

# Utjecaj različitih programa tjelesnoga vježbanja na biomarkere starenja

---

**Zekić, Robert**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2025**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:869332>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)







Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Robert Zekić

**UTJECAJ RAZLIČITIH PROGRAMA  
TJELESNOGA VJEŽBANJA NA BIOMARKERE  
STARENJA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Robert Zekić

**EFFECTS OF VARIOUS PROGRAMS OF  
PHYSICAL EXERCISE ON BIOMARKERS OF  
AGING**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

ROBERT ZEKIĆ

**UTJECAJ RAZLIČITIH PROGRAMA  
TJELESNOGA VJEŽBANJA NA BIOMARKERE  
STARENJA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Damir Knjaz

Prof. dr. sc. Gordan Lauc

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Robert Zekić

**EFFECTS OF VARIOUS PROGRAMS OF  
PHYSICAL EXERCISE ON BIOMARKERS OF  
AGING**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:  
Prof. Damir Knjaz, PhD  
Prof. Gordan Lauc, PhD

Zagreb, 2024

### **Informacije o mentoru:**

Damir Knjaz rođen je 14. prosinca 1971. godine u Zagrebu, oženjen je i otac troje djece. Osnovnu i srednju školu završio je u Zagrebu. Diplomirao je na Fakultetu za fizičku kulturu (sada Kineziološki fakultet) Sveučilišta u Zagrebu 1996. godine, a magistrirao 2002. godine. Doktorsku disertaciju pod naslovom „Evaluacija metoda učenja u košarkaškoj igri“ obranio je 22. travnja 2005. godine te time stekao naslov doktora društvenih znanosti, znanstvenog polja odgojnih znanosti – grana kineziologija. Tijekom 1998. godine je kao znanstveni novak radio na znanstveno-istraživačkom projektu MZOŠ, br. 034102 „Mini košarka“, a 2001. godine bio je uključen u znanstveni projekt „Kreiranje centra izvrsnosti za studij lokomocije“. Od 2001. godine zaposlen je kao mlađi asistent, od 2004. kao asistent, a od 2005. kao viši asistent na predmetu Košarka na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2008. imenovan je docentom na istom predmetu. Godine 2016. izabran je u znanstveno-nastavno zvanje i na radno mjesto redovitoga profesora u znanstvenom području društvenih znanosti, znanstveno polje kineziologija, znanstvena grana kineziologija sporta. Tijekom rada na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu obnašao je brojne vodeće funkcije (dekan u mandatnom razdoblju od ak. 2013. do 2017. godine). U okviru svog dosadašnjeg znanstvenog rada objavio više od 150 znanstvenih i stručnih radova, kao i tri znanstvene knjige. Također, aktivno sudjeluje i prezentira radove na mnogim međunarodnim i domaćim konferencijama. Prof. dr. sc. Damir Knjaz dobitnik je brojnih nagrada i priznanja za uspješan dugogodišnji rad, a među kojima je i Državna nagrada za sport „Franjo Bučar“ (2021. godine). Osnivač je i voditelj Laboratorija za sportske igre (od 2016. godine) koji djeluje na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu pri Zavodu za kineziologiju sporta, kao i voditelj više znanstvenih projekata. Aktivni je gostujući predavač na Beijing Sport University (NR Kina).

## **Informacije o mentoru:**

Gordan Lauc rođen je 28. kolovoza 1970. godine u Osijeku, oženjen je i otac četvero djece. Osnovnu i srednju školu završio je u Osijeku. Godine 1992. stekao je zvanje diplomirani inženjer molekularne biologije, a 1995. godine zvanje doktora prirodnih znanosti iz polja kemije, grana biokemija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U razdoblju od 1997. do 1998. godine pohađao je poslijedoktorsko usavršavanje iz glikobiologije na The Johns Hopkins University (Baltimore, SAD). Prof. dr. sc. Gordan Lauc osnivač je i predsjednik Uprave Genos d.o.o., biotehnoške tvrtke i akreditirane znanstvene institucije. Od 2010. godine redoviti je profesor Farmaceutsko-biokemijskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kao i gostujući profesor Sveučilišta Johns Hopkins, gdje je 2011. godine izabran i za člana prestižnog Johns Hopkins Society of Scholars. Također je i počasni profesor Sveučilišta u Edinburgu i Kings College London. Od 2016. godine je voditelj Znanstvenog centra izvrsnosti za personaliziranu brigu za zdravlje, a od 2018. godine direktor Projekta ljudskog glikoma. Profesor Gordan Lauc provodi istraživanja u dva područja: glikoproteomici i forenzičnoj genetici i molekularnoj dijagnostici, a u oba područja je priznati stručnjak u svijetu što potvrđuje i velik broj pozvanih predavanja i međunarodnih istraživačkih konzorcija u koje je uključen. Jedan je od malog broja hrvatskih znanstvenika kojima je odobren istraživački projekt Instituta za zdravlje (National Institutes of Health) SAD-a. Prof. dr. sc. Gordan Lauc koordinirao je jedan FP6 i jedan FP7 projekt, te je bio jedan od glavnih istraživača na još petnaest FP6, FP7 i Obzor 2020 projekata. Objavio je više od dvjesto znanstvenih radova koji su citirani preko 3,500 puta. Godine 2007. utemeljio je Genos, privatni istraživački laboratorij koji danas zapošljava 30 istraživača i partner je u šest velikih FP7 i šest Obzor 2020 projekata. Dobitnik je Zlatne kune za inovacije HGK 2020. godine te Hrvatske državne nagrade za znanost 2014. godine.



## ZAHVALA

Veliko hvala poštovanim i cijenjenim mentorima, prof. dr. sc. Damiru Knjazu i prof. dr. sc. Gordanu Laucu. Uz njihovu susretljivost, razumijevanje i savjete priveo sam kraju ovo za mene izuzetno zanimljivo, ali i zahtjevno znanstveno istraživanje.

Hvala i članovima Povjerenstva za ocjenu doktorskog rada, predsjednici prof. emeritus Branki Matković, prof. dr. sc. Olgi Gornik Kljajić, prof. dr. sc. Lani Ružić Švegl te izv. prof. dr. sc. Danijelu Jurakiću na konstruktivnim savjetima koji su usmjerili ovo istraživanje.

Hvala ekipi iz Laboratorija za sportske igre, nisam siguran bih li ovo bez vas mogao, posebno Mateja i Veks.

Nebrojeno puta njene riječi su me ohrabrile kad sam mislio da imam nepremostiv problem. Tajana, hvala.

Na kraju, hvala mojim curama i obitelji koji su imali razumijevanja za sve moje sate provedene u pisanju ovog doktorskog rada i koji su ovo iščekivali možda i više od mene.

## Sažetak

Odabir načina života koji uključuje zdrave ili nezdrave životne navike, izravno utječe na ubrzani ili odgodivi proces starenja. Upravo stoga započela su brojna istraživanja u području molekularnih biljega starosti kojima bi se moglo pouzdano koristiti za procjenu i praćenje fiziološkog starenja i nekih bolesti koje su povezane s procesom starenja. Ovim se istraživanjem želi ispitati je li moguće tjelesnim vježbanjem utjecati na pozitivne promjene u morfološkom i motoričkom statusu ispitanika, kao i na smanjenje biološke dobi koja predstavlja bolji indikator općeg zdravstvenog stanja i procesa starenja od kronološke dobi, što će se učiniti uz pomoć praćenja biomarkera starenja. Nadalje, cilj je bio i utvrditi razlike između programa vježbanja i njihovu učinkovitost na promatrane varijable. Osnovna hipoteza je da pojedinci koji se ne bave nikakvim rekreativnim vježbanjem i većinu vremena provode sedentarnim načinom života jesu biološki stariji od svoje kronološke dobi, odnosno da se primjerenom tjelesnom aktivnošću može usporiti proces starenja na biološkoj razini što će se određivati na temelju promjena u strukturi glikana s pomoću GlycanAge metode utvrđivanja biološke dobi ispitanika.

