina), nasumično podijeljenih u dvije skupine: eksperimentalnu ($n=5$), koja je primila EMMETT tretman, i kontrolnu ($n=5$), bez intervencije. Svi sudionici izveli su veslački test na ergometru (Concept2) na udaljenosti od 1000 metara, uz mjerenje ukupnog vremena (s), prosječne snage (W), frekvencije zaveslaja (spm), ukupan broj zaveslaja i ukupne potrošnje energije (kJ). Nakon intervencije (EMMETT u eksperimentalnoj skupini; pasivni odmor u kontrolnoj) test je ponovljen. Nisu utvrđene statistički značajne razlike ni unutar ni između skupina. U eksperimentalnoj skupini uočen je pozitivan trend u frekvenciji i ukupnom broju zaveslaja uz umjereno velike veličine učinka. Rezultati sugeriraju na to da EMMETT tehnika možda ima akutni neuromišićni učinak na obrasce zaveslaja, no nalazi su preliminarni i bez statističke značajnosti. Stoga, preporučuje se provesti daljnja istraživanja s većim uzorkom, višekratnim tretmanima i dugoročnim praćenjem kako bi se potvrdili ovi početni nalazi te temeljito istražile potencijalne koristi ove tehnike.

Ključne riječi: *ergometar, manualna terapija, mladi sportaši, veslanje.*

Abstract

Rowing is a sport that requires a high level of muscular coordination and strength, involving a complex cyclical movement that activates both the upper and lower extremities in a coordinated manner. Manual therapy, such as the EMMETT technique, is used to improve muscle tissue elasticity, joint mobility, and functional balance, which may influence biomechanical efficiency in sports like rowing. The selected muscles (quadriceps femoris, latissimus dorsi and pectoralis major) form the biomechanical foundation of the rowing stroke, making them relevant targets for the potential application of neuromuscular interventions such as the EMMETT technique. The aim of this pilot study was to examine the acute effects of manual EMMETT therapy on ergometer variables in young rowers. The study included 10 registered junior rowers (aged 15-18 years), randomly divided into two groups: an experimental group ($n = 5$) that received EMMETT treatment, and a control group ($n = 5$) with no intervention. All participants performed a 1000-meter rowing test on a Concept2 ergometer, with measurements including total time (s), average power output (W), stroke rate (spm), total number of strokes and total energy expenditure (kJ). After the intervention (EMMETT in the experimental group; passive rest in the control group), the test was repeated. No statistically significant differences were found either within or between groups. In the experimental group, a positive trend was observed in the frequency and total number of strokes with moderately large effect sizes. The results suggest that the EMMETT technique may have an acute neuromuscular effect on stroke patterns, but the findings are preliminary and without statistical significance. However, further research with a larger sample size, multiple treatments and long-term follow-up is recommended to confirm these preliminary findings and to explore the potential benefits of this technique more thoroughly.

Keywords: *ergometer, manual therapy, young athletes, rowing.*

UVOD

Veslanje je kompleksan ciklički sport koji zahtijeva visok stupanj mišićne koordinacije, snage, izdržljivosti i precizne tehničke izvedbe. Tijekom veslačkog zaveslaja aktiviraju se velike mišićne skupine gornjih i donjih ekstremiteta, što veslanje čini jednim od najzahtjevnijih sportova u smislu ukupne mišićne aktivacije i metaboličkog opterećenja (Kleshnev, 2016; Volianitis et al., 2020). Prema studijama o biomehanici i fiziologiji veslanja, optimalna izvedba zaveslaja ovisi o sinkroniziranom radu mišića, pravilnom prijenosu sile kroz kinetički lanac te stabilnosti trupa i zglobova (Buckeridge et al., 2015). Istraživanja pokazuju da promjene u kadenci (stroke rate) izravno utječu na tehniku i stabilnost pokreta, što može imati značan utjecaj na krajnji rezultat (Duchene et al., 2025). Pokazatelji na veslačkom ergometru mogu se pouzdano predvidjeti pomoću različitih fizioloških i funkcionalnih parametara, uključujući anaerobne kapacitete, mišićnu snagu i širinu zaveslaja (Nurjaya et al., 2019). Također, snaga i izdržljivost mišića razvijana specifičnim treninzima značajno su povezane s rezultatom na ergometru, osobito kod elitnih sportaša (Lawton et al., 2013).

Veslački ergometar Concept2 (Slika 1) pokazao se kao vrlo pouzdan alat za mjerenje varijabli u kontroliranim uvjetima, što ga čini pogodnim za istraživanja koja se bave akutnim ili dugoročnim utjecajem raznih intervencija na izvedbu (Treff et al., 2022).



Slika 1. Veslanje na veslačkom ergometru Concept2 (Izvor: izrada autora)

Iako postoje brojna istraživanja koja povezuju fiziološke i biomehaničke aspekte veslanja s izvedbom, vrlo je malo dostupnih studija koje istražuju potencijalni učinak manualnih terapijskih metoda na sportsku izvedbu u ovom sportu. Manualna terapija (MT), poput EMMETT tehnike, koristi se za poboljšanje elastičnosti mekih tkiva, pokretljivosti zglobova i neuromišićne kontrole, što bi moglo utjecati na biomehaničku efikasnost zaveslaja. Manualne tehnike mogu akutno modulirati neuromišićnu funkciju putem promjena u proprioceptiji, mišićnom tonusu i fascijalnoj mehanici, što je više puta opisano u literaturi. Pregledni rad Weerapong et al. (2005) prikazuje potencijalne mehanizme djelovanja (proprioceptivni, neurofiziološki i mehanički) i moguće kratkoročne učinke na izvedbu, oporavak i prevenciju ozljeda, dok Chaudhry et al. (2008) matematičkim modelom opisuju kako niskointenzivni taktilni podražaji mogu dovesti do deformacije fascija i posljedičnih promjena u pokretu. Aktualni randomizirani pokusi pokazuju da miofascijalno oslobađanje i/ili manualne intervencije mogu akutno poboljšati pojedine pokazatelje izvedbe (npr. raspon pokreta, skok, dinamičku ravnotežu) u sportaša, što dodatno podupire pretpostavku o mogućoj neuromišićnoj modulaciji nakon kratkih tretmana (Afanador-Restrepo et al., 2023; Sarıalioğlu, 2024). Dosadašnji radovi o EMMETT tehnici u sportskoj i općoj populaciji, uključujući studentska istraživanja, ukazuju na potencijal kratkoročnih promjena u funkcionalnim ishodima (npr. snaga stiska ili fleksibilnost iliotibialnog trakta (ITB)) (Kecman, 2019; Sharp, 2012). U kontekstu navedenih nalaza o akutnim učincima manualnih intervencija na izvedbu (Afanador-Restrepo et al., 2023; Sarıalioğlu, 2024), cilj ovog pilot-istraživanja bio je ispitati može li kratka EMMETT intervencija utjecati na ergometarske varijable kod mladih veslača. Ovi nalazi pružaju teorijsku podlogu za pretpostavku da bi neuromišićne intervencije poput EMMETT tehnike mogle utjecati na ergometarske varijable kao dodatne metode u sportskom treningu, iako uzročnost nije dokazana te zahtijeva strože pokuse.

Na temelju navedenog postavljena je hipoteza da će u eksperimentalnoj skupini (EMMETT) doći do akutnog poboljšanja ergometarskih varijabli između prvog i drugog testa (kraće vrijeme 1000 m i/ili veća prosječna snaga), dok se u kontrolnoj skupini neće zabilježiti značajne promjene.

METODE I MATERIJALI

U istraživanju je sudjelovalo 10 registriranih junior veslača (dob 15-18 godina), članova veslačkog kluba “Krka” iz Šibenika, s najmanje dvije godine natjecateljskog iskustva. Svi ispitanici bili su zdravi, bez aktivnih ozljeda i uz pristanak roditelja/staratelja uključeni su u istraživanje u skladu s etikom struke. Ispitanici su nasumično podijeljeni u dvije skupine: eksperimentalnu ($n = 5$), koja je primila EMMETT tretman, i kontrolnu skupinu ($n = 5$), koja nije primila nikakvu intervenciju.

Mjerenja su provedena na veslačkom ergometru Concept2, model D s PM5 monitorom. Tijekom svakog testiranja mjerene su sljedeće varijable: ukupno vrijeme (s) potrebno za prijeći udaljenost od 1000 metara, prosječna snaga (W), frekvencija zaveslaja (spm – stroke per minute), ukupan broj zaveslaja i potrošnja energije (kJ).

Svi ispitanici prvo su izveli standardizirani test na ergometru – veslanje na 1000 metara maksimalnim naporom. Nakon prvog testiranja, eksperimentalna skupina primila je EMMETT tretman, koji je primijenjen na tri mišića aktivna u veslačkom zaveslaju: quadriceps femoris, latissimus dorsi i pectoralis major (Slika 2 i 3). Tretman je provodio kvalificirani terapeut s licencom za EMMETT tehniku, a trajao je ukupno 5 minuta po ispitaniku. Kontrolna skupina je u isto vrijeme mirovala. Nakon 20-minutne pasivne pauze, svi su ispitanici ponovno izveli isti test na 1000 metara.



Slika 2. i 3. EMMETT tretman za latissimus dorsi i quadriceps femoris (Izvor: izrada autora)

Za analizu podataka korišten je softverski paket IBM SPSS Statistics (verzija 23.0) i Microsoft Excel. Provedena je deskriptivna analiza (aritmetička sredina, standardna devijacija), a razlike između i unutar skupina testirane su odgovarajućim parametrima. Nezavisni t-test korišten je za usporedbu bazalnih vrijednosti između skupina (prije intervencije) radi provjere usporedivosti skupina na početku, upareni t-test korišten je za analizu promjena unutar svake skupine (prije i nakon intervencije), Welchov t-test za nezavisne uzorke korišten je za usporedbu promjena (delta vrijednosti) između eksperimentalne i kontrolne skupine, veličina učinka izražena je putem Hedgesovog g (korigirani Cohenov d), kako za unutar-skupinske tako i između-skupinske usporedbe (Hedges, 1981; Cohen, 1988) Zbog malog uzorka ($n = 5$ po

skupini), posebna pažnja posvećena je interpretaciji veličina učinka uz razinu statističke značajnosti postavljenu na $p < 0,05$.

REZULTATI

Analiza početnih vrijednosti između eksperimentalne i kontrolne skupine pokazala je da nema statistički značajnih razlika u niti jednoj mjernoj varijabli, što upućuje da su skupine bile usporedive na početku (Tablica 1.). Primjerice, prosječno vrijeme za 1000 m iznosilo je 194,6 sekundi u eksperimentalnoj skupini, a 195,2 sekunde u kontrolnoj ($p = 0,925$).

Tablica 1. Bazalne vrijednosti ispitanika prije tretmana (Mean $\pm$ SD)

Varijabla	Eksperimentalna (EMMETT)	Kontrolna	t-vrijednost	p-vrijednost
Vrijeme (s)	194,6 $\pm$ 11,3	195,2 $\pm$ 6,8	-0,98	0,925
Snaga (W)	386,2 $\pm$ 68,8	378,8 $\pm$ 38,6	0,21	0,840
Frekvencija (spm)	34,4 $\pm$ 3,2	33,0 $\pm$ 3,0	0,713	0,496
Zaveslaji (br.)	111,0 $\pm$ 5,5	107,0 $\pm$ 10,3	0,763	0,474
Energija (kJ)	1629,2 $\pm$ 236,5	1607,6 $\pm$ 132,0	0,178	0,864

U eksperimentalnoj skupini nakon primjene EMMETT tretmana zabilježen je trend povećanja frekvencije zaveslaja (SPM) i ukupnog broja zaveslaja (Tablica 2.), s umjereno do velikim veličinama učinka ($g = 0,73$ i $g = 0,95$), no promjene nisu bile statistički značajne ($p \approx 0,06$ – $0,09$). Vrijeme na 1000 m i prosječna snaga nisu pokazali poboljšanje, zabilježeno je blago pogoršanje vremena (+0,5 s) i minimalan pad snage (-2,4 W).

U kontrolnoj skupini, nakon pasivne pauze, uočen je trend pogoršanja rezultata (Tablica 2.). Snaga je opala za -8,8 W ($p = 0,118$), energija za -30,8 kJ ($p = 0,120$), a vrijeme se blago pogoršalo (+1,62 s).

Tablica 2. Promjene unutar skupina prije i nakon intervencije (delta), p i Hedges g

Varijabla	Skupina	Δ (Post - Pre) Mean $\pm$ SD	p-vrijednost	Hedges g
Vrijeme (s)	EMMETT	+0,50 $\pm$ 1,75	0,558	0,21
	Kontrola	+1,62 $\pm$ 1,61	0,164	0,53
Snaga (W)	EMMETT	-2,4 $\pm$ 10,0	0,619	-0,18
	Kontrola	-8,8 $\pm$ 9,9	0,118	-0,90
Frekvencija (spm)	EMMETT	+1,8 $\pm$ 1,79	0,088	0,73
	Kontrola	+1,0 $\pm$ 1,58	0,230	0,46
Zaveslaji	EMMETT	+6,0 $\pm$ 5,05	0,056	0,95
	Kontrola	+4,4 $\pm$ 4,67	0,103	0,69
Energija (kJ)	EMMETT	-5,8 $\pm$ 36,9	0,619	-0,18
	Kontrola	-30,8 $\pm$ 34,9	0,120	-0,64

Između-skupinska usporedba promjena (delta vrijednosti) pokazala je da EMMETT skupina ima povoljnije ishode, ali razlike nisu bile statistički značajne (Tablica 3.). Na primjer, prosječna razlika u promjeni snage bila je +6,4 W u korist eksperimentalne skupine ($p = 0,338$; $g = 0,58$). Razlika u potrošnji energije iznosila je +25 kJ u korist EMMETT skupine ($p = 0,303$; $g = 0,63$). Za vrijeme, razlika je bila -1,12 s (EMMETT se manje pogoršao), ali također bez statističke značajnosti ($p = 0,324$; $g = -0,60$).

Tablica 3. Usporedba promjena (delta) između skupina (EMMETT vs. kontrola)

Varijabla	Razlika Δ (E - K)	p-vrijednost	Hedges g
Vrijeme (s)	-1,12	0,324	-0,60
Snaga (W)	+6,40	0,338	+0,58
Frekvencija (spm)	+0,80	0,475	+0,43
Zaveslaji	+1,60	0,617	+0,30
Energija (kJ)	+25,00	0,303	+0,63

RASPRAVA

Dobiveni rezultati nisu pokazali statistički značajna poboljšanja u glavnim varijablama (vrijeme, snaga, potrošnja energije), no uočen je pozitivan trend unutar eksperimentalne skupine, osobito u frekvenciji zaveslaja (SPM) i ukupnom broju zaveslaja. Takvi kratkotrajni, funkcionalno relevantni pomaci konzistentni su s izvješćima iz literature o EMMETT ili srodnim manualnim pristupima kao primjerice, poboljšanje snage stiska nakon kratkog tretmana u zdravih ispitanika (Kecman, 2019) te smanjenje napetosti i bolje istezljivosti ITB-a u usporedbi sa self-myofascial release pristupom (Sharp, 2012). Isto tako, potencijalno relevantni pomaci skladni su s nalazima randomiziranih pokusa u sportskoj populaciji, u kojima je miofascijalno (manualno) djelovanje rezultiralo poboljšanjima odabranih izvedbenih varijabli u neposrednom vremenskom okviru (Afanador-Restrepo et al., 2023; Sarialioğlu, 2024). Veličine učinka za ove varijable bile su srednje do visoke (Hedgesov $g = 0,73 - 0,95$), što sugerira da bi se EMMETT tehnika mogla pokazati korisnom u modulaciji neuromišićne kontrole, što je i ranije isticano u literaturi (Emmett, 2016).

Iako rezultati nisu dosegli razinu statističke značajnosti, važno je istaknuti da je ovo pilot-studija s malim uzorkom ($n = 10$), što značajno umanjuje statističku snagu testa. U tom kontekstu, opažene veličine učinka mogu biti relevantnije za procjenu potencijala intervencije nego p-vrijednosti, kako to predlažu i Sullivan i Feinn (2012) u raspravi o interpretaciji rezultata u kliničkim studijama.

U kontrolnoj skupini zabilježen je negativan trend (pad snage i energije, produženje vremena). Moguća objašnjenja uključuju akumulirani umor i nepotpun oporavak između testiranja, psihološki učinak ponovnog maksimalnog testa bez ikakve intervencije (niža motivacija/angažman) te izostanak neuromišićne aktivacije koju je eksperimentalna skupina potencijalno dobila kroz taktilnu stimulaciju. Ove čimbenike treba sustavno kontrolirati u budućim studijama (npr. standardizirani „warm-up“, duži oporavak, mjere motivacije). Suprotno tome, EMMETT skupina zadržala je ili blago poboljšala ergometarske pokazatelje,

što se može tumačiti kao pozitivan efekt neuromišićne stimulacije. Sličan mehanizam predložen je i kod drugih manualnih tehnika, poput myofascial release ili neuromuskularne facilitacije, gdje kratkotrajne intervencije mogu povoljno utjecati na regrutaciju motoričkih jedinica i biomehaničku ekonomiju pokreta (Chaudhry et al., 2008).

Dosadašnja istraživanja o akutnom utjecaju MT na sportsku izvedbu su rijetka, ali postoje radovi koji bilježe pozitivne promjene u fleksibilnosti, proprioceptiji i aktivaciji mišića neposredno nakon primjene tretmana (Weerapong et al., 2005; Arroyo-Morales et al., 2008). U tom kontekstu, rezultati ove studije uklapaju se u postojeće dokaze i opravdavaju daljnja istraživanja. Iako promjene nisu bile statistički značajne, umjereno velike veličine učinka sugeriraju potencijalnu kliničku relevantnost, što je osobito važno u sportskom kontekstu gdje male razlike mogu imati veliki utjecaj na rezultate ergometarskih pokazatelja. Nalazi se djelomično poklapaju s rezultatima prethodnih istraživanja koja su koristila EMMETT tehniku u sportskoj populaciji. U pilot-studiji provedenoj na mladim nogometašima, zabilježena su poboljšanja u ravnoteži i opsegu pokreta nakon primjene EMMETT tretmana, što potvrđuje učinkovitost ove manualne tehnike na neuromuskularnu funkciju (Radić et al., 2024). Također, studija o utjecaju različitih manualnih tehnika na napetost ITB-a pokazala je da EMMETT tehnika može učinkovito smanjiti mišićnu napetost, poboljšati fleksibilnost i omogućiti veći opseg pokreta (Radić et al., 2024), što može imati neizravan učinak i na sportsku izvedbu u disciplinama poput veslanja.

Očekivano je bilo da će doći do poboljšanja i u varijablama poput snage i vremena, no u ovom istraživanju nije došlo do značajnih pomaka. Moguće objašnjenje za to je činjenica da se radi o akutnom učinku jednokratnog tretmana, što možda nije dovoljno za promjenu složenijih biomotoričkih sposobnosti. Također, veličina uzorka i kratkoća vremenskog razmaka između mjerenja mogli su ograničiti detekciju značajnih razlika.

Literatura pokazuje da su ergometarske varijable poput snage, energije i vremena na 1000 m validni i pouzdani indikatori kondicijskog statusa veslača (Mikulić, 2008; Akça, 2014). Primjena tih varijabli u ovom istraživanju omogućila je relevantnu procjenu sportskih izvedbi, iako je važno napomenuti da su navedeni parametri podložni fluktuacijama uslijed dnevne varijabilnosti, motivacije i umora.

Zanimljivo, dok je eksperimentalna skupina zadržala razinu varijabli, kod kontrolne skupine uočen je negativan trend i to pad snage i energije uz povećanje vremena, što dodatno naglašava potencijalnu korisnost EMMETT tretmana kao preventive regresije varijabli. Šire gledano, MT se u kliničkoj praksi povezuje s poboljšanjem boli, opsega pokreta i funkcionalnih ishoda (npr. kod kalcificirajućeg tendinitisa ramena), što podupire opravdanost daljnjeg ispitivanja mogućih sportskih implikacija neuromišićnih tehnika poput EMMETT-a (Bilić et al., 2024). S obzirom na to da se EMMETT tehnika temelji na laganom pritisku specifičnih točaka, koji stimulira proprioceptivne odgovore i opuštanje mišićnog tonusa, moguće je da ona povoljno djeluje na interoceptiju i neuromišićnu koordinaciju, što potvrđuju i ranija istraživanja (Emmett, 2016; Radić et al., 2024).

Iako rezultati upućuju na potencijalnu neuromišićnu modulaciju obrasca zaveslaja, potrebno ih je sagledati u svjetlu ograničenja studije. Prvo, mali uzorak (n=10) smanjuje vjerojatnost detekcije manjih učinaka i ograničava generalizaciju. Drugo, tretman je bio jednokratni, bez

praćenja kumulativnih i dugoročnih promjena. Treće, kratak vremenski razmak između mjerenja mogao je povećati utjecaj umora i/ili motivacijskih čimbenika. Napokon, izostanak objektivnih neuromišićnih mjera (npr. EMG, propriocepcija) ne omogućuje potvrdu pretpostavljenog mehanizma djelovanja pa se nalazi trebaju smatrati preliminarnima.

ZAKLJUČAK

U ovom pilot-istraživanju nije utvrđen statistički značajan akutni učinak EMMETT tehnike na vrijeme, snagu i energiju tijekom testa na 1000 m. Ipak, opažen je pozitivan trend u frekvenciji i ukupnom broju zaveslaja u eksperimentalnoj skupini uz umjereno velike veličine učinka (Hedgesov $g = 0,73 - 0,95$), što sugerira moguću neuromišićnu modulaciju obrasca zaveslaja. Ove nalaze treba promatrati kao preliminarne, a buduća istraživanja trebaju uključiti veći uzorak, višekratne tretmane, kontrolu ometajućih čimbenika (motivacija, umor, dnevna varijabilnost) te dalje praćenje kako bi se procijenili potencijalni prijenosi na sportsku izvedbu. Iako veličina uzorka i ograničenja ustroja istraživanja ne dopuštaju generalizaciju rezultata, ovi nalazi sugeriraju da EMMETT tehnika može biti korisna kao dio pripremnog protokola u sportskom treningu, posebno za sportove koji zahtijevaju visoku razinu neuromišićne kontrole i biomehaničke učinkovitosti poput veslanja.

LITERATURA

1. Afanador-Restrepo, D. F., Rodríguez-López, C., Rivas-Campo, Y., Baena-Marín, M., Castellote-Caballero, Y., Quesada-Ortiz, R., Osuna-Pérez, M. C., Carcelén-Fraile, M. d. C., & Aibar-Almazán, A. (2023). Effects of myofascial release using finding-oriented manual therapy combined with foam roller on physical performance in university athletes: A randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 1364. Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/ijerph20021364>
2. Akça, F. (2014). Prediction of 2000 m rowing ergometer performance from functional anaerobic power, strength and anthropometric components. *Journal of Human Kinetics*, 41, 133–142. Dostupno na: <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0041>
3. Arroyo-Morales, M., Olea, N., Martínez, M. M., Hidalgo, J., & Díaz-Rodríguez, L. (2008). Psychophysiological effects of massage-myofascial release after exercise: A randomized sham-control study. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 14(10), 1223-1229. Dostupno na: <https://doi.org/10.1089/acm.2008.0253>
4. Bilić, D., Hrkać, A., & Marković, J. (2024). The efficacy of manual therapy and ultrasound in treatment of calcific tendinitis of the shoulder. *Zdravstveni glasnik*, 10(1), 54–67. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/317551>
5. Buckeridge, E. M., Bull, A. M. J., & McGregor, A. H. (2015). Biomechanical determinants of elite rowing technique and performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(2), e176–e183. <https://doi.org/10.1111/sms.12264>
6. Chaudhry, H., Schleip, R., Ji, Z., Bukiet, B., Maney, M., & Findley, T. (2008). Three-dimensional mathematical model for deformation of human fasciae in manual therapy. *Journal of the American Osteopathic Association*, 108(8), 379–390. Dostupno na: <https://doi.org/10.7556/jaoa.2008.108.8.379>

7. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. Dostupno na: <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
8. Duchene, Y., Simon, F. R., Ertel, G. N., Maciejewski, H., Gauchard, G. C., & Mornieux, G. (2025). The stroke rate influences performance, technique and core stability during rowing ergometer. *Sports Biomechanics*, 24(6), 1576–1593. <https://doi.org/10.1080/14763141.2024.2301992>
9. Emmett, R. (2016). *The Emmett Technique: Principles and Practice*. EMMETT Therapies International. Dostupno na: <https://www.scribd.com/document/709712289/EMMETT-Handbook>
10. Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal of Educational Statistics*, 6(2), 107–128. Dostupno na: <https://doi.org/10.3102/10769986006002107>
11. Kecman, N. (2019). *Primjena EMMETT tehnike na snagu stiska šake kod zdrave populacije* [undergraduate thesis]. Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:040854>
12. Kleshnev, V. (2016). *Biomechanics of rowing* (2nd ed.). The Crowood Press
13. Lawton, T. W., Cronin, J. B., & McGuigan, M. R. (2013). Strength, power, and muscular endurance exercise and elite rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1928–1935. Dostupno na: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182772f27>
14. Mikulić, P. (2008). Anthropometric and physiological profiles of rowers of varying ages and ranks. *Kinesiology*, 40(1), 80–88. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/24837>
15. Nurjaya, D. R., Ma'mun, A., & Rusdiana, A. (2019, September). Prediction of Rowing Ergometer Performance from Functional Anaerobic, Aerobic and Muscle Power. In 3rd International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE 2018) (pp. 322-327). Atlantis Press. Dostupno na: <https://doi.org/10.2991/icsshpe-18.2019.90>
16. Radić, T., Paušić, J., & Rak, M. (2024). Effectiveness of EMMETT technique on Iliotibial band tightness in football players. *Exercise and Quality of Life*, 16(1), 61-66. Dostupno na: <https://doi.org/10.31382/eqol.240606>
17. Radić, T., Radman, D., & Paušić, J. (2024). Effectiveness of the EMMETT technique on balance and range of motion in young football players: A pilot study. In: 7th International Scientific Conference, Proceedings Book, University of Split, Faculty of Kinesiology (p. 282). Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:221:793096>
18. Sarıalioğlu, N. (2024). Acute effects of myofascial release on foot mobility and performance in basketball players with hypomobile feet – A randomized controlled trial. *Life*, 14(11), 1404. Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/life14111404>
19. Sharp, V. (2012). *A comparative study between self-myofascial release and Emmett technique effectiveness in the management of fascial (iliotibial band) tightness* [undergraduate dissertation]. Queen's University Belfast. Dostupno na: <https://www.emmett-uk.co.uk/wp-content/uploads/2020/09/ITB-v-Foam-Roller-Research-paper-copy.pdf>
20. Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size – or why the p value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279–282. Dostupno na: <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>

21. Treff, G., Mentz, L., Mayer, B., Winkert, K., Engleder, T., & Steinacker, J. M. (2022). Initial evaluation of the Concept-2 rowing ergometer's accuracy using a motorized test rig. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 801617. Dostupno na: <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.801617>
22. Volianitis, S., Yoshiga, C. C., & Secher, N. H. (2020). The physiology of rowing with perspective on training and health. *European Journal of Applied Physiology*, 120(9), 1943-1963. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04429-y>
23. Weerapong, P., Hume, P. A., & Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Medicine*, 35(3), 235–256. Dostupno na: <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00004>

ULOGA I ELEMENTI IGRE U FIZIOTERAPIJI PRIJELOMA GORNJIH EKSTREMITETA KOD DJECE

THE ROLE AND ELEMENTS OF PLAY IN PHYSIOTHERAPY FOR UPPER LIMB FRACTURES IN CHILDREN

Nikolina Ručević

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
nr525026@vevu.hr

Stjepan Jelica

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru
sjelica@vevu.hr

Ljubica Nedić

Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku
ljnedic@foozos.hr

Sažetak

Prijelomi u djece spadaju među najčešće ozljede koje pogađaju djecu diljem svijeta, a javljaju se dvostruko češće nego u odrasloj dobi. Kod djece su prijelomi gornjih ekstremiteta puno češći od onih na donjim ekstremitetima, a najčešći tipovi su: frakture suprakondilarnog dijela humerusa, prijelomi distalnog radijusa i šake. Zacijeljivanje prijeloma u djece opisano je kao proces koji se odvija u tri faze: 1) upalna faza, 2) reparativna faza i 3) faza remodeliranja. U dječjoj dobi psihološki aspekt traume često dominira u odnosu na oštećenje lokomotornog sustava te je potreban adekvatan pristup u fizioterapiji djece. Igra je u srži djetinjstva, a korištenje igre kao dijela pedijatrijske fizikalne terapije široko se preporučuje. Terapija igrom koristi urođeni dječji jezik igre kako bi djeci omogućilo izražavanje, obrada emocija i suočavanje s izazovima, a terapeut stvara podržavajuće okruženje i slijedi djetetovo vodstvo, omogućujući mu da se slobodno izrazi kroz igru. Dodatno, biraju se oni elementi igre koji biomehanički i funkcionalno odgovaraju ciljevima koje želimo postići.

Ključne riječi: *dječji prijelomi, fizioterapija kroz igru, fizioterapija dječjih prijeloma.*

Abstract

Childhood injuries are among the most common injuries that affect children worldwide, occurring twice as often as adults. In children, fractures of the upper extremities are much more common than those of the lower extremities, and the most common types are: fractures of the supracondylar portion of the humerus, fractures of the distal radius, and fractures of the hand. The healing of fractures in children has been described as a process that takes place in three stages: (1) the inflammatory stage, (2) the reparative stage, and (3) the remodeling stage. In childhood, the psychological aspect of the trauma often dominates over the damage to the locomotor system and an adequate approach is needed in children's physiotherapy. Play is at the heart of childhood, and the use of play as part of pediatric physical therapy is widely recommended. Play therapy uses a child's native language of play to allow children to express

themselves, process emotions and face challenges, and the therapist creates a supportive environment and follows the child's lead, allowing the child to express themselves freely through play. In addition, those elements of the game are selected that biomechanically and functionally correspond to the goals we want to achieve.

Keywords: *children's fractures, physiotherapy through play, physiotherapy of pediatric fractures.*

UVOD

Prijelomi su među najčešćim ozljedama djece, s godišnjom incidencijom od 1500-3600 na 100 000 djece sa značajnim utjecajem na zdravlje i razvoj (Hu i sur., 2025 & Marson i sur., 2021). Prijelomi u djece mogu uzrokovati invaliditet, traumu i opterećenje sustava, a dijele se na pet vrsta: plastična deformacija, kopčani, „prijelom zelene grančice“, potpuni i ozljede epifize (Hu i sur., 2025 & Rodríguez-Merchán, 2005). Učestalost prijeloma kod djece se stalno povećava, osobito prijelomi epifize, a Salter-Harrisova klasifikacija najčešće se koristi za epifizne prijelome u djece (Deng i sur., 2023). Nepravilno liječenje može uzrokovati koštani most, prerano zatvaranje ploče rasta, skraćenje uda ili deformacije. Hu i sur. (2025) navode da je globalna stopa dječjih prijeloma od 1992. do 2021. smanjena, što se povezuje s boljim mjerama sigurnosti (kacige, sigurnija igrališta i sl.) te većim boravkom djece u zatvorenom zbog elektroničkih uređaja. Igra je ključna za dječji rast i razvoj te pomaže u prevenciji i rješavanju poteškoća s kojima se djeca suočavaju. Također, smanjuje tjeskobu i strah, potiče maštu i kognitivne funkcije (Koukourikos i sur., 2021). Terapija igrom je oblik liječenja prilagođen dječjem jeziku – jeziku igre, a njezinu učinkovitost određuju terapijski odnos, dijagnostičke mogućnosti, olakšavanje izražavanja i terapijski otpust. (Kool, Lawver, 2010). Izbor materijala za igru ključan je, jer djetetov odabir otkriva sposobnost samoizražavanja i razinu igre. Iako ne postoji popis odobrenih igračaka, terapeut mora birati one koje potiču savez s djetetom, izražavanje, pozitivnu sliku o sebi, uvid i samokontrolu (Kool, Lawver, 2010).

Globalna prevalencija dječjih prijeloma raste zbog urbanizacije, promjena načina života i većeg bavljenja sportom, no unatoč tome, podaci o njihovom globalnom teretu i dalje su oskudni (Hu i sur., 2025). Daljnja istraživanja su ključna jer terapija igrom ostaje dinamičan i učinkovit način za smanjenje dječje patnje (Kool, Lawver, 2010).

Kostur se sastoji od 206 kostiju građenih od kolagena i minerala (López, 2024). Zdravlje kostiju označava otpornost na prijelom te mehaničku funkciju (Baronio, Baptista, 2022). Kostu služe za pričvršćivanje mišića, a mišići pokreću kosti (Faenza i sur., 2023). Dječja traumatologija predstavlja posebno područje zbog osobnosti mišićno-koštanog sustava u dječjoj dobi (Jelica, 2023). Rast je ključno obilježje djeteta, tijekom kojeg kostur prolazi kroz modeliranje i preoblikovanje radi jačanja (Baronio, Baptista, 2022). Na razvoj zdravih kostiju utječu hormoni, prehrana, tjelesna aktivnost i opterećenje (Maggioli, Stagi, 2017). Razvoj dijafize i epifize te savitljivost dječjih kostiju uzrokuju češće prijelome zelene grančice, koji iako brzo cijele, nose rizik od refrakture i deformacija (Jelica, 2023 & Schmuck i sur., 2010). Stvaranje kostiju odvija se intramembranskom i endohondralnom osifikacijom (Augusto i sur., 2022). Intramembranska osifikacija javlja se tijekom ranog fetalnog razvoja, dok je endohondralna osifikacija, dominantan proces u kosturu koji uključuje zamjenu hrskavice kosti (Satoh,

Hasegawa, 2022). Koštana dob (BA) označava stupanj sazrijevanja kostiju prema razvoju epifize i ploče rasta. Postoje dva centra osifikacije: primarni, koji tvori dijafizu, i sekundarni, koji tvori epifizu. Dijafiza nastaje intrauterino, a epifiza nakon rođenja sudjeluje u formiranju zglobova. Ploča rasta između metafize i epifize omogućuje izduživanje dugih kostiju endohondralnom osifikacijom. Metafiza i epifiza česta su mjesta ozljeda, a ploča rasta, kao najslabiji dio nezrelog kostura, posebno je osjetljiva (Augusto i sur., 2022). Istraživanje Pobožy i sur. (2022) ističe ključne razlike u mišićno-koštanom sustavu djece i odraslih, vidljive ultrazvučnim pregledom. Kod djece su tkiva mišićno koštanog sustava površnija, zglobovi imaju ploče rasta, a epifize su djelomično sastavljene od hijalinske hrskavice, čiji udio ovisi o dobi i anatomskom području. Djeca često ne mogu precizno odrediti bol, pa se kod bolesti kuka, bol može javljati u koljenu. Neka stanja normalna su kod djece, dok bi se kod odraslih smatrala patološkima. Ozljede kod djece češće zahvaćaju koštane krajeve (epifizu i metafizu) nego ligamente, za razliku od odraslih. Iako mnoge patologije izgledaju slično, pojedina su stanja karakteristična isključivo za dječju dob (Pobožy i sur., 2022). Rano djetinjstvo je ključno razvojno razdoblje u kojem dijete stječe iskustva važna za daljnji život, a tjelesna aktivnost je temelj zdravog rasta i razvoja (Hraski, Živčić, Žuljević, 2002). Prijelomi u dječjoj dobi javljaju se dvostruko češće nego u odraslih i čine 10-25% svih dječjih ozljeda. Češći su kod dječaka, osobito nakon 13. godine (Landin, 1997). Rizik prijeloma do 16. godine iznosi 42% za dječake i 27% za djevojčice. Najčešći su prijelomi distalnog radijusa, potom falangi šake (Landin, 1997). Učestalost je najveća u dobi 12-13 godina kod dječaka i 11-12 kod djevojčica. Kod mlađe djece prevladavaju prijelomi ključne kosti, a u adolescenciji metakarpalnih kostiju (Rennie i sur., 2007). Većina prijeloma zahvaća gornje ekstremitete, dok su oni donjih uglavnom posljedica uvrtnja ili prometnih nesreća. Glavni uzrok su padovi, koji s dobi opadaju, dok sportske ozljede postaju češće (Xiao i sur., 2023). Cijeljenje prijeloma u djece razlikuje se od odraslih zbog savitljivih kostiju i većeg potencijala rasta, brže zacjeljuju, rijetko su dislocirani, a zbog visoke sposobnosti remodeliranja, kost se može pravilno oblikovati i kada nije savršeno poravnana (Kim i sur., 2010 & Wilkins, 2005). Proces cijeljenja odvija se u tri faze: upalnoj, reparativnoj i fazi remodeliranja.

Ozljede mišićno-koštanog sustava česte su u djece, a prijelomi čine velik dio tih ozljeda (Hart i sur., 2006). Zbog rasta i sposobnosti preoblikovanja kostiju, pedijatrijski prijelomi zahtijevaju poseban pristup (Kumar, Singh, 2016). Najčešće su ozlijeđeni gornji ekstremiteti, koji čine oko 80% svih prijeloma (Yang i sur., 2019). Najzastupljeniji su prijelomi suprakondilarnog dijela humerusa te distalnog radijusa (oko 25% svih pedijatrijskih prijeloma) (Martínez i sur., 2019 & Nellans, Kowalski, Chung, 2012). Prijelomi šake su drugi najčešći i najčešće se javljaju kod male djece i adolescenata (Arneitz i sur., 2023). Suprakondilarni prijelom humerusa čest je kod djece, češće kod dječaka, obično nakon pada na ispruženu ruku (Kumar, Singh, 2016). Prijelomi se klasificiraju prema dislokaciji, otvorenosti, komplikacijama i tipu ekstenzije/fleksije. Nepomaknuti ili minimalno pomaknuti prijelomi liječe se udlagom, dok tip II zahtijeva zatvorenu repoziciju i gipsanje (Kumar, Singh, 2016). Djeca i adolescenti često doživljavaju prijelome distalnog radijusa zbog brzog rasta kostiju, s rizikom do 16. godine od 42% kod dječaka i 27% kod djevojčica (Nellans, Kowalski, Chung, 2012). Prijelom nastaje obično padom na ispruženu ruku i uzrokuje bol te smanjenu pokretljivost zgloba. Većina prijeloma zacjeljuje uz udlagu ili gips tijekom nekoliko tjedana (Corosino, Reeves, Sieg, 2023). Prijelomi

šake česti su kod djece, s dvjema vrhunskim dobima: mala djeca (ozljede prstiju zbog gnječenja/uklještenja) i adolescenti (13-15 godina, sportske aktivnosti) (Arneitz i sur., 2023). Češći su kod dječaka, najčešće zahvaćene kosti su proksimalne falange petog prsta i palca, dok kod mlađe djece prevladavaju distalni prijelomi vrška prsta. S dobi se prijelomi pomiču proksimalno, prosječno 12 godina za proksimalne falange i 15 za metakarpalne kosti.