Ciljani uzorak ispitanika navedenog projekta bile su skupine tjelesno neaktivne populacije srednje životne dobi koji su uglavnom živjeli sjedilačkim načinom života. Istraživanje je provedeno na uzorku od 507 ispitanika oba spola, nM=107 i nŽ=400, prosječne dobi  $50,75 \pm 8,97$  godina. Slučajnim odabirom ispitanici su podijeljeni u tri eksperimentalne skupine. Prvoj skupini od 192 ispitanika (nM - 33, nŽ - 159,) dodijeljen je program vježbanja nordijsko hodanje, druga skupina od 207 ispitanika (nM - 50, nŽ - 157,) provodila je kružni program vježbanja, dok je treća skupina ispitanika (nM - 22, nŽ - 86,) provodila kardio program vježbanja. Sve tri grupe provodile su programe vježbanja dva puta tjedno u trajanju od dvanaest tjedana. U kardio programu vježbe su bile dominantno usmjerene na razvoj kardiorespiratornog sustava, kružni program činile su vježbe s naglaskom na aktivaciju svih većih mišićnih skupina vanjskim opterećenjem ili težinom vlastitog tijela dok je treći program, nordijsko hodanje, fokusiran na aerobnu komponentu, ali je istovremeno prisutna i aktivacija većih mišićnih skupina gornjih i donjih ekstremiteta.

Na temelju dobivenih rezultata može se utvrditi da su ispitanici u sva tri programa ostvarili značajne pozitivne promjene sastava tijela te su poboljšali svoje funkcionalne i motoričke sposobnosti. Ako se promatraju promjene prema programu vježbanja, tada su ispitanici koji su provodili kardio program vježbanja ostvarili najbolje rezultate u varijablama za procjenu sastava tijela, osim u varijabli mišićna masa, te je utvrđena značajna razlika u

odnosu na druga dva odabrana programa. Nadalje, ispitanici kružnog programa vježbanja ostvarili su najbolji rezultat u varijabli mišićna masa. Kada se promatra učinkovitost različitih programa vježbanja na promjene u motoričkim i funkcionalnim sposobnostima, primjetno je da su najveće pozitivne promjene ostvarili ispitanici kružnog programa vježbanja, dok su u ispitanika koji su provodili program nordijskog hodanja te razlike najmanje, ali također ukazuju na pozitivne promjene i utjecaj tjelesnoga vježbanja. Nadalje, utvrđen je pozitivan učinak vježbanja koji se ogleda kroz malo, statističko značajno i mjerljivo povećanje IgG glikana GP9 za koji je u ranijim istraživanjima potvrđeno da ima zaštitnu ulogu u kardiovaskularnom zdravlju žena. Protektivni učinak GP9 povećao se u sve tri grupe ispitanika prema programu vježbanja i to u žena i muškaraca, iako za muškarce GP9 nema istu kardioprotektivnu indikaciju. Nadalje, opažen je mali proupalni pomak glikana nakon prva tri mjeseca tjelesne aktivnosti u populaciji koja je prethodno bila neaktivna. Utvrdili smo niže vrijednosti digalaktoziliranih, monosijaliziranih i disijaliziranih struktura, kao i povećanje agalaktoziliranih, asijaliziranih i jezgri fukoziliranih struktura povezanih s povećanim proupalnim potencijalom IgG. Budući da je u istraživanje uključena neaktivna i sjedilački orijentirana populacija s višim vrijednostima ITM-a, koja je tek započela s programom vježbanja i s ciljem promjene načina života, ovi nalazi su djelomično očekivani.

U zaključku, rezultati ovog istraživanja ukazuju na pozitivan utjecaj vježbanja srednjeg do visokog intenziteta u populaciji s prekomjernom tjelesnom težinom i pretilošću, koja je prethodno bila neaktivna, što rezultira pomakom sastava IgG glikana prema proupalnom uzorku glikana. Međutim, to je i očekivano s obzirom na karakteristike ispitivane populacije i s obzirom na činjenicu da su sudionici bili tek na početku režima vježbanja. S druge strane, tri mjeseca tjelesne aktivnosti već su pokazala da postoji mali, ali pozitivan utjecaj na profil kardiovaskularnog rizika, čime je još jednom istaknuta važnost redovite tjelovježbe za kardiovaskularno i cjelokupno zdravlje. Neka buduća istraživanja mogla bi za cilj imati istražiti učinak dulje intervencije vježbanja u ovoj vrsti populacije kako bi se bolje razumjela točna uloga IgG N-glikozilacijskih promjena i kako bi se dalje istražili pro i protuupalni učinci tjelesnog vježbanja.

**Ključne riječi:** *tjelesna aktivnost, pretilost, Glycan Age index, glikozilacija, biološka dob*

## **Abstract**

Choosing a certain lifestyle which includes healthy or unhealthy lifestyle habits has a direct impact in terms of an accelerated or delayable aging process. Hence, numerous studies have been initiated in the field of molecular age markers that could be used to reliably assess and monitor physiological aging and some diseases associated with the aging process. The aim of this study is to investigate whether physical exercise can influence positive changes in the morphological and motor status of respondents, as well as the decrease of biological age, which is a better indicator of the general health condition and the aging process than chronological age, and this will be done with the help of the monitoring biomarkers of age. Furthermore, the aim was also to determine the differences between exercise programs and their effectiveness on the observed variables. The main hypothesis is that individuals who do not engage in any type of recreational exercise and spend most of their time in a sedentary lifestyle are biologically older than their chronological age, i.e. that appropriate physical activity can slow down the aging process at a biological level, which will be determined on the basis of changes in glycan structure by using the Glycan Age method to determine the biological age of the respondents.

The target sample of respondents in the mentioned project were groups of physically inactive middle-aged population who mostly lived a sedentary lifestyle. The research was conducted on a sample of 507 respondents of both sexes, nM=107 and nF=400, with an average age of  $50.75 \pm 8.97$  years. By random selection, the respondents were divided into three experimental groups. The first group of 192 respondents (nM - 33, nF - 159,) was assigned a Nordic walking exercise program, the second group of 207 respondents (nM - 50, nF - 157,) carried out a circular exercise program, while the third group of respondents (nM - 22, nF - 86,) conducted a cardio exercise program. All three groups performed the exercise programs twice a week over a period of 12 weeks. In the cardio program, the exercises were predominantly focused on the development of the cardiorespiratory system, the circular program consisted of exercises with an emphasis on the activation of all major muscle groups by external load or the weight of one's own body, while the third program, Nordic walking, was focused on the aerobic component, however also including at the same time activation of larger muscle groups of the upper and lower extremities.

On the basis of the obtained results it can be determined that the respondents in all three programs achieved significant positive changes in body composition and improved their

functional and motor abilities. If the changes are observed according to each exercise program, then the respondents who performed the cardio exercise program achieved the best results in the body composition variables, except in the muscle mass variable, and a significant difference was found compared to the other two selected programs. Furthermore, the respondents of the circular exercise program achieved the best results in the muscle mass variable. Upon examining the effectiveness of different exercise programs on changes in motor and functional abilities, it was observed that the most positive changes were achieved by the respondents in the circular exercise program, whereas the respondents in the Nordic walking program showed the smallest differences, however also showing positive changes and results from physical exercise. Furthermore, a positive effect of exercise was identified, reflected in a small, statistically significant and measurable increase in IgG glycan GP9, which was confirmed in previous studies to have a protective role in cardiovascular health of women. The protective effect of GP9 increased in all three exercise groups, both in women and men, although for men GP9 does not have the same cardioprotective indication. In addition, a small pro-inflammatory glycan shift was observed after the first three months of physical activity in the previously inactive population. Lower values were found of the digalactosylated, monosialized and disialized structures, as well as increases in the agalactosylated, asialized and nucleus fucosylated structures associated with the increased IgG pro-inflammatory potential. These findings are partly expected, as the study included inactive and sedentary population with higher ITM scores, who had just started an exercise program and aimed to change their lifestyle.

In conclusion, the results of this study indicate a positive effect of moderate to high intensity exercise in an overweight and obese population, which was previously inactive, resulting in a shift in IgG glycan composition towards an pro-inflammatory glycan sample. However, this is also expected given the characteristics of the studied population and given the fact that the respondents were only at the beginning of the exercise regimen. On the other hand, three months of physical activity has already shown that there is a small, but positive impact on the cardiovascular risk profile, once again highlighting the importance of regular exercise for cardiovascular and overall health. Some future research could aim to investigate the effect of longer exercise interventions in this population type in order to better understand the exact role of IgG N-glycosylation changes and to further investigate the pro- and anti-inflammatory effects of exercise.

**Key words:** *physical activity, obesity, Glycan Age indeks, glycolisation, biological age*

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. DOBROBITI TJELESNOGA VJEŽBANJA NA ZDRAVLJE	
1.1.1. Tjelesno vježbanje i kardiorespiratorni sustav .....	2
1.1.2. Tjelesno vježbanje i arterijska hipertenzija .....	3
1.1.3. Tjelesno vježbanje i koronarna bolest srca .....	5
1.1.4. Tjelesno vježbanje i lokomotorni sustav .....	7
1.1.5. Tjelesno vježbanje i metabolizam tvari .....	8
1.1.6. Tjelesno vježbanje i kognitivno zdravlje .....	12
1.1.7. Tjelesno vježbanje i starija životna dob .....	13
2. METODE ODREĐIVANJA BIOLOŠKE DOBI.....	19
3. GLIKANSKI INDEKS STAROSTI.....	24
4. CILJ ISTRAŽIVANJA S POSTAVLJENIM HIPOTEZAMA.....	31
5. METODE ISTRAŽIVANJA	
5.1. Uzorak ispitanika .....	32
5.2. Dokumentacija za ispitanike .....	33
5.3. Uzorak varijabli .....	33
5.4. Morfološka antropometrija	
5.4.1. Visina tijela.....	34
5.4.2. Masa tijela.....	34
5.4.3. Postotak masnog tkiva.....	34
5.4.4. Mišićna masa .....	35
5.4.5. Indeks tjelesne mase – ITM.....	35
5.5. Opis testova motoričkih sposobnosti	
5.5.1. Naizmjenični iskorak L i D nogom.....	35
5.5.2. Izdržaj u polučučnju.....	36
5.5.3. Čučnjevi do sjeda.....	36
5.5.4. Sklekovi na klupici.....	36
5.5.5. Izdržaj u prednjem uporu – PLANK.....	37
5.6. Test funkcionalnih sposobnosti	
5.6.1. BEEP test (15 m).....	37

6. PROTOKOL ISTRAŽIVANJA.....	38
6.1. Plan i program vježbanja	
6.1.1. Kardio program vježbanja.....	40
6.1.2. Kružni program vježbanja.....	42
6.1.3. Program vježbanja nordijsko hodanje.....	44
7. METODE OBRADE PODATAKA .....	45
8. REZULTATI	
8.1. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na morfološki status.....	46
8.2. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na motoričke i funkcionalne sposobnosti.....	51
8.3. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na glikanske pokazatelje.....	57
9. RASPRAVA.....	67
10. TESTIRANJE POSTAVLJENIH HIPOTEZA I ZAKLJUČAK	
10.1. Testiranje postavljenih hipoteza.....	89
10.2. Zaključak.....	89
11. POPIS LITERATURE.....	91
12. PRILOZI.....	126
13. ŽIVOTOPIS AUTORA I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA.....	151

## 1. UVOD

Ubrzanim razvojem novih tehnologija sve je manja potreba čovjeka za osnovnim oblicima kretanja te, sukladno tome, raste broj tjelesno neaktivne populacije. Tjelesna neaktivnost i sedentarni oblik ponašanja imaju za posljedicu prekomjernu tjelesnu masu, pretilost te nisku razinu funkcionalnih sposobnosti što povećava rizik nastajanja kardiovaskularnih bolesti i metaboličkih disfunkcija (*Durstine i sur., 2001; Trapp i sur., 2008; Blair i sur., 2012*). Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije 2015. (*WHO, Obesity and overweight., 2015*) više od 35 % muškaraca i 40 % žena ima prekomjernu tjelesnu masu ili je pretilo. Tjelesna aktivnost i rekreativno bavljenje sportom pozitivno utječu na zdravlje i opće stanje organizma, uz brojne adaptacijske prilagodbe organskih sustava i tijela u cjelini (*Oliveira i sur., 2016; Guseman i sur., 2017*). Tjelesna aktivnost kao osnovna potreba čovjeka za kretanjem definira se kao svaki pokret tijela koji je rezultat aktivacije skeletnih mišića i rezultira utroškom energije (*Caspersen i sur., 1985*), a predstavlja svakodnevne tjelesne aktivnosti tijekom radnog ili slobodnog vremena. Tjelesno vježbanje je planirana i strukturirana TA koja se provodi prema planu i programu vježbanja s ciljem unapređenja ili održavanja tjelesnoga fitnesa pri prevenciji i rehabilitaciji kroničnih bolesti, regulaciji tjelesne mase ili razvoju različitih sposobnosti sportaša odgovornih za visoka sportska postignuća (*Caspersen i sur., 1985*). Tjelesna aktivnost koja se provodi redovito, primjerenog intenziteta, vrste, trajanja i odgovarajuće učestalosti može pozitivno utjecati na razvoj i održavanje visokog stupnja funkcionalne sposobnosti. Utjecaj na srčano žilni i mišićni sustav rezultira povećanom aerobnom izdržljivošću koja se manifestira kao opća radna sposobnost, zatim očuvanje ili povećanje mišićne i koštane mase kao i razvoj nekih motoričkih sposobnosti poput fleksibilnosti, koordinacije, ravnoteže, jakosti i snage. Pet vodećih čimbenika koji mogu dovesti do smrtnog ishoda su arterijska hipertenzija, pušenje, visoka razina glukoze, tjelesna neaktivnost i pretilost (*WHO, 2010*). Visok krvni tlak i razina glukoze u krvi uz pretilost direktno su povezani s tjelesnom neaktivnošću (*Blair i sur., 2012*). Gubitak mišićne mase i snage te izdržljivosti ukazuje na niže vrijednosti maksimalnog primitka kisika VO<sub>2</sub>max i kardiorespiratorne sposobnosti (*Sakuma i sur., 2012*) te kognitivnih sposobnosti. Izostanak primjerene tjelesne aktivnosti kao jednog od čimbenika rizika smrtnosti u cijelom svijetu glavni je uzročnik nekih kardiovaskularnih i malignih bolesti te metaboličkih oboljenja (*de Rezende i sur., 2014*). Povećanje vremena provedenog u nekom obliku tjelesnoga vježbanja od iznimne je važnosti i učinkovitosti u očuvanju zdravlja (*Paterson i sur., 2007*). Najveća stopa smrtnosti danas se pripisuje upravo srčano žilnim bolestima i to koronarnoj bolesti srca i moždanom udaru. Kako je prevencija razvoja srčano -žilnih bolesti od iznimnog



značaja za širu javnozdravstvenu zajednicu potrebno je odrediti prioritete i način utjecaja na uzročne čimbenike poput nedovoljne tjelesne aktivnosti, nepravilne prehrane, korištenja duhanskih proizvoda ili neke druge. Tjelesna aktivnost može pozitivno utjecati u primarnoj i sekundarnoj prevenciji metaboličkih oboljenja i posljedično raznih bolesti srca i krvnih žila, njihovom liječenju i rehabilitaciji. Mnoga dosadašnja istraživanja potvrđuju pozitivne učinke na uklanjanje čimbenika rizika i usporavanje daljnjeg razvoja bolesti srčano-žilnog sustava, niže vrijednosti krvnog tlaka, koncentracije masnoća u krvi, redukcije tjelesne mase i ukupnog sastava tijela, inzulinsku rezistenciju (*Diaz i Shimbo., 2013; Huai i sur., 2013; Colberg i sur., 2016; Lew i sur., 2017*) te pojedinih malignih oboljenja poput karcinoma debelog crijeva (*Sanchez i sur., 2012*) i dojke (*Dallal i sur., 2012*). Rekreativno bavljenje sportom pozitivno utječe na opće stanje organizma (*Molmen i sur., 2012; Matelot i sur., 2016*).