Dječji kostur, zbog rasta, specifičnih prijeloma i velikog potencijala zacjeljivanja, zahtijeva poseban pristup u odnosu na odrasle (Sommer, Marzi, 2024). Psihološki aspekt traume često je izraženiji od tjelesnog oštećenja, pa fizioterapija mora biti prilagođena djeci (Jelica, 2023). Djeca nakon prijeloma često imaju probleme u ponašanju i socijalnim odnosima te strah od boli i medicinskog osoblja (Loder i sur., 1995 & Jelica, 2023). Hospitalizacija kod djece izaziva anksioznost i strah, posebno u ranoj dobi. Djeca od 4 do 6 godina najčešće se boje boli, odvajanja od roditelja i nepoznatih medicinskih postupaka (Salmela, Aronen, Salanterä, 2011). U dobi od 5 do 10 godina dominiraju strahovi od injekcija, vađenja krvi i operacijskih zahvata, dok djeca školske dobi najviše strahuju od odvajanja, produženog boravka u bolnici i narušenog zdravlja (Tuncay, Sarman, 2025 & Hart, Bossert, 1994). Ti strahovi mogu narušiti osjećaj sigurnosti i povjerenje u medicinsko osoblje, stoga je nužno procjenjivati i individualno ublažavati dječje strahove tijekom hospitalizacije.

Fizioterapijski pristup djeci zahtijeva pažljiv i individualiziran pristup jer su djeca podjednako emotivna i kognitivna bića, a interakcije s medicinskim osobljem mogu povećati anksioznost ili izazvati traumu (Lerwick, 2016). Za razliku od odraslih, djeca ne mogu potisnuti bolne podražaje tijekom terapije, pa je ključno započeti rehabilitaciju u sigurnom i motivirajućem okruženju koje ne izaziva bol, čime se gradi povjerenje i suradnja (Jelica, 2023). U smanjenju stresa važnu ulogu imaju odvratanje pažnje, prilagođeno fizičko okruženje, priprema djeteta i roditelja te pozitivna komunikacija osoblja (Lerwick, 2016). Igra je središnji element fizioterapijskog pristupa djeci jer predstavlja prirodan način učenja i sudjelovanja u igri. Pokreti temeljeni na igri, natjecateljskim i zabavnim aktivnostima potiču motivaciju i smanjuju osjećaj nelagode (Jelica, 2023). Prema Håkstadu i sur. (2025), igra nije samo sredstvo, već i osnovni okvir terapije – ona terapiju čini smislenom i potiče aktivno sudjelovanje djeteta. Priprema prostora s odgovarajućim igračkama i uključivanje roditelja dodatno pridonose stvaranju sigurnog, poticajnog i individualiziranog terapijskog okruženja.

ULOGA IGRE U FIZIOTERAPIJI DJECE S PRIJELOMIMA KOSTI

Mišićno-koštana bol česta je u djece, a gotovo svako deseto dijete godišnje traži liječničku pomoć (Joslin, Allen, Carter, 2024). Bol utječe na fizičko, socijalno i emocionalno stanje djece, koja često ne očekuju život bez boli. Strah od boli, ozljede i medicinskog osoblja otežava rehabilitaciju, pa je nužan individualiziran pristup i dobar terapijski savez radi veće učinkovitosti liječenja (Joslin, Allen, Carter, 2024). Terapijski savez, odnosno suradnički i povjerljiv odnos između fizioterapeuta i djeteta ključan je za uspješnu rehabilitaciju. Istraživanja pokazuju da snažan savez može biti učinkovitiji od samih fizičkih intervencija u liječenju kronične mišićno-koštane boli. Povjerenje je temelj tog odnosa—djeca i roditelji više cijene relacijsko povjerenje (toplina, empatija, razumijevanje) nego tehničke vještine. Djeca žele da ih fizioterapeut vodi, ohrabruje i inspirira tijekom cijelog procesa rehabilitacije,

pomažući im da razviju samopouzdanje, prevladaju strahove i ponovno steknu osjećaj sigurnosti (Joslin, Allen, Carter, 2024). Igra je prirodan način na koji djeca uče, izražavaju se i razvijaju, a u terapijskom kontekstu ima snažan psihološki učinak (Håkstad i sur., 2025 & James, 2024). Kroz terapiju igrom djeca mogu obraditi emocije, smanjiti anksioznost i razviti emocionalnu svjesnost. Igra potiče samopouzdanje, osjećaj kompetencije i otpornost, a ujedno jača socijalne vještine poput komunikacije, suradnje i empatije. Za djecu koja su doživjela traumu, igra pruža siguran prostor za izražavanje i ponovno uspostavljanje osjećaja sigurnosti. Terapeuti kroz prilagođene aktivnosti koriste moć igre kako bi pomogli djeci da razviju samostalnost, povezanost i unutarnju snagu (Håkstad i sur., 2025 & James, 2024).

Igra je temelj djetinjstva, a budući da djeci često nije lako verbalno izraziti misli i osjećaje, igra im služi kao prirodan oblik komunikacije i istraživanja svijeta (Koukourikos i sur., 2021). Prema Eberleu (2014), igra se sastoji od šest međusobno povezanih elemenata: iščekivanja, iznenađenja, zadovoljstva, razumijevanja, snage i ravnoteže (Tablica 1). Igra započinje iščekivanjem, koje pobuđuje uzbuđenje i fokus. Slijedi iznenađenje, koje održava zanimanje i potiče ponavljanje igre. Zadovoljstvo je središnji element koji čini igru zabavnom i motivira dijete da nastavi igrati, istodobno pridonoseći tjelesnom, emocionalnom i socijalnom razvoju. Kroz igru djeca stječu razumijevanje sebe i drugih, razvijaju empatiju i uče prepoznavati namjere svojih vršnjaka. Snaga u igri očituje se kroz ustrajnost, hrabrost i kreativnost – sposobnost rješavanja problema i otkrivanja novih mogućnosti. Na kraju, ravnoteža predstavlja unutarnji mir i sposobnost suočavanja s neizvjesnošću i porazom, što dijete uči kroz različite oblike igre (Eberle, 2014). Igra je ključna za razvoj motoričkih, jezičnih, kognitivnih, socijalno-emocionalnih i adaptivnih vještina (Fiss i sur., 2023). Spontana je, iznutra motivirana i proizlazi iz djetetovih potreba, potičući osjećaj sigurnosti i samostalnosti (Golež, 2021). Pedijatrijski fizioterapeuti koriste igru kao sredstvo procjene i intervencije, prilagođavajući aktivnosti razvojnoj fazi djeteta te stvarajući izazovno, ali poticajno okruženje (Fiss i sur., 2023). Kroz aktivnu igru u terapiji, posebno u prve tri godine, potiče se neuroplastičnost, angažman i razvoj osjećaja o sebi. Ključno je postići „pravi izazov“ – aktivnost koja motivira dijete i omogućuje mu uspjeh vlastitim trudom. Terapeut prati djetetovo vodstvo, vokalizacije i ponašanje, koristi zrcaljenje i potiče uključivanje obitelji. Na taj način igra postaje temelj za razvoj i uspjeh fizikalne terapije (Fiss i sur. 2023).

Tablica 1. Doživljaj igre kroz šest elemenata i njihovih značajki (Izvor: www.encrypted-tbn.gstatic.com [17.06.2025.])

Iščekivanje	Iznenađenje	Zadovoljstvo	Razumijevanje	Snaga	Ravnoteža
interes	cijenjenje	zadovoljstvo	zahvalnost	dostojanstvo	mirnoća
otvorenost	iznenađenje	užitak	suosjećanje	postojanost	lakoća
spremnost	uzbuđenje	radost	znanje	domišljatost	zadovoljstvo
uzbuđenje	otkriće	sreća	uvid	ispunjenje	spokojnost
želja	uzbuđenje	oduševljenje	osjetljivost	snaga volje	duhovnost
čuđenje	ushit	veselje	zabava	strast	kreativnost
				maštovitost	majstorstvo

Terapija igrom koristi igru kao sredstvo za postizanje terapijskih ciljeva, a temelji se na shvaćanju da je igra prirodni jezik djece – igračke postaju „riječi“ kroz koje dijete izražava i obrađuje osjećaje te razvija samosvijest i otpornost (James, 2024 & Koukourikos i sur., 2021). Terapeut kroz igru pristupa djetetu na njegovoj razini, potičući ga da istražuje svoj unutarnji svijet, dok fleksibilnost terapije omogućuje prilagodbu dobi, interesima i potrebama djeteta (James, 2024). Terapija igrom također uzima u obzir obiteljsko i školsko okruženje te uključuje suradnju s roditeljima i stručnjacima radi pružanja cjelovite podrške. Ovaj pristup pomaže djeci da kroz igru pronađu način izražavanja, razumijevanja i rješavanja unutarnjih sukoba (James, 2024).

Terapija igrom koristi igru kao sredstvo komunikacije i izražavanja, gdje su za djecu igračke njihova „riječ“, a igra njihov „razgovor“ (Hu, Shang, 2024). Postoje različiti pristupi, poput direktivne terapije, u kojoj terapeut aktivno vodi dijete, i nedirektivne, koja potiče djetetovu slobodu i samoizražavanje (James, 2024). Terapeuti koriste kreativne aktivnosti kao dio terapijskih intervencija s ciljem poboljšanja fizičkog i psihološkog funkcioniranja djece s ozljedama (Teoh i sur., 2024). Budući da su djeca prirodno natjecateljska i vole izazove poput „tko će više?“, „tko će brže?“, fizioterapeuti upravo na toj zaigranosti, mašti i želji za postizanjem ciljeva temelje svoj pristup. Pažljivo osmišljene igre i natjecateljski elementi potiču njihovu motivaciju i angažman, dok se istodobno primjenjuju biomehanički principi radi unapređenja funkcionalnosti i pokretljivosti. Tijekom igre djeca često koriste igračke kako bi istraživala i komunicirala s okolinom (Tablica 2).

Tablica 2. Kategorizacija igračaka u terapiji igrom (Izvor: www.physio-pedia.com [25.06.2025.])

Pretvaraj se	- lutke, automobili, akcijske figure, kuhanje - poticati upotrebu riječi prilikom oponašanja - olakšava socijalno-emocionalni razvoj
Fina motorika	- zagonetke, vlakovi, blokovi, oblici - podržavaju jezični i kognitivni razvoj - potiče prostorne i rane matematičke vještine
Umjetnost	bojanje, glina
Jezik	društvene igre, igračke s pismima, kartaške igre
Gruba motorika	- tricikli, igračke za guranje i vučenje, lopte - potiče motoričke prekretnice - olakšava interakciju s vršnjacima

U (Tablici 3) opisani su pojedini primjeri kako povezati elemente igre sa biomehaničkim i funkcionalnim ciljevima fizioterapije. U rehabilitaciji djece s prijelomima gornjih ekstremiteta često se koriste razne igre i aktivnosti koje potiču pokret, jačaju mišiće i razvijaju koordinaciju. Jedna od korisnih aktivnosti je mini tenis – rekreativna igra s reketom i lopticom.

Tablica 3. Praktični primjeri igre u rehabilitaciji gornjih ekstremiteta (Izvor: izrada autora [25.06.2025.])

Igra/aktivnost	Terapijski cilj	Pokret	Rezultat/ishod
Mini tenis – rekreativna igra s reketom i lopticom	Poticanje aktivnog pokreta ruke kroz igru i interakciju s drugima	Fleksija, ekstenzija, abdukcija i rotacija ramena, pokreti lakta i ručnog zgloba	Poboljšanje opsega pokreta, snage, koordinacije, rad na gruboj motorici, ravnoteži i baratanju predmetima
Hvatanje i bacanje lopte pomoću košare	Poboljšanje hvata i kontrole pokreta u ramenu i laktu	Fleksija/ekstenzija lakta, abdukcija i fleksija lakta	Poboljšanje preciznosti pokreta, snage, koordinacije, ravnoteže i vremena reakcije
Kuglanje	Razvijanje kontrole pokreta ruke, jačanje mišića gornjih ekstremiteta i koordinacije oko-ruka	Fleksija/ekstenzija lakta, vanjska rotacija ramena, fleksija ručnog zgloba i prstiju	Poboljšanje preciznosti pokreta, aktivacija i jačanje mišića ruke i ramena
Povlačenje konopa	Jačanje mišića gornjih ekstremiteta i trupa	Fleksija/ekstenzija lakta, supinacija/pronacija podlaktice, fleksija ručnog zgloba i prstiju, kontrakcija trbušnih i leđnih mišića	Poboljšanje mišićne jakosti, stabilnosti ramenog obruča i poboljšanje koordinacije

Ova igra potiče aktivan pokret ruke kroz igru i interakciju s drugima, a uključuje fleksiju, ekstenziju, abdukciju i rotaciju ramena te pokrete lakta i ručnog zgloba. Rezultati uključuju poboljšanje opsega pokreta, snage, koordinacije, rada na gruboj motorici, ravnoteži i baratanju predmetima. Druga aktivnost je hvatanje i bacanje lopte pomoću košare, koja poboljšava hvat i kontrolu pokreta u ramenu i laktu (Tablica 3). Tijekom igre dijete izvodi fleksiju i ekstenziju lakta, abdukciju i fleksiju ramena, što doprinosi razvoju preciznosti pokreta, snage, koordinacije, ravnoteže i brzine reakcije. Kuglanje je još jedan primjer korisne aktivnosti koja razvija kontrolu pokreta ruke, jača mišiće gornjih ekstremiteta i poboljšava koordinaciju oko-ruka. Uključuje fleksiju i ekstenziju lakta, vanjsku rotaciju ramena te fleksiju ručnog zgloba i prstiju (Tablica 3). Rezultat je bolja preciznost pokreta, aktivacija i jačanje mišića ruke i ramena. Na kraju, povlačenje konopa jača mišiće gornjih ekstremiteta i trupa. Ova aktivnost zahtijeva fleksiju i ekstenziju lakta, supinaciju i pronaciju podlaktice, fleksiju ručnog zgloba i prstiju te kontrakciju trbušnih i leđnih mišića (Tablica 3). Povlačenjem konopa poboljšava se mišićna jakost, stabilnost ramenog obruča i ukupna koordinacija pokreta.

ZAKLJUČAK

Prijelomi gornjih ekstremiteta kod djece predstavljaju značajan klinički izazov zbog svoje učestalosti, ali i zbog posebnosti dječjeg mišićno-koštanog sustava koji se razlikuje od onog kod odraslih. Proces cijeljenja u dječjoj dobi odvija se brže i učinkovitije, no istodobno zahtijeva individualiziran i pažljivo osmišljen fizioterapijski pristup. U radu je naglašeno da se rehabilitacija ne može promatrati samo kroz biološku dimenziju zacjeljivanja kosti, već da

uključuje i psihološke te socijalne aspekte razvoja djeteta. Igra, kao temeljna aktivnost djetinjstva, pokazala se ključnim alatom u fizioterapiji nakon prijeloma. Kroz terapiju igrom dijete se potiče na suradnju, aktivno sudjeluje u procesu rehabilitacije te istodobno jača svoje motoričke, kognitivne i emocionalne sposobnosti. Na taj način smanjuju se strah i stres povezani s ozljedom i liječenjem, dok se motivacija i zadovoljstvo djeteta povećavaju. Važnost ovakvog pristupa ogleda se i u dugoročnim učincima – ne samo u bržem i kvalitetnijem oporavku, već i u poticanju djeteta na aktivan život, jačanju samopouzdanja i razvijanju socijalnih vještina. Time se rehabilitacija ne svodi na mehaničko vraćanje funkcionalnosti ekstremiteta, već se promatra kao cjelovit proces koji objedinjuje tijelo i psihi djeteta. Zaključno, može se reći da elementi igre u fizioterapiji nakon prijeloma gornjih ekstremiteta predstavljaju vrijedan i učinkovit terapijski pristup. Oni povezuju medicinske ciljeve s prirodnim potrebama djece, čime rehabilitacija postaje ne samo uspješnija, već i humanija.

LITERATURA

1. Aparicio Martínez, J. L., Pino Almero, L., Cibrian Ortiz de Anda, R. M., Guillén Botaya, E., García Montolio, M., & Mínguez Rey, M. F. (2019). Epidemiological study on supracondylar fractures of distal humerus in pediatric patients. Estudio epidemiológico sobre fracturas supracondíleas de húmero distal en pacientes pediátricos. *Revista española de cirugía ortopédica y traumatología (English ed.)*, 63(6), 394–399.
2. Arneitz, C., Bartik, C., Weitzer, C. U., Schmidt, B., Gasparella, P., Tschauner, S., Castellani, C., Till, H., & Singer, G. (2023). Distribution and pattern of hand fractures in children and adolescents. *European journal of pediatrics*, 182(6), 2785–2792.
3. Augusto, A. C. L., Goes, P. C. K., Flores, D. V., Costa, M. A. F., Takahashi, M. S., Rodrigues, A. C. O., Padula, L. C., Gasparetto, T. D., Nogueira-Barbosa, M. H., & Aihara, A. Y. (2022). Imaging Review of Normal and Abnormal Skeletal Maturation. *Radiographics: a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 42(3), 861–879.
4. Baronio, F., & Baptista, F. (2022). Editorial: Bone health and development in children and adolescents. *Frontiers in endocrinology*, 13, 1101403.
5. Deng, H., Zhao, Z., Xiong, Z., Gao, F., Tang, S., Li, Y., Li, W., Huang, J., Cui, S., Chen, X., Zeng, S., Tang, G., Sechi, L. A., Caggiari, G., Doria, C., & Qiu, X. (2023). Clinical characteristics of 1124 children with epiphyseal fractures. *BMC musculoskeletal disorders*, 24(1), 598.
6. Eberle, S. G. (2014). The elements of play: Toward a philosophy and a definition of play. *American Journal of Play*, 6(2), 214-233.
7. Faienza, M. F., Urbano, F., Chiarito, M., Lassandro, G., & Giordano, P. (2023). Musculoskeletal health in children and adolescents. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1226524.
8. Fiss, A. L., Håkstad, R. B., Looper, J., Pereira, S. A., Sargent, B., Silveira, J., Willett, S., & Dusing, S. C. (2023). Embedding Play to Enrich Physical Therapy. *Behavioral sciences (Basel, Switzerland)*, 13(6), 440.
9. Golež, S. (2021). Važnost igre na djetetov razvoj. *Varaždinski učitelj*, 4 (5), 182-194.

10. Håkstad, R. B., Dusing, S. C., Girolami, G. L., Øberg, G. K., & De Jaegher, H. (2025). Learning to play to learn in pediatric physical therapy. *Frontiers in psychology*, 15, 1467323.
11. Hart, D., & Bossert, E. (1994). Self-reported fears of hospitalized school-age children. *Journal of pediatric nursing*, 9(2), 83–90.
12. Hart, E. S., Albright, M. B., Rebello, G. N., & Grottkau, B. E. (2006). Broken bones: common pediatric fractures--part I. *Orthopedic nursing*, 25(4), 251–256.
13. Hraski, Ž., Živčić, K., & Žuljević, N. (2002). Utjecaj programiranih tjelesnih aktivnosti na rast i razvoj djece predškolske dobi. U: *Findak V (ur.): Zbornik radova*, 11, 242-244.
14. Hu, M., & Shang, Y. (2024). Strategies for Managing Pediatric Fracture Pain: Assessment, Pharmacological, and Non-Pharmacological Interventions. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 30, e945497.
15. Hu, X., Lin, X., Dai, Z., & Fang, K. (2025). Global burden of pediatric fracture (1992-2021) and projections of future disease burden trends. *BMC pediatrics*, 25(1), 416.
16. James, B. (2024). The Power of Play: Understanding Play Therapy in Children's Mental Health. *Journal of Child and Adolescent Behavior*, 12, 634.
17. Jelica, S. (2023). Fizioterapija u traumatologiji. Vukovar: Veleučilište "Lavoslav Ružička" u Vukovaru.
18. Joslin, R., Allen, E., & Carter, B. (2024). Understanding the importance of therapeutic alliance during physiotherapy treatment for musculoskeletal pain in children: a scoping review. *Frontiers in pain research (Lausanne, Switzerland)*, 5, 1452771.
19. Kim, H., Kim, T., Song, S., & Lee, J., 2010. The conservative treatment of mandibular fracture in a child with circummandibular wiring: case report. *Journal of The Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 36, 145-148.
20. Kool, R., & Lawver, T. (2010). Play therapy: considerations and applications for the practitioner. *Psychiatry (Edgmont (Pa.: Township))*, 7(10), 19–24.
21. Koukourikos, K., Tsaloglidou, A., Tzaha, L., Iliadis, C., Frantzana, A., Katsimbeli, A., & Kourkouta, L. (2021). An Overview of Play Therapy. *Materia socio-medica*, 33(4), 293-297.
22. Kumar, V., & Singh, A. (2016). Fracture Supracondylar Humerus: A Review. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDDR*, 10(12), RE01–RE06.
23. Landin L. A. (1997). Epidemiology of children's fractures. *Journal of pediatric orthopedics. Part B*, 6(2), 79–83.
24. Lerwick J. L. (2016). Minimizing pediatric healthcare-induced anxiety and trauma. *World journal of clinical pediatrics*, 5(2), 143–150.
25. Loder, R. T., Warschausky, S., Schwartz, E. M., Hensinger, R. N., & Greenfield, M. L. (1995). The psychosocial characteristics of children with fractures. *Journal of pediatric orthopedics*, 15(1), 41–46.
26. López J. M. (2024). Bone Development and Growth. *International journal of molecular sciences*, 25(12), 6767.
27. Maggioli, C., & Stagi, S. (2017). Bone modeling, remodeling, and skeletal health in children and adolescents: mineral accrual, assessment and treatment. *Annals of pediatric endocrinology & metabolism*, 22(1), 1–5.

28. Marson, B. A., Manning, J. C., James, M., Ikram, A., Bryson, D. J., & Ollivere, B. J. (2021). Trends in hospital admissions for childhood fractures in England. *BMJ paediatrics open*, 5(1), e001187.
29. Nellans, K. W., Kowalski, E., & Chung, K. C. (2012). The epidemiology of distal radius fractures. *Hand clinics*, 28(2), 113–125.
30. Poboży, T., Konarski, W., Piotrowska-Lis, K., Domańska, J., Poboży, K., & Kielar, M. (2022). Basic Differences and Most Common Findings in Ultrasound Examinations of Musculoskeletal System in Children: A Narrative Literature Review. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 10(10), 2010.
31. Rennie, L., Court-Brown, C. M., Mok, J. Y., & Beattie, T. F. (2007). The epidemiology of fractures in children. *Injury*, 38(8), 913–922.
32. Rodríguez-Merchán E. C. (2005). Pediatric skeletal trauma: a review and historical perspective. *Clinical orthopaedics and related research*, (432), 8–13.
33. Salmela, M., Aronen, E. T., & Salanterä, S. (2011). The experience of hospital-related fears of 4- to 6-year-old children. *Child: care, health and development*, 37(5), 719–726.
34. Satoh, M., & Hasegawa, Y. (2022). Factors affecting prepubertal and pubertal bone age progression. *Frontiers in endocrinology*, 13, 967711.
35. Schmuck, T., Altermatt, S., Büchler, P., Klima-Lange, D., Krieg, A., Lutz, N., Muermann, J., Slongo, T., Sossai, R., & Hasler, C. (2010). Greenstick fractures of the middle third of the forearm. A prospective multi-centre study. *European journal of pediatric surgery: official journal of Austrian Association of Pediatric Surgery ... [et al] = Zeitschrift für Kinderchirurgie*, 20(5), 316–320.
36. Sommer, K., & Marzi, I. (2024). Pediatric skeletal trauma – current aspects. *European journal of trauma and emergency surgery: official publication of the European Trauma Society*, 50(6), 2629–2630.
37. Teoh, R.F., Chai, S.C., Razaob Razab, N.A. *et al.* The effectiveness of therapeutic craft-making activities in treating lower-third forearm fracture: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 25, 184 (2024).
38. Tuncay, S., & Sarman, A. (2025). Hospital Fear Points and Fear Levels of Children 5-10 Years Old. *Creative nursing*, 31(2), 168-176.
39. von Baeyer, C. L., & Tupper, S. M. (2010). Procedural pain management for children receiving physiotherapy. *Physiotherapy Canada. Physiotherapie Canada*, 62(4), 327–337.
40. Wilkins, K., 2005. Principles of fracture remodeling in children. *Injury*, 36 Suppl 1, A3-11.
41. Xiao, X., Ding, Y., Zheng, Y., Gao, Y., Li, H., Liu, R., Xu, R., & Hong, P. (2023). Epidemiological Investigation of Pediatric Fractures-A Retrospective Cohort Study of 1129 Patients. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 59(4), 788.
42. Yang, H., Wang, H., Cao, C., Lu, H., Zhao, Y., Zeng, G., Li, C., Zhou, Y., Ou, L., Liu, J., & Xiang, L. (2019). Incidence patterns of traumatic upper limb fractures in children and adolescents: Data from medical university-affiliated hospitals in Chongqing, China. *Medicine*, 98(38), e17299.

ULOGA FIZIOTERAPEUTA U REHABILITACIJI NAKON MOŽDANOG UDARA KOD GERIJATRIJSKIH PACIJENATA

PHYSIOTHERAPIST ROLE IN REHABILITATION AFTER STROKE IN ELDERY PATIENTS

Stjepan Stanić

Visoka škola „CEPS – Centar za poslovne studije“

Kiseljak, Bosna i Hercegovina

stjepan.stanic@ceps.edu.ba

Sažetak

Cerebrovaskularni inzult (CVI), poznat kao moždani udar, predstavlja akutno neurološko stanje koje zahtijeva pravovremenu medicinsku intervenciju i sustavnu rehabilitaciju. Moždani udar predstavlja jedan od najznačajnijih javnozdravstvenih problema današnjice. Rehabilitacija osoba koje su preživjele moždani udar predstavlja ključan segment u procesu oporavka te ima za cilj obnovu izgubljenih funkcija, prevenciju komplikacija, unaprjeđenje samostalnosti i poboljšanje ukupne kvalitete života. Moždani udar je jedna od najčešćih i najznačajnijih akutnih bolesti kod gerijatrijskih pacijenata. Ovaj rad obrađivat će temu uloge fizioterapeuta u procesu liječenja i rehabilitacije nakon preboljenog moždanog udara s naglaskom na gerijatrijske pacijente. Cilj rada je uraditi znanstveni pregled literature i prikazati cjelovitu ulogu fizioterapeuta u rehabilitaciji gerijatrijskih pacijenata nakon moždanog udara, s posebnim naglaskom na metode, najdjelotvornije pristupe i terapijske intervencije koje se koriste, kao i na njihov učinak na poboljšanje kvalitete života pacijenata.

Ključne riječi: *cerebrovaskularni inzult, fizioterapija, gerijatrija.*

Abstract

Cerebrovascular accident (CVA), commonly known as a stroke, is an acute neurological condition that requires prompt medical intervention and systematic rehabilitation. Stroke represents one of the most significant public health issues of today. Rehabilitation of individuals who have survived a stroke is a crucial component of the recovery process, aiming to restore lost functions, prevent complications, enhance independence, and improve overall quality of life. Stroke is one of the most common and serious acute conditions affecting geriatric patients. This paper will address the role of the physiotherapist in the treatment and rehabilitation process following a stroke, with a particular focus on elderly patients. The aim of the paper is to conduct a scientific literature review and present a comprehensive overview of the physiotherapist's role in the rehabilitation of geriatric stroke patients, with special emphasis on methods, the most effective approaches, and therapeutic interventions used, as well as their impact on improving patients' quality of life.

Keywords: *cerebrovascular accident, physiotherapy, geriatrics.*

UVOD

Moždani udar nastaje zbog naglog poremećaja protoka krvi u mozgu, što dovodi do nedovoljne opskrbe određenih dijelova mozga kisikom. U zahvaćenom dijelu mozga nastaju ishemična oštećenja i odumiranje živčanih stanica što rezultira oštećenjem tjelesnih. Procjenjuje se da u svijetu ima oko 26 milijuna ljudi koji su preživjeli neki od oblika moždanog udara te nastavili živjeti s nekim od onesposobljenja koje donosi preživljavanje. Gotovo dvije trećine ljudi koji prežive moždani udar suočavaju se s nekim oblikom deficita u obliku pokretljivosti, a više od 30% preživjelih ne može samostalno hodati oko šest mjeseci nakon moždanog udara (Feigin, et al., 2016). Rehabilitacija osoba koje su preživjele moždani udar predstavlja ključan segment u procesu oporavka te ima za cilj obnovu izgubljenih funkcija, prevenciju komplikacija, unaprjeđenje samostalnosti i poboljšanje ukupne kvalitete života. U procesu rehabilitacije, fizioterapeuti imaju nezamjenjivu ulogu, jer se kroz individualizirane terapijske programe aktivno doprinosi funkcionalnom oporavku bolesnika, poticanju neuroplastičnosti mozga te osnaživanju fizičke, psihičke i emocionalne stabilnosti pacijenata (Pollock, Farmer, Brady, 2014).

Cerebrovaskularni inzult (CVI) ili moždani udar je akutna ili subakutna pojava neuroloških simptoma uzrokovana poremećajem arterijske cirkulacije mozga. Nedostatak kisika i hranjivih tvari uzrokuje oštećenje i odumiranje živčanih stanica u dijelovima mozga koje opskrbljuje oštećena krvna žila što ima za posljedicu oštećenje onih funkcija kojima ti dijelovi mozga upravljaju (Kurtović et al., 2013). Simptomi moždanog udara koji se mogu najlakše prepoznati su poremećaji govora, slabost i utrnulost jedne strane tijela, poremećaj koordinacije i ravnoteže. Testov FAST/G.R.O.M. pomaže identificirati najčešće simptome moždanog udara (Kurtović et al., 2013). Kratice testa su: G kao govor (otežan i nerazumljiv) R kao ruke (jedna ruka je slaba i pada) O kao oduzetost (lice asimetrično, jedna strana „visi“) M kao minute unutar kojih se mora pozvati hitnu medicinsku pomoć.

Ishemijski moždani udar je iznenadni neurološki deficit koji proizlazi iz fokalne moždane ishemije povezane s trajnim infarktom mozga. Uzrokovan je začepljenjem moždane krvne žile ugruškom, a čini 85 % svih moždanih udara (Budincević et al., 2020). Hemoragijski moždani udar uključuje krvarenje unutar mozga (intracerebralno krvarenje) i krvarenje između unutarnjih i vanjskih slojeva tkiva koje pokriva mozak (subarahnoidalno krvarenje). Samo oko 20% moždanih udara uzrokovano je krvarenjem (Giraldo, 2025)

Rizik od pojave moždanog udara raste sa starošću, od 55 godine života, svakih narednih deset godina rizik se udvostručuje, u najstarijoj dobi (85 godina i više) mortalitet je najviši. Također, muškarci statistički češće obolijevaju od moždanog udara, iako je smrtnost od istog viša kod žena. Hipertenzija je uz stariju dob najvažniji čimbenik rizika. Osobe s hipertenzijom imaju tri puta veće šanse za nastanak CVI (ZZJFBIH, 2024).

Uz aterosklerozu, brojni drugi čimbenici mogu povećati vjerojatnost pojave moždanog udara. Ti čimbenici uključuju različita zdravstvena stanja, životne navike i genetsku predispoziciju, a zajednički se nazivaju rizični čimbenici za moždani udar. Iako se na neke od njih ne može utjecati (poput dobi, spola ili nasljednih osobina), njihovo prepoznavanje ima važnu ulogu u ranom otkrivanju rizika. Istovremeno, mnoge rizične čimbenike – poput hipertenzije, šećerne

bolesti, pušenja i prekomjerne tjelesne mase – moguće je nadzirati, čime se znatno smanjuje vjerojatnost nastanka cerebrovaskularnog infarkta (Kurtović et al., 2013).

Najčešći simptomi moždanog udara su iznenadna slabost lica, ruke ili noge, najčešće na jednoj strani tijela. Ostali mogući simptomi su potpuna paraliza jedne strane tijela, iznenadno zamućenje ili gubitak vida, smušenost, poremećaj kognicije, problemi ravnoteže i koordinacije, disfagija, gubitak svijesti (ZZJZFBH, 2024). Prognoza moždanog udara je različita. Nakon moždanog udara može postojati prolazna invalidnost sa kasnijim potpunim oporavkom ili trajna invalidnost, kao i pojava smrtnog ishoda unutar 24 sata do 14 dana od pojave moždanog udara. Pravovremeno prepoznavanje i dijagnosticiranje moždanog udara ključni su čimbenici za ishod liječenja i funkcionalni oporavak bolesnika. U svakodnevnoj praksi, osobito u radu s osobama starije životne dobi, klinička sumnja na moždani udar zahtijeva hitnu reakciju i brzu aktivaciju medicinskog tima. U hitnim službama primjenjuje se CT mozga kojim se brzo diferencira ishemijski moždani udar, te laboratorijske pretrage. U nekim slučajevima dodatno se koristi MR mozga, osobito kod blažih simptoma i zahvaćenosti stražnje moždane cirkulacije. Moždani udar može uzrokovati kratkoročno i dugoročno onesposobljenje. Često utječe na svakodnevne aktivnosti poput hodanja, a česti su i senzomotorički i vidni poremećaji. Rehabilitacija nakon moždanog udara predstavlja kompleksan i višefazni proces čiji je cilj maksimiziranje funkcionalnog oporavka, poticanje neuroplastičnosti, sprječavanje komplikacija i postizanje što veće razine samostalnosti.

Ciljevi rehabilitacije nakon CVI su:

- Obnova motoričkih funkcija,
- Povratak samostalnosti u aktivnostima svakodnevnog života,
- Prevencija komplikacija (kontrakture, dekubitusi, tromboza),
- Poticanje neuroplastičnosti i funkcionalne reorganizacije mozga,
- Poboljšavanje govora, kognicije i psihološkog stanja i
- Socijalna reintegracija i povećanje kvalitete života (Langhorne, Bernhardt, i Kwakkel, 2011).

U toku oporavka nakon moždanog udara kod svih nepokretnih pacijenata postoji nekoliko faza oporavka, koje su temelj za planiranje fizioterapijskih ciljeva:

- I FAZA – ležanje u krevetu (pasivni pokreti, pozicioniranje, prevencija dekubitusa)
- II FAZA – posjedanje u krevetu (stimulacija trupa, balans pri sjedenju)
- III FAZA – ustajanje i stajanje (jačanje mišića donjih ekstremiteta, vježbe ravnoteže)
- IV FAZA – hodanje (rehabilitacija hoda u asistivna pomagala, funkcionalna mobilnost) (Domić, 2011).

HIPOTEZE

U radu su postavljene sljedeće hipoteze:

H1: Fizioterapija ima značajnu ulogu u liječenju i rehabilitaciji posljedica nastalih nakon moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata.

H0: Fizioterapija nema značajnu ulogu u liječenju i rehabilitaciji posljedica nastalih nakon moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata.

CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je istražiti ulogu fizioterapeuta u procesu liječenja i rehabilitacije nakon preboljenog moždanog udara s naglaskom na gerijatrijske pacijente.

MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je neeksperimentalno, kvalitativno, odnosno znanstveni pregled literature. Znanstvenim pregledom literature (izdvajanjem ključnih studija, kodiranjem izdvojenih studija i tumačenjem evidencije) potrebno je utvrditi ulogu u liječenju i rehabilitaciji nakon moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata. Pri izradi rada, korištene su različite baze podataka, uključujući: Pub Med, Google znalac, Europe PMC, ResearchGate, International Journal of Integrated Care, Wiley Online Library na upit s ključnim riječima "fizioterapija", "cerebrovaskularni inzult", "gerijatrija" dobio se veliki broj ispisa, od koje su neke irelevantne za ovo istraživanje.

Kriteriji koji su korišteni tijekom istraživanja su sljedeći:

1. Populacija

- Ispitanici starije životne dobi (≥ 65 godina),
- Osobe koje su preživjele moždani udar (ishemijski ili hemoragijski) i
- Pacijenti u fazi rehabilitacije (akutnoj, subakutnoj ili kroničnoj).

2. Intervencija

- Studije koje uključuju rehabilitacijske programe usmjerene na fizičko funkcioniranje, tjelesnu aktivnost, ravnotežu, mobilnost ili samostalnost.

3. Okruženje

- Rehabilitacija provedena u bolnici, domu za starije, zajednici ili kućnom okruženju.

Kriteriji isključivanja su studije koje uključuju: mlađe ispitanike, akutnu medicinsku terapiju bez rehabilitacije, isključivo farmakološke intervencije (bez fizioterapijskog dijela), životinje ili eksperimentalne modele. Broj studija koje su ispunile kriterije istraživanja je 14. Istraživanja su se razlikovala u kvaliteti, vrsti istraživanja i kriterijima za uključivanje u istraživanje. Uključena su istraživanja na engleskom jeziku, bez vremenskog ograničenja.