## **1.1. Dobrobiti tjelesnoga vježbanja na zdravlje**

### **1.1.1. Tjelesno vježbanje i kardiorespiratorni sustav**

Pod utjecajem tjelesnoga vježbanja srčano-žilni sustav podložan je određenim akutnim promjenama koje nastupaju tijekom vježbanja kao i adaptacijskim prilagodbama uzrokovanim dugotrajnim redovnim vježbanjem. Tijekom aktivnosti u srčano-žilnom sustavu fiziološke promjene nastaju pod utjecajem povećane energetske potrošnje i zahtjeva radne muskulature za dopremom energije, otklanjanja viška metabolita i stvorene toplinske energije kao i uspostavu homeostaze nakon napora u fazi oporavka (*Kenney i sur., 2012*). S obzirom na vrstu trenažnog procesa, aerobni programi vježbanja koji se izvode nižeg intenziteta i dužeg trajanja uvjetovat će adaptaciju srčano-žilnog i respiratornog sustava u smislu povećanja izdržljivosti i učinkovitosti iskorištavanja energije za rad i tjelesni napor, ukupnu tjelesnu sposobnost za dugotrajni rad ili dinamičko tjelesno vježbanje velike skupine mišića. Porastom intenziteta vježbanja raste i potreba za glukozom u aktivnom mišićju (*Kemppainen i sur., 2002*) posebno u aktivnostima s većim apsolutnim opterećenjima, potreba srčanog mišića za glukozom raste samo do umjerenog intenziteta vježbanja (*Kemppainen i sur., 2002*). Povećanim intenzitetom vježbanja dolazi do stvaranja veće količine laktata, unos glukoze u miokardu opada na vrijednosti u mirovanju što dokazuje ulogu drugih energetskih izvora tijekom aktivnosti i povećane potrebe miokarda za energijom (*Stanley i sur., 1991; Nuutila i sur., 1994; Lopaschuk i sur., 2010*). Osnovna uloga srčano-žilnog sustava je osigurati aktivnom mišićju dovoljnu količinu kisika kao i ukloniti stvoreni ugljični dioksid što posljedično dovodi do

povećanja srca, frekvencije srca, udarnog i minutnog volumena kao i arterijskog tlaka te volumena i protoka cirkulirajuće krvi (*Kenney i sur., 2012*). Strukturne i funkcionalne promjene srca pod utjecajem dugotrajnog aerobnog vježbanja tipa izdržljivosti odnose se na simetrično povećanje svih šupljina srca (*Spence i sur., 2013*) ili statičkog opterećenja mišića kada dolazi do hipertrofije srca (*Prior i sur., 2012*). Povećanjem tjelesnoga napora proporcionalno raste potreba organizma za kisikom te dišni sustav ima ulogu prijenosa kisika i ugljičnog dioksida kao i uspostavu i održavanje acido-bazne ravnoteže putem ventilacije zraka i alveolarne difuzije na membrani alveola (*Kenney i sur., 2012*). Pritom dolazi do povećanja minutnog volumena disanja koji je umnožak dišnog volumena i frekvencije disanja koji se pri nižem intenzitetu povećava dubinom disanja, a povećanjem intenziteta i frekvencijom. Alveolarna difuzija tijekom vježbanja povećava se smanjenjem fiziološkog mrtvog prostora, manjom debljinom alveolarne membrane uzrokovane istežanjem plućnog tkiva te razlici parcijalnih tlakova kisika koja se povećava uslijed povećane periferne potrošnje kisika (*Kenney i sur., 2012*). Kronične promjene dišnog sustava ili prilagodba na dugotrajno tjelesno vježbanje rezultiraju povećanjem tjelesne sposobnosti koje su uvjetovane i nekim endogenim (genetika, dob, spol) i egzogenim čimbenicima (vrsta vježbanja, intenzitet, trajanje, prehrana i motivacija).

#### 1.1.2. Tjelesno vježbanje i arterijska hipertenzija

U tjelesno aktivnih osoba koje se rekreativno bave tjelesnim vježbanjem povišen arterijski krvni tlak često se nalazi temeljem dijagnostičkih postupaka pri uključenju u organizirane programe vježbanja a predstavlja jedan od vodećih uzročnika razvoja kardiovaskularnih bolesti na koje se može preventivno djelovati (*Whelton i sur., 2002*) te očuvanjem zdravstvenog statusa produžiti životni vijek (*Blair i sur., 1996*). Sedentarni način života i tjelesna neaktivnost vezuju se uz višu razinu krvnog tlaka, ukupnog kolesterola, indeksa tjelesne mase i pretilosti te nižih vrijednosti lipoproteina visoke gustoće – HDL (*Carnethon i sur., 2005*). Povećanje vremena provedenog u nekoj tjelesnoj aktivnosti, prestanak pušenja, konzumacija alkohola i smanjenje tjelesne težine uz redukcijsku dijetu pozitivno utječe na uklanjanje rizika nastanka bolesti (*Annemans i sur., 2007; Blumenthal i sur., 2010*). Prema *Faselis i sur. (2012)* povećanje opće funkcionalne sposobnosti odgađa nastanak hipertenzije. Ukoliko su vrijednosti sistoličkog krvnog tlaka jednake ili veće od 140 mm Hg i dijastoličkog jednake ili veće od 90 mm Hg, može se utvrditi postojanje arterijske hipertenzije ili povišenog krvnog tlaka (*Mancia, 2007*). U početnom stadiju arterijske hipertenzije primarno povišenje vrijednosti arterijskog

krvnog tlaka može biti uglavnom nejednakog razloga nastajanja uz što se povezuje genetska predispozicija, pretilost, višak soli u prehrani ili stres. U sekundarnoj fazi bolesti dolazi do promjena u organskih sustava koji su odgovorni za povišenje krvnog tlaka, a posebno endokrinih žlijezda s unutarnjim lučenjem. Povećanjem periferne vaskularne rezistencije koja predstavlja suženje lumena krvnih žila i povećanjem minutnog volumena srca zbog većeg venskog priljeva povećavaju se i vrijednosti krvnog tlaka. Smanjenje periferne vaskularne rezistencije pod utjecajem tjelesnog vježbanja ogleda se u sniženju tonusa simpatikusa, nižim koncentracijama noradrenalina i većoj dostupnosti dušikovog oksida te smanjene endotelne funkcije (*Dawson i sur., 2013*) kao i nižoj aktivnosti norepinefrina i renina u plazmi (*Fagard i sur., 2007*). Uključivanje u redovitu aerobnu vježbu poboljšava strukturne, funkcionalne i biokemijske karakteristike kardiovaskularnog sustava, a čimbenici rizika mogu se neutralizirati i umanjiti njihov učinak na razvoj bolesti kod normotenzivnih osoba, ali i onih s prehipertenzijom ili hipertenzijom (*Cornelissen i sur., 2005*).