DISKUSIJA

Tablica 1. Značaj fizioterapije u liječenju i rehabilitaciji posljedica nastalih nakon moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata

Rb.	Autori	Naziv studije	Vrsta studije	Ciljevi studije	Metoda istraživanja	Rezultati	Zaključak
1.	Chiara Zucchella et al.	Rehabilitation in oldest old stroke patient: a comparison within over 65 population	Opservacijska studija	Cilj studije je istražiti i okarakterizirati razlike u funkcionalnom ishodu kod starijih pacijenata nakon moždanog udara.	Pacijenti su pri prijemu pregledani, a funkcionalni status ocijenjen FIM-om; svi su prošli neuro-motornu rehabilitaciju.	U studiji je sudjelovalo 402 pacijenta, koji su podijeljeni u tri skupine. Pri otpustu pacijenata FIM parametri značajno su se povećali za sve skupine.	Unatoč tome što se čini da je starija dob povezana sa smanjenom učinkovitošću rehabilitacijskog procesa i većim brojem komplikacija, intenzivna rehabilitacija može donijeti značajne funkcionalne dobitke bez obzira na dob.
2.	Frabcesco Ferrallo et al.	Efficacy of physiotherapy interventions late after stroke: a meta-analysis.	Perspektivna kohortna studija	Ciljevi studije su kvantificirati tjelesnu aktivnost, sjedilačko ponašanje i prateće obrasce promjena tijekom gerijatrijske rehabilitacije.	Pacijenti stariji od 70 godina nakon moždanog udara nosili su inercijalnu mjernu jedinicu 48 sati, a analizirani su podaci o tjelesnoj aktivnosti i sjedilačkom ponašanju.	Ukupno je uključeno 53 pacijenta s dovoljnim s vremenom nošenja akcelometra. Stupanj promjene u komponentama tjelesne aktivnosti i sjedilačkog ponašanja bio je raznolik.	Starije odrasle osobe koje se oporavljaju od moždanog udara tijekom gerijatrijske rehabilitacije poboljšavaju svoje funkcionalne performanse, ali pokazuju male promjene u tjelesnoj aktivnosti, sjedilačkom ponašanju ili obrascima sjedilačkog ponašanja.
3.	A Bhalla et al.	Older stroke patients in Europe: stroke care and determinants of outcome.	Komparativna studija	Cilj studije bio je procijeniti skrb i čimbenike povezane s tromjesečnom smrtnosti i funkcionalnim ishodom kod pacijenata starijih od 75 godina nakon moždanog udara u 13 bolnica diljem Europe.	Pristup organiziranoj skrbi bio je veći kod starijih nego kod mlađih pacijenata. Vrijeme liječenja u bolnici bilo je dulje kod starijih pacijenata. Mlađi pacijenti su češće primali ambulantnu skrb, fizioterapiju i radnju terapiju.	Srb za pacijente nakon moždanog udara razlikuje se među europskim centrima; starije osobe češće imaju pristup organiziranoj skrbi, ali rjeđe dobivaju pretrage, terapijske upute i ambulantne preglede.	Postoje dokazi o dobnoj diskriminaciji za pristup uslugama nakon moždanog udara. Potrebno je usvojiti smjernice kako bi se osiguralo da pacijenti svih dobnih skupina dobiju optimalnu skrb nakon moždanog udara utemeljenu na dokazima u svim fazama bolesti.
4.	B. Langhammer et al.	Physiotherapy after stroke--a randomized controlled trial.	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	Ova studija ispituje imaju li dva različita režima fizioterapije korištena u rehabilitaciji nakon akutnog moždanog udara ikakve razlike	Studija je uključila 61 pacijenta koji su primali fizioterapiju prema MRP ili Bobath metodi, a ishodi su procijenjeni standardnim ljestvicama	Pacijenti liječenih MRP-om imali su kraći boravak (21 vs. 34 dana) i veće poboljšanje motoričkih funkcija; razlike u Barthelu, NHP-u i pomagalima	Ova studija pokazuje da je fizioterapija prema MRP-u poželjnija od Bobath programa u rehabilitaciji pacijenata s moždanim udarom.

				u ishodu kod starijih osoba.	motorike, ADL indeksom i NHP-om.	nisu bile značajne.	
5.	K S Wissink et al.	Stroke rehabilitation in nursing homes: intensity of and motivation for physiotherapy.	Kvalitativno istraživanje	Cilj istraživanja bio je utvrditi intenzitet terapije i motivaciju za fizikalnu terapiju gerijatrijskih pacijenata s moždanim udarom.	Podaci iz 'GRAMPS' studije uključivali su 84 pacijenta u 15 nizozemskih domova; vrijeme na fizioterapiji i motivacija (PRPS) analizirani su uni- i multivarijatom regresijom.	Pacijenti su prosječno primali 109 minuta fizioterapije tjedno; intenzitet terapije bio je povezan s prisutnošću partnera, motivacijom i povratkom u prethodnu životnu situaciju.	Intenzitet fizioterapije povezan je s uspješnim otpuštanjem, prisutnošću partnera i motivacijom, ističući važnost intenzivne rehabilitacije u gerijatriji.
6.	Marek Zak et al.	Physiotherapy programmes aided by VR solutions applied to the seniors affected by functional capacity impairment: randomised controlled trial.	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	Cilj ove studije je istražiti utjecaj VR rehabilitacije na starije osobe nakon moždanog udara	60 starijih osoba podijeljeno je u četiri skupine (VR, CVR, OCULUS, OTAGO) koje su tri tjedna po 3×30 min provodile fizioterapiju; grupe su se značajno razlikovale u hodu i statičkoj ravnoteži.	Post hoc analiza pokazala je da je OTAGO skupina imala bolje POMA G rezultate, dok je OCULUS skupina postigla bolje rezultate u ravnoteži i TUG-u ($p < 0,001$).	VR fizioterapija kod starijih osoba značajno poboljšava funkcionalne performanse, posebno statičku ravnotežu, te predstavlja održivu alternativu tradicionalnoj terapiji.
7.	Mary Stuart, Alexander W. Dromerick, Richard Macko, Francesco Benvenuti, Brock Beamer, John Sorkin, Sarah Chard, Michael Weinrich.	Adaptive physical activity for stroke: an early-stage randomized controlled trial in the United States	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	Provesti ispitivanje faze II kojim se ispituje je li talijanski program adaptivne tjelesne aktivnosti za preživjele moždani udar (APA-Stroke) u zajednici siguran, učinkovit i izvediv u SAD-u	U RCT-u, 76 preživjelih moždanog udara s blagom do umjerenom hemiparezom raspoređeno je u APA-Stroke (N=43) ili Sittercise (N=33); obje intervencije trajale su 1 sat, 3× tjedno, pod nadzorom instruktora.	76 sudionika (63,9 godina) sudjelovalo je bez ozbiljnih nuspojava; APA-Stroke poboljšao je brzinu hodanja i pokazao provedivu održivost.	APA-Stroke pokazuje veliko obećanje kao jeftina i izvediva intervencija. Značajno je povećao brzinu hodanja. Dokazana je sigurnost i izvedivost u američkom kontekstu. Potrebno je ključno kliničko ispitivanje kako bi se utvrdilo treba li APA-Stroke smatrati standardnom skrbi.
8.	Suzanne R. O'Brien, Ying Xue	Inpatient rehabilitation outcomes in patients with stroke aged 85 years or older.	Kvalitativno istraživanje	Svrha ove studije bila je opisati funkcionalne ishode i ishode otpusta nakon rehabilitacije kod osoba s moždanim udarom u dobi od 85 godina ili starijih.	Podaci od 2002. do 5,5 godina nakon uvođenja prospektivnog plaćanja obuhvatili su 71.652 slučaja; ishodi su bili FIM pri otpustu i otpust u zajednicu.	Tijekom 5,5 godina prosječni FIM pri otpustu pao je za 3,6 bodova, a otpust u zajednicu za 5,5% (54% pacijenata); GEE analiza identificirala je čimbenike povezane s ishodima.	Vrlo starije osobe primljene na rehabilitaciju od moždanog udara IRF-a ostvarile su funkcionalni napredak, a većina se mogla vratiti u zajednicu.

9.	Pakaratee Chaiyawat, Kongkiat Kulkantrakorn	Randomized controlled trial of home rehabilitation for patients with ischemic stroke: impact upon disability and elderly depression.	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	Cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj kućne rehabilitacije na starije pacijente nakon ishemijskog moždanog udara	U 6-mjesečnom RCT-u, intervencijska skupina s kućnom fizioterapijom, edukacijom i savjetovanjem uspoređena je sa standardnom njegom; primarni ishod bio je Barthelov indeks, sekundarni HADS i Tajlandski mini-test.	Tijekom 2 godine intervencijska skupina značajno je poboljšala Barthelov indeks i HADS, dok se Tajlandski mini-test nije razlikovao; depresija je bila povezana s ovisnošću o drugima.	Nakon 2 godine praćenja, bilo je očito da je 6-mjesečni program kućne rehabilitacije nakon ishemijskog moždanog udara poboljšao funkcionalni ishod i smanjio učestalost depresije, ali ne i demencije.
10.	Maureen Markle-Reid, Kathryn Fisher, Kimberly M Walker, Jill, Cameron David Dayler, Amiram Gafni, Rebecca Ganann, Ken Hajas i Barbara Koetsier, Robert Mahony, Jim Prescott, Carly Whitmore	An Integrated Stroke Transitional Care Intervention Improves Physical Function, Self-Management and Patient Experience in Older Adults with Stroke and Multimorbidity: A Multisite Pragmatic Randomized Controlled Trial.	Randomizirano kontrolirano ispitivanje	Cilj ove studije bio je testirati, u stvarnoj kliničkoj praksi, učinkovitost prijelazne intervencije za moždani udar (TCSI) u usporedbi s uobičajenom skrbi na zdravstvene ishode, iskustvo pacijenata i troškove korištenja zdravstvenih i socijalnih usluga kod starijih odraslih osoba s moždanim udarom i multimorbiditetom.	Istraživanje je provedeno među starijim osobama s moždanim udarom u Ontariju, Kanada, koristeći virtualnu TCSI rehabilitaciju koju je provodio interprofesionalni tim, uz uključivanje pacijenata u dizajn i evaluaciju studije.	U studiji je sudjelovalo 90 osoba (44 intervencija, 46 kontrola), a 79 ih je završilo praćenje. Intervencijska skupina izvijestila je o većoj fizičkoj funkciji i samostalnom zbrinjavanju moždanog udara, dok nisu zabilježene razlike u readmisiji ili ostalim sekundarnim ishodima.	TCSI poboljšava fizičko funkcioniranje, samoliječenje i iskustvo pacijenata kod starijih osoba s moždanim udarom i multimorbiditetom, bez povećanja troškova, potvrđujući učinkovitost integrirane tranzicijske skrbi.
11.	Remedios López-Liria et al.	Comparison of two post-stroke rehabilitation programs: a follow-up study among primary versus specialized	Kohortna studija	Usporediti kućnu rehabilitaciju i standardnu ambulantnu rehabilitaciju u bolničkom okruženju u smislu poboljšanja funkcionalnog oporavka i kvalitete života pacijenata s moždanim udarom.	Dnevne aktivnosti mjerene su Barthelovim indeksom, Kanadskom neurološkom skalom (za procjenu mentalnog stanja), Tinettijevom skalom (ravnoteža i hod) i Kratkim upitnikom o zdravlju-36 (SF-36 za	Na početku skupine su se razlikovale samo po dobi i mentalnom stanju. Nakon fizikalne terapije obje su se poboljšale, pri čemu je RITH skupina pokazala veća poboljšanja uz manje sesije.	Kućna rehabilitacija jednako je učinkovita kao bolnička u oporavku funkcionalnosti nakon moždanog udara, dok kvaliteta života ostaje značajno narušena u obje skupine.

		health care			usporedbu kvalitete života).		
12.	Mari Gunnes i sur.	Adherence to a long-term physical activity and exercise program after stroke applied in a randomized controlled trial	Prospektivna, longitudinalna studija	Cilj ovog istraživanja bio je istražiti pridržavanje 18-mjesečnog programa tjelesne aktivnosti i vježbanja.	Intervencija je uključivala individualno mjesečno vođenje fizioterapeuta za 30 min dnevne aktivnosti i 45 min tjednog vježbanja tijekom 18 mjeseci; pridržavanje i intenzitet (Borgova skala) analizirani su modelima mješovitih učinaka.	U studiji je sudjelovalo 186 osoba (prosječna dob 71,7 god.), s 18,3 % odustajanja i 4,8 % smrti. Mjesečno pridržavanje tjelesnoj aktivnosti bilo je 51–73 %, a vježbanju 64–80 %, uz postupno povećanje; većina vježbi bila je umjerenog do visokog intenziteta (Borg 12–16).	Sudionici s blagim i umjerenim oštećenjima nakon moždanog udara koji su primali individualizirani redoviti trening uspostavili su i održavali umjerenost do dobro pridržavanje dnevnoj tjelesnoj aktivnosti i tjednom vježbanju tijekom vremena.
13.	Tom PMM Vluggen i sur	Effectiveness of an integrated multidisciplinary geriatric rehabilitation programme for older persons with stroke: a multi-centre randomised controlled trial.	Randomizirano kontrolirano istraživanje	Istražiti učinkovitost integriranog multidisciplinarnog gerijatrijskog rehabilitacijskog programa za starije osobe s moždanim udarom	Multicentrično RCT uključivalo je pacijente s moždanim udarom ≥ 65 god. i njihove njegovatelje, s programom koji je obuhvaćao stacionarnu neurorehabilitaciju, kućnu obuku za samoupravljanje i edukaciju. Primarni ishod bio je dnevna aktivnost, a sekundarni funkcionalna ovisnost, kvaliteta života i društveno sudjelovanje; za njegovatelje sekundarni ishodi bili su opterećenje skrbi i kvaliteta života.	U studiju je uključeno 190 pacijenata i 172 njegovatelja (prosječna dob ~ 79 god.). Program je poboljšao autonomiju pacijenata i smanjio percipirani teret skrbi njegovatelja.	Integrirani multidisciplinarni program nije utjecao na svakodnevnu aktivnost, ali je povećao pacijentovu autonomiju na otvorenom i smanjio teret skrbi njegovatelja. Program je obećavajući, ali zahtijeva prilagodbu za bolju izvedivost i učinkovitost.
14.	Bindawas SM, Vennu V. Moftah E.	Improved functions and reduced length of stay after inpatient rehabilitation program sin older adults with stroke: A	Meta-analiza	Ispitati učinke bolničkih rehabilitacijskih programa na funkciju i duljinu boravka u starijih osoba s moždanim udarom.	Pretraženo je pet baza za RCT-ove o bolničkoj rehabilitaciji, procjenjujući funkcionalni oporavak (FIM) i duljinu boravka; kvaliteta i rizik od pristranosti ocijenjeni su standardnim alatima.	Meta-analiza 8 RCT-ova (1910 pacijenata) pokazala je da bolnička rehabilitacija značajno poboljšava FIM rezultate i skraćuje trajanje boravka ($p < 0,05$).	Ovaj sustavni pregled pružio je dokaze da programi bolničke rehabilitacije imaju blagotvorne učinke, poboljšavajući funkcionalnost i smanjujući duljinu boravka u bolnici kod starijih osoba s moždanim udarom.

		systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial.					

Istraživanjem su utvrđeni sljedeći ciljevi:

1. Znanstvenim pregledom literature utvrđen je značaj fizioterapije u liječenju i rehabilitaciji posljedica nastalih nakon moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata.
 - Moždani udar predstavlja jedan od vodećih uzroka smrtnosti i onesposobljenja u svijetu.
 - Intenzivna rehabilitacija može donijet značajne funkcionalne dobitke bez obzira na dob. Starije odrasle osobe koje se oporavljaju od moždanog udara tijekom gerijatrijske rehabilitacije poboljšavaju svoje funkcionalne performanse.
 - Prijelaz iz bolnice u dom za starije osobe s moždanim udarom često je fragmentiran, što rezultira ponovnim prijemima u bolnicu i smanjenom kvalitetom života.
 - Metoda fizioterapije koje su se pokazale jako kvalitetnim u procesu liječenja i rehabilitacije starijih pacijenata nakon moždanog udara su fizioterapija prema MRP-u (Motor Relerarning Programme).
 - Korištenje okruženja virtualne stvarnosti (VR) u fizioterapijskom liječenju starijih osoba koje žive u zajednici znatno je poboljšalo individualne funkcionalne performanse, posebno u smislu statičke ravnoteže. Liječenje fizioterapijom uz pomoć VR tehnoloških rješenja nudi održivu alternativu tradicionalnim fizioterapijskim režimima.
 - Bolnička rehabilitacija ima blagotvorne učinke, poboljšavajući funkcionalnost i smanjujući duljinu boravka u bolnici kod starijih osoba s moždanim udarom. Stacionarni rehabilitacijski centri (IRF) najviše se pridržavaju smjernica za rehabilitaciju nakon akutnog moždanog udara i imaju najpoželjnije ishode u usporedbi s ustanovama za kvalificiranu medicinsku njegu. Vrlo starije osobe primljene na rehabilitaciju od moždanog udara IRF-a (Intensive Rehabilitation Facility) ostvarile su funkcionalni napredak, a većina se mogla vratiti u zajednicu.
 - TCSI je složena, integrirana intervencija koja uključuje koordinaciju skrbi/podršku za navigaciju sustavom, telefonske/video posjete, mjesečne interprofesionalne konferencije slučajeva i online resurs za podršku navigaciji sustavom. TCSI je poboljšao fizičko funkcioniranje, samoliječenje moždanog udara i iskustvo pacijenata kod starijih osoba s moždanim udarom i multimorbiditetom bez povećanja ukupnih troškova zdravstvene zaštite u usporedbi s uobičajenom skrbi.
 - Kućna rehabilitacija je barem jednako učinkovita kao i ambulantni rehabilitacijski programi u bolničkom okruženju, u smislu oporavka funkcionalnosti kod pacijenata nakon moždanog udara. Šestomjesečni program kućne rehabilitacije nakon ishemijskog moždanog udara poboljšao funkcionalni ishod i smanjio učestalost depresije, ali ne i demencije.
 - Pacijenti s intenzivnim moždanim udarom često ostaju onesposobljeni i mogu imati depresiju i demenciju tijekom faze oporavka. Pokazalo se da rehabilitacijski programi

poboljšavaju kratkoročni fizički ishod, ali njihova dugoročna učinkovitost i utjecaj na demenciju i depresiju nisu sigurni.

- Kontinuirana tjelesna aktivnost važna je za održavanje motoričke funkcije u svim fazama nakon moždanog udara.
 - Postoje dokazi o dobnoj diskriminaciji za pristup uslugama nakon moždanog udara. Potrebno je usvojiti smjernice kako bi se osiguralo da pacijenti svih dobnih skupina dobiju optimalnu skrb nakon moždanog udara utemeljenu na dokazima u svim fazama bolesti.
 - Gotovo polovica pacijenata s moždanim udarom primljenih na gerijatrijsku rehabilitaciju ima perzistentne probleme nakon otpusta. Trenutačno ne postoji gerijatrijski rehabilitacijski program utemeljen na dokazima za starije pacijente s moždanim udarom koji bi kombinirao bolničku rehabilitaciju s odgovarajućom ambulantnom postoperativnom skrbi u zajednici. Stoga je potrebno razviti integrirani multidisciplinarni rehabilitacijski program koji uključuje postoperativnu skrb za starije osobe s moždanim udarom.
 - Potrebna su buduća istraživanja kako bi se dodatno procijenila ova intervencija u različitim okruženjima i populacijama, s većim uzorkom i potpunom ekonomskom evaluacijom.
 - Buduća bi istraživanja trebala dodatno razmotriti utjecaj fizikalne terapije kod gerijatrijskih pacijenata. Prilikom pretraživanja znanstvene literature susreo sam se s nedostatkom istraživanja te smatram da je u skoroj budućnosti potrebno dodatno istražiti navedenu tematiku.
2. Potvrđena je H1 hipoteza: Fizioterapija ima značajnu ulogu u liječenju i rehabilitaciji posljedica moždanog udara kod gerijatrijskih pacijenata.

ZAKLJUČAK

Moždani udar predstavlja jedan od vodećih uzroka smrtnosti i dugotrajnog onesposobljenja, a posebno je značajan problem u starijoj populaciji, kod koje kvaliteta života nakon udara često bude ozbiljno narušena. Intenzivna i strukturirana rehabilitacija, uključujući bolničku, kućnu i gerijatrijsku fizioterapiju, pokazuje značajne koristi u poboljšanju funkcionalnih sposobnosti i smanjenju trajnih posljedica bolesti. Inovativne metode, poput fizioterapije uz pomoć virtualne stvarnosti i integriranih intervencija poput TCSI, dodatno poboljšavaju ishode i mogu pružiti održivu alternativu klasičnim pristupima. Ključni faktori uspješnosti rehabilitacije uključuju motivaciju pacijenata, intenzitet terapije i kontinuitet skrbi, dok fragmentirani prijelazi između bolnice i zajednice često dovode do ponovnih hospitalizacija i smanjenja kvalitete života. Unatoč pozitivnim rezultatima, gotovo polovica pacijenata i dalje ima perzistentne probleme nakon otpusta, a nedostatak integriranih multidisciplinarnih programa koji povezuju bolničku i postoperativnu skrb u zajednici predstavlja značajan izazov. Stoga je nužno razviti i implementirati programe rehabilitacije utemeljene na dokazima, prilagođene svim dobnim skupinama, te nastaviti istraživanja s većim uzorcima i ekonomskom procjenom kako bi se optimizirali dugoročni ishodi, uključujući funkcionalnost, mentalno zdravlje i kvalitetu života starijih osoba

LITERATURA

1. Bhalla, A., Grieve, R., Tilling, K., Rudd, A.G., & Wolfe, C.D. (2004) BIOMED II European Study of Stroke Care. Older stroke patients in Europe: stroke care and determinants of outcome. *Age Ageing*, 33(6):618-24.
2. Bindawas, S.M., Vennu, & V. Moftah, E. (2017) Improved functions and reduced length of stay after inpatient rehabilitation program sin older adults with stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *Neuro Rehabilitation*, 40(3): 369-390.
3. Budinčević, H. (2020) Moždani udar. Dostupno na: <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/34067/Mozdani-udar.html> [23.10.2025.]
4. Domić, R. (2011) Rehabilitacija pacijenata sa moždanim udarom. Dostupno na: https://judzks.ba/wp-content/uploads/2018/09/mozdaniudar_pdf [23.10.2025.]
5. Feigin, V. L., Roth, G. A., Naghavi, M., Parmar, P., Krishnamurthi, R., Chugh, S., ... & Forouzanfar, M. H. (2016). Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet Neurology*, 15(9), 913-924.
6. Ferrarello, F., Baccini, M., Rinaldi, L. A., Cavallini, M. C., Mossello, E., Masotti, G., ... & Di Bari, M. (2011). Efficacy of physiotherapy interventions late after stroke: a meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 82(2), 136-143.
7. Giraldo. E.A. (2020). Pregled hemoragijskog moždanog udara. Dostupno na: <https://hemed.hr/Default.aspx?sid=13671> [22.10.2025.]
8. Gunnes, M., Langhammer, B., Aamot, I. L., Lydersen, S., Ihle-Hansen, H., Indredavik, B., ... & LAST Collaboration Group. (2019). Adherence to a long-term physical activity and exercise program after stroke applied in a randomized controlled trial. *Physical therapy*, 99(1), 74-85.
9. Hrvatsko društvo za prevenciju moždanog udara (HDPMU): Moždani udar. Dostupno na: <https://www.mozdaniudar.hr/o-mozdanom-udaru/o-mozdanom-udaru-74/74>. [22.10.2025.]
10. Kurtović, B., Rotim, C., & Svirčević, V. (2013). Zdravstvena njega neuroloških bolesnika:HKMS.https://www.hkms.hr/data/1384336898_569_mala_Zdravstvena%20njega%20neurokirur%C5%A1kih%20bolesnika.pdf [19.10.2025.]
11. Langhammer, B., & Stanghelle, J. K. (2001). Physiotherapy after stroke--a randomized controlled trial. *Tidsskrift for den Norske Laegeforening: Tidsskrift for Praktisk Medicin, ny Raekke*, 121(24), 2805-2809.
12. Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693-1702.
13. Lopez-Liria, R., Vega-Ramírez, F. A., Rocamora-Perez, P., Aguilar-Parra, J. M., & Padilla-Gongora, D. (2016). Comparison of two post-stroke rehabilitation programs: a follow-up study among primary versus specialized health care. *PloS one*, 11(11), e0166242.
14. Markle-Reid, M., Fisher, K., Walker, K. M., Cameron, J. I., Dayler, D., Gafni, A., ... & Whitmore, C. (2023). An Integrated Stroke Transitional Care Intervention Improves Physical Functioning, Self-Management and Patient Experience in Older Adults with

- Stroke and Multimorbidity: A Multisite Pragmatic Randomized Controlled Trial. *International Journal of Integrated Care*, 23(S1).
15. O'Brien, S. R., & Xue, Y. (2016). Inpatient rehabilitation outcomes in patients with stroke aged 85 years or older. *Physical therapy*, 96(9), 1381-1388.
 16. Pakaratee, C., & Kulkantrakorn, K. (2012). Randomized controlled trial of home rehabilitation for patients with ischemic stroke: impact upon disability and elderly depression. *Psychogeriatrics*, 12(3):193-9.
 17. Pollock, A., Farmer, S. E., Brady, M. C., Langhorne, P., Mead, G. E., Mehrholz, J., van Wijck F. (2014). Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12(11):1-136.
 18. Stuart, M., Dromerick, A. W., Macko, R., Benvenuti, F., Beamer, B., Sorkin, J., ... & Weinrich, M. (2019). Adaptive physical activity for stroke: an early-stage randomized controlled trial in the United States. *Neurorehabilitation and neural repair*, 33(8), 668-680.
 19. Vluggen, T. P., van Haastregt, J. C., Tan, F. E., Verbunt, J. A., van Heugten, C. M., & Schols, J. M. (2021). Effectiveness of an integrated multidisciplinary geriatric rehabilitation programme for older persons with stroke: a multicentre randomised controlled trial. *BMC geriatrics*, 21(1), 134.
 20. Wissink, K. S., Buijck, B. I., Koopmans, R. T., & Zuidema, S. U. (2014). Stroke rehabilitation in nursing homes: intensity of and motivation for physiotherapy. *Tijdschrift voor gerontologie en geriatric*, 45(3), 144-153.
 21. Zak, M., Sikorski, T., Krupnik, S., Wasik, M., Grzanka, K., Courteix, D., ... & Broła, W. (2022). Physiotherapy programmes aided by VR solutions applied to the seniors affected by functional capacity impairment: randomised controlled trial. *International journal of environmental research and public health*, 19(10), 6018.
 22. Zavod za javno zdravstvo FBiH – ZZJZFBiH; (2024) Svjetski dan moždanog udara, Dostupno na URL: <https://www.zzjzfbih.ba/svjetski-dan-mozdanog-udara-2024/>
 23. Zucchella, C., Consilvio, M., Iacoviello, L., Intiso, D., Tamburin, S., Casale, R., & Bartolo, M. (2019). Rehabilitation in oldest-old stroke patients: a comparison within over 65 population. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(2), 148-155.

SPECIFIČNOSTI FIZIOTERAPIJSKE PROCJENE MIŠIĆNO-KOŠTANOG SUSTAVA U TRUDNOĆI

SPECIFICS OF MUSCULOSKELETAL PHYSIOTHERAPY ASSESSMENT DURING PREGNANCY

Vesna Šeper

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

vesna.seper@vevu.hr

Nebojša Nešić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

nnesic@vevu.hr

Nikolina Jelić

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

nj525006@vevu.hr

Sažetak

Tijekom trudnoće tijelo žene prolazi brojne promjene kako fiziološke tako i anatomske. Prve se promjene uočavaju već tijekom prvog trimestra te postaju izraženije kako se bliži termin poroda. Neki od problema koji se spominju tijekom tog razdoblja uključuju porast tjelesne težine, bol, pojavu depresije, nižu razinu tjelesne aktivnosti te posljedično lošiju kvalitetu života trudnice. Procjenjuje se kako 25% trudnica ima neku privremenu onesposobljenost tijekom trudnoće. Među najčešćim mišićno-koštanim problemima navode se bol u donjem dijelu leđa u 50%-75% žena, anteriorna ili posteriorna zdjelična bol 20% te povećan rizik od pojave perifernih neuropatija (sindrom karpalnog kanala, De Quervainov tenosinovitis, meralgia paresthetica i sl.). Koje je optimalno vrijeme za procjenu, koje testove koristiti i što oni znače? Koje su mjere opreza te koje upitnike koristiti u procjeni spremnosti trudnice za provođenje tjelesne aktivnosti? Kako procijeniti bol i kako tumačiti skale za procjenu boli? Trebalo bi dati odgovore na navedena pitanja i dati primjer obrasca za procjenu mišićno-koštanog sustava u trudnoći primjenjivog u kliničkim uvjetima.

Ključne riječi: *mišićno-koštani sustav, procjena, trudnoća.*

Abstract

During pregnancy, a woman's body undergoes numerous physiological and anatomical changes. These changes begin as early as the first trimester and become more pronounced as the due date approaches. Common issues reported during this period include weight gain, pain, depression, reduced physical activity, and consequently, a lower quality of life. It is estimated that around 25% of pregnant women experience some form of temporary disability during pregnancy. Among the most frequent musculoskeletal problems are lower back pain (reported in 50-75% of women), anterior or posterior pelvic pain (20%), and an increased risk of peripheral neuropathies such as carpal tunnel syndrome, De Quervain's tenosynovitis, and meralgia paresthetica. This raises important questions: What is the optimal timing for

assessment? Which tests should be used and how should their results be interpreted? What precautions should be taken? Which questionnaires are appropriate for evaluating a pregnant woman's readiness for physical activity? How should pain be assessed and pain scales interpreted? This paper aims to address these questions and provide an example of a musculoskeletal assessment form for use in clinical settings during pregnancy.

Keywords: *musculoskeletal system, assessment, pregnancy.*

UVOD

Tijekom trudnoće žene prolaze brojne fiziološke, morfološke te hormonalne promjene. One imaju značajan učinak na biomenahiku tijela, posebno mišićno-koštanog sustava, što može rezultirati bolom, nelagodom te problemima s posturom i ravnotežom (Linjuan et al., 2023). Čak 90% trudnica ima bolove u leđima, njih 50% bolove u području struka, 20% žali se na bolove u području zdjelice, a 20% radikulopatiju u lumbalnom području (Linjuan et al., 2023). Biomehanika ženina tijela strateški se mijenja kako bi se smanjila prekomjerna potrošnja energije prvenstveno tijekom hoda, a povećala motorička sigurnost pri izvođenju svakodnevnih zadataka. Procjenjuje se kako čak 25% trudnica ima prolazni vid onesposobljenja tijekom trudnoće (Ferreira et al., 2021).

Povećava se laksitet zglobova zbog hormona relaksina, a fiziološka struktura prsa, kao i trupa te funkcija mišića mijenja se kako bi se prilagodila rastu fetusa (Linjuan et al., 2023; Fiat et al., 2022). Javlja se razdvajanje mišića prednje trbušne stijenke (m. rectus abdominis) koje dugoročno može negativno utjecati na položaj unutrašnjih organa, dok ostale tjelesne i fiziološke promjene mogu dovesti do emocionalnih te problema sa snom kod trudnica (Linjuan et al., 2023).

Prirast na tjelesnoj težini, posebno ukoliko je pretjeran, ima također brojne negativne učinke, ne samo na majku, nego i fetus. Osim što je povezan s većim rizikom od razvoja pretilosti, povišenim krvnim tlakom te dijabetesom utječe i na pojavu boli (Fiat et al., 2022). Bol vezana uz mišićno-koštani sustav, posebno donji dio leđa i zdjelični obruč može djelovati na strategije kako se trudnica nosi s boli tijekom poroda što čak može imati negativan učinak na ishod poroda, npr. potrebu za carskim rezom (Lan et al., 2024).

Većina mišićnokoštanih problema potvrđuje se koristeći slikovne metode kao što su rentgensko snimanje, ultrazvuk, kompjuterizirana tomografija, magnetna rezonanca i sl., od kojih neke mogu biti kontraindicirane tijekom trudnoće (Cho & Hynes, 2020). Prikupljanje informacija te provođenje mjerenja i testova u okviru fizioterapijske procjene može biti jednostavna, ekonomična i neinvazivna alternativa brzom probiru trudnica s mišićno-koštanim poremećajima (Choo & Hynes, 2020).

Cilj ovog rada je potražiti odgovore na pitanja koje je optimalno vrijeme za provođenje procjene, koja mjerenja, testove i upitnike koristiti te što znače dobiveni rezultati. Također, dat će se primjer obrasca za procjenu mišićno-koštanog sustava u trudnoći primjenjiv u kliničkim uvjetima.

OBJEKTIVAN PREGLED

Ovaj bi pregled (prilog 1.) trebao uključiti inspekciju i testove bar za procjenu funkcije zdjelice, kralježnice, te kukova. Testovi mogu biti provokacijski (bol), palpacijski (pokret), te za ispitivanje stabilnosti (funkcija) i što ih je veći broj pozitivnih, stanje je ozbiljnije (Cho & Hynes, 2020). U stabilizaciji zdjelice obruča značajnu ulogu imaju ligamenti zdjelice koji prevenčaju pretjeranu nutaciju i kontranutaciju te mišići m. gluteus maximus, m. erector spinae, mm. hamstrings i torakolumbalna fascija, kao i ligamenti sacrospinale i sacrotuberale koji na poboljšanje stabilnosti zdjelice utječu dobrim proprioceptivnim feedbackom o njenom položaju (Aldabe et al. 2012). Što se tiče lumbalne kralježnice, mogući čimbenici koji doprinose povećanju opterećenja su mehanički stres gravidne maternice koji dovodi do anteriornog pomaka centra gravitacije kao i razdvajanje mišića prednje trbušne stijenke prisutno u gotovo polovici gravidnih žena Tijekom trudnoće prava bol u kuku je rijetka i često se radi o prenesenoj bol vezanoj uz probleme s leđima i krstačnom kosti (Thabah & Ravindran, 2015).

Ostali mišićno-koštani problemi koji mogu zahtijevati provođenje mjerenja i testova su osteitis condensation crijevnice koji se opisuje kao obostrana, simetrična i trokutasta skleroza crijevnice (os ilium) uz očuvan zglobni prostor; de Quervainov tenosinovitis, stanje obilježeno upalom tetive m. abductor pollicis longus i m. extensor pollicis brevis uslijed zadržavanja tekućine u tijelu povezanog s hormonalnim promjenama tijekom trudnoće i laktacije, te sindrom karpalnog tunela, također povezan sa zadržavanjem tekućine i posljedičnim pritiskom na n. medianus (Thabah & Ravindran, 2015).

Specifični testovi i mjerenja

Patrickov test ili FABER (Flexion Abduction External Rotation) test često je primjenjivan provokacijski test u svrhu otkrivanja patologije vezane uz zglob kuka, lumbalnu kralježnicu te sakroilijakalne zglobove (SI). FABER ROM ili udaljenost lateralnog epicondyl-a femura od podloge za ispitivanje može ukazivati na ograničenje opsega pokreta uslijed krutosti zglobne čahure, spazma m. psoas major ili stražnjeg pritiska femura u acetabulum. Test se inače izvodi ležeći na leđima, stabilizira se spina iliaca anterior superior (SIAS) netestirane strane, dok se testirana noga pasivno flektira, abducira i rotira prema van u kuku te flektira u koljenu. Stopalo noge koju testiramo oslanjamo na distalni dio natkoljenice netestirane strane (Bagwell et al., 2016). Pozitivan test označava pojava boli u SI zglobov testirane strane te ograničen opseg pokreta u kuku (Dhillon et al., 2025). Bol u glutealnoj regiji također upućuje na pozitivan test, dok bol u preponi upućuje na problem sa zglobov kuka. Test ima visoku specifičnost, a moguće ga je izvoditi i u sjedećem položaju (Buchanan et al., 2021). Kao nedostaci testa navode se izostanak normativnih vrijednosti za opću populaciju, dok je FABER ROM potrebno normalizirati prema duljini natkoljenice ili koristiti inklinometar prilikom mjerenja (Bagwell et al., 2016).

U identifikaciji prednje (anteriorne) zdjelice boli moguće je koristiti slijedeće testove: MAT test i modificirani Trendelenburg, dok se za stražnju (posteriornu) zdjelicu bol koriste: Posterior Pelvic Pain Provocation test (P4), modificirani Trendelenburg test, most s ekstenzijom noge (Bridging test), četveronožni položaj s ekstenzijom noge (Fagevik Olsén et al., 2009). Također, trebaju biti ispunjeni i svi slijedeći kriteriji za prednju zdjelicu bol: povijest boli u

području simfize te bol u pubičnoj regiji tijekom palpacije simfize, dok za stražnju zdjeličnu bol: bol u stražnjem dijelu zdjelice, duboko u glutealnom području koja vremenski traje i povezana je s opterećenjem; bol koja je jasno lokalizirana u mišićima stražnjice distalno i lateralno od L5-S1 područja sa ili bez radijacije u stražnju stranu natkoljenice i koljeno, ali ne i stopalo; pozitivan neki od navedenih provokacijskih testova, pokreti u kuku i kralježnici bez ograničenja i radikulopatije te bol pri okretanju u krevetu (Fagevik Olsén et al., 2009).

MAT test izvodi se u stojećem položaju te se od trudnice traži pomicanje jedne, a zatim druge noge u smjeru abdukcije te adukcije. Pozitivan test označava pojava boli u području simfize. Trudnice ga mogu izvoditi i samostalno (Fagevik Olsén et al., 2009).

Za modificirani Trendelenburg test potrebno je stajati na jednoj nozi dok je druga flektirana u kuku i koljenu 90°. Pojava boli u SI području predstavlja pozitivan test. Test je potrebno ponoviti i s drugom nogom (Fagevik Olsén et al., 2009).

P4 test se izvodi ležeći na leđima s fleksijom u kuku dok ispitivač vrši pritisak na flektirano koljeno duž longitudinalne osi femura. Test se smatra pozitivnim ukoliko se javlja bol u SI području. Također se izvodi obostrano (Fagevik Olsén et al., 2009).

Most s ekstenzijom noge tzv. Bridging test podrazumijeva odizanje stražnjice od podloge te ekstenziju jedne, pa druge noge u koljenu. Pozitivan nalaz u ovom slučaju znači pojava boli u SI području. Kada je trudnica u četveronožnom položaju naizmjenično ispruži jednu, a zatim drugu nogu. Pozitivan test označava pojava boli u području simfize ili SI području. Svi navedeni testovi izvode se samo jednom (Fagevik Olsén et al., 2009).

Bol u donjem dijelu trbuha, tijekom hoda, nošenja tereta, penjanja uz stepenice ili okretanja u krevetu najčešći su kod razdvajanja pubičnih kostiju. Simptomi počinju obično i pogoršavaju se tijekom trećeg trimestra te nestaju nedugo nakon poroda. No, u nekim slučajevima ostaju i šest mjeseci postpartalno (Madugalle et al., 2023). Među poznatim čimbenicima rizika navode se primiparitet, višepodna trudnoća, makrosomija, produljen porod, povijest bavljenja sportom i sl. Test kojim se potvrđuje razdvajanje simfize je Pain Palpation test, ili test palpacije simfize koji se izvodi u ležećem položaju na leđima. Ispitivač vrši pritisak na simfizu te ukoliko se javi bol koja traje pet sekundi nakon prestanka pritiska i dođe do razdvajanja simfize smatra se pozitivnim (Madugalle et al., 2023).

Za procjenu funkcionalne stabilnosti koristi se Active Straight Leg Raise test (ASLR) koji se izvodi u ležećem položaju na leđima te je potrebno jednu po jednu nogu ispruženu u koljenu podići 20 cm od podloge. Od trudnice se traži na 6-stupanjskoj Likert skali (0 – bez poteškoća 5 – nemoguće izvesti) procijeniti koliko je teško bilo izvesti pokret te ako se javila bol. Koristi se kako bi razlikovali stražnju zdjeličnu od boli u lumbalnoj kralježnici (Fagevik Olsén et al., 2021).

U trudnoći se mišići prednje trbušne stijenke istežu do svoje krajnje elastične granice uzrokujući porast razmaka između dva mišića uz naprezanje/razdvajanje linea albe. Ovo se stanje naziva diastasis recti, a može biti uzrokom boli u donjem dijelu leđa, mišići pružaju manje zaštite samom fetusu te mogu dovesti do hernije organa kroz otvor u prednjem trbušnom zidu (Thabrah & Ravindran, 2015). Kako bi se stanje potvrdilo i procijenio stupanj razdvajanja mjeri se udaljenost između dva mišića u visini pupka, ispod i iznad pupka. Za mjerenje se koristi

ultrazvuk ili kaliper, dok se stanje potvrđuje palpacijom (Gluppe et al., 2021). Kod žena koje nisu rađale razmak mišića prednje trbušne stijenke do 15mm u području xiphoidnog nastavka smatra se normalnim, do 22mm 3 cm iznad pupka te do 16mm u području 2cm ispod pupka (Thabab & Ravindran, 2015).

Ostali testovi

Kako je ranije navedeno u određenog broja trudnica javlja se i de Quervainov tenosinovitis (DQD) te sindrom karpalnog tunela. Prvo stanje moguće je potvrditi koristeći Finkelstien-ov test i WHAT test dok se u potvrdi sindroma karpalnog tunela koristi Tinel-ov znak, Phallen-ov znak te evidentno propadanje mišića tenara (Fakoya et al., 2023). Finkelstein-ov test podrazumijeva da ispitivač jednom rukom čvrsto drži palac ispitanika dok drugom rukom izvodi longitudinalnu trakciju u smjeru ulnarne devijacije šake. Zbog određenih kontroverzi oko lažno pozitivnih rezultata dobivenih ovim testom preporuča se izvođenje WHAT testa, koji podrazumijeva da ispitanik uradi aktivnu hiperfleksiju ručnog zgloba i abdukciju palca dok ispitivač kažiprstom pruža otpor u suprotnom smjeru. Ukoliko je DQD prisutan javit će se bol (Fakoya et al., 2023). Druga dva provokacijska testa Tinelov i Phalenov podrazumijevaju perkusiju preko lig. transversale carpii (Tinel) izazivajući parestezije duž područja inervacije n. medianus na šaci, ili povlačenje ruke u fleksiju kako bi se provocirala ili pojačala bol (Phalen) (Bruske et al., 2002).

UPITNICI

Stres povezan s trudnoćom proizlazi iz brojnih promjena koje se događaju ženama tijekom trudnoće kao i radi brige oko poroda i zdravlja novorođenčeta. Produljen ili izražen maternalni stres povećava rizik od loših fetalnih, novorođenačkih i dojenačkih ishoda. Prenatal Distress Questionnaire (PDQ) i revidirana verzija (NuPDQ) koriste se radi identifikacije stresora s ciljem poboljšanja kvalitete zdravlja majke i djeteta (Ibrahim & Lobel, 2020). Osim stresa, sjedilački način života i tjelesna neaktivnost, koji su u porastu tijekom trudnoće, mogu biti odgovorni za niz opstetričkih komorbiditeta. Trudnice provode više od 50% vremena sjedeći, a ukupna količina tjelesne aktivnosti drastično opada od trenutka potvrde trudnoće do 3. postpartalnog mjeseca. Čak 58% svih trudnica ne ostvaruju preporučenih 150 minuta umjerene tjelesne aktivnosti tjedno (James et al., 2020). Standardizirane metode probira za procjenu spremnosti za provođenje tjelesne aktivnosti u trudnoći uključuju upitnike PARmed-X for Pregnancy i ePARmed-X+ (de Silva, 2025). Tijekom trudnoće česti su i poremećaji spavanja uz narušenu kvalitetu sna. Subjektivni osjećaj poremećaja sna, loša kvaliteta sna, nedovoljno sna noću, pospanost danju i česta buđenja noću javljaju se u gotovo 76,3% trudnica (Wong et al., 2022). Pittsburgh Sleep Quality index (PSQI) je upitnik za samoprocjenu često korišten kod navedenih poremećaja sna (Wong et al., 2022). Postoje i drugi, koji se koriste u znanstvenim istraživanjima, ali i kliničkoj praksi: Epworth Sleepiness Scale (ESS) – procjena budnosti tijekom dana i poteškoća s disanjem povezanih sa snom; STOP-BANG Questionnaire – za potvrdu apnoe tijekom spavanja; Berlin questionnaire – probir pojedinaca s rizikom za razvoj apnoe tijekom sna; Insomnia Severity Index (ISI) – procjena ozbiljnosti nesanice; International Restless Legs Syndrome Rating Scale – procjena ozbiljnosti sindroma nemirnih nogu i

odgovora na terapiju te Global Sleep Assessment Questionnaire – kod višestrukih poremećaja sna (Wong et al., 2022).

Specifični upitnici za procjenu lumbalne boli i prolaznog onesposobljenja uslijed toga, a koji su jednostavni za korištenje, imaju dobra psihometrijska svojstva, visoku valjanost i pouzdanost su Roland Morris Disability Questionnaire (RMDQ) i Oswestry Disability Index (ODI) te opći upitnik za procjenu lumbalne boli Brief Pain Inventory (BPI). Kod radikulopatija se može koristiti Neuropathic Pain Scale (NPS) i Short Form-MPQ-2 (SF-MPQ-2) koji se koristi i u procjeni akutne boli (Garg et al., 2020).

Svjetska zdravstvena organizacija definira kvalitetu života kao percepciju pojedinca vezano uz položaj koji ima u kontekstu kulture i sustava vrijednosti u kojem živi te u odnosu na vlastite ciljeve, očekivanja, standarde i brige (<https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-bref>). Moguće je procijeniti i kvalitetu života budućih roditelja tijekom trudnoće i postporođajnog perioda koristeći slijedeće upitnike: subjektivnu ocjenu zdravlja (SF-36 i SF-12) te WHOQOL-BREF.

ZAKLJUČAK

Većina mišićno-koštanih poremećaja vezanih uz trudnoću javljaju se u drugom i trećem trimestru stoga je optimalno vrijeme za prvu procjenu prvi trimestar kako bi imali osnovicu s kojom uspoređujemo slijedeće rezultate. Procjena bi trebala uključivati inspekciju, testove i mjerenja te upitnike. Testovi mogu biti provokacijski, palpacijski te oni za procjenu funkcije. Upitnici mogu imati svrhu procjenu maternalnog stresa, sna, spremnosti za provođenje tjelesne aktivnosti, stupnja onesposobljenja te kvalitete života. Što će se od predloženih objektivnih metoda procjene koristiti ovisi i o vještini i iskustvu fizioterapeuta kao i ciljevima trudnoće.

Prilog 1. Prijedlog obrasca procjene u trudnoći (Izvor: vlastita izrada)

IME I PREZIME:

GODINA RODENJA:

ZANIMANJE:

GESTACIJSKA DOB:

BROJ (ranija) PORODA:

OP ZAHVATI:

TT4g:

RR/mmHg:

PULS:

Vizualno Analožna Škala boli:

UPUTA: na liniji ispod označite jačinu boli koju osjećate (duljina 10cm)

0

bez boli

10

naizgled moguća bol

INSPEKCIJA	I TRIMESTAR			II TRIMESTAR			III TRIMESTAR		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
MJERENJA I TESTOVI									
NIVO RAMENA									
NIVO SLAS									
NIVO KOLJENA									
NIVO LOPATICA									
C LORDOZA									
L LORDOZA									
RESPIRATORNI INDEKS	A:								
	M:								
	B:								
DULJINA D. EKSTREMITETA	D:								
	L:								
OBUJAM ŠAKA	D:								
	L:								
OBUJAM POTKOLJENICA	D:								
	L:								
OBUJAM STOPALA	D:								
	L:								
PATRICKOV (FABER) test									
4P test									
TRENDELENBURG test (modificirani)									
ACTIVE STRAIGHT LEG RAISE test									
PALPACIJA SIMPIZE (0-5)									
DIJASTAZA m. rectus abdominis (2 cm maksimalno od pupka)									

NAPOMENE:

Potpis fizioterapeuta:

Vesna Šeper | BIL.TDU

LITERATURA

1. Linjuan, W., Yan, W., Yinghu, P., Qitao, T., Yaodong, G., Li, L., & Ming, Z. (2023). Review of biomechanical deviations among nonpregnant, pregnant, and postpartum cohorts. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 18, 100226.
2. Fiat, F., Merghes, P. E., Scurtu, A. D., Almajan Guta, B., Dehelean, C. A., Varan, N., & Bernad, E. (2022). The main changes in pregnancy – therapeutic approach to musculoskeletal pain. *Medicina*, 58(8), 1115.
3. Lan, Q., Fu, A. C. L., McKay, M. J., Simic, M., Castrillon, C. M., Wei, Y., & Ferreira, P. (2024). The association between musculoskeletal pain during pregnancy and pregnancy outcomes: A systematic review and meta-analyses. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 294, 180-190.
4. Ferreira, V. B., Iuamoto, L. R., & Hsing, W. T. (2021). Multidisciplinary management of musculoskeletal pain during pregnancy: A review of literature. *Journal of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine*, 4(2), 63-69.
5. Choo, H. J., Hwang, S. K., & Hynes, C. K. (2020). Musculoskeletal issues and care for pregnant and postpartum women. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 8(4), 493-500.
6. Aldabe, D., Ribeiro, D. C., Milosavljevic, S., & Dawn Bussey, M. (2012). Pregnancy-related pelvic girdle pain and its relationship with relaxin levels during pregnancy: a systematic review. *European Spine Journal*, 21(9), 1769-1776.
7. Thabab, M., & Ravindran, V. (2015). Musculoskeletal problems in pregnancy. *Rheumatology international*, 35(4), 581-587.
8. Bagwell, J. J., Bauer, L., Gradoz, M., & Grindstaff, T. L. (2016). The reliability of the FABER test hip range of motion measurements. *International journal of sports physical therapy*, 11(7), 1101–1105.
9. Dhillon, J., Hernandez, E. J., Keeter, C., & Kraeutler, M. J. (2025). The Sensitivity and Specificity for Physical Examination Tests in Diagnosing Pre-Arthritic Intra-Articular Hip Pathology Are Highly Variable: A Systematic Review. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 101117.
10. Buchanan, P., Vodapally, S., Lee, D. W., Hagedorn, J. M., Bovinet, C., Strand, N., Sayed, D., Deer, T. (2021). Successful Diagnosis of Sacroiliac Joint Dysfunction. *Journal of Pain Research*, 14, 3135–3143.
11. Fagevik Olsén, M., Gutke, A., Elden, H., Nordenman, C., Fabricius, L., Gravesen, M., Lind, A., & Kjellby-Wendt, G. (2009). Self-administered tests as a screening procedure for pregnancy-related pelvic girdle pain. *European spine journal*, 18(8), 1121-1129.
12. Fagevik Olsén, M., Körnung, P., Kallin, S., Elden, H., Kjellby Wendt, G., & Gutke, A. (2021). Validation of self-administered tests for screening for chronic pregnancy-related pelvic girdle pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 237.
13. Madugalle, T. M. S. S. B., Jayasundara, D. M. C. S., & Gunasekara, C. S. (2023). Management of symphyseal dysfunction in pregnancy and post-partum period: A review. *Sri Lanka Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 45(2).
14. Fakoya, A. O., Tarzian, M., Sabater, E. L., Burgos, D. M., & Marty, G. I. M. (2023). De Quervain's disease: a discourse on etiology, diagnosis, and treatment. *Cureus*, 15(4).

15. Bruske, J., Bednarski, M., Grzelec, H., & Zyluk, A. (2002). The usefulness of the Phalen test and the Hoffmann-Tinel sign in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Acta orthopaedica belgica*, 68(2), 141-145.
16. Gluppe, S., Engh, M. E., & Bø, K. (2021). What is the evidence for abdominal and pelvic floor muscle training to treat diastasis recti abdominis postpartum? A systematic review with meta-analysis. *Brazilian journal of physical therapy*, 25(6), 664-675.
17. Ibrahim, S. M., & Lobel, M. (2020). Conceptualization, measurement, and effects of pregnancy-specific stress: review of research using the original and revised Prenatal Distress Questionnaire. *Journal of behavioral medicine*, 43(1), 16-33.
18. James, P., Morgant, R., Merviel, P., Saraux, A., Giroux-Metges, M. A., Guillodo, Y., Dupré, P. F., & Muller, M. (2020). How to promote physical activity during pregnancy: A systematic review. *Journal of gynecology obstetrics and human reproduction*, 49(9), 101864.
19. De Silva, P. S. (2025). Exercise & Pregnancy. *Sri Lankan Journal of Sports and Exercise Medicine*, 3(1).
20. Wong, P. F., D'Cruz, R., & Hare, A. (2022). Sleep disorders in pregnancy. *Breathe*, 18(2).
21. Garg, A., Pathak, H., Churyukanov, M. V., Uppin, R. B., & Slobodin, T. M. (2020). Low back pain: critical assessment of various scales. *European Spine Journal*, 29(3), 503-518.
22. WHOQOL: Measuring Quality of Life. Dostupno na:
<https://www.who.int/tools/whoqol/whoqol-bref> (13.11.2025.).

POVEZANOST RAZINE STRESA I TJELESNE AKTIVNOSTI KOD SKIPERA**THE RELATIONSHIP BETWEEN STRESS LEVEL AND PHYSICAL ACTIVITY
AMONG SKIPPERS****Zoran Špoljarić**

Kineziološki fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

zspoljaric@kifos.hr**Sažetak**

Gotovo da i nema današnjeg zanimanja koje barem u pojedinim periodima ne podrazumijeva suočavanje sa stresom. Posao pomorca, a s time možemo poistovjetiti i pojam skipera karakterizira visoka razina stresa i tjelesnih zahtjeva. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi povezanost između razine stresa i razine tjelesne aktivnosti (TA) prilikom obavljanja poslova skipera. U ovom istraživanju uzorak je činilo 40 skipera, od toga 39 skipera i jedna skiperica. S obzirom da pod pojmom „skiperaža“ podrazumijevamo sezonski posao, svi ispitanici u trenutku provedbe istraživanja već su započeli s tekućom sezonom. Prosječna dob skipera iznosi 29,48 godina, a prosječna vrijednost skiperskog staža iznosi 4,93 godina. Svi ispitanici dobrovoljno su sudjelovali u istraživanju, te su pristupili ispunjavanju 2 međunarodna upitnika. Međunarodnim upitnikom tjelesne aktivnosti (IPAQ) upitnikom mjerila se razina tjelesne aktivnosti, dok se Perceived Stress Scale (PSS) upitnikom mjerila procijenjena razina stresa. Iako velik broj istraživanja daje oprečne rezultate, dobiveni rezultati pokazuju kako nije utvrđena statistički značajna povezanost između stresa i tjelesne aktivnosti. S obzirom na specifičan period provedbe istraživanja, kada je sezonski rad skipera tek započeo, preporuča se provedba sličnog istraživanja u kasnijem periodu sezone (kolovoz) uz uključivanje većeg broja ispitanika. Pretpostavka je da će razine stresa tada biti na višoj razini.

Ključne riječi: IPAQ, jedrenje, PSS, skiper, stres.

Abstract

There are hardly any professions today that do not, at least periodically, involve coping with stress. The work of seafarers, including skippers, is characterized by high levels of stress and physical demands. The aim of this study was to determine the relationship between stress level and physical activity (PA) among skippers during their professional duties. The sample consisted of 40 skippers—39 males and one female. As skippering is considered a seasonal occupation, all participants had already started their current sailing season at the time of data collection. The average age of the participants was 29.48 years, while their average professional experience as skippers was 4.93 years. All participants voluntarily took part in the study and completed two internationally validated questionnaires. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) questionnaire was used to assess the level of physical activity, while the Perceived Stress Scale (PSS) questionnaire measured the perceived level of stress. Although numerous studies report conflicting results, the findings of this research indicated no statistically significant relationship between stress and physical activity. Considering the specific timing of the study—at the very beginning of the sailing season—it is recommended

to conduct similar research later in the season (e.g., in August) with a larger sample size. It is assumed that stress levels would then be higher.

Keywords: IPAQ, PSS, sailing, skipper, stress.

UVOD

U današnjici gotovo da i nema zanimanja koje u svom radu ne podrazumijeva stresne periode. Stres na različite načine utječe na psihičko i fizičko zdravlje, a povećanjem razine stresa u svakodnevnom životu postavlja se pitanje kvalitete funkcioniranja i prosuđivanja različitih životnih situacija (Nezirević, 2015). Hudek - Knežević i sur. (2006) ističu kako s emocionalnog stajališta stresne situacije koje se dešavaju na poslu mogu postati negativno iskustvo stoga se povezuju s anksioznošću, ljutnjom, depresijom, napetošću i sl. Samim time stres u poslovnom okruženju predstavlja fenomen koji uz određeno emocionalno stanje nastaje neravnotežom zahtjeva posla i mogućnosti da pojedinac na njih odgovori. Svaki od pojedinaca različite situacije percipira drugačije, stoga ovisno o osobnim karakteristikama pojedinca ovisi hoće li neka od situacija postati stresor za pojedinca. Ukoliko stres ne može biti potpuno uklonjen, od velike važnosti je primjereno pristupanje i tretiranje izvora stresa (Perak i Barić, 2014). Postoji velik broj teorija suočavanja stresom, no najčešće se može podijeliti na 2 načina: 1. način je konfrontacijsko, koji govori kako je pozornost potrebno usmjeriti prema rješavanju problema, dok 2. način (palijativni) govori kako je pozornost potrebno usmjeriti prema emocijama (Hudek-Knežević i Kardum, 2006; Havelka, 1998).

Fenomen stresa česta je tema koja se obrađuje u zanimanjima kao što su naprimjer nastavničko ili odgajateljsko (Možnik Milošević i Možnik, 2021; Živčić-Bečirević i Smojver-ažić, 2005; Wiley, 2000, Chen i Miller, 1997), no pretragom baza podataka nisu utvrđeni radovi koji se bave povezanošću stresa i tjelesne aktivnosti (u daljnjem tekstu TA) kod skipera. Posao skipera u svom opisu pruža usluge voditelja brodice ili jahte koji je glavna i odgovorna osoba na brodu. Skiper mora posjedovati dobre socijalne vještine te razviti odnos uzajamnog povjerenja između njega i gosta što ponekad zna biti izrazito teško. Osim pristupačnosti i nadasve pristojnosti prema gostima i ostalim akterima koji djeluju na moru, ovakav posao iziskuje najvišu razinu pozornosti i opreza. S obzirom da posao skipera možemo poistovjetiti s poslovima pomorca, tada je broj pronađenih radova nešto veći, no i dalje se često zanemaruje problematika stresa kod ovakvih zanimanja (Petričević i Medarić, 2014). Pomorstvo se u literaturi navodi kao stresno zanimanje u kojem je potrebno ispunjavati visoke zahtjeve (McVeigh i sur., 2019; Iversen, 2012). Đurović (2004) navodi kako se kod pomoraca koji se tim zanimanjem bave dugotrajno (10 i više god) jasno javljaju stresni efekti koji mogu dovesti do pojave traumatizma i drugih poremećaja. Krajnji cilj ovakvih radova većinom je predlaganje određenih metoda intervencije kojima će se utjecati na stresna stanja pojedinca u različitim područjima rada. Ukoliko uspoređujemo različita zanimanja možemo uvidjeti kako razine stresa mogu biti jednake, no izrazito je važno sagledati širu sliku stresa na poslu. Pojedini poslovi ne dopuštaju da je stres na razini koji nam smanjuje kvalitetu prosudbe, reakcije i kvalitetu donošenja odluka, a posao skipera možemo smatrati jednim od takvih. Stres kod skipera može utjecati upravo na moć prosudbe i djelovanje što može dovesti do fatalnih posljedica. Stres kod skipera dominantno dolazi iz nekoliko pravaca, a to su: nepogodni vremenski uvjeti, lošiji odnos s gostima, pritisci od strane charter tvrtki čijim ploviлом upravljate i loši uvjeti života (nepravilni

obroci, loši uvjeti sna). Erak (2020) također navodi kako su razdvojenost od obitelji, klaustrofobija, loša prehrana, nedostatak sna, promjena posade jedni od glavnih razloga pojave stresa na brodu.

S obzirom da skiperski posao podrazumijeva jedrenje i aktivniji način života, redovita TA može biti jedan od načina kontrole stresora i smanjenja stresora. Mens sana in corpore sano predstavlja latinsku poslovicu te jako dobro opisuje važnost tjelesnog i duhovnog zdravlja, ali i povezanost te dvije sastavnice (Pedersen, 2019). Contrada i Baum (2010) ističu kako vježbanje pomaže u smanjenju anksioznosti i razine stresa. Također stres utječe na hormonalnu reakcije organizma, a jedna od takvih je lučenje kortizola. Kortizol predstavlja hormon stresa, a vježbanje sprječava lučenje kortizola, čime se povoljno utječe na psihofizičko zdravlje (Contrada i Baum, 2010). Tjelovježba doprinosi otpuštanju molekula endorfina što doprinosi smanjenju stresa (Yang i Chen, 2018). Redovita TA smanjuje percepciju stresora čime se smanjuje osjetljivost, a povećava otpornost na stres. Osim toga ublažavaju se učinci stresnih situacija (Grošić i Filipčić, 2019; Paluska i Schwenk, 2000) te doprinosi razvoju samopouzdanja (Byrne i Byrne, 1993) što je bitno za daljnje funkcioniranje te predstavlja važnu karakteristiku jednog skipera. Osim toga Grošić i Filipčić (2019) ističu i razvoj osobina kao što su: odlučnost, prisebnost, timski rad, discipliniranost i odgovornost koje se javljaju kao benefiti tjelovježbe, a usko su povezane s željenim karakteristikama skipera. Stresne situacije sastavni su dio „skiperaža“ iz razloga što postoji mnogo faktora (vremenska prognoza, zahtjevi gostiju, dugotrajan period rada) na koje nemate direktan utjecaj te su takve situacije vrlo česte. Prosudba donošenja kvalitetnih odluka predstavlja jednu od najvažnijih odlika skipera.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi povezanost između razine stresa i razine TA prilikom obavljanja poslova skipera.

Sukladno određenom cilju postavljene su sljedeće hipoteze:

- H1 – postoji statistički značajna povezanost između ukupne razine stresa, ukupne razine tjelesne aktivnosti i kategorija tjelesne aktivnosti
- H2 – postoji statistički značajna povezanost između kategorija stresa, ukupne razine tjelesne aktivnosti i kategorija tjelesne aktivnosti

METODE RADA

U ovom istraživanju ukupno je sudjelovalo 40 ispitanika. Ukupno je sudjelovalo 39 skipera i 1 skiperica i to u rasponu od 22 do 29 godina starosti. Uzorak je prigodno odabran te su u anketi sudjelovali isključivo ispitanici koji su u točno određenom vremenskom periodu radili kao skiperi na brodu. Skiperi koji još nisu započeli s ovosezonskim radom nisu bili uključeni u istraživanje. Ispitanici su različite životne dobi, različitog staža i stručne spreme (SSS, VŠS i VSS). Sudjelovanje u istraživanju bilo je dobrovoljno, a poziv za sudjelovanje bio je upućen putem društvenih mreža i komunikacijskih kanala (Whatsapp grupe). U istraživanju su sudjelovali ispitanici iz različitih zemalja stoga su korišteni upitnici na engleskom jeziku, a svi ispitanici u cijelosti su ispunili upitnike. Za pojedine varijable (dob, iskustvo plovidbe, staž, ukupna razina TA u met minutama, kategorije TA, ukupna razina stresa, kategorije stresa) izračunati su deskriptivni pokazatelji. Za željene varijable izračunata je aritmetička sredina

(AS), standardna devijacija (STD), minimum (MIN) i maksimum (MAX). Osim deskriptivnih pokazatelja, u tablici 1 sadržane su i vrijednosti normalnosti distribucije. Normalnost distribucije utvrđena je Shapiro-Wilk W testom. Za utvrđivanje povezanosti korišten je Spearmanov koeficijent korelacije (r). Rezultati u testu normalnosti prikazuju nam kako sve varijable osim varijable „ukupna razina stresa“ ($p=0,89815$) nisu normalno distribuirane.

Promatrane kriterijske varijable bile su: ukupna razina stresa i kategorija stresa (PSS KATEGORIJE), dok su prediktorske varijable bile: ukupna razina TA (UKUPNO MET MIN) i kategorije TA (IPAQ KATEGORIJE)

Nakon što je izvršen sustavni pregled znanstvenih i stručnih radova koji su povezani uz temu ovog istraživanja pristupilo se prikupljanju željenih podataka. Podaci su prikupljeni online, putem Google Forms obrazaca. Na početku ankete ispitanici su odgovarali na opća pitanja, dok su kasnije ispunjavali 2 međunarodna upitnika. Sukladno postavljenim ciljevima korišteni su sljedeći upitnici. Za procjenu razine TA korištena je međunarodna verzija IPAQ upitnika - kraća verzija (Craig i sur., 2003), dok je za mjerenje percepcije stresa korištena međunarodna verzija PSS (Perceived Stress Scale) upitnika (Cohen i Williamson, 1988). Istraživanje je odobreno od strane etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

IPAQ upitnik (kratka verzija) se sastoji od 7 pitanja. Pitanja su konstruirana na način da obuhvaćaju TA različitih intenziteta u trajanju od najmanje 10 minuta i to u proteklom periodu od 7 dana. Cilj ovog upitnika je procijeniti razinu intenzivne i umjerene TA te hodanja, a ispitanici vremenski iskazuju rezultate aktivnosti (npr. u posljednjih 7 dana, 2 dana sam sudjelovao u aktivnosti visokog intenziteta). S obzirom na smjernice IPAQ upitnika (IPAQ, 2005), dobiveni rezultati izraženi su u MET minutama po tjednu (MET/tjedan).

PSS upitnik se sastoji od 10 pitanja. Ovim upitnikom procjenjuje se osjećaj nemogućnosti kontrole događaja i osjećaj preopterećenosti u posljednjih mjesec dana, a ispitanici zaokružuju odgovore prema Likertovoj ljestvici od 0-4 (0-nikad, 1-skoro nikad, 2-ponekad, 3-prilično često, 4-jako često). Sva pitanja osim 4, 5, 6 i 8 vrednuju se sukladno zaokruženim odgovorima (npr. odgovor 0 - 0 bodova), dok se ostala pitanja vrednuju obrnuto (npr. odgovor 4 - 0 bodova)

REZULTATI

U tablici 1 prikazani su deskriptivni pokazatelji uzorka. Aritmetička sredina starosne dobi ovog uzorka je 29,48, dok je raspon dobi od 22 do 49 godina. Varijabla iskustvo predstavlja nam broj godina u plovidbi, a prosječna vrijednost iznosi 6,55 godina. Varijabla staž predstavlja broj godina obavljanja posla na poziciji skipera. Prosječna vrijednost staža iznosi 4,93 godine. Kod varijable staž, kao i kod varijable iskustvo, minimalna vrijednost iznosi 1. Varijabla ukupno met minuta označava ukupnu količinu met minuta po tjednu bez obzira na kategoriju aktivnosti. Iz te varijable možemo iščitati da prema prosječnoj vrijednosti ispitanike dominantno možemo svrstati u 2. kategoriju, tj. umjereno intenzivnu TA. Kada pogledamo prosjek kategorija u koju većina ispitanika spada, tada možemo jednako tako zaključiti da većina ispitanika spada u 2. kategoriju (umjereno intenzivna TA) s tendencijom prelaska u 3. kategoriju (visoko intenzivna TA). Ukupna razina stresa iznosi 14,05 što bi značilo da je razina stresa kod ispitanika na donjoj granici 2. razine, tj. umjerene razine stresa. Najveće vrijednosti rezultata razine stresa iznose

25, čija vrijednost spada u 2. razinu (umjerena razina stresa), no vrlo blizu 3. kategorije (visoka razina stresa ≥ 26) i to kod ispitanika starosti 31. godinu s 10 godina iskustva u plovidbi. Ispitanici su s obzirom na kategoriju razine stresa (PSS KAT), jednako raspoređeni u 1. i 2. kategoriju stresa (niska i umjerena razina).

Tablica 1. Deskriptivna statistika

Varijable	Broj ispitanika	Aritmetička sredina	Minimum	Maksimum	Standardna devijacija
Dob	40,00	29,48	22,00	49,00	6,34
Iskustvo	40,00	6,55	1,00	22,00	5,68
Staž	40,00	4,93	1,00	20,00	4,55
UKUPNO MET MIN	40,00	2599,70	438,00	8622,00	1743,85
IPAQ KATEGORIJE	40,00	2,20	1,00	3,00	0,52
Ukupna razina stresa	40,00	14,05	5,00	25,00	4,34
PSS KATEGORIJE	40,00	1,50	1,00	2,00	0,51

Ukupno met min – ukupna razina tjelesne aktivnosti; IPAQ kategorije – kategorija tjelesne aktivnosti; PSS kategorije – kategorija stresa.

U tablici 2 prikazane su vrijednosti korelacije između varijabli razine stresa, kategorije stresa, ukupne razine TA i kategorije TA. Statistički značajna povezanost utvrđena je isključivo između ukupne razine tjelesne aktivnosti (ukupno met minuta) i kategorije tjelesne aktivnosti što i podrazumijeva konstrukcija i računanje rezultata u samom upitniku. Dakle veća razina tjelesne aktivnosti svrstava osobu u veću kategoriju aktivnosti, poštujući zadane brojčane okvire. Jednako tako, utvrđena je statistički značajna povezanost između ukupne razine stresa i kategorijama stresa, što kao i kod varijabli ukupne i kategorijske razine TA odgovara konstrukciji i računanju rezultata u PSS upitniku. Između ostalih varijabli nije utvrđena statistički značajna razlika. Daljnjom obradom podataka s ciljem utvrđivanja povezanosti varijabli sa ukupnim stresom i kategorijama stresa, najveća vrijednost povezanosti utvrđena je između varijable dob i varijable PSS KAT, a iznosi 0,293 što predstavlja gotovo graničnu vrijednost prema umjerenoj razini povezanosti.

Tablica 2. Korelacija ukupne razine stresa, kategorija stresa (PSS KATEGORIJE), ukupne razine TA i kategorija TA (IPAQ KATEGORIJE)

Varijable	Spearmanovi koeficijenti korelacije rangova Nedostajući podaci uklonjeni su metodom parnog brisanja Označene korelacije statistički su značajne na razini $p < ,05000$			
	UKUPNO MET MIN	IPAQ KATEGORIJE	Ukupna razina stresa	PSS KATEGORIJE
UKUPNO MET MIN	1,00	0,80	0,09	0,00
IPAQ KATEGORIJE	0,80	1,00	0,16	0,12
Ukupna razina stresa	0,09	0,16	1,00	0,87
PSS KATEGORIJE	0,00	0,12	0,87	1,00

Ukupno met min – ukupna razina tjelesne aktivnosti; IPAQ kategorije – kategorija tjelesne aktivnosti; PSS kategorije – kategorija stresa.

RASPRAVA

Iako se pomorstvo ističe kao grana koju karakteriziraju visoki zahtjevi i visoka razina stresa (Alderton i sur., 2004; Carotenuto, 2012) u ovom radu nisu potvrđene jednake tvrdnje. Prosječne vrijednosti stresa na ovom uzorku ispitanika ukazuju nam kako razina stresa nije velika, te se ona nalazi na donjoj granici umjerene razine stresa. S obzirom na period godine posao skipera još nije u punom jeku, te u ovom trenutku poslove obavljaju kvalitetniji skiperi, samim time vjerojatno postoji manji broj stresora koji utječu na skipera ili je percepcija tih stresora na manjoj razini. Pretpostavka je da bi u periodu mjeseca kolovoza, ili pred sam završetak sezone razina stresa bila na višoj razini. Također, ako pomorstvo percipiramo kao aktivnost zahtjeva visokog intenziteta, možemo zaključiti kako ova tvrdnja može biti samo djelomično potvrđena. 25 % skipera nalazi se u visokoj kategoriji aktivnosti, dok je ostatak raspoređen u kategorije umjerene (70%) i niske razine aktivnosti (5%). Shodno tome posao skipera možemo svrstati u kategoriju umjereno - visokog intenziteta aktivnosti. Veliki broj istraživanja dokazuje povezanost stresa i razine tjelesne aktivnosti, te se ona navodi kao učinkovit način smanjenja stresa (Alsallhe i sur., 2020; Horvat, Pukljak Iričanin i Jakuš, 2013). U ovom radu nije potvrđena statistički značajna povezanost između stresa i TA čime ne možemo govoriti o potvrdi postavljenih hipoteza. Najveća povezanost uočena je između kategorija TA i dobi, pa sa niskom razinom značajnosti možemo govoriti o utjecaju dobi na razinu kategorije stresa. S obzirom na rezultate razina kategorije stresa biti će nešto veća s povećanjem dobi skipera. Jedvaj (2022) u svom radu također je proučavala povezanost stresa i tjelesne aktivnosti, ali kod fizioterapeuta, no također nije utvrđena statistički značajna povezanost ove dvije varijable. Slično istraživanje proveli su Možnik i sur. (2021) na uzorku odgojiteljica te su također utvrdili kako nema povezanosti između stresa i razine TA, a povezanost istih varijabli nije utvrdila ni Vulić (2021) na studentima u vrijeme COVID 19 pandemije.

ZAKLJUČAK

Temeljem ovog istraživanja zaključuje se kako ne postoji povezanost između razine stresa i razine tjelesne aktivnosti. Preporuča se provedba istraživanja s većim brojem ispitanika. Potrebno je uzeti u obzir i druge faktore kao što su vremenski uvjeti (vjetar, valovi), duljina ukupnog perioda rada i slične koji može bitno utječu na razinu stresa. Kako bismo dobili potpuniju sliku razloga stresa i odnosa stresora i ostalih čimbenika također u istraživanje se može uključiti i upitnik intenziteta izgaranja na poslu (Ajduković i Ajduković, 1994), iz razloga što viši stupanj izgaranja posljedično utječe na razinu stresa (Možnik, Milošević i Možnik, 2021). S obzirom da zbog karakteristika posla većinu skipera možemo svrstati u grupu umjereno do visoko aktivne populacije, u daljnjim istraživanjima preporuča se koristiti širu verziju IPAQ upitnika kako bi se dobili precizniji podaci aktivnosti i temeljem čijih rezultata bi se provjeravala povezanost utjecaj na razinu stresa. Nadasve, razine stresa zasigurno bi bile drugačije od dobivenih mjera kada bi se istraživanje provelo pred kraj sezone, kada je period bivanja udaljen od obitelji i doma veći, možemo pretpostaviti da je tada i intenzitet izgaranja veći. Također pretpostavka je da pred kraj sezone dolazi do zasićenja skipera i promjene odnosa prema radu. Sve te spoznaje dodatno bi doprinijele prevenciji i pravovremenoj reakciji prilikom upravljanja stresnim situacijama čime se direktno utječe na kvalitetu skipera i njegovih usluga.

LITERATURA

1. Aiduković, M., & Aiduković, D. (1996). Upitnik intenziteta izgaranja na poslu. Društvo za psihološku pomoć.
2. Alderton, T., Bloor, M., Kahveci, E., Zhao, M., Lane, T., Sampson, H., & Wu, B. (2004). The global seafarer: Living and working conditions in a globalized industry. International Labour Organization.
3. Alsalhe, T. A., Aljaloud, S. O., Chalghaf, N., Guelmami, N., Alhazza, D. W., Azaiez, F., & Bragazzi, N. L. (2020). Moderation effect of physical activity on the relationship between fear of COVID-19 and general distress: A pilot case study in Arabic countries. *Frontiers in Psychology*, 11, 570085.
4. Byrne, A., & Byrne, D. G. (1993). The effect of exercise on depression, anxiety, and other mood states: A review. *Journal of Psychosomatic Research*, 37, 565–574.
5. Carotenuto, A., Molino, I., Fasanaro, A. M., & Amenta, F. (2012). Psychological stress in seafarers: A review. *International Maritime Health*, 63(4), 188–194.
6. Chen, M., & Miller, G. (1997). Teacher stress: A review of the international literature (ERIC Document ED 410 187).
7. Cohen, S., & Williamson, G. (1988). Perceived stress in a probability sample of the United States. In S. Spacapan & S. Oskamp (Eds.). *The social psychology of health*, 31–68.
8. Contrada, R., & Baum, A. (Eds.). (2010). *The handbook of stress science: Biology, psychology, and health*. Springer Publishing Company.
9. Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., & Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(8), 1381–1395.

10. Erak, P. K. (2020). Zaštita dostojanstva i zdravlja radnika (Diplomski rad). Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu.
11. Grošić, V., & Filipčić, I. (2019). Tjelesna aktivnost u poboljšanju psihičkog zdravlja. *Medicus*, 28(2), 197–203.
12. Havelka, M. (1998). Zdravstvena psihologija (nastavni tekstovi). Zagreb: Zdravstveno veleučilište.
13. Horvat, M., Pukljak Iričanin, Z., & Jakuš, L. (2013). Redovitost tjelesne aktivnosti u populaciji studenata fizioterapije. *Medix*, 19(104/105), 261–263.
14. Hudek-Knežević, J., & Kardum, I. (2006). *Stres i tjelesno zdravlje*. In Naklada Slap (pp. 13–32).
15. Hudek-Knežević, J., Krapić, N., & Kardum, I. (2006). Burnout in dispositional context: The role of personality traits, social support and coping styles. *Review of Psychology*, 13(2), 65–73.
16. IPAQ. (2005). Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and long forms.
17. Iversen, R. T. (2012). The mental health of seafarers. *International Maritime Health*, 63(2), 78–89.
18. Jedvaj, H. (2022). Tjelesna aktivnost i stres fizioterapeuta za vrijeme pandemije COVID-19 (Diplomski rad). Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci.
19. McVeigh, J., MacLachlan, M., Vallières, F., Hyland, P., Stilz, R., Cox, H., & Fraser, A. (2019). Identifying predictors of stress and job satisfaction in a sample of merchant seafarers using structural equation modeling. *Frontiers in Psychology*, 10, 70.
20. Možnik, M., Milošević, M., & Možnik, M. (2021). Profesionalno izgaranje i tjelesna aktivnost odgojiteljica u Dječjem vrtiću Jarun. *Sigurnost*, 63(1), 37–45.
21. Nezirević, E. (2015). Stres na poslu: Strategije suočavanja, oporavak i emocionalna dobrobit (Diplomski rad). Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
22. Paluska, S. A., & Schwenk, T. L. (2000). Physical activity and mental health – Current concepts. *Sports Medicine*, 29(3), 167–180.
23. Pedersen, B. K. (2019). Physical activity and muscle–brain crosstalk. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(7), 383–392.
24. Perak, J., & Barić, R. (2014). Razlike u strategijama suočavanja sa stresom muških i ženskih sportskih trenera. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 29(1), 28–35.
25. Petričević, A., & Medarić, D. (2014). Das Recht der Arbeitnehmer auf menschenwürdige Arbeit und eine stressfreie Arbeitsumgebung. *Pravni vjesnik*, 30(2), 405–419.
26. Vulić, P. (2021). Povezanost tjelesne aktivnosti s mentalnim zdravljem studenata tijekom pandemije bolesti COVID-19 (Diplomski rad). Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek.
27. Wiley, C. (2000). A synthesis of research on the causes, effects, and reduction strategies of teacher stress. *Journal of Instructional Psychology*, 27(2), 80–87.
28. Yang, C. L., & Chen, C. H. (2018). Effectiveness of aerobic gymnastic exercise on stress, fatigue, and sleep quality during postpartum: A pilot randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*, 77, 1–7.