Svako opterećenje koje iziskuje povećan utrošak energije u odnosu na ono u mirovanju, a rezultat je aktivacije mišića, tijekom aerobnog vježbanja povećava sistolički krvni tlak do 10 mm Hg, dok dijastolički može ostati nepromijenjen ili manji te je povezan s povećanjem ukupnog minutnog volumena srca i periferne vaskularne rezistencije. Minutni volumen srca raste aktivacijom mišića uslijed čega se povećava venski priliv krvi te se uz vazodilataciju arterija smanjuje periferna vaskularna rezistencija uslijed povećanja promjera manjih arterija i arteriola. Nakon početka vježbanja aferentnim signalima iz miškulature i drugih organskih sustava, prilagođava se hemodinamski mehanizam kao odgovor na povećane zahtjeve metabolizma, a sve u svrhu opskrbe tkiva kisikom uz malo povećanje arterijskog hemoglobina (*Laughlin i sur., 2012*). Prema *Howley (2012)* održavanje srednjih vrijednosti krvnog tlaka tijekom vježbanja pod utjecajem je povišenog tonusa simpatikusa uslijed čega dolazi od porasta frekvencije srca koja uz vazokonstrikciju splahnjičkog sustava te bubrežnih arterija i vena dovodi do većeg minutnog volumena srca i periferne vaskularne rezistencije. Učinak tjelesnoga vježbanja na vrijednosti krvnog tlaka očituje se u nižim vrijednostima u odnosu na početak vježbanja i može trajati od 22 do 24 sata nakon aktivnosti (*Keney i Seals, 1993; Taylor i sur., 2000; Eicher i sur., 2010*). Vježbe s opterećenjem, posebice izometričkog tipa vježbanja s ciljem povećanja mišićne snage, obično znatno povećavaju i sistolički i dijastolički krvni tlak iznad onoga u mirovanju. Za osobe kod kojih je dijagnosticirana arterijska hipertenzija predlažu se umjerene vježbe snage s ciljem povećanja mišićne izdržljivosti, a sastavni su dio programa vježbanja u kojima dominiraju aerobne vježbe izdržljivosti prilagođenog intenziteta vježbanja.

Redovita aerobna tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta može utjecati na smanjenje vrijednosti krvnog tlaka (*Wallace, 2003; Pescatello i sur., 2014; 2015*) većeg raspona i učinka u hipertenzivnih nego u normotenzivnih osoba. Iako malog raspona, sniženje krvnog tlaka od 2.6/1.8 mm Hg do 7.4/5.8 mm Hg predstavlja značajno manju učestalost razvoja koronarne bolesti srca i moždanog udara (*Pescatello i sur., 2004*). Vježbe snage umjerenog intenziteta i većeg broja ponavljanja usmjerene na mišićnu izdržljivost kao dodatak aerobnom vježbanju mogu se provoditi s ciljem snižavanja kardiovaskularnih rizika i smanjenja krvnog tlaka u osoba s hipertenzijom (*Pescatello i sur., 2004; Sharman i sur., 2009*) i zdravih osoba s potencijalnim rizicima za nastanak bolesti. (*Pollock i sur., 2000*).

Veličina učinka aerobnog tjelesnoga vježbanja na sniženje tlaka ovisi o stupnju hipertenzije, a povezana je s početnim vrijednostima tlaka prilikom uključenja u aktivnost te je najbolji učinak ostvaren u hipertenzivnih osoba u odnosu na osobe s prehipertenzijom i vrlo malim učincima u normotenzivnih osoba (*Cornelissen i sur., 2013*). Kod muškaraca je odgovor na vježbanje dao bolje rezultate i niže vrijednosti tlaka u odnosu na žene kao i u povećanju opće funkcionalne sposobnosti (*Cornelissen i sur., 2013*). U osoba s povišenim krvnim tlakom bolji učinak na sniženje i regulaciju ima redoviti aerobni oblik vježbanja u odnosu na vježbe s opterećenjem (*Cornelissen i sur., 2013*) iako se postupno primjenjuje i HIIT metoda koja dokazano povećava VO<sub>2</sub>max, smanjuje perifernu vaskularnu rezistenciju i povećava funkcionalnu sposobnost miokarda (*Molmen-Hansen i sur., 2012*). Osim dobrobiti tjelesnoga vježbanja na sniženje krvnog tlaka i neki medikamenti poput antihipertenzivnih lijekova (*ALLHAT, 2002*), beta blokatora, beta adrenergičnih receptora i blokatora kalcijevih kanala mogu dovesti do prekomjernog snižavanja tlaka – hipotenzije. Nizak tlak dovodi do smanjene radne i funkcionalne sposobnosti smanjujući frekvenciju srca (*Fletcher i sur., 2013; Pescatello, 2014*) što treba uzeti u obzir pri planiranju vježbanja s osobama koje ih koriste kako bi se izbjegle moguće neželjene posljedice.

### 1.1.3. Tjelesno vježbanje i koronarna bolest srca

Kao najčešći oblik bolesti kardiovaskularnog sustava navodi se koronarna bolest srca. Od ukupno 17,3 milijuna smrti uzrokovanih kardiovaskularnom bolesti u svijetu, a predviđeni je porast do 23,6 milijuna u 2030. godini, čak 7,3 milijuna smrtnih slučajeva posljedica je koronarne bolesti srca (*WHO, 2010*). Prema podacima Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, u Hrvatskoj se 2012. godine kao vodeći uzrok smrti s 48,3 % udjela u ukupnom broju smrtnih

slučajeva navode kardiovaskularne bolesti, dok se na koronarnu bolest srca odnosi nešto manje od polovice ukupnog broja slučajeva.

Zbog sve većih troškova liječenja i rehabilitacije koronarne bolesti, smanjene produktivnosti radno sposobnog stanovništva, povećanja učestalosti pojave bolesti i pomora oboljelih, od posebnog značaja je javnozdravstvenom promocijom utjecati na promjene nezdravih životnih navika poput pušenja, konzumacije nezdrave prehrane i smanjene tjelesne aktivnosti. Koronarna bolest srca u osnovi predstavlja zatajenje srčanog mišića koja nastaje uslijed nedostatka kisika i glukoze za potrebe staničnog metabolizma miokarda, a nastaje zbog povećane potražnje miokarda za kisikom i njegove smanjene dopreme koje su posljedica patofizioloških promjena na koronarnim arterijama. Ateroskleroza je najčešći tip koronarne srčane bolesti, a ujedno je i glavni uzrok smrtnosti uzrokovanog kardiovaskularnim bolestima (*Benjamin i sur., 2018*). Iako, suženje koronarnih arterija i posljedično ishemija miokarda može biti uzrokom i nekih drugih patoloških stanja poput anomalije koronarnih arterija, arteritisa ili embolije, češće u muškaraca srednje i starije životne dobi. Rizici za nastanak koronarne bolesti, osim genskog nasljeđa, spola i životne dobi te postmenopauze u žena, su i oni na koje se može utjecati tijekom života, a u osnovi su patogeneze nastanka bolesti. Pušenje, povišena tjelesna masa, stres i nedovoljna tjelesna aktivnost zajednički dovode do arterijske hipertenzije, dijabetesa i dislipoproteinemije. Redovita tjelesna aktivnost spada u sam vrh preventivskih i rehabilitacijskih mjera kojima se umanjuju rizici nastanka bolesti i progresije ili pogoršanja koronarne bolesti pod uvjetom da je kontrolirana, optimalno dozirana i nadzirana tjelesna aktivnost. Varghese i sur. (2016) u svom istraživanju izvode zaključak da je 12% rizika za nastanak infarkta miokarda te 6 % za koronarnu bolest srca pod utjecajem nedovoljne tjelesne aktivnosti (*Varghese i sur., 2016*). Tjelesna aktivnost i redovito vježbanje pozitivnog utjecaja imaju na čimbenike uključene u patofiziologiju ateroskleroze poput povišenja HDL kolesterola, sniženja arterijskog krvnog tlaka, regulaciju mase tijela, povećanje inzulinske osjetljivosti, sniženja upalnog C-reaktivnog proteina, poboljšanje endotelne uloge arterija i hemostaze (*Golbidi i sur., 2012*). Utjecaj tjelesnoga vježbanja u prevenciji nastanka kardiovaskularnih bolesti u većini slučajeva ogleda su u promjenama krvnih žila aktivne muskulature, *Varghese i sur. (2016)*. Vazokonstrikcija krvnih žila se smanjuje uz povećanje vazodilatacijske funkcije koja je pod utjecajem vazodilatacijskih tvari poput dušikovog oksida. Vazodilatacijom krvnih žila povećava se promjer i propusnost krvi te se smanjuje periferna vaskularna rezistencija uslijed neurohumoralnih ili strukturnih promjena (*Pescatelo i sur., 2004*). Rizik nastajanja kardiovaskularnih bolesti sa smrtnim ishodom značajno je smanjen u