PRIMJENA VOJTA TERAPIJE U KONZERVATIVNOM LIJEČENJU OSTEITISA PUBISA KOD SPORTAŠA: PREGLED LITERATURE I KLINIČKA OPAŽANJA

APPLICATION OF VOJTA THERAPY IN CONSERVATIVE TREATMENT OF OSTEITIS PUBIS IN ATHLETES: A LITERATURE REVIEW AND CLINICAL OBSERVATIONS

Josip Šubarić

Veleučilište Ivanić-Grad

jsubaric@vsig.hr

Dora Pavliša

Veleučilište Ivanić-Grad

dora.pavlisha1312@gmail.com

Teo Brkić

Veleučilište Ivanić-Grad

teo.brkic00@gmail.com

Sažetak

Uvod: Osteitis pubis predstavlja čestu upalno-degenerativnu bolest pubične simfize i okolnih struktura, osobito kod sportaša koji izvode repetitivne pokrete visokog opterećenja poput sprintanja, udaraca i naglih promjena smjera. Konzervativno liječenje, uključujući odmor, farmakološku terapiju i individualizirane fizioterapijske programe je prva terapijska opcija sa dobrim ishodom u većini slučajeva. Međutim, nedostatak standardiziranih protokola i varijabilnost u rezultatima naglašavaju potrebu za istraživanjem novih pristupa. Vojta terapija, zasnovana na principima refleksne lokomocije i aktivaciji dubokih posturalnih mišića, pokazala je pozitivne učinke na motoričku funkciju, posturalnu kontrolu i stabilnost trupa u različitim neurološkim i muskuloskeletnim stanjima. *Cilj* rada je prikazati znanstvene literature o Vojtinoj metodi i kako ona djeluje na posturalnu stabilnost, te analizirati potencijalnu primjenjivost njenih mehanizama u konzervativnom liječenju osteitisa pubisa kod sportaša. Dodatno, rad uključuje klinička opažanja autora o značajnom smanjenju boli i brzom povratku sportskoj aktivnosti nakon primjene Vojta terapije. *Zaključak:* Iako ne postoje studije koje izravno istražuju primjenu Vojta terapije kod osteitisa pubisa, dokazi iz drugih područja ukazuju da ona može unaprijediti posturalnu stabilnost i mišićnu aktivaciju, što je ključno u rehabilitaciji ove dijagnoze. Klinička iskustva sugeriraju da Vojta terapija može predstavljati obećavajuću nadopunu postojećim konzervativnim protokolima, no potrebna su prospektivna istraživanja i kontrolirane studije kako bi se potvrdila njena učinkovitost u sportskim populacijama s osteitisom pubisa.

Ključne riječi: *neuromotorna kontrola, posturalna stabilnost, preponska bol, pubalgija, refleksna lokomocija.*

Abstract

Introduction: Osteitis pubis represents a common inflammatory-degenerative disease of the pubic symphysis and surrounding structures, especially in athletes who perform repetitive high-load movements such as sprinting, kicking, and sudden changes of direction. Conservative treatment, including rest, pharmacological therapy, and individualized physiotherapy programs, is the primary therapeutic option, offering positive outcomes in most cases. However, the lack of standardized protocols and variability in results highlight the need to explore alternative approaches. Vojta therapy, based on the principles of reflex locomotion and activation of deep postural muscles, has shown positive effects on motor function, postural control, and trunk stability in various neurological and musculoskeletal conditions. *The aim* of this paper is to review the literature on the application of Vojta therapy in various clinical populations and to analyze its potential applicability in the conservative treatment of osteitis pubis in athletes. In addition, the authors' clinical observations of significant pain reduction and rapid return to sports activity after the application of Vojta therapy is also discussed. **Conclusion:** Although there are no studies directly investigating the use of Vojta therapy in osteitis pubis, evidence from other fields suggests that it can improve postural stability and muscle activation, which is crucial in the rehabilitation of this diagnosis. Clinical observations indicate that Vojta therapy may represent a promising addition to existing conservative protocols, but prospective research and controlled studies are needed to confirm its effectiveness in athletic populations with osteitis pubis.

Keywords: *neuromotor control, postural stability, groin pain, pubalgia, reflex locomotion.*

UVOD

Osteitis pubis je neinfektivna upalno-degenerativna bolest koja zahvaća pubičnu simfizu i okolne strukture. Uzrokuje bol, smanjenu stabilnost zdjelice i ograničenu pokretljivost. Obično se javlja kod sportaša koji stalno ponavljaju iste dinamične pokrete sa promjenom smjera: primjerice nogometaša, hokejaša ili trkača (Kavroudakis et al., 2011; Williams, Thomas i Downes, 2015). Simptomi obuhvaćaju nelagodu i bol u središnjem dijelu prepone, koja se pojačava tijekom aktivnosti, osjetljivost na dodir iznad simfize te manju snagu aduktora (McAleer et al., 2017). Uzrok nastanka simptoma je u nesrazmjeru snage između trbušnih mišića i aduktora. Pretjerani naponi uz stalne sitne ozljede izazivaju upalni proces, edem kosti i ožiljno tkivo u području simfize (Paajanen, Hermunen i Karonen, 2008). Dok se mnogi sportaši oporave nakon konzervativnog liječenja, 5-10% ipak razvije kronični oblik koji sprječava povratak sportskim aktivnostima (Waddell, Di Nardo i Coelho, 2023). Konzervativno liječenje znači pauzu od treninga, protuupalne lijekove, krioterapiju te vježbe koje jačaju stabilnost trupa i zdjelice. Protokoli često sadrže redovito povećavanje opterećenja za trbušne mišiće i aduktorne mišiće, manualnu terapiju kao i ispravljanje grešaka pri hodanju ili trčanju (McAleer et al., 2017). Iako puno ljudi dobro reagira, zbog mnoštva smjernica i razlika među pojedincima, potrebno je više istraživanja o drugim mogućnostima terapijskih metoda. Jedan od načina koji bi mogao vratiti neuromišićnu kontrolu i stabilnost trupa je Vojtina metoda, a zove se još i refleksna lokomocija (Vojta, Peters, 2007). Ideja Vojta terapije je da pritisak točno odabranih područja dok osoba leži u specifičnim položajima pokreće urođene motoričke obrasce. Zbog toga dolazi do refleksne sinkronizirane aktivacije dubokih trbušnih, leđnih,

zdjelčnih i disajnih mišića (Kim, Oh i Park, 2017). Iako su je najčešće koristili kod djece s neurološkim teškoćama, mehanizmi djelovanja mogu funkcionirati kada govorimo o rehabilitaciji muskuloskeletnih poremećaja poput osteitisa pubisa. Kroz takvo aktiviranje refleksnih obrazaca sustav reagira globalno: cijelo područje zdjelice postaje stabilnije, pa manje opterećuje simfizu i spojeve oko nje (Štochl et al., 2022; Straková et al., 2024).

Cilj ovoga rada je prikazati pregled znanstvene literature o Vojtinoj metodi i kako ona djeluje na posturalnu stabilnost, dok se u drugom dijelu razmatra mogućnost uporabe njezinih osnova u konzervativnom pristupu osteitisa pubisa među sportašima. Uz to, sadržaj obuhvaća praktična zapažanja autora nakon liječenja 30 nogometaša liječenih Vojta terapijom zbog osteitisa pubisa.

METODE ISTRAŽIVANJA

Ova studija napravljena je retrospektivno, s prikupljanjem slučajeva i dodavanjem pregledne analize dostupne literature. Ovakav način omogućio je prikupljanje postojećih informacija iz rehabilitacijskih kartona sportaša koji su prolazili rehabilitaciju u svakodnevnom kliničkom radu. Istodobno su detaljno razmotreni znanstveni članci vezani za Vojta terapiju te konzervativnim pristupima u liječenju osteitisa pubisa.

Pretražene su baze podataka PubMed, Scopus, Google Scholar i SpringerLink. Korištene su ključne riječi: Vojta terapija, refleksna lokomocija, stabilnost trupa, upala simfize, bol u preponama, vježbe za oporavak nakon ozljeda i ravnoteža zdjelice. Obuhvaćeni su članci objavljeni od 2010. do 2025. godine, napisani na engleskom jeziku te s punim pristupom tekstu.

U analizu je uključeno 30 nogometaša koji su u periodu između 2019. i 2025. godine dolazili na fizioterapiju te kojima je liječen upalni proces na simfizi zdjelice. Svaki nogometaš je ispunio anketni upitnik, koji je imao 4 pitanja. Pitanja su se odnosila na spol, dob, zastupljenost boli te vrijeme povratka punim sportskim aktivnostima. Provedeni su klinički testovi squeeze test, FABER test te palpacija boli. Za procjenu boli također je korištena vizualna analogna skala boli (VAS skala) s rasponom od 0 do 10, pri čemu 0 znači da nema bolova, a 10 označava najjaču bol. Dodatno, svaki pojedinac je imao MR nalaz gdje je vidljiv edem kosti u području pubične simfize, ponekad uz oštećenja tetiva unutarnjih mišića bedara, čime je potvrđena klinička dijagnoza osteitis pubične kosti. Procjena je napravljena na početku terapije, te je nakon mjesec dana liječenja pomoću Vojta tretmana napravljena reevaluacija.

REZULTATI

Dob nogometaša je bila između 18 i 27 godina. Svi ispitanici su bili muškog spola. Na samom početku mjerenja, bez izuzetka, svi ispitanici su ocjenjivali svoju bol kao ocjenu devet ili deset na VAS skali (0–10), što označava jaku bol (Tablica 1). Sve vrijednosti početnog mjerenja (početna fizioterapijska procjena) prikazana su u Tablici 1.

Terapija je uključivala Vojta metodu koja se provodila svaki dan, pet puta tjedno, tijekom četiri uzastopna tjedna. Svaka terapija trajala je 45 minuta, fokusirana na refleksno pokretanje globalnih motoričkih obrazaca prema Vojtinim principima. Glavni cilj bio je poboljšanje posturalne kontrole i stabilnosti zdjelice.

Nakon završena četiri tjedna (Tablica 1) terapije po Vojta metodi, 28 od 30 igrača, dakle 93%, nije više uopće osjećalo bol (VAS 0–1), dok su se dva igrača, što čini 7%, izjasnila kako im je djelomično bolje odnosno nema napretka. Jedan igrač ocijenio je preostalu bol ocjenom pet od deset, dok drugi igrač nije primijetio napredak naspram početnog mjerenja.

Kod preostalih 28 sportaša, svi klinički testovi pokazali su potpuno poboljšanje rezultata. Na kraju terapije svi testovi su bili negativni ili su izazivali minimalnu nelagodu (0–1/10). Svi igrači osim jednog, ponovno su započeli punu sportsku aktivnost već mjesec dana nakon liječenja.

Prilikom nadzora tijekom sljedećih šest tjedana, nikome se simptomi nisu vratili, a dodatne terapije nisu bile potrebne. Navedeni podatci jasno pokazuju kako Vojta terapija ima visok stupanj učinkovitosti u smanjenju boli i poboljšanju funkcionalne sposobnosti sportaša s osteitis pubisom. Rezultati su postignuti u relativno kratkom vremenu, što Vojta terapiju postavlja kao veliki potencijal u konzervativnom liječenju ovakvih bolnih sindroma.

Tablica 1. Promjene u intenzitetu boli i rezultatima kliničkih testova nakon Vojta terapije

Parametar	Prije terapije (M $\pm$ SD)	Nakon terapije (M $\pm$ SD)	Promjena (Δ)
VAS bol (0–10)	9.6 $\pm$ 0.5	0.6 $\pm$ 1.2	–9.0
Palpacija simfize (0–10)	9.5 $\pm$ 0.5	0.7 $\pm$ 1.0	–8.8
Squeeze test (0–10)	9.7 $\pm$ 0.5	0.8 $\pm$ 1.1	–8.9
FABER test (0–10)	9.6 $\pm$ 0.5	0.8 $\pm$ 1.0	–8.8
Vrijeme povratka sportskim aktivnostima	—	4.0 $\pm$ 0.0 tjedna	—

Legenda: M – aritmetička sredina, VAS – vizualna analogna skala boli, SD – standardna devijacija, Δ – promjena vrijednosti nakon terapije u odnosu na početno mjerenje

RASPRAVA

Klinička promatranja u ovom radu jasno ukazuju kako Vojta terapija može imati veliki učinak. Posebno djeluje na smanjenje boli te poboljšanje funkcionalnosti sportaša sa osteitisom pubisom. Nakon programa rehabilitacije koji traje četiri tjedna sa refleksnom lokomocijom, gotovo svi ispitanici – 93% (28 od 30 nogometaša) – više uopće ne osjećaju bol, dok su preostala dvojica imala djelomično poboljšanje. Ovi rezultati su bolji od većine rezultata iz dosadašnjih izvještaja o konzervativnim metodama liječenja te dijagnoze. Literatura navodi prosječno vraćanje u pune sportske aktivnosti od 6 do 12 tjedana (Waddell, Di Nardo & Coelho, 2023). Uspoređeno s klasičnim metodama koje uglavnom koriste postepeno jačanje trbušne i aduktorske muskulature te manualnim tehnikama za smanjenje napetosti u preponama (Kavroudakis et al., 2011; Williams, Thomas & Downes, 2015), Vojta metoda djeluje na drugačiji način. Aktivira refleksne pokrete koji uključuju čitav sustav za kretanje. Pri podražaju dolazi do istodobnih kontrakcija mišića trupa, zdjelice i donjih ekstremiteta (Pavliček

et al., 2020; Štochl et al., 2022). Time se postiže reorganizacija motoričke kontrole i obnova pravilnih obrazaca kretanja.

Mehanizmi djelovanja Vojta terapije u ovom kontekstu uključuju:

1. Refleksnu aktivaciju dubokih mišića trupa – smanjenje opterećenja na simfizu,
2. Pобољшanje intramuskularne koordinacije – sinkronizacija aduktora i trbušne musculature,
3. Regulaciju tonusa – smanjenje asimetrične napetosti koja pridonosi kroničnom stresu,
4. Kortikalnu reorganizaciju – povećana svijest o položaju tijela i bolja propiocepcija.

Ovi mehanizmi mogu objasniti brzi terapijski odgovor i potpuni oporavak kod većine ispitanika. Aktivacija refleksnih puteva kroz Vojta obrasce utječe na subkortikalne strukture središnjeg živčanog sustava, što dovodi do povećane stabilnosti trupa i zdjelice (Straková et al., 2024). U kontekstu osteitisa pubisa, ta stabilnost ima presudnu ulogu jer smanjuje translacijski pomak u području simfize i mehaničko naprezanje hvatišta aduktora. Posljedično, dolazi do smanjenja mikrotraume, ubrzanog cijeljenja i eliminacije boli. Osim što djeluje na biomehniku tijela, refleksna aktivacija dubokih mišića ima i protuupalni učinak putem autonomne regulacije. Ranija istraživanja sugeriraju kako aktivacija posturalnih lanaca mijenja rad srca i dotok krvi u tkivo (Ramezani, Fallah & Alizadeh, 2021), a to opet pomaže u smanjenju otekline te reakcije imunološkog sustava u području simfize. Baš zbog tog mehanizma većina sportaša osjeti smanjenje boli već unutar prvih tjedana terapije.

Rezultati ove studije jasno pokazuju koliko je bitna redovita terapija kod Vojta koncepta. Konkretno u ovom slučaju, tretmani se rade svaki dan, pet dana u tjednu, kroz četiri tjedna. Baš takav intenzitet može imati ključnu ulogu u adaptaciji živčanog sustava, budući da refleksna lokomocija zahtijeva stalnu stimulaciju kako bi došlo do trajne reorganizacije motoričkih obrazaca. Naspram toga, standardne fizikalne procedure koje traju dva puta ili tri puta tjedno često zahtijevaju dulje razdoblje oporavka (McAleer et al., 2017). Bitno je kako su svi sudionici imali MR potvrđenu dijagnostiku, a to dodatno osigurava pouzdanost uzorka kao predstavnika bolesti vezane uz upalu simfize. Ovaj spoj subjektivne i objektivne evaluacije (poput VAS-a) te snimke MR daje ovom radu veću težinu u odnosu na mnoge prethodne prikaze slučajeva u literaturi. S druge pak strane, valja naglasiti par stvari koje ovo istraživanje nije obuhvatilo. Na primjer, zbog retrospektivnog dizajna, teško je pratiti sve čimbenike – poput tjelesne pripremljenosti igrača ili prijašnjih ozljeda. Isto tako, nije mjereno kako mišići zaista reagiraju, recimo putem elektromiografije (EMG) ili analize pokreta, a upravo bi to pojasnilo kako Vojtina metoda zapravo djeluje. Testiran je jedan tip sportaša – nogometaši, tako da nalazi nisu nužno vrijedni za žene ili sportaše iz drugih sportova. Iako ima nedostataka, dobiveni rezultati pokazuju veliki terapijski potencijal. Uključenje Vojta metode u klasični tretman daje bolje rezultate, kombinirajući voljnu aktivaciju i refleksne mehanizme stabilizacije, što vodi do bržeg i stabilnijeg oporavka. Zbog toga ovaj rad pomaže da se naprave još analiza koje bi mogle kvantitativno potvrditi učinke refleksne lokomocije u rehabilitaciji sportaša.

ZAKLJUČAK

Primjena Vojta terapije kod sportaša s osteitisom pubisom pokazala je učinkovite rezultate u smanjenju boli i vraćanju funkcionalnosti pokreta. Zbog refleksne lokomocije, duboki mišići trupa i zdjelice se automatski aktiviraju, što dovodi do automatske kontrole pokreta i smanjuje mehanički stres i pritisak na pubičnu simfizu. U ovom radu, 93% nogometaša potpuno su se vratili sportskoj aktivnosti za četiri tjedna, puno brže nego što piše u većini drugih studija. Takvi ishodi govore da ova metoda može biti novi način liječenja osteitisa pubisa. Da bi se to dokazalo, trebaju nove studije s većim brojem sportaša, kontrolama i preciznim mjerenjima aktivacije mišića. No ipak, ono što se pokazalo u praksi, uvođenje refleksne lokomocije u terapijske protokole kod sportaša može ubrzati povratak aktivnostima, smanjiti ponovne ozljede te osigurati dugoročnu stabilnost zdjelice. Zbog toga, Vojta metoda treba imati veću ulogu u fizikalnoj terapiji sportaša – ne samo kao dodatna opcija, nego kao pristup koji obnavlja fiziološku koordinaciju i efikasnost pokreta, a to je upravo ono što utječe na rezultate i opće zdravlje sportaša.

LITERATURA

1. Kavroudakis, E., Koutserimpas, C., Nikolaou, V., & Koutserimpas, A. (2011). Osteitis pubis: Diagnosis and treatment. *The Open Orthopaedics Journal*, 5, 331–336.
2. Kim, M., Oh, D.W. & Park, H.S. (2017). The effect of Vojta therapy on trunk control and balance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(2), 301–304.
3. McAleer, S., Lenehan, B., Mulhall, K.J. & Kelly, D. (2017). Nonoperative management, rehabilitation, and functional and clinical progression of osteitis pubis in athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10, 1–9.
4. Paajanen, H., Hermunen, H. & Karonen, J. (2008). Pubic magnetic resonance imaging findings in surgically and conservatively treated athletes with chronic groin pain. *British Journal of Sports Medicine*, 42(12), 979–984.
5. Pavlíček, J., Straková, R., Marečková, J., Urban, J. & Havel, E. (2020). Effect of reflex locomotion according to Vojta on postural stability and muscle activation in healthy adults. *Biomedical Research International*, Article ID 42466.
6. Ramezani, M., Fallah, E., & Alizadeh, M. (2021). The effect of Vojta therapy on posture control and motor function in children with developmental disorders: A systematic review. *BMC Pediatrics*, 21(1), Article 824.
7. Štochl, J., Straková, R., Havel, E. & Pavlíček, J. (2022). The effect of reflex locomotion therapy on postural control and muscle coordination in adults with impaired balance. *Children*, 9(11), 1470.
8. Straková, R., Pavlíček, J., Urban, J., & Havel, E. (2024). Neurophysiological mechanisms of Vojta therapy and its impact on motor control: A narrative review. *Frontiers in Neurology*, 15, Article 1391448.
9. Vojta, V. & Peters, A. (2007). *Das Vojta-Prinzip: Muskelfunktion im Reflexfortschritt. Grundlagen, klinische Anwendung, neurophysiologische Grundlagen*. 4th ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

10. Waddell, J., Di Nardo, & M., Coelho, D.F. (2023). Rehabilitation strategies for chronic groin pain and osteitis pubis in athletes: An updated clinical approach. *Journal of Sports Rehabilitation*, 32(4),290–304.
11. Williams, P. R., Thomas, D. P., & Downes, E. M. (2015). Osteitis pubis and instability of the pubic symphysis: When nonoperative measures fail. *World Journal of Orthopaedics*, 6(8),672–679.

UTJECAJ TJELOVJEŽBE NA VRIJEME USTAJANJA I POSJEDANJA, JAKOST STISKA ŠAKE I OPSEG STRUKA U ŽENA STARIJE ŽIVOTNE DOBI

THE IMPACT OF EXERCISE ON RISE AND SITTING TIME, HAND GRIP STRENGTH AND WAIST CIRCUMFERENCE IN ELDERLY WOMEN

Nataša Tatalović

Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci

ntatalovic@uniri.hr

Jasna Lulić Drenjak

Fakultet zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci

jasna.lulic.drenjak@uniri.hr

Sažetak

Cilj istraživanja bio je ispitati učinke osmomjesečnog programa tjelesne aktivnosti na rezultate testa ustajanja i posjedanja (TUG test), opseg struka te jakost stiska šake dominantne ruke kod žena starije životne dobi. U istraživanju je sudjelovalo 37 ispitanica koje su dvaput tjedno provodile trening u trajanju od 60 minuta. Rezultati su pokazali statistički značajno pogoršanje vremena izvođenja TUG testa (s 7,86 na 8,49 sekundi), te statistički značajno smanjenje opsega struka (s 94,73 na 89,89 cm). Prosječna jakost stiska šake dominantne ruke povećala se s 22,64 kg na 23,32 kg, no taj porast nije dosegao statističku značajnost. Dobiveni nalazi ukazuju na pozitivne učinke tjelesne aktivnosti u smanjenju opsega struka te trend porasta mišićne snage, iako porast jakosti stiska šake nije bio statistički značajan. Nepovoljni rezultati TUG testa upućuju na potrebu uvođenja većeg broja učestalosti treninga kao i vježbi usmjerenih na ravnotežu i funkcionalnu pokretljivost. Zaključno, redovita i prilagođena tjelesna aktivnost može doprinijeti očuvanju zdravlja i kvalitete života žena starije životne dobi, osobito kada je usmjerena na različite komponente funkcionalne sposobnosti.

Ključne riječi: *opseg struka, snaga stiska šake, starenje, tjelesna aktivnost, TUG test.*

Abstract

The aim of this study was to examine the effects of an eight-month physical activity program on the results of the Timed Up and Go (TUG) test, waist circumference, and dominant handgrip strength in older women. The study included 37 participants who engaged in a 60-minute training session twice per week. The results showed a statistically significant deterioration in TUG test performance (from 7.86 to 8.49 seconds), as well as a statistically significant reduction in waist circumference (from 94.73 to 89.89 cm). The average dominant handgrip strength increased from 22.64 kg to 23.32 kg, although this increase did not reach statistical significance. The findings indicate positive effects of physical activity on reducing waist circumference and a trend toward increased muscle strength, although the improvement in handgrip strength was not statistically significant. The unfavorable TUG test results suggest the need for a higher training frequency and exercises specifically targeting balance and functional mobility. In conclusion, regular and appropriately tailored physical activity may contribute to

maintaining health and quality of life in older women, particularly when focused on different components of functional ability.

Keywords: *ageing, handgrip strength, physical activity, TUG test, waist circumference.*

UVOD

Starenje je proces praćen postupnim fizičkim i mentalnim promjenama, uključujući pad mišićne snage, ravnoteže i fleksibilnosti te smetnje kognitivnih funkcija uzrokovane neurološkim i socijalnim čimbenicima (Rodrigues et al., 2022). S obzirom na demografske promjene i sve veći udio starijih osoba u populaciji, očuvanje funkcionalnih sposobnosti postaje ključno za kvalitetu života i samostalnost (World Health Organization, 2020; Marijan, 2016.). Istraživanja pokazuju da redovita tjelovježba može poboljšati mišićnu snagu, koordinaciju i spriječiti padove, što smanjuje rizik od ozljeda i poboljšava opću dobrobit starijih osoba (Cadore et al., 2013; Liu & Latham, 2009). Unatoč poznatim zdravstvenim koristima, starije osobe i dalje ostvaruju nižu razinu tjelesne aktivnosti od preporučenih smjernica, što se dijelom može objasniti nedovoljno prilagođenim javnozdravstvenim porukama te nedostatkom jasnih informacija o sigurnim i prikladnim oblicima vježbanja (Hanson et al., 2025).

Test ustajanja i posjedanja, snaga stiska šake i opseg struka među ključnim su pokazateljima funkcionalnog statusa starijih osoba, a njihovo praćenje omogućuje objektivnu procjenu učinkovitosti tjelovježbe (Ekegren et al., 2023; Kirk et al., 2023).

Stoga je cilj ovog istraživanja ispitati utjecaj osmomjesečnog programa strukturirane tjelovježbe na vrijeme ustajanja i posjedanja, opseg struka te snagu stiska šake kod žena starije životne dobi. Dobiveni rezultati mogu pridonijeti razvoju preporuka za primjenu sigurnih i učinkovitih vježbi u populaciji starijih osoba.

METODE I MATERIJALI

Ispitanici

U istraživanju je sudjelovalo 37 žena u dobi od 58 do 84 godine, koje su dobrovoljno pristupile programu „Organizirane vježbe za osobe starije životne dobi“ u Rijeci. Uključene su samo ispitanice koje su sudjelovale u oba mjerenja – na početku i na kraju programa.

Program i postupak

Program je trajao osam mjeseci (listopad 2022. – svibanj 2023.) te se provodio dvaput tjedno u trajanju od 60 minuta. Protokol se sastojao od desetominutnog zagrijavanja (opće pripreme vježbe), četrdesetominutnog dijela koji je uključivao vježbe za razvoj repetitivne i statičke snage, izvođene bez pomagala ili uz korištenje malih lopti, štapova i elastičnih traka, kao i vježbe koordinacije i ravnoteže. Program je završavao desetominutnim vježbama istezanja, relaksacije i/ili disanja. Istraživanje je provedeno u prostorijama Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci.

Procjenjivane varijable bile su:

- TUG test: mjerenje vremena ustajanja, hodanja 3 m i ponovnog sjedanja,
- Opseg struka: mjeren 2 cm iznad pupka centimetarskom vrpcom,
- Jakost stiska šake: mjerenje dinamometrom u standardiziranom položaju.

Za potrebe provođenja TUG testa osigurali smo prostor koji je dovoljno velik i siguran. Ovim testom ispituje se koliko brzo (u sekundama) se ispitanica može ustati, prohodati tri metra u jednom smjeru, zaobići drugu stolicu, prohodati ponovno tri metra te se posjesti. Na isti način objasnili smo ispitanicama kako pravilno izvesti test. Od pomagala bila nam je potrebno: štoperica (u ovom slučaju štoperica na mobilnom telefonu), dvije stolice s naslonom za leđa i ruke, metar s kojim mjerimo udaljenost od jedne do druge stolice (tri metra) te ljepljiva traka uz pomoć koje označavamo početak i kraj hodne pruge po podu. Navedeni test daje uvid u trenutačno stanje korisnice programa te nam prikazuje koliki ima rizik od pada zbog prijelaza iz sjedećeg u stojeći stav.

Opseg struka mjerili smo uz pomoć centimetarske vrpce 2 cm iznad pupka koja se izražava u centimetrima.

Jačinu stiska šake dominantne ruke mjerili smo uz pomoć dinamometra (mjerna jedinica kg). Ispitanice su sjedile s objema nogama na podu, savinutim laktom dominantne ruke, pod 90 stupnjeva oslonjenim na stol, u kojoj se nalazi dinamometar.

Mjerenje se provodilo u poslijepodnevrim satima. Ispitanice su bile obučene u sportskoj odjeći i obući dok se opseg struka mjerio u donjem rublju.

Statistička obrada

Kolmogorov-Smirnovljev test proveden je kako bi se ispitala normalnost distribucija za sve varijable. Deskriptivnu analizu koristili smo pri izračunu aritmetičke sredine i standardne devijacije rezultata TUG testa, opsega struka i snage stiska šake. Za testiranje hipoteza koristio se Studentov t-test za zavisne uzorke. Korištena je razina statističke značajnosti od 5%. ($p < 0,05$). Za obradu podataka korišten je program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.).

Etički aspekti

Sudionice su potpisale informirani pristanak, a podaci su obrađeni anonimno i korišteni isključivo u znanstvene svrhe, u skladu s etičkim smjernicama.

REZULTATI

U tablici 1. prikazan je ukupan broj ispitanica i postotak ispitanica prema dobi. U istraživanju je sudjelovalo 37 ispitanica, prosječne životne dobi od 74 godine. Najveći broj ispitanica (57 %) bio je u dobi od 65–74 godine, 32 % u dobi od 75–84 godine, 8 % u dobi 60–63 godine, a jedna ispitanica (3 %) bila je starija od 85 godina.

Tablica 1. Ukupan broj i postotak ispitanica prema dobi

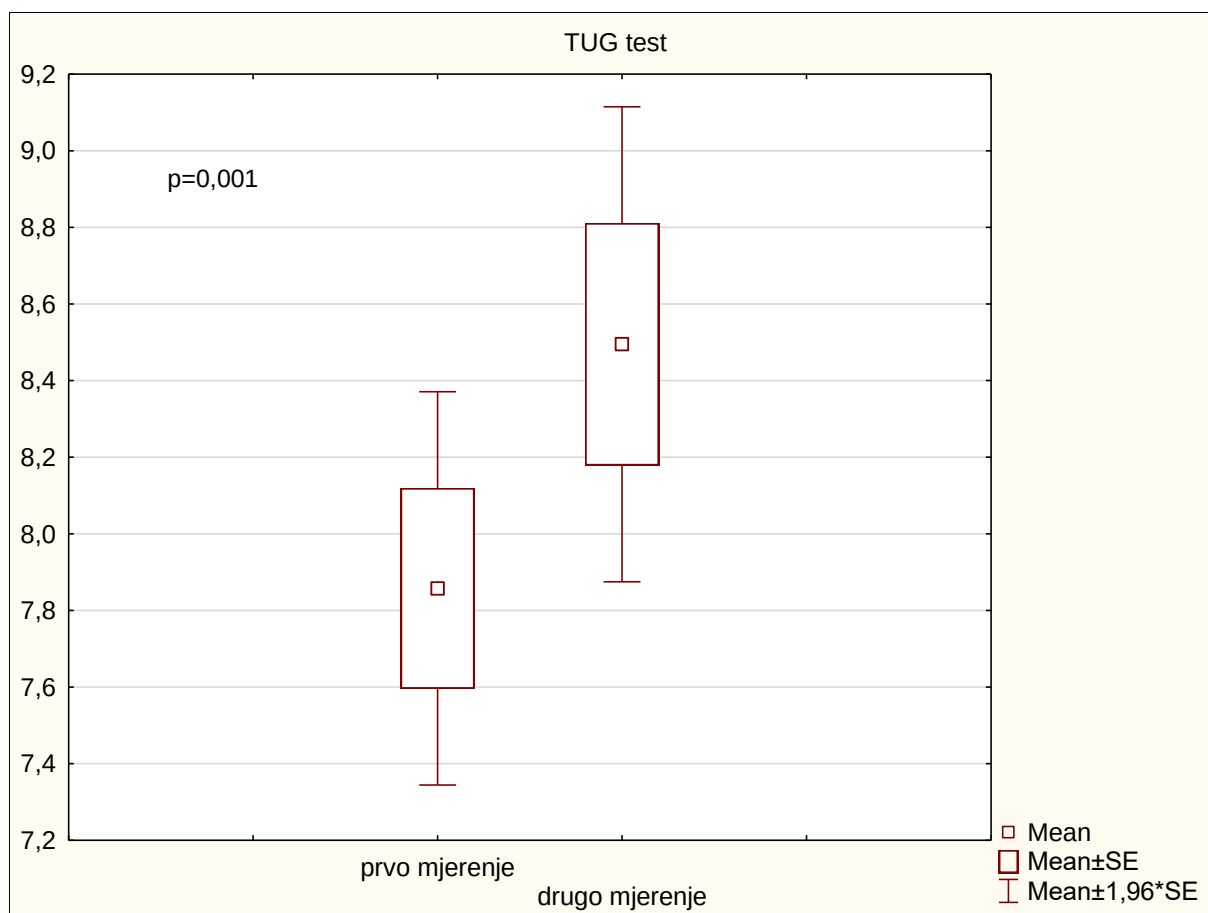
Dobna skupina	Broj ispitanica	Postotak
60–63	3	8%
65–74	21	57%
75–84	12	32%
≥85	1	3%
Ukupno	37	100%

U tablici 2. prikazano je vrijeme ustajanja i sjedenja TUG testom.

Tablica 2. Vrijeme ustajanja i posjedanja

Varijable	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	t	p
TIMED GET UP AND GO TEST – prvo mjerenje	7,86	1,59	3,54	0,001
TIMED GET UP AND GO TEST – drugo mjerenje	8,496	1,93		

Legenda: **t** - t-vrijednost; **p** – razina značajnosti



Grafikon 1. Vrijeme ustajanja i posjedanja

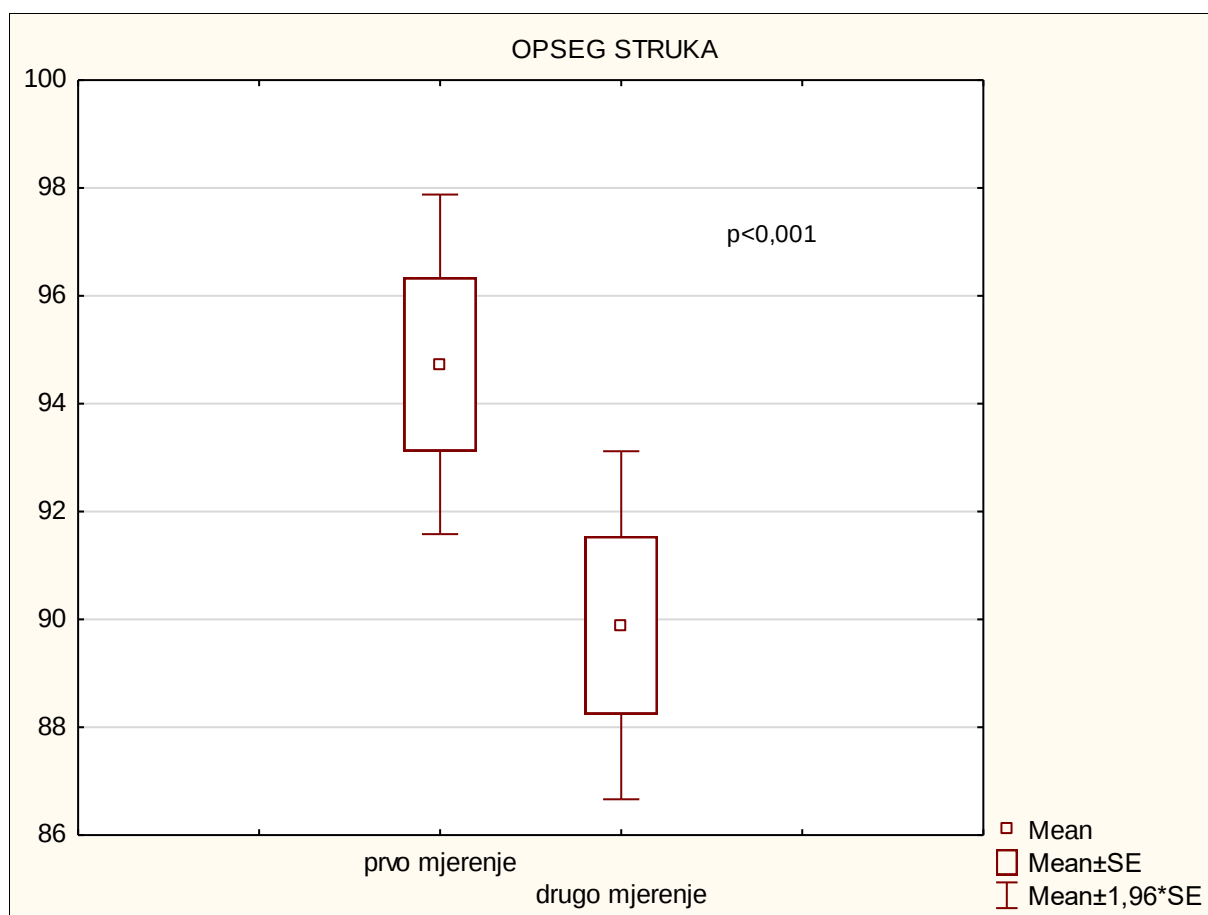
Studentov t test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja kod TUG testa, $p=0,001$. U drugom mjerenju vrijednosti TUG testa su statistički značajno veće.

Tablica 3. prikazuje rezultate prvog i drugog mjerenja opsega struka.

Tablica 3. Opseg struka

Varijable	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	t	p
OPSEG STRUKA – prvo mjerenje	94,73	9,77	6,70	0,001
OPSEG STRUKA – drugo mjerenje	89,89	10,02		

Legenda: **t** - t-vrijednost; **p** – razina značajnosti



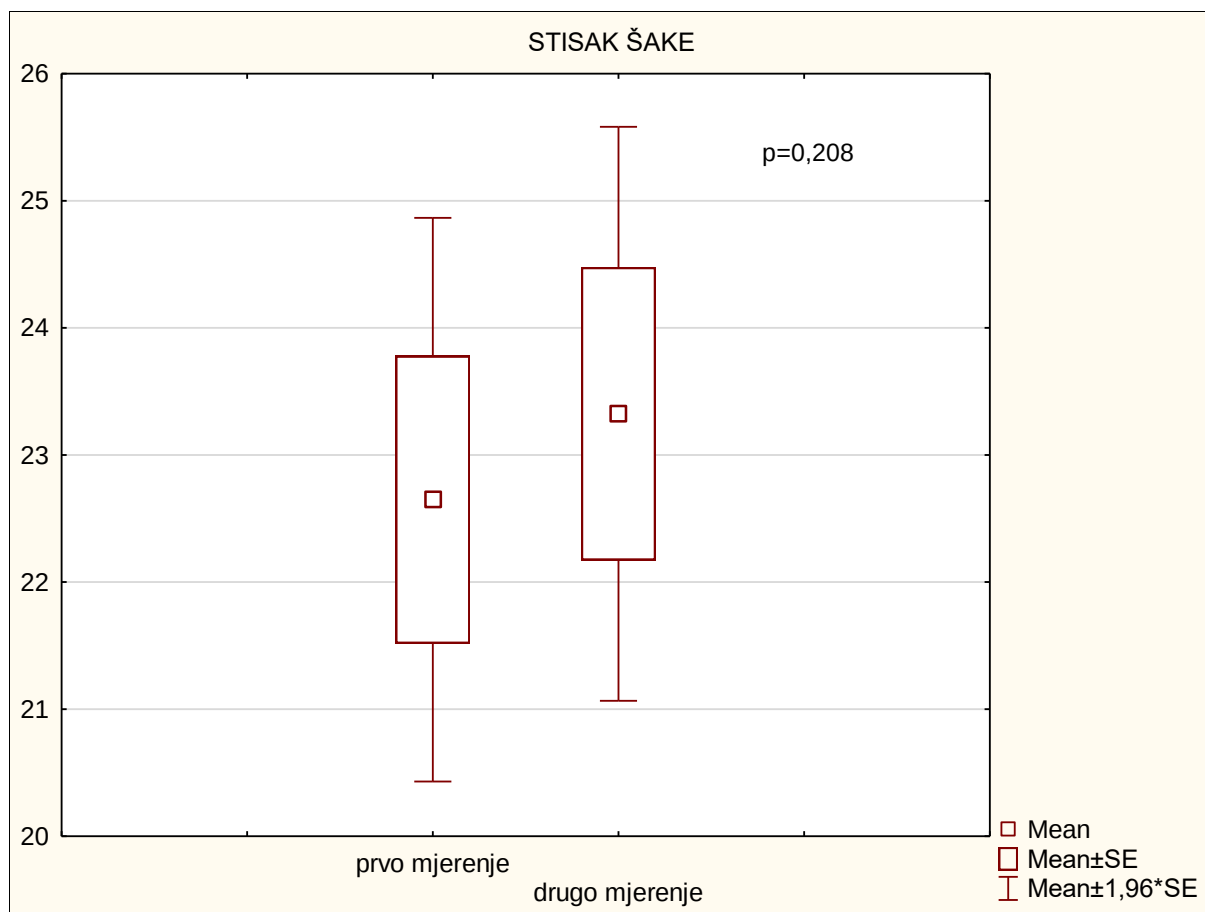
Grafikon 2. Opseg struka

Studentov t test je pokazao da postoji statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja opsega struka $p<0,001$. U drugom mjerenju vrijednosti opsega struka su statistički značajno manje.

Tablica 4. Jakost stiska šake dominantne ruke

Varijable	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	t	p
STISAK ŠAKE – prvo mjerenje	22,65	6,88	1,28	0,208
STISAK ŠAKE – drugo mjerenje	23,32	7,01		

Legenda: **t** - t-vrijednost; **p** – razina značajnosti



Grafikon 3. Jakost stiska šake dominantne ruke

Studentov t test je pokazao da ne postoji statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja jakosti stiska šake $p=0,208$. U drugom mjerenju prosječna jakost stiska šake dominantne ruke povećala se, no ta razlika nije statistički značajna.

RASPRAVA

Cilj istraživanja bio je ispitati učinke osmomjesečnog programa tjelesne aktivnosti na rezultate TUG testa, opseg struka i jakost stiska šake kod 37 žena starije životne dobi. Očekivalo se poboljšanje svih triju parametara, no dobiveni rezultati pokazali su različite obrasce promjena.

Prvi nalaz nije potvrđen jer se vrijeme izvođenja TUG testa povećao za 0,63 sekunde (sa 7,86 na 8,49 sek). Mogući razlozi ovakvog pogoršanja uključuju nedovoljnu zastupljenost funkcionalnih i balansnih vježbi u programu te smanjenu razinu ukupne tjelesne aktivnosti

tijekom zimskih mjeseci, što je česta pojava kod starijih osoba. Slična nesignifikantna poboljšanja u ravnoteži bilježi i Vrbanac (2023) u istraživanju na 64 žene prosječne dobi od 72 godine tijekom osmomjesečnog programa, dok je Žilić (2023) zabilježio poboljšanja nakon samo 22 dana intervencije kod 30 ispitanika, što ukazuje na važnost specifičnog sadržaja i intenziteta programa.

Drugi nalaz, smanjenje opsega struka za 4,84 cm (s 94,73 na 89,89 cm), potvrđen je i u skladu je s brojnim prethodnim istraživanjima. Smanjenje opsega struka klinički je važno jer odražava smanjenje abdominalnog masnog tkiva, koje je povezano s povećanim metaboličkim i kardiovaskularnim rizicima. Radošević i Starčević-Klasan (2021) bilježe smanjenje od 2 cm nakon devet mjeseci tjelesne aktivnosti kod 94 žene, dok Jurišić (2021) također potvrđuje pozitivne promjene u tjelesnoj kompoziciji kod 70 žena u menopauzi. Ovi nalazi podržavaju važnost dugotrajne umjerene tjelesne aktivnosti u kontroli tjelesne mase i distribucije masnog tkiva.

Treći nalaz odnosi se na povećanje jakosti stiska dominantne ruke za 0,68 kg (s 22,65 na 23,32 kg), iako to povećanje nije doseglo prag statističke značajnosti. Unatoč tome, trend porasta mišićne snage usklađen je s prethodnim istraživanjima. Radošević i Starčević-Klasan (2021) bilježe porast snage desne šake s 24,5 na 26 kg, dok Jurišić (2021) također potvrđuje statistički značajna poboljšanja barem u jednoj ruci. U kontekstu starije populacije, čak i skromna povećanja mišićne snage mogu biti funkcionalno relevantna, osobito za održavanje samostalnosti i smanjenje rizika od padova.

Zaključno, rezultati istraživanja pokazuju da redovita tjelesna aktivnost može imati pozitivne učinke na smanjenje opsega struka i trend poboljšanja mišićne snage, dok pogoršanje rezultata TUG testa ističe važnost uključivanja većeg broja vježbi usmjerenih na ravnotežu i funkcionalnu mobilnost, kao i povećanja učestalosti treninga. Dobiveni nalazi naglašavaju potrebu za ciljanim, raznovrsnim i dovoljno intenzivnim programima tjelesne aktivnosti kako bi se potaknule sve komponente funkcionalne sposobnosti kod žena starije životne dobi.

ZAKLJUČAK

Osmomjesečni program vježbanja kod žena starije životne dobi pokazao je mješovite učinke. Studentov t-test pokazao je statistički značajno smanjenje opsega struka te povećanje jakosti stiska šake, što upućuje na pozitivan učinak programa na sastav tijela i mišićnu snagu. S druge strane, vrijeme izvođenja TUG testa se povećalo, što ukazuje na potrebu uključivanja većeg broja vježbi usmjerenih na ravnotežu i funkcionalnu pokretljivost. Dobiveni rezultati naglašavaju važnost redovite tjelesne aktivnosti u očuvanju zdravlja i neovisnosti žena starije životne dobi te potrebu prilagodbe programa specifičnim potrebama ove populacije.

LITERATURA

1. Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Research*, 16(2), 105–114.
2. Ekegren, C., Skouteris, H., Ayton, D., Soh, S.-E. (2023). Impact of the Exercise Right for Active Ageing program on physical function in older adults: a quasi-experimental pre-post study. *BMC Geriatrics*, 23(799), 1–10.
3. Frank Radošević, S., Starčević-Klasan, G. (2021). Utjecaj vježbanja na snagu stiska šake i antropometrijske karakteristike kod žena u menopauzi – longitudinalna studija. *Medicina Fluminensis*, 57(4), 407–414.
4. Hanson, H. M., Bharwani, A., Longman, R. S., & Poulin, M. J. (2025). Influences on physical activity participation among older adults: Perspectives of exercise professionals and older adult exercise participants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(3), 371, doi:10.3390/ijerph22030371
5. Jurišić, M. (2021). *Antropometrija i snaga stiska šake – tjelesno aktivne i neaktivne žene u menopauzi* [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija.
6. Kirk, B., French, C., Gebauer, M., Vogrin, S., Zanker, J., Sales, M. & Duque, G. (2023). Diagnostic power of relative sit-to-stand muscle power, grip strength, and gait speed for identifying a history of recurrent falls and fractures in older adults. *European Geriatric Medicine*, 14(3), 421–428.
7. Liu, C. J., Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), CD002759.
8. Marijan, M. (2016). *Povezanost tjelesne aktivnosti i kognitivnih pokazatelja osoba srednje i starije životne dobi* [Diplomski rad]. Split: Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet.
9. Rodrigues, F., Domingos, C., Monteiro, D., & Morouço, P. (2022). A Review on Aging, Sarcopenia, Falls, and Resistance Training in Community-Dwelling Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2), 874. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020874>
10. Vrbanac, P. (2023). *Utjecaj tjelesne aktivnosti na ravnotežu i društvene aktivnosti osoba starije životne dobi* [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija.
11. World Health Organization. (n.d.). *Ageing*. Dostupno na: <https://www.who.int/health-topics/ageing> [pristupljeno 5.9.2025.]
12. Žilić, N. (2023). *Utjecaj vježbi ravnoteže na osobe starije životne dobi* [Završni rad]. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija

ZDRAVO STARENJE

HEALTHY AGING

Karla Tilman

Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru

karlatilman54@gmail.com

Sažetak

Starenje je prirodan i složen proces koji traje cijeli život, a obilježava ga postupni pad tjelesnih i mentalnih funkcija. Na njega utječu genetski, biološki, psihološki i socijalni čimbenici, ali kvaliteta starenja uvelike ovisi o životnim navikama. Tjelesna aktivnost ima ključnu ulogu jer usporava degenerativne promjene, smanjuje rizik od kroničnih bolesti, održava mišićnu masu i poboljšava ravnotežu, čime se smanjuje opasnost od padova. Povoljno djeluje na mentalno zdravlje smanjujući rizik simptome depresije i anksioznosti. Prehrana, poput mediteranske i japanske, jednako doprinosi zdravlju smanjujući rizik od kardiovaskularnih bolesti, osteoporoze i kognitivnog propadanja, osiguravajući pritom potrebne nutrijente i jačajući imunološki sustav. Socijalna uključenost i podrška okoline važni su za očuvanje kvalitete života i sprečavanje izolacije, dok Svjetska zdravstvena organizacija naglašava potrebu prevencije bolesti, borbe protiv diskriminacije i prilagodbe zdravstvenih sustava starijoj populaciji. Prevencija igra ključnu ulogu u zdravom starenju jer pravovremene mjere mogu spriječiti razvoj brojnih kroničnih bolesti. Redoviti liječnički pregledi, rano otkrivanje rizika te usvajanje zdravih životnih navika smanjuju opterećenje zdravstvenog sustava i produžuju funkcionalnu samostalnost. Posebno je važno naglašavati edukaciju i podizanje svijesti o važnosti prevencije tijekom cijelog života, a ne tek u starijoj dobi. Zaključno, zdravo starenje zahtijeva holistički pristup temeljen na tjelesnoj aktivnosti, pravilnoj prehrani, očuvanju mentalnog zdravlja i socijalnoj podršci. Cilj rada je istražiti na koji način različiti aspekti stila života utječu na proces zdravog starenja.

Ključne riječi: *mentalno zdravlje, prehrana, prevencija, tjelesna aktivnost, zdravo starenje.*

Abstract

Aging is a natural and complex lifelong process marked by a gradual decline in physical and mental functions. It is influenced by genetic, biological, psychological, and social factors, but the quality of aging largely depends on lifestyle habits. Physical activity plays a crucial role as it slows down degenerative changes, reduces the risk of chronic diseases, maintains muscle mass, and improves balance, thereby lowering the danger of falls. It also has a beneficial effect on mental health by reducing symptoms of depression and anxiety. Nutrition contributes equally to health, with diets such as the Mediterranean and Japanese diets reducing the risk of cardiovascular diseases, osteoporosis, and cognitive decline, while ensuring necessary nutrients and strengthening the immune system. Social inclusion and environmental support are vital for preserving the quality of life and preventing isolation. The World Health Organization (WHO) emphasizes the need for disease prevention, combating discrimination, and adapting healthcare systems to the older population. Prevention is key to healthy aging, as timely measures can stop the development of numerous chronic diseases. Regular medical check-ups, early risk detection,

and the adoption of healthy lifestyle habits reduce the burden on the healthcare system and extend functional independence. It is especially important to emphasize education and raising awareness about the importance of prevention throughout life, and not just in old age. In conclusion, healthy aging requires a holistic approach based on physical activity, proper nutrition, mental health preservation, and social support. The aim of the paper is to investigate how different aspects of lifestyle influence the process of healthy aging.

Keywords: *mental health, diet, prevention, physical activity, healthy aging.*

UVOD

Vrijeme koje protječe od začeca pa sve do smrti naziva se život te cijelo to vrijeme organizam zapravo polako stari (Škarić-Jurić, 2019). Vitalni kapacitet koji je jedan od bitnijih koncepata kod zdravog starenja, prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO) definiran je kao skup svih tjelesnih i mentalnih sposobnosti koje pojedinac u bilo kojem trenutku može iskoristiti (Bautmans et al., 2022). Uz to, zdravo starenje su opisali kao proces održavanja funkcionalne sposobnosti kako bi se omogućila dobrobit u starijoj životnoj dobi (Rudnicka et al., 2020). Starenje se primarno događa na staničnoj razini te se naziva senescencija (Škarić-Jurić, 2019). Jasno je kako je za zdravo starenje potrebno kvalitetno održavati tjelesne i kognitivne sposobnosti koje dovode do samog smanjenja rizika od razvoja mnogih bolesti (Tomić, 2021). U posljednjih sto godina, medicina je uvelike napredovala što je dovelo do udvostručenja životnog vijeka u razvijenim zemljama (Škarić-Jurić, 2019). Životni stil značajno utječe na dugovječnost te to dokazuju i brojna istraživanja koja govore o tome kako nezdrav način života uvelike doprinosi preuranjenoj smrti. Neka studija navode da su jedni od najvažnijih faktora nezdrava prehrana, tjelesna neaktivnost te razina uključenosti u socijalizaciju (Nekić, Tucak Junaković, 2022). Uz tjelesnu aktivnost koja je neupitno prijeko potrebna za zdrav život, mentalno je zdravlje također bitno. Pokazalo se kako tjelesna aktivnost pozitivno utječe na mentalno zdravlje što dovodi do manjih simptoma depresije, anksioznosti i napetosti (Nekić, Tucak Junaković, 2022). Sigurno je kako uspješno starenje nije samo odsutnost bolesti nego ono predstavlja holistički koncept koji uključuje tjelesnu, mentalnu, emocionalnu i socijalnu dobrobit pojedinca. Stoga proučavanje uspješnog starenja zahtijeva multidisciplinarni pristup u svrhu boljeg razumijevanja (Delibašić i Tuce, 2023).

Cilj rada je istražiti na koji način različiti aspekti stila života utječu na proces zdravog starenja.

BIOLOŠKI I ŽIVOTNI ČIMBENICI ZDRAVOG STARENJA

Tijekom stanične diobe telomere se progresivno skraćuju jer DNA polimeraza ne može replicirati završne dijelove kromosoma (Škarić-Jurić, 2019). Rezultat skraćivanja telomere do kritičko kratke duljine dovodi do replikativne senescencije. Faktori kao što su stres, pušenje sjedilački način života potpomažu skraćivanju telomera što znači da zdrav način života održava telomere duljima (Škarić-Jurić, 2019). Kroz život, događaju se razni procesi koji se odvijaju paralelno te dolazi do razvoja i degeneracije. Razvoj se opisuje kao proces kod kojeg strukture postaju organiziranije, specijaliziranije te složenije. S druge strane, degeneracija predstavlja raspad tih struktura što ih čini puno manje organiziranima i efikasnijima. Kod mlađe populacije (do 25 godina) dominira razvoj, dok degeneracija počinje u starijoj životnoj dobi (od oko 65.-e

godine). Ovi procesi dakako variraju od osobe do osobe jer svatko drugačije biološki i kronološki stari (Škarić-Jurić, 2019). Nedovoljno provođenje tjelesnih aktivnosti dovodi do pasivnog načina života što u konačnici ubrzava degenerativni proces (Maček et al., 2017). Kada se govori o nezdravim navikama, neizostavno je za spomenuti pušenje i alkohol. Pušenje i zdravo starenje nikako ne idu jedno s drugim, dok se za alkohol pokazalo kako je umjerena konzumacija zapravo dobra jer se kroz nekakav društveni ritual dotiče i socijalnog povezivanja što isto tako doprinosi uspješnijem starenju (Nekić, Tucak Junaković, 2022). Na ovaj složeni proces utječe niz čimbenika koji određuju hoće li doći do razvitka bolesti povezanih sa starenjem. Takvi čimbenici uključuju genetsku predispoziciju, okolišne te prehrambene utjecaje koji dokazano djeluju na proces starenja te mogu ovisiti o duljini životnog vijeka (Dominguez et al., 2022). Nasljednim čimbenicima starenjem uloga sve više slabi pa se pojedinac može osloniti na čimbenike životnih navika i stilova jer to su čimbenici na koje se može utjecati u bilo kojoj životnoj dobi te oni tada postaju značajniji (Nekić, Tucak Junaković, 2022).

TJELESNA AKTIVNOST

Tjelesna aktivnost obuhvaća sve oblike kretanja koji povećaju potrošnju energije iznad razine u mirovanju. To su u glavnom svakodnevne aktivnosti poput vožnje bicikla, hodanja ili obavljanja kućanskih poslova (Ostojić et al., 2009).

Hodanje ima brojne zdravstvene prednosti što je potvrđeno raznim istraživanjima. Smanjuje rizik od nastanka bolesti kao što su kardiovaskularne, cerebrovaskularni problemi, dijabetes tipa 2, demencija, kognitivna oštećenja. Također, u velikoj mjeri poboljšava san i mentalno zdravlje (Ungvari et al., 2023). Postoje intervalni treninzi hodanja koji uključuju naizmjenične cikluse brzog i sporog hodanja te se upravo to pokazalo učinkovito za poboljšanje mišićne snage, tjelesne kondicije te smanjenja čimbenika povezanih s bolestima uzrokovanim stilom života. Iako kratkoročna istraživanja bilježe visoku pridržanost, dugoročna primjena ostaje izazov, posebice kod pretilih osoba i/ili onih s kroničnim bolestima. Potrebno je provesti još istraživanja kako bi se kvalitetno procijenio dugoročni učinak (Karstoft et al., 2024). Nordijsko hodanje kao oblik tjelesne aktivnosti pokazalo se korisnim u raznovrsnim područjima, pozitivno djeluje na različite biomehaničke pokazatelje te time predstavlja učinkoviti oblik kretanja koji se može primijeniti kako u svakodnevnom životu, tako i u rehabilitaciji (Roy et al., 2020). Kao preventivna metoda, ovakva vrsta tjelesne aktivnosti ublažava kardiovaskularne rizične čimbenike kod starijih osoba te je također učinkovita u poboljšanju dijastoličkog krvnog tlaka kod osoba starijih od 65 godina (Liu, Kim, 2025). Programi koji uključuju nordijsko hodanje mogu biti djelotvorna metoda za smanjenje boli i iscrpljenosti kod osoba s kroničnim bolestima. Budući da je vrlo jednostavno za naučiti i provoditi, dostupno je velikom broju ljudi što povećava vjerojatnost redovnog prakticiranja i dugoročnih koristi (González-Devesa et al., 2024).

Tjelovježba također ima ključnu ulogu u prevenciji kroničnih bolesti, poboljšanju mobilnosti, mentalnog zdravlja, smanjenju smrtnosti te kvaliteti života. Bitno je i preporučljivo individualizirati planove intervencija i vježbanja ovisno o zdravstvenom stanju, ciljevima te samim potrebama osobe (Izquierdo et al., 2021). Tjelesna aktivnost i vježbanje dva su različita pojma. Tjelesna je aktivnost utrošak energije na svakodnevne aktivnosti koje pojedinac obavlja

kroz dan dok je vježbanje planirana aktivnost koja za cilj ima unaprijediti kondiciju i/ili poboljšati zdravlje (Ostojić et al., 2009). Snagu i morfologiju skeletnih mišića poboljšava trening visokog intenziteta, ali to može smanjiti usklađenost arterija kod starijih osoba pa u toj dobi nije praktična (Yasuda, 2022). Zbog toga je važno razvijati različite metode treninga kako bi se povećala mišićna snaga bez primjenjivanja velikih opterećenja. Treniranje s manjim opterećenjem uz ograničenje protoka krvi, u posljednja dva desetljeća pokazalo se učinkovito kod prevencija sarkopenije u starijih osoba (Yasuda, 2022).

S obzirom na globalno starenje populacije, padovi i ozljede povezane s padovima postale su vrlo česti te je to potaklo razvoj više kliničkih smjernica za prevenciju i zbrinjavanje padova kod osoba starijih od 60 godina (Montero-Odasso et al., 2021). Vrlo je bitno raditi na prevenciji jer pad kod starijih osoba može ostaviti kratkoročne te dugoročne traume. Zbog toga preventivne mjere sve više dobivaju na važnosti (Mohr et al., 2023). Jedna od suvremenijih aktivnosti je drevna kineska praksa Tai Chi. Ona nema značajan učinak na stopu padova, broj osoba koje padaju nizi na kvalitetu života no međutim, pokazala se kao značajan učinak na strah od padanja. Stoga se vježbe Tai Chija preporučuju osobama koje imaju vrlo izražen strah od padova (Schoberer et al., 2022).

PREHRANA

Većinski dio populacije starenjem počinje sve više zanemarivati svoje sveukupno zdravlje. Zdrave prehrabene navike i održavanje optimalne tjelesne mase u godinama koje prethode starosti mogu pomoći u prevenciji bolesti povezanih uz starenje kao na primjer kardiovaskularne bolesti, opadanje kognitivnih sposobnosti i demencija, sarkopenija, osteoporoza te dijabetičke bolesti (Bojang, Manchana, 2023). Kao i sve ostalo, prehrana bi trebala biti individualno prilagođena (Ordovas, Berciano, 2020). Neka od kliničkih istraživanja ukazuju na to da nutritivne intervencije mogu prevenirati, ublažiti i tretirati većinu navedenih bolesti (Roberts et al., 2021). Jedne od najpoželjnijih dijeta su mediteranska i japanska prehrana (Bojang, Manchana, 2023). Mediteranska prehrana uključuje visoki unos voća, povrća, maslinovog ulja i unos ribe te se pokazala korisna u prevenciji kardiovaskularnih bolesti. Ekstradjevičansko maslinovo ulje koje je bogato oleinskim kiselinama dobro utječe na bolju ravnotežu lipida i zdravlje srca. Uz smanjenja rizika od bolesti, smanjuje i upale (Gabrić, 2016). Studije su također pokazale da pridržavanjem mediteranske prehrane može pomoći u smanjenju gubitka mišića te njihovoj funkciji. Široko rasprostranjena koronavirus pandemija (COVID-19) uzrokovala je mnoge imunološke probleme (Mazza et al., 2021). Mnoge studije sugeriraju da mediteranska prehrana može smanjiti rizik od komorbiditeta povezanih s COVID-19 zahvaljujući protuupalnim svojstvima (Mazza et al., 2021). Japanska i mediteranska prehrana dijele mnoge sličnosti, uključujući visoki unos povrća, mahunarki i ribe, ali razlikuju se u ključnim komponentama. Za razliku od mediteranske prehrane koja je bogata malinovim uljem, japanska prehrana fermentiranim namirnicama, morskim algama te izbjegava uporabu masti i ulja (Santa et al., 2024). Japanska prehrana doprinosi dugovječnosti što je lako uočljivo u Japanu gdje je naglasak stavljen na prevenciju bolesti kroz koncept „ME-BYO“, prepoznavanje i liječenje stanja prije razvitka bolesti (Santa et al., 2024). Kombiniranjem ove dvije vrste prehrane, „mediteransko-japanska dijeta“, pruža potencijal u zdravstvu kao suzbijanje kroničnih upala i smanjenja rizika od različitih bolesti. Takav pristup može biti ključan za

zdravo starenje i dugovječnost, ne samo u Japanu, nego i u cijelom svijetu. Znanstvena istraživanja ukazuju dodatno na pozitivan utjecaj japanskog stila prehrane na očuvanje mišićne mase i prevenciju slabosti među starijom populacijom (Santa et al., 2024).

MENTALNO ZDRAVLJE

Učestalost i utjecaj mentalnih poremećaja u društvu naglašavaju važnost sveobuhvatnog sagledavanja mentalnog zdravlja zajedno s tjelesnim radi postizanja optimalnih zdravstvenih ishoda. Posljednjih godina, sve je više naglašeno koliko mentalno zdravlje doprinosi kvaliteti života. Značaj mentalnog zdravlja posebno je došao do izražaja tijekom COVID-19 pandemije kada je mnogo ljudi doživjelo emocionalni stres (Heywood et al., 2022). Studija koju su proveli Song, Ikei i Miyazaki (2022) ispitivala je sezonske razlike u fiziološkim odgovorima na hodanje u urbanim parkovima u Japanu. Sudionici su tijekom godišnjih doba, hodali u parku 15 minuta što je bila kontrolna lokacija. Na kraju istraživanja rezultati su pokazali povećanu aktivnost parasimpatičkog živčanog sustava u proljeće i jesen te niži srčani ritam tijekom svih godišnjih doba. U usporedbi sa šetnjom ljeti, tijekom jeseni, zime i proljeća postojala je prisutnost veće relaksacije (Song, Ikei i Miyazaki, 2022). Suvremenim promoviranjem mentalnog zdravlja provodi se sve više istraživanja povezanih uz mentalno zdravlje. Sve veći broj istraživanja navodi da tjelesna aktivnost može imati terapijski potencijal u liječenju mentalnih poremećaja (Smith, Merwin, 2020). Studije i istraživanja uglavnom su fokusirana na aerobnu tjelovježbu i njezin utjecaj na depresiju, ali sve više dokaza upućuje na učinkovitost aerobnih vježbi i vježbi snage u liječenju posttraumatskog stresnog poremećaja i anksioznosti (Smith, Merwin, 2020). Anksiozni poremećaj jedan je od najučestalijih dijagnosticiranih mentalnih poremećaja. Veće razine tjelesne aktivnosti više smanjuju simptome anksioznosti te manji rizik od razvoja anksioznih poremećaja (Crombie, O'Connor, 2024).

STRATEGIJE I PROMICANJE ZDRAVOG STARENJA

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) osmislila je globalu strategiju i plan za zdravlje i starenje za razdoblje od 2016. do 2020. godine te je nastavila programom „Desetljeće zdravog starenja“ za period od 2020. do 2030. godine. Prioriteti uključuju podršku državama, istraživanje zdravog starenja, kvalitetnije prikupljanje podataka te usklađivanje zdravstvenih sustava s potrebama starije populacije te borbu protiv ageizma (dobizam) (Rudnicka et al., 2020). Ageizam označava diskriminaciju po dobi. Kao i svaki oblik diskriminacije narušava kvalitetu života osobe, društvene odnose, kvalitetu zdravstvene zaštite i zapošljavanje (Knežević, Kolarić, 2016). Cilj je razviti nove terapijske strategije kako bi se stanja bolje razumjela, ali i bolje liječila (Ge, 2024). Zbog općeg smanjenja razine tjelesne aktivnosti intervencijski programi u mnogim školama postali su ključni za promicanje tjelesne aktivnosti, spremnosti i prevenciju pretilosti. Nakon sustavne analize studija, većina je pokazala značajno poboljšanje kod pretilosti i tjelesne aktivnosti. Važno je naglasiti bitnost bavljenja tjelesnom aktivnošću kako bi takve školske intervencije bile učinkovite (Yuksel et al., 2020). Osobe s invaliditetom također treba uključiti u promicanje zdravog starenja. Sklonije su pretilosti, suočavaju se s preprekama za sudjelovanje te imaju manju razinu fizičke spremne (Carbone et al., 2021). Sudjelovanjem osoba s invaliditetom uključuje adaptirane sportove i rekreaciju,

optimizira tjelesnu funkcioniranje, poboljšava mentalno zdravlje i samim time akademska postignuća te opću tjelesnu i psihički dobrobit. Potrebno je individualno prilagoditi planirane aktivnosti radi uspješnijeg odrađivanja zadataka (Carbone et al., 2021). Kanadske 24-satne smjernice kretanja za odrasle u dobi 18–64 godine te za odrasle starije od 65 godina razvijene su od strane stručnog panela i predstavljaju integrirani pristup tjelesnoj aktivnosti, sjedilačkom ponašanju i spavanju tijekom cijelog dana. Cilj im je pružiti sveobuhvatne preporuke kako bi se očuvalo zdravlje i kvaliteta života, a predstavljaju prve takve smjernice u svijetu (Ross et al., 2020). Jurakić i Pedesić su, prema uzoru na kanadske smjernice izrađene na temelju trenutačno dostupnih znanstvenih dokaza, sastavili 24-satne smjernice za dobne skupine 0–17 g., 18–64 g. te 65 godina i starije. Također, u obzir su uzeli i preporuke Svjetske zdravstvene organizacije te specifičnosti hrvatskog konteksta (Jurakić, Pedesić, 2019). Kina je u posljednja dva desetljeća doživjela velike društvene, gospodarske i zdravstvene promjene koje dugoročno oblikuju zdravlje njezina stanovništva. Zahvaljujući razvoju porastao je i životni standard, a zdravstvena politika dobila je veću važnost (Zhao, 2022). Velika reforma zdravstvenog sustava započela je 2009. s ciljem osiguranja univerzalnog i dostupnog osnovnog zdravstva. Inicijativa *Zdrava Kina 2030.*, pokrenuta 2016., predstavljala je prvi nacionalni plan usmjeren na prevenciju nezaraznih bolesti (Zhao, 2022).

ZAKLJUČAK

Zdravo starenje predstavlja složen proces koji se odvija na psihološkoj, socijalnoj i biološkoj razini. Iako je starenje neizbježno, kvaliteta života u starijoj dobi rezultat je rada u mlađoj životnoj dobi i održavanje istoga starenjem. Padovi su jedni od najvećih izazova za stariju populaciju, a prevencija koja uključuje tjelesnu aktivnost i prilagodbu okoline, ključna je za smanjenje rizika od ozljeda. Prehrana koja je bogata voćem, povrćem te isključuje prerađene namirnice, može uvelike smanjiti rizik od kroničnih bolesti. Mentalno je zdravlje jednako bitno za suočavanje s izazovima starenja. Stvaranjem kvalitetnih socijalnih veza i interakcija značajno može doprinijeti kvaliteti života u starijoj dobi radi osjećaja pripadnosti i potpore. S obzirom na to da je pretilost sve veći globalni problem među mladima, škole su prepoznate kao ključno mjesto stvaranja zdravih životnih navika. Ovakvi načini promoviranja zdravog načina života educiraju učenike o zdravoj prehrani te tjelesnoj aktivnosti što može doprinijeti njihovom zdravlju i u dalekoj budućnosti. Istraživanja u budućnosti trebala bi se usredotočiti na razvoj novih tehnologija kako bi se poboljšala individualizacija i kvaliteta života u starijoj dobi. Kroz prevenciju, rano otkrivanje i pravovremeno liječenje, značajno se mogu produljiti zdrave godine života te omogućiti starijoj populaciji aktivno sudjelovanje u društvima.

LITERATURA

1. Bautmans, I., Knoop, V., Thiagarajan, J. A., Maier, A. B., Beard, J. R., Freiburger, E., ... & Banerjee, A. (2022). WHO working definition of vitality capacity for healthy longevity monitoring. *The Lancet. Healthy longevity*, 3(11), e789–e796.
2. Bojang, K. P., & Manchana, V. (2023). Nutrition and Healthy Aging: A Review. *Current nutrition reports*, 12(3), 369–375.

3. Carbone, P. S., Smith, P. J., Lewis, C., & LeBlanc, C. (2021). Promoting the Participation of Children and Adolescents With Disabilities in Sports, Recreation, and Physical Activity. *Pediatrics*, 148(6), e2021054664.
4. Crombie, K. M., & O'Connor, P. J. (2024). Exercise and Anxiety. *Current topics in behavioral neurosciences*, 67, 199–222.
5. Delibašić, K., & Tuce, Đ. (2023). Uspješno starenje: Teorijske koncepcije, odrednice i intervencije. *Adult Education/Obrazovanje Odraslih*, 1, 39-60.
6. Dominguez, L. J., Veronese, N., Baiamonte, E., Guarrera, M., Parisi, A., Ruffolo, C., ... & Barbagallo, M. (2022). Healthy aging and dietary patterns. *Nutrients*, 14(4), 889.
7. Gabrić, I. D. (2016). Prehrana i kardiovaskularno zdravlje. *Medicus*, 25(2 Kardiologija danas), 227-234.
8. Ge, Y. (2024). Vascular Contributions to Healthy Aging and Dementia. *Aging and disease*, 15(4), 1432–1437.
9. González-Devesa, D., Varela, S., Sanchez-Lastra, M. A., & Ayán, C. (2024). Nordic Walking as a Non-Pharmacological Intervention for Chronic Pain and Fatigue: Systematic Review. In *Healthcare* 12(12), 1167. MDPI.
10. Heywood, S. E., Connaughton, J., Kinsella, R., Black, S., Bicchi, N., & Setchell, J. (2022). Physical Therapy and Mental Health: A Scoping Review. *Physical therapy*, 102(11), pzac102.
11. Izquierdo, M., Merchant, R. A., Morley, J. E., Anker, S. D., Aprahamian, I., Arai, H., ... & Singh, M. F. (2021). International exercise recommendations in older adults (ICFSR): expert consensus guidelines. *The journal of nutrition, health & aging*, 25(7), 824-853.
12. Jurakić, D., & Pedišić, Ž. (2019). Hrvatske 24-satne preporuke za tjelesnu aktivnost, sedentarno ponašanje i spavanje: prijedlog utemeljen na sustavnom pregledu literature. *Medicus*, 28(2 Tjelesna aktivnost), 143-153.
13. Karstoft, K., Thorsen, I. K., Nielsen, J. S., Solomon, T. P. J., Masuki, S., Nose, H., & Ried-Larsen, M. (2024). Health benefits of interval walking training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49(7), 1002-1007.
14. Knežević, B., & Kolarić, B. (2016). Ageizam i preventivne aktivnosti u Europi. In *Nepoznat skup*, 90-91.
15. Liu, J., & Kim, J. H. (2025). The effects of nordic walking on the cardiovascular risk factors in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 129, 105663.
16. Maček, Z., Balagović, I., Mandić, M., Telebuh, M., & Benko, S. (2017). Fizička aktivnost u zdravom i aktivnom starenju. *Physiotherapia Croatica*, 14(1), 146-148.
17. Mazza, E., Ferro, Y., Pujia, R., Mare, R., Maurotti, S., Montalcini, T., & Pujia, A. (2021). Mediterranean Diet In Healthy Aging. *The journal of nutrition, health & aging*, 25(9), 1076–1083.
18. Mohr, S., Müller, C., Hildebrand, F., & Laubach, M. (2023). Sturzprävention bei älteren Menschen durch ergotherapeutische Wohnraumanalyse, -beratung und -anpassung: eine Prozessdarstellung. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 56(5), 408–414.
19. Montero-Odasso, M. M., Kamkar, N., Pieruccini-Faria, F., Osman, A., Sarquis-Adamson, Y., Close, J., ... & Kobusingye, O. (2021). Evaluation of clinical practice guidelines on fall

- prevention and management for older adults: a systematic review. *JAMA network open*, 4(12), e2138911-e2138911.
20. Nekić, M., & Tucak Junaković, I. (2022). Sociodemografska obilježja, životni stil i uspješno starenje. *Uspješno starenje: Teorijski pristupi, metode istraživanja i čimbenici doprinosa*, 37-72.
 21. Ordoas, J. M., & Berciano, S. (2020). Personalized nutrition and healthy aging. *Nutrition reviews*, 78(12 Suppl 2), 58–65.
 22. Ostojić, S., Stojanović, M., Veljović, D., Stojanović, M. D., Međedović, B., & Ahmetović, Z. (2009). Fizička aktivnost i zdravlje. *Tims Acta*, 3(1), 1-13.
 23. Roberts, S. B., Silver, R. E., Das, S. K., Fielding, R. A., Gilhooly, C. H., Jacques, P. F., ... & Booth, S. (2021). Healthy aging – nutrition matters: start early and screen often. *Advances in Nutrition*, 12(4), 1438-1448.
 24. Ross, R., Chaput, J. P., Giangregorio, L. M., Janssen, I., Saunders, T. J., Kho, M. E., Poitras, ... Tremblay, M. S. (2020). Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Adults aged 18-64 years and Adults aged 65 years or older: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(10 (Suppl. 2)), S57–S102.
 25. Roy, M., Grattard, V., Dinot, C., Soares, A. V., Decavel, P., & Sagawa, Y. J. (2020). Nordic walking influence on biomechanical parameters: A systematic review. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 56(5), 607-615.
 26. Rudnicka, E., Napierała, P., Podfigurna, A., Męczekalski, B., Smolarczyk, R., & Grymowicz, M. (2020). The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*, 139, 6–11.
 27. Santa, K., Kumazawa, Y., Watanabe, K., & Nagaoka, I. (2024). The Recommendation of the Mediterranean-styled Japanese Diet for Healthy Longevity. *Endocrine, metabolic & immune disorders drug targets*, 24(15), 1794–1812.
 28. Schoberer, D., Breimaier, H. E., Zuschnegg, J., Findling, T., Schaffer, S., & Archan, T. (2022). Fall prevention in hospitals and nursing homes: Clinical practice guideline. *Worldviews on evidence-based nursing*, 19(2), 86–93.
 29. Song, C., Ikei, H., & Miyazaki, Y. (2022). Seasonal Differences in Physiological Responses to Walking in Urban Parks. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12154.
 30. Škarić-Jurić, T. (2019). Starenje kao dio životnog ciklusa. U: *Lauc, T. & Čulković-Bagić, I.*, Zagreb: Alfa, 55-64.
 31. Tomić, G. P. (2021). *Uspješno starenje* (Doktorska disertacija). Pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
 32. Ungvari, Z., Fazekas-Pongor, V., Csiszar, A., & Kunutsor, S. K. (2023). The multifaceted benefits of walking for healthy aging: from Blue Zones to molecular mechanisms. *GeroScience*, 45(6), 3211–3239.
 33. Yasuda, T. (2022). Selected Methods of Resistance Training for Prevention and Treatment of Sarcopenia. *Cells*, 11(9), 1389.
 34. Yuksel, H. S., Şahin, F. N., Maksimovic, N., Drid, P., & Bianco, A. (2020). School-Based Intervention Programs for Preventing Obesity and Promoting Physical Activity and

- Fitness: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 347.
35. Zhao, L. (2022). A review of healthy aging in China, 2000-2019. *Health care science*, 1(2), 111–118.