osoba koje su redovito provodile programe tjelesnoga vježbanja umjerenim intenzitetom (*Gregg i sur., 2003; Oguma i sur., 2004; Piepoli i sur., 2010; Pinto i sur., 2012; Iijima i sur., 2012; Mons i sur., 2014*) i dijabetesa tipa 2 (*Brown i sur., 2014*). Prema *Karjalainen i sur. (2015)* poboljšanje funkcionalne sposobnosti i nekih morfoloških karakteristika, iako malog raspona, potvrđuje dobrobiti tjelovježbe, no očekivane promjene metaboličkih mehanizama nastajanja bolesti nisu uočene. Naime, osobe u kojih je dijagnosticirana neka kardiovaskularna bolest ili metabolička disfunkcija obično povezana s prekomjernom tjelesnom masom podliježu određenim medikamentoznim terapijama koje uobičajeno imaju za cilj sniziti vrijednosti krvnog tlaka, razine masnoće i glukoze u krvi što u početnoj fazi vježbanja utječe na niže vrijednosti od očekivanih pa je i učinak programa vježbanja u tom segmentu izostao ili nije utvrđen.

#### 1.1.4. Tjelesno vježbanje i lokomotorni sustav

Mišićne stanice pojedinog mišića podložne su prilagodbi na povećane tjelesne aktivnosti u obliku povećanja (hipertrofije) ili njihovom umnažanju (hiperplazije). Glavne značajke hipertrofije mišića su povećanje mase, poprečnog presjeka i ukupnog volumena mišića (*Toigo i sur., 1997; Vierck i sur., 2000; Schoenfeld, 2010*). Mehanizam prilagodbe određen je uzdužnim dijeljenjem miofibrila i stvaranju novih kontraktilnih jedinica, aktina i miozina. S obzirom na položaj aktinskih niti na z-pločama i njihove ponavljajuće napetosti rastezanjem dovodi do parcijalnog pucanja središnjih dijelova z-ploče u sporim mišićnim vlaknima ili potpunog u brzim mišićnim vlaknima uslijed čega dolazi do stvaranja nove miofibrile. Za inervaciju i podraživanje nove miofibrile posljedično u sarkoplazmatičnom retikulumu dolazi do promjena na poprečnim t-cjevčicama. Uz navedene promjene, pod utjecajem tjelesne aktivnosti povećava se i broj mitohondrija, koncentracija oksidativnih enzima i kapilarizacija mišića (*Goldspink i sur., 1971; Egan i sur., 2013*). Gustoća kapilara produljuje trajanje cirkulacije krvi kroz mišićje (*Saltin, 1985*) čime se povećava mogućnost ekstrakcije kisika na membrani stanice (*Kalliokoski i sur., 2001*) te manje vrijednosti krvnog tlaka kako u mirovanju, tako i na svakoj razini opterećenja. Pozitivni učinci tjelesnoga vježbanja mogu se pronaći i u koštanom dijelu lokomotornog sustava, a nastaju pod utjecajem volumena trenažnog opterećenja, unosa prehrambenih tvari i razine aerobne sposobnosti, a dijelom i pod utjecajem dobi i spola vježbača. Dobrobiti tjelesnoga vježbanja na zdravlje kosti ogledaju se kroz manju učestalost nastajanja stres fraktura, posebno u starijoj životnoj dobi, a mogu nastati kao rezultat manjka mineralnog sadržaja u kostima ili razvoja osteoporoze.

Osteoporoza je bolest objašnjena gubitkom koštane mase i promjenama u mikro građi koštanog tkiva kosti uslijed čega kosti gube gustoću i čvrstoću te se povećava mogućnost prijeloma (*National Osteoporosis Foundation - NOF, 2010*). Iako je raznim proturesorptivnim i anaboličkim farmakološkim pripravcima moguće utjecati na povećanje mineralne gustoće kostiju, dodatak prehrani kalcija i vitamina D, različiti programi tjelesnoga vježbanja s obzirom na vrstu podloge i intenziteta opterećenja mogu biti učinkoviti u prevenciji i liječenju osteoporoze (*Kelley i sur., 2013*). Tkivo kosti ima sposobnosti prilagodbe na opterećenja i sile izazvane nekim oblikom tjelesnoga vježbanja ili vibracije (*Kelley i sur., 2013*), a ogledaju se kao reakcija na sile podloge i sile aktivnih mišića što rezultira održavanjem ili dobivanjem koštane mase. Razni aerobni programi vježbanja u kojih je smanjen utjecaj sile podloge i tjelesne mase osobe, poput plivanja i vožnje biciklom, mogu poboljšati funkcionalne sposobnosti i snagu mišića, ali ne i mineralnu gustoću kostiju (*Nikander i sur., 2009*). Hodanje kao najjednostavniji oblik tjelesne aktivnosti može poboljšati mineralnu gustoću femura u žena u postmenopauzi dok za kralježnicu nije utvrđen pozitivan učinak (*Martyn i sur., 2008*). Veći osteogeni utjecaj imaju tjelesne aktivnosti s vanjskim mehaničkim opterećenjem sile podloge ili gravitacije u djece i mladih (*Karlsson i sur., 2008*) ili starijih odraslih osoba (*Guadalupe-Grau i sur., 2009*). Povećani protok krvi uslijed tjelesnoga vježbanja i u fazi oporavka može utjecati na bolju opskrbu kosti hranjivim tvarima ovisno o metaboličkim zahtjevima, a rezultira promjenama mineralnog sadržaja i strukture kosti (*McCarthy, 2006; Dyke i sur., 2010; Feng i sur., 2011*).

#### 1.1.5. Tjelesno vježbanje i metabolizam tvari

U krvnim nalazima utvrđena povišena razina LDL kolesterola povećava rizik od nastajanja koronarne bolesti (*Lloyd-Jones i sur., 2004*). Povišena koncentracija HDL ili protektivnog kolesterola predstavlja zaštitni mehanizam kardiovaskularnog sustava (*Carroll i sur., 2012*). Niže vrijednosti ukupnog kolesterola smatraju se zlatnim standardom u prevenciji nastanka kardiovaskularnih bolesti (*Whayne, 2011*). Ateroskleroza kao bolest srčano-žilnog sustava predstavlja kronični, upalno fibroproliferativni proces oštećenja krvnih žila. Uzrok nastanka ateroskleroze kao i njenog daljnjeg razvoja može se povezati s povišenom koncentracijom LDL kolesterola, smanjenom koncentracijom HDL protektivnog kolesterola, povećanom koncentracijom lipoproteina, povišenim krvnim tlakom, pušenjem, dijabetesom, tjelesnom neaktivnošću i nekim genetskim predispozicijama. Iako nema jasno definiranog modela na koji način tjelesno vježbanje mijenja lipidni profil osobe, prema *Riedl i sur., (2010)*

ogleda se povećanjem sposobnosti mišića za iskorištavanjem lipida umjesto glikogena tijekom tjelesne aktivnosti što posljedično smanjuje razinu lipida u krvi (*Earnest i sur., 2013*) i to pod utjecajem povećane aktivnosti enzima lecitinkolesterol aciltransa (LCAT). Tjelesno vježbanje i aktivno provođenje slobodnog vremena primarno utječu na promjenu načina života, prestanak pušenja i pravilne prehrane što ima za posljedicu povećanje razine tjelesne sposobnosti. Glavna uloga tjelesnoga vježbanja ogleda se u suzbijanju čimbenika i primarnoj prevenciji nastanka ateroskleroze. Jedan od glavnih uzročnika nastanka bolesti je povišena razina masnoća u krvi, a tjelesnim vježbanjem se smanjuje razina LDL i povećava razina HDL kolesterola, omjer ukupnog kolesterola i HDL kolesterola kao i smanjenje razine serumskih triglicerida (*Aadahl i sur., 2009*). Istraživanja provedena na učincima tjelesnoga vježbanja različitih vrsta, intenziteta, trajanja i učestalosti u odnosu na HDL kolesterol nisu konzistentna koliko je to u odnosu na sniženje serumskih triglicerida. Prema *Kesaniemi i sur. (2001)* učinak umjerene tjelesne aktivnosti vidljiv je u poboljšanju lipidnog profila i to povećanjem HDL kolesterola dok za LDL i ukupne trigliceride nema suglasja je li i u kojoj mjeri je tjelesna aktivnost utjecala na promjenu. Aerobni programi vježbanja većeg intenziteta, jednostavnih i ponavljajućih kretnih struktura poput brzog hodanja, trčanja ili vožnje biciklom u trajanju od najmanje 12 tjedana mogu povećati HDL kolesterol za 4,6 %, smanjiti ukupne trigliceride za 3,7 % a LDL kolesterol za 5 %. Iako bez promjena na ukupni kolesterol, omjer LDL u odnosu na HDL je u znatno povoljnijim odnosima (*Leon i sur., 2001*). Aerobno vježbanje visokog intenziteta (80% VO<sub>2</sub>max) i volumena (24 tjedna, tri puta tjedno) očituje se značajnim poboljšanjima i to smanjenjem LDL kolesterola (od 4,04 do 3,52 mmol/L) i ukupnog kolesterola (od 6,02 do 5,48 mmol/L), no ne i povećanjem zaštitnog HDL kolesterola (od 4,58 do 4,04 mmol/L) (*O'Donovan i sur., 2005*). Naime, ukupni povišeni serumski trigliceridi pozitivno su korelirani s višim vrijednostima LDL kolesterola i nižim vrijednostima HDL kolesterola (*Holloszy i sur., 1964*) za što je potrebno provoditi dugotrajne i redovite programe vježbanja uz učinke koji su vidljivi tijekom 24 sata i duže nakon vježbanja pod uvjetom većeg utroška energije (*Gill i Hardman, 2003; Bouchard i sur., 2007*). Prema navedenom, programi umjerenog intenziteta mogu povećati razinu HDL kolesterola što ima pozitivan utjecaj na aterosklerozu i krutost stijenke arterija zbog nakupljanje plaka i masnoće (*Whayne, 2011*) i olakšano odstranjivanje LDL kolesterola. Za direktan utjecaj na snižavanje LDL kolesterola i ukupnih triglicerida intenzitet aerobne vježbe mora biti visok što zbog postojanja neke od kardiovaskularnih bolesti ili niže funkcionalne sposobnosti nije moguće primijeniti u osoba uključenih u program vježbanja (*Mann i sur., 2014*).



Poremećaj u metabolizmu ugljikohidrata koji se manifestira kroz povećanje glukoze u krvi uzrok je šećerne bolesti ili dijabetesa koji je jedan od vodećih nezaraznih bolesti modernog doba uz nerijetko povezane poremećaje metabolizma masti i bjelančevina. Osnova šećerne bolesti je nedostatak hormona inzulina i njegove učinkovitosti uslijed narušene osjetljivosti na razini masnog tkiva, poprečno prugastih mišića i jetre. Anabolička svojstva inzulinu daju mogućnost vezanjem na inzulinski receptor niza metaboličkih reakcija, ponajprije olakšanu difuziju glukoze kroz membranu stanice kao i pohranu u obliku glikogena. Smanjena osjetljivost tkiva na inzulini ili rezistencija inzulina uzrokuje smanjeni prolaz glukoze u stanice tkiva te njeno nakupljanje u krvi, povećava se razina masnih kiselina, degradacijom mišića i aminokiselina što za posljedicu ima negativan učinak na gušteraču i  $\beta$ -stanice (*Michishita i sur., 2008*), te u konačnici i nedovoljno lučenje inzulina. Slobodne masne kiseline i aminokiseline u jetri procesom glukoneogeneze potiču stvaranje novih količina glukoze čime se bolest dodatno pogoršava. Nedovoljna tjelesna aktivnost i nezdrava prehrana posljedično mogu dovesti do pretilosti i prekomjerne tjelesne mase koje uz povišen arterijski tlak i hiperlipidemiju kao i genetske predispozicije predstavljaju preduvjete za nastanak dijabetesa tipa 2. Predijabetes ili intolerancija glukoze koja predstavlja početnu fazu bolesti može biti reverzibilan poremećaj. Povećana razina glukoze u krvi koja se očituje jedan do dva sata nakon uzimanja obroka predstavlja rizik nastajanja kardiovaskularnih bolesti (*Ceriello, 2005*). Prevencija i liječenje dijabetesa tipa 2 podrazumijeva promjenu životnih navika uključujući tjelesno vježbanje i promjenu prehrambenih navika uz medikamentoznu terapiju (*ADA, 2018*). Programi vježbanja za osobe s dijabetesom preporučaju se u obliku umjerenog aerobnog do intenzivnog treninga u trajanju  $\geq 150$  minuta tjedno ili  $\geq 75$  minuta tjedno intenzivnog ili intervalnog treninga uz vježbe snage dva do tri puta tjedno (*ADA, 2018*).

Različiti aerobni programi vježbanja kombinirani s vježbama snage (*Bouchard i sur., 1995; Thompson i sur., 2008*) u trajanju od 150 minuta tjedno utječu na razvoj funkcionalne sposobnosti u osoba s dijabetesom, a u onih s intolerancijom na glukozu smanjiti progresiju prema dijabetesu za 58% (*Tuomilehto i sur., 2001*) uz primjetno povećanje primitka kisika  $VO_2$  pod uvjetom doziranog i kontroliranog procesa vježbanja (*Regensteiner i sur., 1995*). Tjelesna aktivnost nižeg intenziteta i dužeg trajanja u obliku hodanja utječe na manju pojavnost dijabetesa od 12% u odnosu na povećanje intenziteta i brzine hodanja, ali kraćeg trajanja što je rezultiralo s 34% smanjenjem dijabetesa (*Hu, 2003*).

Uslijed strukturirane i vođene tjelesne aktivnosti, promjene načina života i pravilne prehrane moguće je uz 7% gubitka tjelesne mase povećati osjetljivost tkiva na inzulini, a samim

time i smanjiti mogućnost nastanka dijabetesa tip 2 (*ADA, 2016*). Tjelesna aktivnost može smanjiti ukupnu masnu masu tijelu kao i visceralnu mast koja predstavlja jedan od vodećih uzroka nastajanja različitih kardiovaskularnih bolesti. U osoba sa dijabetesom koje su uključene u programe jakosti i snage očekuje se razvoj i povećanje mišićne mase, kao i smanjeni stupanj anksioznosti i depresije koji je kod oboljelih češća pojava nego što je to u aktivne i zdrave populacije (*Zanoveli i sur., 2016*).

Iako je prevalencija kardiovaskularnih bolesti smanjena u zadnjem desetljeću, stopa smrtnosti povezanih s dijabetesom je za tri do pet puta veća (*Vamos i sur., 2012*). Osobe s dijabetesom su obično sedentarne i pretili te imaju niže razine funkcionalnih sposobnosti koje se ogledaju nižim vršnim vrijednostima kisika (*Nadeau i sur., 2010*) koji predstavlja pouzdan marker za rano otkrivanje bolesti. Uz dijabetes se obično vezuje postojanje inzulinske rezistencije, endotelne disfunkcije, smanjene perfuzije miokarda i promijenjena funkcionalnost mitohondrija te postoji i snažna veza između tjelesne ili radne sposobnosti i smrtnosti kod muškaraca s i bez dijabetesa (*Wei i sur., 2000*).