PSIHOLOŠKE I KINEZIOLOŠKE OSNOVE ZDRAVOG I USPJEŠNOG STARENJA

PSYCHOLOGICAL AND KINESIOLOGICAL BASIS OF HEALTHY AND SUCCESSFUL AGING

Viktorija Trninić

Fakultet hrvatskih studija Sveučilišta u Zagrebu

vrtrnini@fhs.unizg.hr

Marko Trninić

Tehničko veleučilište u Zagrebu

marko.trnini@tvz.hr

Tonči Mašina

Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru

tmasina@unizd.hr

Sažetak

Cilj rada je prikaz i sistematizacija intervencijskih programa za unaprjeđivanje zdravog i uspješnog starenja. Ubrzani način života i kronični stres utječu na mentalno i tjelesno zdravlje ljudi i zahtijevaju primjenu antistresnih intervencija kao i uspješno usporavanje involucijskih, a postizanje restitucijskih procesa. Metaanalize pokazuju kako kognitivna i tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta i tehnike relaksacije unaprjeđuju: suočavanje sa stresom, pojam o sebi, samopoštovanje, samopouzdanje, samokontrolu, obnavljanje i oporavak, sposobnost odgode umora, unutarnji mir, opuštenost, energiziranost, pozitivno stanje raspoloženja, spoznajno funkcioniranje ličnosti, kvalitetu sna, zadovoljstvo i kvalitetu života i zdravo i uspješno starenje. Literatura sugerira kako kognitivne intervencije odgađaju kognitivno starenje i opadanje kapaciteta pamćenja. Psihološke, medicinske i kineziološke čimbenike čine, pored tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta i tehnika relaksacije, pravilna prehrana, zdrave navike i preventivni pregledi. Tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta i tehnike relaksacije potiču vitalnost te zdravo i uspješno starenje koji su povezani s poticanjem strukturalnih i funkcionalnih promjena mozga i tjelesnih sposobnosti. Kao sastavni dio intervencijskih programa, za pozitivne psihološke i kineziološke učinke te posljedično za zdravo i uspješno starenje, idealna je kombinacija aerobne aktivnosti (četiri do šest puta tjedno u trajanju iznad trideset minuta), živčano-mišićnog treninga, mobilnosti i fleksibilnosti (tri puta tjedno u trajanju četrdeset do šezdeset minuta) te tehnika relaksacije. Kako bi bolje razumjeli zdravo i uspješno starenje, pod utjecajem različitih intervencijskih programa u budućnosti, trebalo bi povezati nalaze istraživanja iz psihologije, neuroznanosti, imunologije i zdravstvene kineziologije.

Ključne riječi: *čovjekova aktivnost, intervencijski programi, mentalno i tjelesno zdravlje, zdravo i uspješno starenje.*

Abstract

The aim of the paper is a presentation and a systematization of intervention programs for enhancement of healthy and successful aging. The hectic lifestyle and chronic stress affect

people's mental and physical health and require application of anti-stress interventions as well as the successful slowing down of involution and achieving restitution processes. Meta-analyses show that moderate-intensity cognitive and physical activity and relaxation techniques improve: coping with stress, self-concept, self-esteem, self-confidence, self-control, regeneration and recovery, ability to delay fatigue, inner peace, relaxation, energisation, positive mood, cognitive functioning of the personality, quality of sleep, satisfaction and quality of life, healthy and successful aging. Literature suggests that cognitive interventions delay cognitive aging and memory decline. Psychological, medical, and kinesiological factors include, in addition to moderate-intensity physical activity and relaxation techniques, adequate nutrition, healthy habits, and preventive medical examinations. Moderate-intensity physical activity and relaxation techniques promote vitality, healthy and successful aging, which are associated with promoting structural and functional changes in the brain and physical abilities. As an integral part of intervention programs, for positive psychological and kinesiological effects and consequently for healthy and successful aging, the ideal combination is aerobic activity (four to six times a week in duration of over thirty minutes), neuromuscular training, mobility and flexibility training (three times a week in duration of forty to sixty minutes), and relaxation techniques. In order to better understand healthy and successful aging, while taking into account the influence of various intervention programs in the future, research findings from psychology, neuroscience, immunology, and health kinesiology should be linked.

Keywords: *human activity, intervention programs, mental and physical health, healthy and successful aging.*

UVOD

Starenje je normalan i neizbježan biološki i funkcionalan proces, koji obuhvaća promjenu građe i funkcija tjelesnih i psihičkih obilježja što utječe na postupni pad fizičkog i mentalnog kapaciteta koji povećava rizik od bolesti i smrtnosti. "Starenje globalnog stanovništva predstavlja jednu od najznačajnijih demografskih i društvenih promjena" (Gianfredi i sur., 2025, str. 3). Autori sugeriraju kako je rješavanje funkcionalnog pada ranim intervencijama, rehabilitacijom i preventivnim strategijama ključno za ublažavanje njegovih negativnih učinaka i očuvanje neovisnosti kod starijih populacija. Nalazi istraživanja pokazuju kako je starenje povezano s promjenama u mozgu i kognitivnim funkcijama koje mogu ograničiti funkcionalne sposobnosti (Lustig i sur., 2009). Starenje s povijesnog aspekta povezivalo se s pojavom kroničnih bolesti, nemoći i padom kvalitete života. Nalazi istraživanja pokazuju da starenje ne znači nužno bolest ili invaliditet (Noto, 2023).

Postoje međusobne veze i zavisnost psihosocijalnih i tjelesnih procesa koji se očituju na pojedinčev zdravstveni status, na nastanak bolesti i starenje. Syme (1984) navodi kako su biološki čimbenici rizika odgovorni za samo manji broj poremećaja. S tim u vezi, Ader (1980) tvrdi da nismo svjesni potencijala psihosomatske orijentacije te kako su sve bolesti u osnovi psihosomatske. Dakle, stanje zdravlja i bolest određuje uzajamno djelovanje i međusobni utjecaj bioloških, psiholoških i društvenih čimbenika, što zahtijeva promjenu biološkog u biopsihosocijalni model.

Zdravo starenje kako ga definira Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) “odnosi se na proces razvijanja i očuvanja funkcionalnih sposobnosti koje omogućuju dobrobit u starijoj dobi, promičući podržavajuće okruženje koje osnažuje pojedince da žive život u svom punom potencijalu bez obzira na godine” (Gianfredi i sur., 2025, str. 3). Autori navode kako promoviranje zdravog starenja zahtjeva naglašavanje važnosti bioloških, ponašajnih, okolišnih čimbenika i čimbenika zdravstvenog statusa (Slika 1). Također, autori predlažu kako je nužno postaviti strategije koje omogućuju da starije osobe mogu uživati u dugom, kvalitetnom i zdravom životu.



Slika 1. Odrednice zdravog starenja: biološki, ponašajni, okolišni i čimbenici zdravstvenog sustava (Gianfredi i sur., 2025).

Suvremena literatura i nalazi istraživanja pokazuju kako starenje utječe na strukturu i funkciju mozga te da kognitivni i tjelesni treninzi mogu usporiti ili čak preokrenuti negativne promjene povezane sa starenjem (Lustig i sur., 2009). To zahtijeva primjenu različitih preventivnih i intervencijskih programa, rane intervencije, zdravi životni stil kroz tijek života koji će minimalizirati gubitke i maksimalizirati dobiti omogućujući ostvarenje individualnog potencijala (Berk, 2022).

Stručnjaci u razvojnoj psihologiji razlikuju *primarno starenje* (drugi naziv za biološko starenje ili senescencija), genski uzrokovan pad u funkcioniranju organa i sustava koji pogađa sve pripadnike ljudske vrste i događa se i onda kad je cjelokupno zdravlje dobro. Nadalje, postoji i *sekundarno starenje* koje se odnosi na propadanje zbog nasljednih nedostataka i negativnih utjecaja iz okoline poput loše prehrane, nedostatka tjelesnog vježbanja, bolesti, zlouporabe droge, okolinskih zagađenja i psihološkog stresa (Berk, 2022).

Uspješno starenje odnosi se na “starenje kod kojeg su potrebne različite intervencije koje omogućavaju izraženu otpornost tijekom završne faze životnog vijeka (Berk, 2022). Nadalje, autorica upućuje kako zemlja koja brine o svojim starijima građanima i daje mnoštvo

moгуćnosti za osobni rast, maksimalizira prilike da će svako ljudsko biće, kada za to dođe vrijeme, starjeti uspješno. S tim u vezi, životni stil bi trebao biti strukturiran na način da omogućava starijima da učinkovito upravljaju višedimenzionalnim, višesmjernim i neuroplastičnim promjenama koje doprinose kvaliteti života, zdravom i uspješnom starenju te aktivnom životnom vijeku. Pritom, *kvaliteta života* može se općenito definirati kao zadovoljstvo ljudi vlastitim životom i osobnim blagostanjem. Suvremena literatura slaže se da se pritom trebaju uzeti u obzir dimenzije poput zdravlja, obrazovanja, zaposlenja, slobodnog vremena, društvenih odnosa, sigurnosti okoliša, krajolika i kulturne baštine (Beltramo i sur., 2024). Također, temeljna osobina ličnosti savjesnost je povezana sa dobrim zdravljem. Važnost osobine ličnosti savjesnost za zdravlje je “neosporno” (Jackson i Hill, 2019). S tim u vezi, savjesna osoba rutinski vježba te ima prikladno zdravstveno ponašanje koje utječe na zdravo i uspješno starenje. Bastounis i suradnici (2016) navode kako dugovječni pojedinci imaju visok rezultat na ekstraverziji (npr. društvenost, asertivnost, razgovorljivost) i nizak rezultat na neuroticizmu (npr. smirenost, sigurnost u sebe, neranjivost).

Martinac i suradnici (2015) sugeriraju kako se kognitivne intervencije mogu interpretirati preventivnim, kao i terapijskim postupkom koji utječe na učinke kognitivnog starenja (npr. usporavanje brzine obrade informacija, opadanje kapaciteta pamćenja). Autori navode kako je starenje povezano s promjenama u strukturi živčanog sustava i spoznajnim sposobnostima smanjene funkcionalnosti. Zato je ishodišno pitanje u oblikovanju kognitivnog treninga kako poticati kognitivne funkcije odgovorne za učenje i pamćenje. Isto tako, Lustig i suradnici (2009) tvrde da je nužna primjena učinkovitih metoda za održavanje ili čak unaprjeđivanje kognitivnih performansi starijih osoba. Autori upućuju na glavne intervencijske pristupe u kojima razlikuju nekoliko različitih tehnika intervencija usmjerenih na kognitivno osnaživanje: *strateški trening*, *višemodalne intervencije*, *kardiovaskularne vježbe* i *procesni trening*.

Kognitivni trening, zdravstvena tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta i tehnike relaksacije imaju važnu ulogu u zdravom i uspješnom starenju. Navedene tri intervencije su *anti-aging*, mjere usmjerene na “usporavanje, zaustavljanje ili čak obnavljanje fenomena povezanih sa starenjem kao i povećanjem životne dobi” (Son, Park i Lee, 2019). Pritom, kognitivni intervencijski pristupi imaju ulogu da potaknu uspješno starenje kognitivnih funkcija. U skladu s tim strateški kognitivni trening usmjeren je na razvijanje i primjenu mentalnih strategija (npr. asocijacije). Tako primjerice, učenje novih riječi pomoću strukturirane i smislene priče može unaprijediti učenje i pamćenje. Druga vrsta kognitivnog treninga je višemodalni pristup koji kombinira vrste pozitivne stimulacije koje se nadopunjuju i imaju sinergijske učinke kao što su kognitivne vježbe (npr. memorijske igre, usmjereno učenje), tjelesna aerobna aktivnost umjerenog intenziteta, socijalne interakcije te vježbe emocionalne samoregulacije. S tim u vezi, navedena vrsta treninga ima najveći interakcijski učinak na zdravstveni status i na otpornost na stres (Lustig i sur., 2009). Aerobni trening je povezan s povećanom neurogenezom i angiogenezom u mozgu te povećanjem prokrvljenosti mozga (Swain i sur., 2003) i poboljšavanjem kognitivnih mjera, odnosno učincima na kognitivnu komponentu i neuroplastičnost u staroj dobi (Erickson i Kramer, 2009). Suvremena literatura pokazuje kako kognitivne, kardiovaskularne i senzomotorne intervencije su povezane s povećanjem moždanih struktura (npr. prefrontalni korteks i hipokampus). Treća vrsta kognitivnog treninga je kardiovaskularni ili aerobni trening koji izravno potiče prokrvljenost mozga, njegovu

oksidaciju i rast neurotrofina (npr. BDNF). Nalazi istraživanja pokazuju kako kardiovaskularni trening potiče pažnju, izvršne funkcije i pamćenje (Martinac i sur., 2009). Swain i sur. (2003) navode kako dugotrajno tjelesno vježbanje potiče rast kapilara u motoričkim područjima moždane kore što upućuje na snažnu adaptaciju na dugotrajnu motoričku aktivnost i pojačan protok krvi tijekom aktivacije. Četvrta vrsta kognitivnog treninga je procesni trening koji je usmjeren na temeljne spoznajne procese (npr. brzina obrade informacija, radna memorija i inhibicija). Procesni trening se koristi računalnim programima ili strukturiranim zadacima (npr. praćenje simbola, prepoznavanje uzoraka) što unapređuje mehanizme koji potiču razvoj kognitivnih sposobnosti.

Stoga kognitivni trening treba obuhvatiti strukturirane vježbe i aktivnosti kreirane u svrhu unapređivanja ili održavanja spoznajnih sposobnosti (npr. rješavanja problema) čiji je cilj usporiti kognitivni pad (npr. povećanje rezervnog kognitivnog kapaciteta) koji prirodno dolazi sa starenjem i poticati neurogenezu (osobito u hipokampusu) i neuroplastičnost mozga, tj. stvaranje novih neuronskih veza i sinapsi. Ovakav pristup smanjuje rizik od demencije i naučene bespomoćnosti. Kontinuiranost ili redovitost primjene navedenih intervencijskih programa vjerojatno daje najbolje interakcijske učinke koji se očituju na zdravo i uspješno starenje. Nalazi istraživanja pokazuju kako navedene četiri intervencije poboljšavaju učenje i pamćenje te stjecanje kognitivnih vještina kao što su usmjerenost i zadržavanje pažnje.

Suvremena praksa sugerira kako kombinacija više vrsta pozitivne mentalne i tjelesne stimulacije (npr. kognitivne vježbe, tjelesna aktivnost i socijalna interakcija te poticanje emocionalne regulacije) ima učinak na cjelokupni zdravstveni status i otpornost na stres i zaštitni su faktor zdravog i uspješnog starenja. To zato jer kombinirani intervencijski programi potiču adaptivne mehanizme mozga i tijela: razvija funkcionalne veze između prefrontalnog korteksa, amigdale i hipokampusa (Lama i Goleman, 2005), smanjuje reaktivnost amigdale (učinkovitije suočavanje sa stresom) te dugotrajno smanjuje bazalnu razinu glavnog hormona stresa kortizola i reaktivnost osovine hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda. Vjerojatno je optimalno 5 do 6 puta tjedno provoditi povezivanje kognitivnog treninga, tjelesne aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta, živčano-mišićnog treninga srednjeg opterećenja i tehnika relaksacije jer su komplementarne prirode te utječu na stabilne neurobiološke promjene (rast i jačanje neuronskih mreža, učinkovito suočavanje sa stresom i regulaciju emocija) što se očituje na zdravo i uspješno starenje i funkcionalnu dob pojedinca (Berk, 2022).

UTJECAJ ZDRAVSTVENE TJELESNE AKTIVNOSTI I TEHNIKA RELAKSACIJE NA ZDRAVO I USPJEŠNO STARENJE

Zdravstvena tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta obuhvaća dva temeljna oblika vježbanja: umjerenu aerobnu aktivnost (npr. žustro hodanje, plivanje, vožnja bicikla itd.) i živčano-mišićni trening (npr. programi treninga jakosti, snage, mobilnosti i fleksibilnosti) koji trebaju biti povezani s primjenom tehnika relaksacije (npr. svjesno abdominalno disanje, progresivna mišićna relaksacija, *mindfulness* i dr.). Nadalje, tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta može unaprijediti kardiometaboličko zdravlje, smanjiti količinu i intenzitet emocionalne nestabilnosti, unaprijediti pozitivan pogled na život, smanjiti količinu masnog tkiva, povećati količinu aktivne mišićne mase i otpornost na gastrointestinalne, kardiovaskularne, respiratorne

i lokomotorne bolesti (Berk, 2022). Navedene stvarne promjene temelj su zdravog i uspješnog starenja i pozitivnog stanja raspoloženja. Literatura sugerira kako je živčano-mišićni trening svrsishodan za sprečavanje gubitka aktivne mišićne mase i funkcija uslijed starenja te za smanjenje kroničnih upalnih procesa u organizmu. Tako primjerice, osoba izgubi približno 30% mišićne mase u trupu i natkoljenici te približno 20% mišićne mase u nadlakticama i potkoljenicama u razdoblju između rane i kasne odrasle dobi. Mišići koji najviše atrofiraju su pregibači kuka i prednja skupina natkoljenice (osobito rectus femoris i vastus lateralis) što zahtijeva da u živčano-mišićnom treningu posebnu važnost trebaju imati vježbe izometrijske vježbe usmjerene na stabilizaciju koljena i pregibanje kuka te za smanjenje sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka u mirovanju kod osoba s arterijskom hipertenzijom (Edwards i sur., 2023). Također, zdravstvena tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta i tehnike relaksacije potiču imunološke reakcije, radni kapacitet (aerobna i snažna izdržljivost), brže obnavljanje i oporavak organizma, sposobnost odgode umora, unapređuje funkcioniranje lokomotornog sustava u cjelini te može doprinijeti povećanju općeg samopoštovanja i zadovoljstva tjelesnim izgledom (Larsen i Buss, 2024).

S gledišta poboljšanja tjelesnog i mentalnog zdravlja, volumen vježbanja je najvažnija varijabla s kojom se postiže stvarna promjena aerobnih ili oksidativnih energetske sposobnosti i mišićne izdržljivosti koje su temelj funkcioniranja lokomotornog i živčano-mišićnog sustava. Kontinuirana tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta dovodi do pozitivnih posljedica na stabilizaciju krvnog tlaka, povećanje vršnog primitka kisika, poboljšanje kapilarizacije i iskorištavanje kisika.

Odrasle osobe ostvaruju još veću zaštitu od pretilosti (uravnotežena niskokalorična prehrana) ako se primjenjuje redovita tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta koja smanjuje količinu potkožnog masnog tkiva i masne strukture na organskim sustavima. Kanadske preporuke za provođenje tjelesne aktivnosti sugeriraju trajanje vježbanja od najmanje 60 minuta na dan ili smanjenje vremena na 20 do 30 minuta ako se radi o jačem intenzitetu vježbanja (npr. trčanje, bicikl ili brzo plivanje). Kombinacija žustrog hodanja, živčano-mišićnog treninga (npr. promjene na razini mišića, povećanje mobilnosti, porast lokalne mišićne izdržljivosti itd.) i primjena tehnika relaksacije je optimalna za starije osobe, njihovu kvalitetu života, za bolje tjelesno i mentalno zdravlje, nižu stopu smrtnosti i dulji životni vijek (Berk, 2022). U praksi optimalno je vježbati barem 5 do 6 sati prije odlaska na spavanje, a ne manje od 3 sata što olakšava uspavljivanje i povećava kvalitetu sna. Longitudinalne studije koje su trajale 10 do 20 godina potkrijepile su pretpostavku da je tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta povezana sa sniženom pojavom raka na svim mjestima u tijelu osim na koži (Berk, 2022).

Tjelesna aktivnost i intervencije usmjerene na stjecanje motoričkih vještina potiču razvoj kognitivnih procesa, osobito izvršnih funkcija (Foster, Rosenblatt i Kuljiš, 2011). Isto tako, redovita tjelesna aktivnost pomaže u sprečavanju ili odgodi pojave dijabetesa tipa 2, najbolji je regulator održavanja zdravlja mozga, usporava napredovanje starosne demencije (gubitak intelektualne funkcije i sposobnosti) te smanjuje rizik oboljevanja od Alzheimerove bolesti. S obzirom na to da je pamćenje najistaknutiji problem starenja, nužno je razvijati kognitivnu vještinu usmjerenost i zadržavanje pažnje koja je ključna za uspješno pamćenje (Martinac i sur., 2015).

UČINCI INTERVENCIJSKIH PROGRAMA NA ZDRAVO STARENJE

Stručno znanje i iskustvo upućuje kako intervencijski programi usmjereni na zdravo i uspješno starenje trebaju poticati razvoj prilagodbe (akutne i kronične reakcije) različitih mehanizama živčano-mišićnog i prijenosnog sustava za kisik na različite vrste opterećenja. Tako primjerice, prilagodba živčano-vegetativnog sustava koji upravlja organskim sustavima, kao i senzomotornih centara koji upravljaju lokomotornim sustavom je temeljna usmjerenost u poticanju kroničnih promjena organskih sustava te preduvjet zdravog starenja.

Redovita zdravstvena tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta, kognitivni trening i tehnike relaksacije potiču stvarne promjene u regijama koje reguliraju emocije, stres i kogniciju u čijoj pozadini su: prefrontalni korteks, amigdala i hipokampus te osovine hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda (Pinel, 2002). Zaciorski (1995) je utemeljio podjelu učinaka programa treninga na akutne, parcijalne, kronične i kumulativne:

- Akutne učinke čine promjene koje se u psihosomatskom sustavu vježbača događaju za vrijeme i neposredno nakon vježbanja.
- Parcijalni učinci su djelomični trenažni učinci, promjena koju proizvodi jedna vježba unutar višeintervencijskog programa treninga.
- Dugotrajno vježbanje utječe na kronične učinke, na vitalnost, zdravo i uspješno starenje i životni vijek.
- Kumulativni učinci odnose se na trenažne efekte koji su rezultat velikog broja kognitivnog i tjelesnog treninga te primjene tehnika relaksacije koje se očituju na očuvanje i poboljšanje zdravlja, funkcionalnu sposobnost cijelog sustava i izraženu otpornost koja je preduvjet zdravog i uspješnog starenja.

U skladu s tim, Siff i Verhoshanscy (1999) navode kako stimulacija živčano-mišićnog sustava (npr. tjelesne snage) potiče razvoj strukturalnih i funkcionalnih ili neuralnih promjena. Prilagodba mišićnog i živčanog sustava se očituje na strukturalne promjene (npr. hipertrofija u adolescenciji i ranoj odrasloj dobi) te na funkcionalne ili neuralne učinke (npr. međumišićna i unutarmišićna koordinacija, refleksne promjene u živčano-mišićnom sustavu te promjene u izvedbi vježbi). Međumišićna sinkronizacija agonista, antagonista, sinergista i stabilizatora ima za posljedični ishod optimalno uključivanje mišića koji stvaraju pokret i mišića koji inhibiraju izvođenje pokreta. Nadalje, unutarmišićnu koordinaciju čini odnos između intenziteta aktivacije mišića. Refleksne promjene u živčano-mišićnom sustavu se očituju u unaprjeđivanju refleksa istezanja, a stvarne promjene u učinkovitosti izvedbe se provode motoričkim učenjem i vježbanjem. Dob, zdravstveni status i pripremljenost vježbača trebaju biti kriterij za programiranje informacijskog, energetskog, emocionalnog i ukupnog trenažnog opterećenja.

DOZIRANJE I RASPODJELA OPTEREĆENJA TE INDIVIDUALNE VARIJACIJE U STVARNIM PROMJENAMA U ORGANIZMU

Viru (1995) razlikuje pet razina trenažnog opterećenja: *prekomjerno* – veličina opterećenja koja ima za posljedicu iscrpljenost (intenzitet ne smije prelaziti prag iscrpljenosti već treba biti umjeren), *razvojno* – veličina opterećenja izaziva pozitivne adaptacijske procese, *održavajuće* – razina opterećenja je na graničnoj razini što zadržava stanje pripremljenosti, *regenerativno* –

obnavljajuće opterećenje koje potiče oporavak i djeluje na restitucijske procese u organizmu i *beskorisno* opterećenje koje ne primjenjujemo u oblikovanju programa treninga. U planiranju, programiranju i provedbi optimalne vrste podražaja (npr. vrsta treninga, doziranje i raspodjela opterećenja) zahtijeva praćenje i vrednovanje stvarnih promjena kao temeljnog izvora povratne informacije za racionalno i individualno pripremanje vježbača. Nalazi pokazuju da postoje individualne varijacije kod vježbača pod utjecajem ulazne veličine (opterećenja) i izlazne veličine (stvarne promjene) na trenažni podražaj. Bonafiglia i sur. (2016), tvrde kako postoje inter-individualne varijacije u odgovoru organizma na trenažni podražaj. Tako primjerice vježbači različito reagiraju na kontinuirani ili intervalni trening. Nadalje, Marsh i sur. (2020) navode da se reakcije organizma vježbača razlikuju u odnosu na vrstu treninga i način treniranja. U konačnici Montero i Lundby (2017) sugeriraju da ako su programi treninga odgovarajući u području intenziteta, ekstenziteta, učestalosti i vrsti tjelesne aktivnosti tada će pojedini vježbač pozitivno reagirati na opterećenje, ali sa različitim stvarnim promjenama.

Da bismo ostvarili optimalne promjene kod pojedine osobe nužno je provoditi dugoročnu ili kontinuiranu tjelesnu aktivnost umjerenog intenziteta, kognitivni trening i tehnike relaksacije jer to je preduvjet postizanja optimalnog zdravlja i dugovječnosti. Tako primjerice, tjelesna spremnost pod utjecajem intenziteta vrlo intenzivno napreduje, ali brzo dolazi do platoa gdje nema nikakve uzlazne linije, dok volumen potiče tjelesnu spremnost da blago raste, ali sporije dolazi do uzlazne linije te je temeljan za razvoj aerobne baze, kao i za stjecanje vještina do razine prenaučenosti.

Preporuke za optimalno zdravlje se odnose na veću učestalost treniranja, za unapređivanje metaboličke i kardiovaskularne spremnosti (npr. aerobno vježbanje) u odnosu na mišićnu izdržljivost. S tim u vezi, aerobno vježbanje razvija oksidativni energetske kapacitet koji zahtijeva volumen i veću učestalost treninga unutar mikrociklusa, mezociklusa i makrociklusa. U integraciji s živčano-mišićnim treningom utječe na usporavanje starenja (npr. prevencija gubitka mišićne mase) i funkcija organskih sustava. Oba programa usmjerena su na poticanje imunskog sustava i smanjenja kroničnih upalnih procesa.

Redoviti aerobni trening i primjene tehnika relaksacija (npr. svjesno disanje, progresivna mišićna relaksacija, meditacija i *mindfulness*) stoje u pozadini kroničnih stvarnih promjena u organizmu vježbača. Tako primjerice, aerobni trening i *mindfulness* meditacija utječu na povećanje volumena prefrontalnog korteksa i hipokampusu te na smanjenu reaktivnost amigdale (Lama i Goleman, 2005). Navedena dva programa potiču funkcionalnu ravnotežu kemijskih spojeva u mozgu i moždanih valova. S tim u vezi, Davidson i sur. (2003) su procjenjivali 41 ispitanika koji su djelovali u okviru izraženo stresnih poslova u bio-tehnološkoj industriji. Pri tome 25 ispitanika treniralo je *mindfulness* meditaciju temeljenu na smanjenju stresa koju je uveo Jon Kabat-Zinn 1979. godine. Prije primjene prakse *Mindfulness* meditacije radnici su imali blagu asimetriju u smjeru veće aktivacije desne hemisfere mozga što je sugeriralo na kronični stres. Poslije prakse *mindfulness* meditacije zaposlenici su imali izražen pomak prema lijevostranoj asimetriji u komparaciji s kontrolnom skupinom. To upućuje kako osobe imaju potencijal da usvoje programe *mindfulness* meditacije koja vodi prema prisutnosti u sadašnjem trenutku i smirenosti. *Mindfulness* meditacija vjerojatno uzrokuje veću aktivaciju lijeve hemisfere koja je odgovorna za izvršne funkcije i pozitivnu emocionalnost. S tim u vezi Larsen i Buss (2024) navode kako je lijeva hemisfera relativno aktivnija od desne kada osoba

doživljava ugodne emocije, dok je čeonu režanj desne hemisfere aktivniji od lijevog kad osoba osjeća neugodne emocije. *Mindfulness* kao psihološka metoda može pozitivno mijenjati neuronske mreže u mozgu i utjecati na mentalno zdravlje. Poticanje stabilnosti i usklađenog uzajamnog djelovanja najvažnijih regija u mozgu utječe na razvoj samoregulacije (mentalne kontrole) kao sposobnosti i vještine te na učinkovito suočavanje sa stresom. Literatura pokazuje kako je za stvarne neurobiološke promjene potreban vremenski ciklus od 8 do 12 tjedana *mindfulness* prakse koja potiče pozitivna emocionalna obilježja.

Intervencijske tehnike u sklopu višemodalnih programa u pojedinim razvojnim razdobljima zahtijevaju kontinuitet različitih aktivnosti kao preduvjet stvarnih bioloških i psiholoških promjena koje su u osnovi zdravog i uspješnog starenja. Berk (2022) navodi kako nijedno životno razdoblje nije važnije od drugih po svom utjecaju na tijek života i buduće promjene u tjelesnom, kognitivnom, emocionalnom i socijalnom području koja su u međusobnoj interakciji, a očituju se na zdravo i uspješno starenje.

ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA ZDRAVO I USPJEŠNO STARENJE

Literatura sugerira kako je aktivni životni stil temeljni preduvjet koji utječe na zdravo i uspješno starenje te na unapređivanje funkcionalne dobi pojedinca. Poticanje cjeloživotnog učenja i vježbanja pomaže starijim ljudima da unaprijede svoje vještine i razinu stvarne kompetencije i sposobnosti. Nužno je istaknuti kako je važno slijediti biološka načela kako funkcija razvija organ (Lamarck, 1809) te kako funkcija razvija funkciju. Lamarck je tvrdio, prije dva stoljeća, da se organi koji se intenzivno upotrebljavaju intenzivno razvijaju te da je načelo prilagođavanja ishodište stvarnih promjena. To sugerira kako redovito korištenje optimalnog opterećenja predstavlja biološke stimuluse i stresore koji izazivaju stvarne biokemijske, fiziološke i emocionalne promjene te da potiču razvoj adaptacije vježbačeva organizma. S tim u vezi, obilježja adaptacije podrazumijevaju mehanizme kontinuiranog uspostavljanja biološke i psihološke ravnoteže (Virus, 1995). Zato je potrebno u svim intervencijskim programima uravnotežiti odnos između kognitivnog, emocionalnog i tjelesnog opterećenja i rasterećenja koji postaju najvažniji za ovu dob.

Usporavanje starenja omogućavaju socijalne interakcije, kardiovaskularna spremnost, stanje funkcionalne ravnoteže između neurotransmitera i moždanih valova te poticanje imunskog sustava što sugerira nužnost kombinacije različitih intervencija koje se sinergijski nadopunjuju. Zato je poželjna kognitivna i tjelesna aktivnost u grupi kako bi se poticali mehanizmi koji usporavaju propadanje psihofizioloških i socijalnih funkcija koji se očituju na kooperativno ponašanje i vještine uspješne komunikacije. Berk (2022) u SCHAEFFEROVJ teoriji reintegracije koja se odnosi na razdoblje kasno odrasle dobi navodi kako pojedinci preispituju i ponovno integriraju svoje interese, stavove i vrijednosti te koriste ih za maksimaliziranje kvalitete vlastitog života, a sve zbog toga što odlaze u mirovinu i njihova se budućnost skraćuje.

Nalazi istraživanja sugeriraju kako u posljednjim desetljećima života postoji velika različitost u razvoju (Berk, 2022). Autorica navodi kako uspješno starenje obilježavaju maksimalizirane dobiti, a minimalizirani gubici omogućujući ostvarenje individualnog potencijala. Zdravi životni stil, koji uključuje zdravstvenu umjerenu tjelesnu aktivnost i tehnike relaksacije, je prirodni antidepresiv i anksiolitik koji potiče izlučivanje zaštitnih miokina, smanjuje stresne

hormone i upalne procese i potiče razvoj fiziološke i psihološke otpornosti na stres. Opadanje tjelesne snage, mobilnosti i ravnoteže smanjuje motoričko funkcioniranje te može potaknuti kognitivnu i socijalnu deterioraciju izazvanu starenjem. Suvremena literatura sugerira kako se tijekom starenja promjene događaju u smanjenju volumena mozga osobito u prefrontalnom korteksu i hipokampusu, dok neuralne mreže postaju manje učinkovite što može inicirati sporiju obradu informacija i smanjenju kognitivnu i ponašajnu fleksibilnost (Martinac i sur., 2015). Promjene u kognitivnom području (npr. brzina reagiranja) upućuju kako su osobe u kasnoj odrasloj dobi manje učinkovite u novim situacijama te kad su zahtjevi usmjereni na brzo reagiranje u obavljanju zadataka (Petz i sur., 2005). Literatura pokazuje kako, strukturiranjem intervencijskih stimulativnih programa za kasnu odraslu dob, redovita tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta, kognitivni treninzi, tehnike relaksacije, aktivno društveno okruženje mogu usporavati propadanje psihičkih i tjelesnih funkcija koje su u međusobnoj interakciji (Berk, 2022). Čovjekova aktivnost u svojoj struci, stalna pozitivna mentalna i tjelesna stimulacija smanjuje deterioraciju uzrokovanu promjenom načina ponašanja okoline prema osobama u srednjoj ili kasnoj odrasloj dobi.

Postoje različite fiziološki i psihološki učinci tjelesne aktivnosti na psihološku dobrobit (Shaw, Goreli i Corban, 2005) koja se očituje na zdravo i uspješno starenje. U fiziološke učinke spadaju kardiorespiratorna spremnost koja je primarno posljedica prilagodbe srčano-žilnog i dišnog sustava na tjelesnu aerobnu aktivnost koja ublažava starenje uvjetovano odumiranjem moždanih stanica. Aerobni trening povećava regionalnu prokrvljenost mozga i funkcionalnu ravnotežu kemijskih spojeva u mozgu, sposobnost dostave kisika i hranjivih tvari u tkivima, smanjuje pad plućne ventilacijske sposobnosti i gubitak elastičnosti pluća. Nadalje, redovita primjena tjelesne aktivnosti umjerenog intenziteta i tehnika relaksacije potiču povećano izlučivanje serotonina, dopamina, epinefrina i norepinefrina tijekom vježbanja koji potiču pozitivno emocionalno stanje, povećano samopoštovanje i samopouzdanje, smanjenu osjetljivost na stres i nižu tjeskobu i potištenost. Postoji povezanost između tjelesnog vježbanja i iniciranja proizvodnje tvari slične morfiju (endorfina) koja ima važnu ulogu u kontroli čuvstvenog ponašanja (Bratko, 2001).

U domeni psiholoških čimbenika, važno je primjenjivati kognitivni trening, poticati stjecanje novih motoričkih i psiholoških vještina, razvijati pozitivno i konstruktivno mišljenje i osjećanje, uvjerenja o samoučinkovitosti, kao i socijalne interakcije pomoću tjelesne i kognitivne aktivnosti i tehnika relaksacije, doživljaj uspjeha u različitim ulogama u životu koje pružaju zadovoljstvo, socijalno iskustvo te unapređuju čuvstvenu i socijalnu prilagodbu. Isto tako, čovjekova aktivnost omogućava odmak od njegovih svakodnevnih teškoća te daje mogućnost opuštanja i pogleda na stvari iz druge perspektive. Nadalje, socijalna interakcija omogućava aktivnu društvenu uključenost i povezanost u grupnim aktivnostima, kvalitetnu komunikaciju, emocionalne odnose i zadovoljavanje afilijativnog motiva. Društvena interakcija potiče lučenje neurotransmitera: dopamina i serotonina koji reguliraju raspoloženje i utječu na mentalno zdravlje. Navedeni fiziološki i psihološki čimbenici utječu na zdravo i uspješno starenje. Nadalje, Vaillant (2002, str. 12) tvrdi kako: “prošlost često predviđa, ali nikada ne određuje starost”.

Berk (2022, str. 639) upućuje da “uspješno starenje je izraz iznimne otpornosti tijekom završne faze životnog vijeka”. Autorica tvrdi kako postoje brojni načini s kojima ljudi starije dobi ostvaruju najvažnije svoje ciljeve:

- optimizam i osjećaj samoefikasnosti u poboljšanju zdravlja i tjelesnog funkcioniranja,
- selektivne optimizacije s kompenzacijom, kako bi se izvukao maksimum od ograničene tjelesne energije i kognitivnih resursa,
- osnaživanje pojma o sebi što potiče samoprihvatanje i nastojanje da se postignu poželjne slike o sebi,
- unaprjeđena emocionalna samoregulacija, pozitivna emocionalnost što podržava značajne i važne socijalne veze,
- prihvatanje promjena što učvršćuje zadovoljstvo životom,
- zreli osjećaj spiritualnosti i vjere što dopušta anticipiranje smrti smireno i spokojno,
- osobna kontrola nad područjima zavisnosti i nezavisnost omogućava ulaganje u samostalne odabrane visoko cijenjene aktivnosti,
- visoko kvalitetni odnosi koji pružaju socijalnu podršku i ugodno društvo
- osobne smislene aktivnosti, slobodno vrijeme i volonterske aktivnosti koje doprinose fizičkoj, kognitivnoj i socijalnoj dobrobiti.

U konačnici starjeti zdravo i uspješno, zahtjeva redovito određivanje optimalne vrste podražaja prikladnom vrstom treninga te usklađivanje intenziteta, ekstenziteta i učestalosti treninga. Navedene komponente treninga potiču kronične promjene u organskim sustavima koje unapređuju zdravo i uspješno starenje te produžavaju životni vijek. Nalazi istraživanja pokazuju kako između volumena tjelesne aktivnosti i ukupne stope smrtnosti postoji obrnuta povezanost što upućuje da povećan volumen tjelesne aktivnosti smanjuje ukupnu smrtnost (Lee i Sceret, 2001), prijevremenu smrtnost (Samitz, Egger i Zwahlen, 2011) i unapređuje zdravstvenu dobrobit (Pate i sur., 1995). Također, kombinirani intervencijski programi utječu na “pomlađivanje” moždanih i tjelesnih funkcija (Lustig i sur., 2009). U suvremenoj kineziološkoj praksi važno je odabrati adekvatnu vrstu treninga za pojedinca te individualizirati učestalost, trajanje i intenzitet kombiniranih intervencijskih programa u odnosu na dob, specifične karakteristike osobe, zdravstveni status, stanje pripremljenosti i motivaciju vježbača.

ZAKLJUČAK

Poznavanje psiholoških, kinezioloških i kemijsko-bioloških osnova zdravog i uspješnog starenja te specifičnosti dobnih skupina i pojedinačnih obilježja, kao i stanja pripremljenosti vježbača su temelj oblikovanja učinkovitih intervencijskih programa. Uravnotežena primjena intervencijskih programa koji se sinergijski nadopunjuju utječe na učinkovito suočavanje sa stresorima, potiče kardiometaboličko zdravlje, povećanje kontrole fokusa pažnje, unapređenje kvalitete sna, regeneracije i oporavka te povećanje razine energetske sustava kao preduvjet razvoja pojedinčevog radnog kapaciteta. Kombinirani intervencijski programi potiču povećanu otpornost u suočavanju s novim stresorima koji mogu kod osoba s nedostatkom tjelesne treniranosti proizvesti neprilagođeno ponašanje, psihičke i tjelesne poremećaje i bolesti. Posebnu važnost u ubrzanom načinu života i kroničnom stresu imaju “antistresne” i “antiupalne” intervencije što je od presudne važnosti za zdravo starenje. Literatura i nalazi

istraživanja pokazuju kako tjelesna aerobna aktivnost umjerenog intenziteta, kognitivni i živčano-mišićni trening i tehnike relaksacije unapređuju samopoštovanje, samopouzdanje, samokontrolu, brzinu regeneracije i oporavka, sposobnost odgode umora, emocionalni mir, opuštenost, energiziranost, poimanje vlastitog tijela, pozitivno stanje raspoloženja, spoznajno, emocionalno, tjelesno i socijalno funkcioniranje ličnosti, kvalitetu sna te zadovoljstvo i kvalitetu života. Empirijska istraživanja upućuju kako su kognitivne intervencije preventivni i terapijski postupak koje odgađaju kognitivno starenje i usporavaju deterioraciju. Nadalje, aerobna tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta smanjuje rizik kognitivnog pada i potencijalnih demencija u kasnoj odrasloj dobi te smanjenje ovisnosti o zdravstvenim uslugama.

Obrazovanje i savjesno ponašanje u provođenju intervencijskih programa temeljni su preduvjet za ostvarenje pozitivnih psiholoških i fizioloških učinaka, kao i za povećanje zdravog i uspješnog starenja. Nadalje, kombinirani intervencijski programi dovode do kumulativnih učinaka koji obuhvaćaju unaprjeđenje zdravog i uspješnog starenja. Isto tako, intervencijski programi potiču kronične promjene u metabolizmu mozga, vitalnost, ublažavaju starenje uvjetovano odumiranjem moždanih stanica te utječu na prevagu parasimpatikusa (parasimpatikona adaptacija), potiču otpuštanje biogenih amina koji utječu na mentalno zdravlje pojedinca i regulaciju stanja raspoloženja, pažnju i motivaciju. Navedeni intervencijski programi utječu na povećanje radnog kapaciteta i produljenje životnog vijek za 5 do 10 godina. Dugovječni pojedinci u odnosu na temeljne osobine ličnosti imaju visok rezultat na ekstraverziji i nizak na neuroticizmu. To sugerira kako ličnost utječe na dugovječnost i zdravlje indirektno, kroz ponašanja koja unaprjeđuju ili štete zdravlju. Nadalje, neispunjavanje potrebe za pripadanjem može dovesti do negativnih zdravstvenih posljedica. Ljudi odrasle dobi koji se osjećaju odbačeni od strane drugih doživljavaju loše tjelesno zdravlje, hipertenziju, više razine percipiranog stresa i više razine kortizola. Kombinirani intervencijski programi djeluju na adaptivne mehanizme mozga i tijela. Posebna važnost redovitih kombiniranih intervencijskih programa proizlazi iz poticanja povećanja prefrontalnog korteksa i hipokampusu te smanjivanja reaktivnosti amigdale što utječe na osovinu hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda, a posljedično smanjuje prekomjerno lučenje kortizola i upalnih citokina te povećava osjećaj kontrole i smirenosti. Također, intervencijske tehnike smanjuju vjerojatnost bolesti i rani invaliditet te povećavaju produktivnost na radnom mjestu.

Vrednovanje pozitivnih psiholoških i fizioloških učinaka pod utjecajem intervencijskih programa treba obuhvatiti istraživanje mehanizama ili procesa koji su u podlozi zdravog i uspješnog starenja te produljivanja životnog vijeka. Za pozitivne interakcijske učinke na zdravo i uspješno starenje optimalna je kombinacija aerobne aktivnosti, živčano-mišićnog treninga srednjeg opterećenja i kognitivnog treninga te tehnika relaksacije koja pomaže u regulaciji emocija i stresa te u poboljšavanju kvalitete sna koja omogućava biološku restituciju uma i tijela te posljedično kvalitetu života.

Kako bi bolje razumjeli zdravo i uspješno starenje pod utjecajem intervencijskih programa i zdravstvenog ponašanja, u budućnosti bi trebalo oblikovati interdisciplinarni pristup s praktičnim preporukama za različite dobne skupine. S tim u vezi, buduće smjernice istraživanja trebaju biti usmjerene na longitudinalne ili longitudinalno-sekvencijalne nacрте koji su metodološki opravdaniji od tzv. transverzalne metode. Nužno je obuhvatiti kombinirane

intervencijske programe koji uključuju tjelesnu aktivnost umjerenog intenziteta, kognitivne vježbe i različite tehnike relaksacije koje se nadopunjuju te imaju sinergijske učinke koji daju najbolje rezultate na zdravo i uspješno starenje. Vjerojatno će se najveći napredak ostvariti u nalazima istraživanja kada se integriraju znanstvenici u multidisciplinarne timove koji će koristiti različite analize i metode koje omogućavaju interpretaciju mehanizama i procesa koji su u pozadini zdravog i uspješnog starenja.

LITERATURA

1. Ader, R. (1980). Psychosomatic and psychoimmunologic research. *Psychosomatic Medicine*, 42(3), 307–321.
2. Bastounis, A., Callaghan, P., Banerjee, A., & Michail, M. (2016). The effectiveness of the Penn Resiliency Programme (PRP) and its adapted versions in reducing depression and anxiety and improving explanatory style: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Adolescence*, 52(1), 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2016.07.004>
3. Beltramo, R., Peira, G., Pasino, G., & Bonadonna, A. (2024). Quality of life in rural areas: A set of indicators for improving wellbeing. *Sustainability*, 16(5), 1804. <https://doi.org/10.3390/su16051804>
4. Berk, L. A. (2022). *Exploring lifespan development* (7th ed.). SAGE Publications.
5. Bonafiglia, J. T., Rotundo, M. P., Whittall, J. P., Scribbans, T. D., Graham, R. B., & Gurd, B. J. (2016). Inter-individual variability in the adaptive responses to endurance and sprint interval training: A randomized crossover study. *PloS one*, 11(12), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167790>
6. Bratko, D. (2001). *Psihologija*. Zagreb: Profil International.
7. Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S. F., Urbanowski, F., Harrington, A., Bonus, K., & Sheridan, J. E. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine* 65, 564–570.
8. Edwards, J. J., Deenmamode, A. H. P., Griffiths, M., Arnold, O., Cooper, N. J., Wiles, J. D., & O'Driscoll, J. M. (2023). Exercise training and resting blood pressure: a large-scale pairwise and network meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 57(20), 1317–1326. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106503>
9. Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 22–24.
10. Foster, P. P., Rosenblatt K. P., & Kuljiš, R. O. (2011). Exercise-induced cognitive plasticity, implications for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Frontiers in Neurology*, 5(2), 28–58. <https://doi.org/10.3389/fneur.2011.00028>
11. Gianfredi, V., Nucci, D., Pennisi, F., Maggi, S., Veronese, N., & Soysal, P. (2025). Aging, longevity, and healthy aging: the public health approach. *Aging Clinical and Experimental Research*, 37(1), 125. <https://doi.org/10.1007/s40520-025-03021-8>
12. Jackson, J. J., & Hill, P. L. (2019). Lifespan Development of Conscientiousness. In D. P. McAdams, R. L. Shiner, & J. L. Tackett (Eds.), *Handbook of Personality Development* (pp. 153–170). New York: The Guilford Press.

13. Lama, D. i Goleman, D. (2005). *Destruktivne emocije i kako ih pobijediti*. Zagreb: Mozaik knjiga.
14. Lamarck, J. B. (1809). *Philosophie zoologique*. Paris: Dentu Libraire.
15. Larsen, R. J., & Buss, D. M. (2024). *Personality Psychology: Domains of Knowledge About Human Nature* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
16. Lee, I. M., & Skerrett, P. J. (2001). Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), 459–471.
17. Lustig, C., Shah, P., Seidler, R., & Reuter-Lorenz, P. A. (2009). Aging, training, and the brain: A review and future directions. *Neuropsychology Review*, 19, 504–522.
18. Marsh, C. E., Thomas, H. J., Naylor, L. H., Scurrah, K. J., & Green, D. J. (2020). Fitness and strength responses to distinct exercise modes in twins: Studies of twin responses to understand exercise as a therapy (STRUETH) study. *The Journal of Physiology*, 598(18), 3845–3858. <https://doi.org/10.1113/JP280048>
19. Martinac, M., Vranić, A., Zarevski, P. i Zarevski, Z. (2015). *Psihologija za liječnike*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
20. Montero, D., & Lundby, C. (2017). Refuting the myth of non-response to exercise training: 'Non-responders' do respond to higher dose of training. *The Journal of Physiology*, 595(11), 3377–3387. <https://doi.org/10.1113/JP273480>
21. Noto, S. (2023). Perspectives on aging and quality of life. *Healthcare*, 11(15), 2131. <https://doi.org/10.3390/healthcare11152131>
22. Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., & King, A. C. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the American college of sports medicine. *JAMA*, 273(5), 402–407. <https://doi.org/10.1001/jama.273.5.402>
23. Petz, B. i sur. (2005). *Psihologijski rječnik*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
24. Pinel, J. P. J. (2002). *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap.
25. Samitz, G., Egger, M., & Zwahlen, M. (2011). Domains of physical activity and all-cause mortality: Systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *International Journal of Epidemiology*, 40(5), 1–19.
26. Shaw, D., Gorely, T., & Corban, R. (2005). *Instant Notes in Sport and Exercise Psychology*. Garland Science/Bios Scientific Publishers.
27. Siff, M. C., & Verhoshansky, Y. V. (1999). *Supertraining* (4th ed.). Denver: Supertraining International.
28. Son, D. H., Park, W. J., & Lee, Y. J. (2019). Recent advances in anti-aging medicine. *Korean Journal of Family Medicine*, 40(5), 289–296. <https://doi.org/10.4082/kjfm.19.0087>
29. Swain, R. A., Harris, A. B., Wiener, E. C., Dutka, M. V., Morris, H. D., Theien, B. E., Konda, S., Engberg, K., Lauterbur, P. C., & Greenough, W. T. (2003). Prolonged exercise induces angiogenesis and increases cerebral blood volume in primary motor cortex of the rat. *Neuroscience*, 117(4), 1037–1046. [https://doi.org/10.1016/s0306-4522\(02\)00664-4](https://doi.org/10.1016/s0306-4522(02)00664-4)
30. Syme, S. L. (1984). Sociocultural factors and disease etiology. In W.D. Gentry (Ed.), *Handbook of Behavioral Medicine* (13–37). New York, NY: Guilford Press.
31. Vaillant, G. E. (2002). *Aging well*. Boston: Little, Brown.
32. Viru, A. (1995). *Adaptation in Sports Training*. Boca Raton, FL: CRC Press.

33. Zatsiorski, V. M. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

ULOGA FIZIOTERAPIJSKE INTERVENCIJE U PREVENCIJI BOLESTI POVEZANIH S PRETILOŠĆU

THE ROLE OF PHYSIOTHERAPY INTERVENTIONS IN THE PREVENTION OF OBESITY-RELATED DISEASES

Daniela Žeželić

Klinički bolnički centar Rijeka
Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu
danzezelic@net.hr

Jasna Imgrund

Klinički bolnički centar Rijeka
Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu
jasnaimgrund@gmail.com

Ivana Marčić

Klinički bolnički centar Rijeka
Zavod za fizikalnu i rehabilitacijsku medicinu
ivanamarcic.im@gmail.com

Sažetak

Uvod: Posljednjih godina bilježi se porast bolesti povezanih sa sjedilačkim načinom života, poput pretilosti i kardiovaskularnih bolesti, koje su vodeći uzrok smrtnosti i invaliditeta u svijetu. Fizioterapeuti imaju jednu od najvažnijih uloga za provođenje preventivnih mjera, čime se poboljšava zdravstvena slika stanovništva i smanjuju troškovi zdravstvenog sustava. *Cilj:* Usporediti utjecaj organiziranog vježbanja na funkcionalne ishode kod pretilih osoba koje sudjeluju u organiziranom vježbanju i onih koje ne vježbaju. *Materijali i metode:* U istraživanju je sudjelovalo 50 pacijenata Ambulante za debljinu KBC-a Rijeka. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine po 25: kontrolna skupina dobila je upute o promjeni životnih navika (restriktivna dijeta), dok je eksperimentalna skupina, uz iste upute, provodila strukturirane treninge pod vodstvom fizioterapeuta dvaput tjedno tijekom 6 mjeseci. Na početku i na kraju intervencije mjerene su: tjelesna masa, indeks tjelesne mase (ITM), opseg struka i debljina potrbušnog masnog tkiva. *Rezultati:* U drugom mjerenju svi ispitanici imali su statistički značajno nižu tjelesnu masu ($p < 0,001$), ITM ($p < 0,0019$) i debljinu trbušnog masnog tkiva ($p < 0,001$). Kod ispitanika koji su organizirano vježbali zabilježena je statistički značajna razlika u mjerama opsega struka u odnosu na one koji nisu vježbali. *Zaključak:* Rezultati pokazuju da je fizioterapija kao dio multidisciplinarnog pristupa važan element suvremene preventivne medicine. Njezina integracija u preventivne zdravstvene programe omogućuje sveobuhvatan pristup usmjeren na poboljšanje zdravlja i kvalitete života.

Ključne riječi: *fizioterapijska intervencija, pretilost, prevencija bolesti.*

Abstract

Introduction: In recent years, diseases associated with a sedentary lifestyle, such as obesity and cardiovascular diseases - the leading causes of mortality and disability worldwide have been on the rise. Physiotherapists are uniquely positioned to implement preventive measures, thereby improving population health and reducing healthcare costs. **Aim:** To compare the effects of organized exercise on functional outcomes in obese individuals who participate in organized exercise and those who do not. **Materials and methods:** The study included 50 patients from the Obesity Outpatient Clinic at the University Hospital Centre Rijeka. Participants were divided into two groups of 25: the control group received lifestyle modification advice (restrictive diet), while the experimental group, in addition, participated in structured exercise sessions led by a physiotherapist twice a week for 6 months. At baseline and after the intervention, body weight, body mass index (BMI), waist circumference, and abdominal fat thickness were recorded. **Results:** At follow-up, all participants had significantly lower body weight ($p < 0.001$), BMI ($p < 0.0019$), and abdominal fat thickness ($p < 0.001$). Participants in the exercise group also had a significantly smaller waist circumference compared to those who did not exercise. **Conclusion:** These findings highlight physiotherapy as an important element of modern preventive medicine within a multidisciplinary team. Integrating physiotherapy into preventive health programs provides a comprehensive approach focused on improving health and quality of life.

Keywords: *obesity, physiotherapeutic intervention, prevention of diseases.*

UVOD

Preventivna zdravstvena skrb za cilj ima očuvanje zdravlja i sprječavanje bolesti i ozljeda kroz primarnu, sekundarnu i tercijarnu prevenciju (Chevinsky et al., 2024). Fizioterapija, kao sastavni dio zdravstvenog sustava, ne bavi se samo rehabilitacijom već ima ključnu ulogu i u prevenciji različitih zdravstvenih problema, osobito onih povezanih s modernim načinom života poput pretilosti i kardiovaskularnih bolesti.

Rana intervencija temeljno je načelo učinkovite fizioterapije, s fokusom na primarnu prevenciju kroz edukacije o pravilnom držanju tijela, ergonomiji, prevenciji ozljeda kod sportaša kao i starijih osoba te uključivanje u programe vježbanja s ciljem smanjenja rizika od kardiovaskularnih, metaboličkih i mišićno-koštanih bolesti. Uloga fizioterapeutske intervencije u sekundarnoj prevenciji je rano otkrivanje i praćenje mišićno-koštanih disfunkcija kao i smanjenje progresije postojećih bolesti i stanja.

U cilju sprječavanja nastanka komplikacija ili recidiva ozljeda i bolesti, kao dio tercijarne prevencije fizioterapijska intervencija se bavi rehabilitacijom kao i održavanjem funkcionalnosti kod kroničnih bolesnika, te kroz edukaciju pacijenata i njihovih obitelji osigurava njihovo samostalno prakticiranje vježbi.

Kako su pretilost i kardiovaskularne bolesti danas vodeći uzroci smrtnosti i invaliditeta u svijetu (Abdelaal et al., 2017), fizioterapeuti imaju ključnu ulogu u provođenju prevencije istih kroz programe organiziranog vježbanja i edukacije o važnosti tjelesne aktivnosti na zdravstvene benefite.

Sveobuhvatno liječenje pretilosti i prevencija njenih komplikacija temelji se na multidisciplinarnom pristupu, odnosno potrebna je suradnja fizioterapeuta s liječnicima, nutricionistima, medicinskim sestrama i psiholozima kako bi se kreirali cjeloviti preventivni programi koji uključuju tjelesnu aktivnost, prehranu i psihološku podršku.

Cilj ovog istraživanja je ispitati i usporediti utjecaj organiziranog vježbanja na funkcionalne ishode pretilih osoba koje redovno treniraju i onih koji ne treniraju.

METODE I MATERIJALI

Ispitanici uključeni u istraživanje bili su pacijenti Ambulante za debljinu koja djeluje u sklopu dnevne bolnice Klinike za internu medicinu Kliničkog bolničkog centra (KBC) Rijeka. U Ambulanti za debljinu svi pacijenti na temelju internističkog pregleda i obrade dobivaju upute o prehrani, savjetuje ih se o važnosti tjelesne aktivnosti od strane fizioterapeuta te dobivaju psihološko savjetovanje od strane psihologa. U sklopu fizioterapijskog savjetovanja, pacijentima se prezentira važnost redovite tjelesne aktivnosti te ih se upoznaje s mogućnošću uključivanja u organizirane treninge namijenjene pretilim osobama pod stručnim nadzorom fizioterapeuta. Pohađanje treninga je dobrovoljno.

U istraživanju je sudjelovalo 50 ispitanika muškog i ženskog spola koji su radno aktivno stanovništvo s dijagnozom pretilosti. Ispitanici su bili podijeljeni u dvije skupine, kontrolnu i eksperimentalnu, a u svakoj skupini je bilo po 25 ispitanika. Kontrolnu skupinu sačinjavali su pacijenti koji u Ambulanti za debljinu KBC-a Rijeka dobiju upute o promjeni životnih navika u smislu provođenja restriktivne dijeta prilagođene medicinski uvjetovanim individualnim potrebama i nisu zainteresirani za grupne treninge, dok su eksperimentalnu skupinu sačinjavali pacijenti koji su uz restriktivnu prehranu dva puta tjedno vježbali u trajanju od jednog sata. Program vježbi se sastojao od tri dijela: zagrijavanja, glavnog (aerobno-anaerobnog) dijela i završnog istezanja.

Uvodno zagrijavanje, koje je trajalo oko 10 minuta, uključivalo je dinamičke vježbe kojima se potiče cirkulacija, tijelo priprema za fizički napor i smanjuje rizik od ozljeda. Glavni dio trajao je oko 40 minuta te je uključivao vježbe uz korištenje stepera, elastičnih traka, medicinki, bučica i pilates lopti. Završno istezanje od 10 minuta primijenilo se u svrhu relaksacije mišićne mase te bržeg oporavka nakon napora. Vježbe su se provodile u kontroliranim uvjetima pod stručnim nadzorom fizioterapeuta, uz individualno prilagođavanje intenziteta i opterećenja sudionicima.

Eksperimentalna i kontrolna skupina bile su homogene po spolu ispitanika. U svaku skupinu bilo je uključeno 19 osoba ženskog spola i 6 osoba muškog spola. Medijan dobi ispitanika bio je 52 godine. Najmlađi ispitanik imao je 23 godine, a najstariji 64 godine.

Kriteriji uključenja: ITM veći od 27 kg/m², pacijenti evidentirani u Ambulanti za debljinu KBC-a Rijeka tijekom 2023. godine s preporukom organiziranog vježbanja od strane liječnika i fizioterapeuta.

Kriteriji isključenja: prisustvo bilo koje kronične plućne bolesti, plućna embolija u anamnezi, angina pectoris, infarkt miokarda u anamnezi, gubitak svijesti iz bilo kojeg razloga u posljednjih 6 mjeseci, neredovitost u vježbanju.

Za potrebe istraživanja ispitanicima se mjerila tjelesna masa, visina, izračunavao se ITM, mjerila se debljina potrbušnog masnog tkiva i opseg struka.

Mjerenja su se provodila prije početka fizioterapijske intervencije te nakon 6 mjeseci kod skupine uključene u treninge, a u isto vrijeme su se prikupili podaci i za skupinu koja nije vježbala.

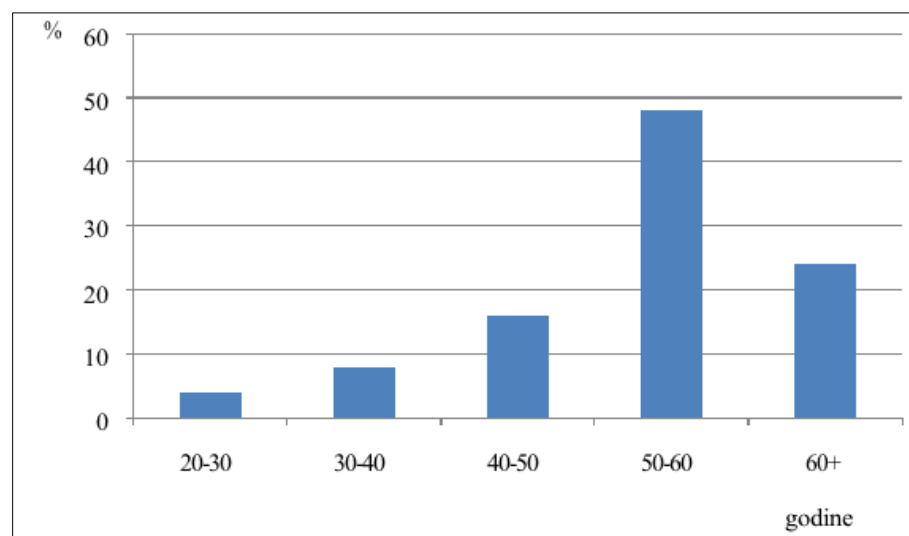
REZULTATI

Uzorak na kojem je provedeno istraživanje je homogen obzirom na dob, spol i broj ispitanika u obje skupine, eksperimentalnoj (N=25) i kontrolnoj (N=25). U istraživanju je sudjelovalo značajno više žena ($p<0.001$).

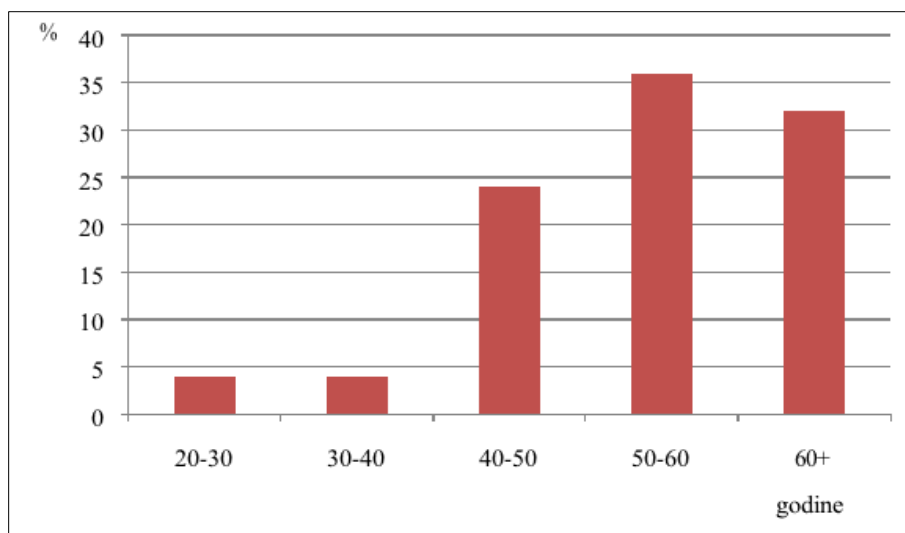
Tablica 1. Raspodjela ispitanika po spolu

	Ženski	Muški	
Eksperimentalna	19(76)	6(24)	$p<0.001$
Kontrolna	19(76)	6(24)	
Ukupno	38(76)	12(24)	

Medijan dobi ispitanika bio je 52 godine. Najmlađi ispitanik imao je 23 godine, a najstariji 64 godine.



Grafikon 1. Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja je vježbala



Grafikon 2. Raspodjela ispitanika obzirom na dob u skupini koja nije vježbala

Na početku i na kraju istraživanja svim ispitanicima izmjereni su ispitani parametri. Samo istraživanje trajalo je sveukupno 6 mjeseci. Izračunati deskriptivni podaci odnosili su se na antropološka mjerenja: visinu, tjelesnu masu, indeks tjelesne mase, opseg struka i debljinu potrbušnog masnog tkiva.

Tablica 2. Deskriptivni podaci za ispitane parametre antropoloških mjerenja

N=50	Mjerenje	Medijan	IKR	Min-Max	Wilcoxonov test p
Tjelesna masa	1.	103	92-114	69-157	<0.001
	2.	97	88-105	66-144	
Indeks tjelesne mase	1.	35.18	33-41	28-64	<0.001
	2.	34.16	31-39	27-56	
Opseg struka	1.	117	110-124	92-145	<0.001
	2.	114	105-120	88-140	
Debljina potrbušnog masnog tkiva	1.	13	11-16	8-23	<0.001
	2.	12	10-15	6-20	

Legenda: IKR= interkvartilno raspršenje; min-max= minimalni i maksimalni rezultat

Wilcoxonovim testom potvrdilo se da ispitanici u drugom mjerenju imaju statistički značajno nižu tjelesnu masu ($p<0.001$), manji indeks tjelesne mase ($p<0.001$), manji opseg struka ($p<0.001$) te manju debljinu potrbušnog masnog tkiva ($p<0.001$) (Tablica 2.).

Obzirom da su u svim parametrima dobivene razlike između prvog i drugog mjerenja, daljnjom analizom ispitani su isključivo parametri dobiveni u drugom mjerenju za skupinu ispitanika koja je vježbala (eksperimentalna skupina) i za skupinu ispitanika koja nije vježbala (kontrolna skupina). Razlike su računate Mann-Whitney U testom.

U Tablici 3 prikazani su medijani i interkvartilna raspršenja parametara ispitanika podijeljenih u dvije ispitne skupine prema vježbanju – ispitanici koji su vježbali (1) i ispitanici koji nisu vježbali (2). Prikazani su parametri za tjelesnu masu, indeks tjelesne mase, opseg struka,

debljinu potrbušnog masnog tkiva. Razlike između skupina izračunate su Friedmanovom ANOVA-om.

Tablica 3. Medijani i interkvartilna raspršenja za parametre antropoloških mjerenja između dvije ispitne skupine.

N=50	Vježbanje	Mjerenje	Medijan	IKR	p
Tjelesna masa	1.	1.	101	92-108	<0.001
		2.	95	88-103	
	2.	1.	106	87-110	<0.001
		2.	100	87-110	
	p*	0.244			
Indeks tjelesne mase	1.	1.	35	33-39	<0.001
		2.	33	31-35	
	2.	1.	38	33-41	<0.001
		2.	37	31-40	
	p*	0.154			
Opseg struka	1.	1.	118	107-123	<0.001
		2.	100	102-118	
	2.	1.	117	111-124	<0.001
		2.	115	108-120	
	p*	0.382			
Debljina potrbušnog masnog tkiva	1.	1.	13	11-15	<0.001
		2.	12	10-14	
	2.	1.	13	11-16	<0.001
		2.	12	10-15	
	p*	0.435			

Legenda:

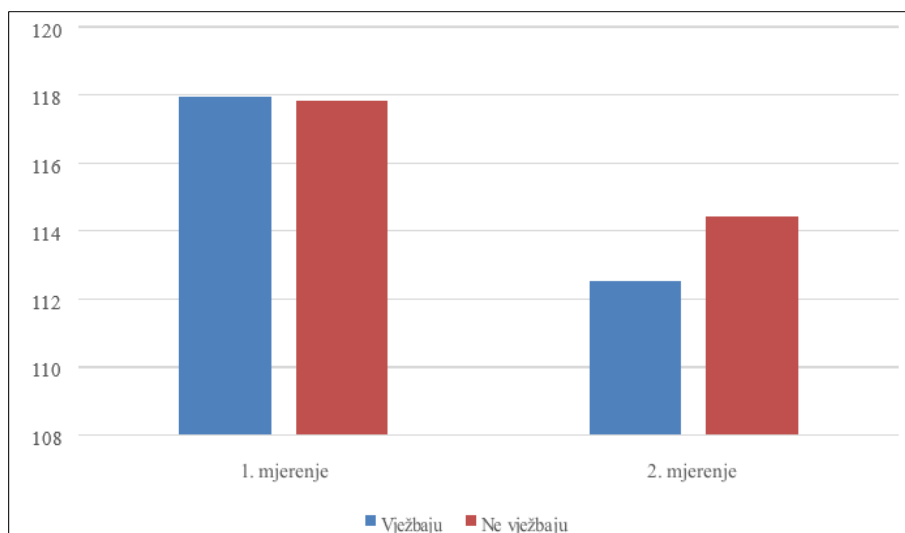
Vježbanje – 1 = grupa koja je vježbala, 2 = grupa koja nije vježbala

Mjerenje – 1. prvo mjerenje, 2. drugo mjerenje

IKR = interkvartilno raspršenje

p*Značajnost dobivena Mann-Whitney-testom za 2. mjerenje između skupina vježbača (1) i ne vježbača (2)

Najveća razlika umjerenim parametrima dobivena između 1. i 2. mjerenja među eksperimentalnom i kontrolnom skupinom je za varijablu opseg struka.



Grafikon 3. Prikaz rezultata 1. i 2. mjerenja za opseg struka kod skupine ispitanika koji su vježbali i skupine ispitanika koji nisu vježbali

RASPRAVA

Debljina je bolest vrlo velike incidencije te je zbog današnjeg sedentarnog načina života broj oboljelih u porastu. Osim što je prepoznata kao visokorizično stanje koje je uzročno povezano s mnogim kroničnim bolestima, pretilost je proglašena bolešću koja rezultira narušenom kvalitetom života i smanjenim očekivanim životnim vijekom (Koskinas et al., 2024). Cijeli niz čimbenika može utjecati na funkcionalni oporavak pacijenata s prekomjernom tjelesnom masom, a tjelesna aktivnost je jedan od najvažnijih. Organizirani programi vježbanja ne samo da doprinose smanjenju tjelesne mase nego su povezani sa poželjnim kliničkim ishodima, kao što su smanjenje metaboličkih bolesti, kardiovaskularnih bolesti i mnogih drugih stanja (Niezgoda et al., 2025).

Rezultati prikazani u Tablici 1 pokazuju da je udio ispitanica bio znatno veći u odnosu na ispitanike. Meta analiza Mabire i sur. koja je ispitivala utjecaj dobi, spola i indeksa tjelesne mase na učinak brzog hodanja kod pretilih osoba, također je pokazala znatno veću zastupljenost ženskog spola u istraživanjima (Mabire et al., 2017). Dobiveni podaci potkrepljuju hipotezu da su osobe ženskog spola podložnije razvoju pretilosti te češće prihvaćaju njene posljedice, nastojeći istovremeno usvojiti životne navike koje doprinose poboljšanju zdravstvenog stanja, što je najvjerojatnije povezano sa socijalnim čimbenicima.

Prema dobivenim rezultatima prikazanim u Tablici 2, kod svih ispitanika zabilježena je statistički značajna razlika između prvog i drugog mjerenja. Suprotno tome, podaci iz Tablice 3 pokazuju da između ispitanika koji su organizirano vježbali i onih koji nisu nije utvrđena statistički značajna razlika u mjerenjima. Ti rezultati ukazuju da je potrebno uključiti tjelovježbu u kombinaciji s prehranom kako bi se učinkovito izazvale promjene u sastavu tijela te došlo do gubitka tjelesne mase. U svom istraživanju Ramage i sur. također su došli do ovakvog zaključka, odnosno da je za značajan gubitak tjelesne mase uz redovitu tjelesnu aktivnost potrebno smanjiti unos hrane i povećati unos dijetalnih vlakana (Ramage et al., 2014). Na temelju iznesenog može se zaključiti kako je za značajan siguran gubitak težine potreban

energetski deficit, što znači potrošiti više kalorija nego što ih unesemo. Iako se prema ovim rezultatima učinci tjelesne aktivnosti na smanjenje pretilosti mogu činiti skromnima istraživanje Jakicic i sur. pokazuje da je tjelesna aktivnost od ključne važnosti za dugoročni gubitak težine i sprječavanje ponovnog dobivanja na težini (Jakicic & Davis, 2011). Isto tako istraživanje Oppert i sur. govori kako je tjelesna aktivnost, posebno aerobni trening, povezan sa smanjenjem abdominalne visceralne masti što smanjuje rizik od kardiometaboličkih bolesti te se trening s otporom posebno preporučuje za očuvanje mišićne mase tijekom gubitka težine (Oppert et al., 2023). Istraživanje Foster i sur. naglašava da osobe s pretilošću i dijabetesom gube minimalnu težinu samo vježbanjem, međutim trening otpora u kombinaciji s gotovo bilo kojom dijetom dovodi do većeg gubitka težine nego samo dijetom (Foster et al., 2017).

Najveća razlika u mjerenim parametrima dobivena između prvog i drugog mjerenja među eksperimentalnom i kontrolnom skupinom, prikazana u Grafikonu 3, zabilježena je za varijablu opseg struka. Rezultati pokazuju da se dvije skupine nisu razlikovale u opsegu struka u prvom mjerenju, dok je u drugom mjerenju vidljiva značajna razlika. Ispitanici koji su vježbali imaju manji opseg struka u odnosu na one koji nisu vježbali. To je vrlo značajan pokazatelj važnosti tjelesne aktivnosti u prevenciji raznih bolesti obzirom da mnoga istraživanja govore o povezanosti visokog opsega struka sa hipertenzijom, dijabetes mellitusom, hiperkolesterolemijom, bolovima u zglobovima i donjem dijelu leđa te hiperuricemijom (Darsini et al., 2020; Smith & Haslam, 2007; Suwała & Junik, 2024). Istraživanje Jue Su i suradnika pokazalo je da je povećanje opsega struka od 10 cm povezano s 1,45 puta većom prevalencijom kardiovaskularnih bolesti (Su et al., 2024) stoga smanjenjem opsega struka tjelesnom aktivnošću značajno doprinosimo zdravlju i općoj dobrobiti pojedinca.

Za rješavanje problema pretilosti i njenih mogućih komplikacija važan je multidisciplinarni pristup odnosno suradnja različitih zdravstvenih profesija poput fizioterapeuta, nutricionista, psihologa kako bi se intervencija prilagodila individualnim potrebama uzimajući u obzir psihološke i fizičke aspekte.

ZAKLJUČAK

Budući da je pretilost jedan od vodećih uzroka kroničnih bolesti, invaliditeta i povećanih troškova zdravstvene skrbi, potreban je multidisciplinarni pristup u sustavnom rješavanju ovog problema. Fizioterapeuti kroz edukaciju i promicanje tjelesne aktivnosti i zdravih životnih navika kod osoba sa prekomjernom tjelesnom masom imaju ključnu ulogu u unaprjeđenju njihovog zdravlja i prevenciji komplikacija koja ta bolest donosi. Rezultati ovog istraživanja pokazuju važnost organiziranog programa vježbanja u smanjenju opsega struka kod pretilih osoba kao i važnost suradnje fizioterapeuta s različitim zdravstvenim stručnjacima kako bi se obuhvatile zdravstvene i psihosocijalne potrebe pretilih osoba, što je ključno za dugotrajne rezultate i prevenciju daljnjih oboljenja.

LITERATURA

1. Abdelaal, M., leRoux, C. W., Docherty, N. G. (2017). Morbidity and mortality associated with obesity. *Annals of Translational Medicine*, 5(7): 161.

2. Chevinsky, J., Chirumamilla, S., Caswell, S., Nyoni, L. M., Studer, K. (2024). Clinical Preventive Medicine, Integrative Medicine, and Lifestyle Medicine: Current State and Future Opportunities in the Development of Emerging Clinical Areas. *AJPM Focus*, 3(1):100-166.
3. Darsini, D., Hamidah, H., Notobroto, H. B., Cahyono, E. A. (2020). Health risks associated with high waist circumference: A systematic review. *Journal of Public Health Research*, 9(2):1811.
4. Foster, D., Sanchez-Collins, S., Cheskin, L. J. (2017). Multidisciplinary Team-Based Obesity Treatment in Patients With Diabetes: Current Practices and the State of the Science. *Diabetes Spectrum: A Publication of the American Diabetes Association*, 30(4): 244–249.
5. Jakicic, J. M., Davis, K. K. (2011). Obesity and physical activity. *The Psychiatric Clinics of North America*, 34(4): 829–840.
6. Koskinas, K. C., Van Craenenbroeck, E. M., Antoniadou, C., Blüher, M., Gorter, T. M., Hanssen, H., Marx, N., McDonagh, T. A., Mingrone, G., Rosengren, A., Prescott, E. B., (2024). Obesity and cardiovascular disease: An ESC clinical consensus statement. *European Heart Journal*, 45(38): 4063–4098.
7. Mabire, L., Mani, R., Liu, L., Mulligan, H., Baxter, D. (2017). The Influence of Age, Sex and Body Mass Index on the Effectiveness of Brisk Walking for Obesity Management in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Physical Activity & Health*, 14(5): 389–407.
8. Niezgodna, N., Chomiuk, T., Kasiak, P., Mamcarz, A., Śliż, D. (2025). The Impact of Physical Activity on Weight Loss in Relation to the Pillars of Lifestyle Medicine - A Narrative Review. *Nutrients*, 17(6): 1095.
9. Oppert, J.M., Ciangura, C., Bellicha, A. (2023). Physical activity and exercise for weight loss and maintenance in people living with obesity. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, 24(5):937–949.
10. Ramage, S., Farmer, A., Eccles, K. A., McCargar, L. (2014). Healthy strategies for successful weight loss and weight maintenance: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(1): 1–20.
11. Smith, S. C., Haslam, D. (2007). Abdominal obesity, waist circumference and cardio-metabolic risk: Awareness among primary care physicians, the general population and patients at risk--the Shape of the Nations survey. *Current Medical Research and Opinion*, 23(1): 29–47.
12. Su, Y., Sun, J., Zhou, Y., Sun, W. (2024). The Relationship of Waist Circumference with the Morbidity of Cardiovascular Diseases and All - Cause Mortality in Metabolically Healthy Individuals: A Population-Based Cohort Study. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 25(6):212.
13. Suwała, S., Junik, R. (2024). Body Mass Index and Waist Circumference as Predictors of Above-Average Increased Cardiovascular Risk Assessed by the SCORE2 and SCORE2-OP Calculators and the Proposition of New Optimal Cut - Off Values: Cross-Sectional Single-Center Study. *Journal of Clinical Medicine*, 13(7):1931.