Sve manja potreba čovjeka za kretanjem te prekomjeren unos energije hranom može dovesti do povećane masne mase tijela što vodi gojaznosti ili pretilosti koja predstavlja osnovu u etiologiji nastanka različitih nezaraznih bolesti poput povišenog krvnog tlaka, povećane koncentracije masnoća u krvi, koronarne bolesti, šećerne bolesti neovisne o inzulinu i nekih malignih bolesti (*Thompson i sur., 2012; Heinonen i sur., 2013; Tchernof i sur., 2013; Trinh i sur., 2013*). Genetski čimbenici, narušen metabolizam masti, korištenje lijekova te niska razina svakodnevne tjelesne aktivnosti uz nepravilnu prehranu smatraju se vodećim uzročnicima pretilosti kojom je zahvaćen sve veći broj djece i adolescenata. Promjenom ponašanja i podizanjem svijesti o važnosti tjelesnoga vježbanja može se utjecati na povećanje vremena provedenog u tjelesnoj aktivnosti i pravilnoj prehrani što posljedično ima utjecaja na energetska ravnotežu i tjelesnu masu (*Imayama i sur., 2011*). Redukciju tjelesne mase moguće je izazvati tjelesnim vježbanjem ili u kombinaciji s nekim oblikom redukcijske dijeta. Tjelesno vježbanje dužeg trajanja i umjerenog intenziteta aerobnog tipa dopunjeno vježbama snage dovodi do poboljšanja ukupne tjelesne sposobnosti u starijih osoba, a uz redukcijsku prehranenu dijetu i regulaciju mase tijela povećava se mobilnost i funkcionalna neovisnost (*Vincent i sur., 2012*).

### 1.1.6. Tjelesno vježbanje i kognitivno zdravlje

Tjelesno vježbanje i psihičke dobrobiti na mentalno zdravlje očituju se smanjenjem i poništavanjem stresa i njegovih negativnih učinaka (*Tucker, 1990*), kratkotrajnih promjena raspoloženja (*Berger i Owen, 1988*), povećanjem zadovoljstva i užitka, a samim time i kvalitete života pojedinca (*Wankel, 1993*). Također, u kliničkoj praksi predstavlja oblik terapije u depresije, anksioznosti ili nekih oblika ovisnosti (*Paluska i Schwenk, 2000; Donaghy, 2007*). Tijekom tjelesne aktivnosti koja predstavlja stres za organizam dolazi do aktivacije zaštitnih mehanizama i mobilizacije organskih sustava na opterećenje te stimulacije lučenja neurotrofnih čimbenika (BDNF *brain derived neurotrophic factor*) mozga (*Gomez-Pinilla i sur., 2011*) koji utječu na povećanu sposobnost pamćenja i koncentracije (*Winter i sur., 2007; Kantomaa i sur., 2013; Loprinzi i sur., 2013; Raichlen i sur., 2013; Piepmier i Etnier, 2015*). U osoba starijih od 55 godina uočen je pozitivan učinak u smislu pozornosti i kognitivne brzine obrade informacija (*Angevaren i sur., 2008*). Aerobne aktivnosti veće učestalosti indirektno povoljno utječu na cirkulaciju u mozgu (*Bailey, 2013*), a i hipoperfuzija mozga ima utjecaja na kognitivne učinke kod starijih osoba te je definirana atrofijom mozga (*Poels i sur., 2008*).

Nadalje, tjelesno vježbanje umjerenog intenziteta smanjuje rizik od razvoja kognitivnih poremećaja u starije odrasle osobe (*Smith i sur., 2010*). Povećana razina stresa pod utjecajem tjelesnoga vježbanja aerobnog tipa dužeg trajanja smanjuje se biokemijskim promjenama utvrđenim nižom razinom kortizola u urinu i manjim lučenjem norepinefrina (*Nabkasorn i sur., 2006*). U depresije (*Nabkasorn, 2006; Azar i sur., 2008*) i anksioznosti (*Biddle i sur., 2000; Salmon, 2001*) pozitivni učinci na smanjenje patopsiholoških poremećaja ogledaju se u mogućoj redukciji lijekova, intenzitetu poremećaja i općem poboljšanju stanja oboljelog. Uz medikamentoznu potporu programi hodanja, plivanja, vožnje biciklom, vježbi snage i trčanja imaju najbolji učinak i prognozu bolesti (*Wankel i sur., 1990*). Za postizanje trajnijih pozitivnih psiholoških učinaka tjelesnoga vježbanja potrebna je ustrajnost i redovitost provođenja posebno stručni nadzor planiranog, programiranog i kontroliranog procesa vježbanja (*Carmack i sur., 1979*) kao i prihvaćanje programa vježbanja, uživanje i zadovoljstvo u vježbanju (*Silva i sur., 2010*). Kako nema konsenzusa oko odabira programa vježbanja s ciljem ostvarivanja dobrobiti na mentalno zdravlje, predlaže se (*prema Bergeru, 1987; 2002*) birati aerobnu aktivnost koja potiče promjenu ritma disanja i smanjuje osjećaj neugode te nenatjecateljsku aktivnost zbog manjeg stresa i straha od neuspjeha te povećanja osjećaja samopouzdanja i samokontrole. Jednostavne aktivnosti s osnovnim motoričkim obrascima kretanja poput trčanja i plivanja ili ponavljajućih i ritmičkih vježbi koje će utjecati na potpunu posvećenost ili predanost

tjelovježbi. Tjedno opterećenje koje može izazvati kumulaciju promjena ovisi o intenzitetu i frekvenciji vježbanja iako se predlaže umjerenog intenziteta 60-80% VO<sub>2</sub>max. Za neke oblike patopsiholoških bolesti poput depresije dovoljan je i niži intenzitet za poticanje pozitivnih učinaka dok trajanje aktivnosti od 60 minuta može biti podijeljeno u nekoliko intervala tijekom dana.

#### 1.1.7. Tjelesno vježbanje i starija životna dob

Proces starenja uvjetovan je različitim biološkim mehanizmima na molekularnoj, staničnoj, tkivnoj, organskoj i naposljetku općoj sistemskoj razini uslijed smanjene mogućnosti adaptacije na genskoj razini pod utjecajem egzogenih čimbenika i njihove međusobne interakcije. S obzirom na područje bioloških promjena, molekularne ili organske, teorije starenja dijelimo na genetske teorije, fiziološke teorije i funkcionalne promjene organa. Genetske teorije podrazumijevaju genske pogreške, somatske mutacije i programirano starenje. Obnavljanje transkripcije DNK-a uslijed pogreške smanjuje se povećanjem životne dobi dok se programirano starenje promatra u kontekstu promjena dužina telomera, njihovog skraćivanja povezanih s različitim kroničnim bolestima i procesom starenja. Fiziološke teorije odnose se na slobodne radikale, teoriju povezanosti i nakupljanja otpadnih tvari. Slobodni radikali kisika kao nusprodukt izmjene tvari utječu na promjene makromolekula stanica i DNK-a te uslijed njihova povezivanja stvaraju se nakupine molekula bez funkcionalne sposobnosti i smanjene vijabilnosti te procesa starenja. Smanjena funkcionalna sposobnost na tkivnoj razini uslijed nakupljanja lipofuscina, specifičnog pigmenta starenja podrazumijeva teorije nakupljanja otpadnih tvari. Smanjenom funkcijom imunološkog sustava u starije životne dobi ponajprije timusa te neuroendokrinološkog sustava koji se ogleda u smanjenoj učinkovitosti lučenja estrogena u žena, manjem broju endokrinih stanica kao i gubitka živčanih stanica dovodi do funkcionalnih promjena organa (*Duraković i sur., 2007*). Iako ne postoji konsenzus o tome zašto starimo, neke se uzročno-posljedične veze mogu objasniti, no mnoga istraživanja kao problem postavljaju biološke promjene na molekularnoj i staničnoj razini. Deformacije na genskoj razini, dužina telomera i uloga telomerase, epigenetske promjene DNK, gubitak proteostaze, gubitak funkcije mitohondrija, starenje stanica, manja sposobnost njihove regeneracije i uloga matičnih stanica te međustanična interakcija i komunikacija, kronične upale s promjenom endokrinog i neuroendokrinog sustava predstavljaju mehanizme procesa starenja (*Lopez-Otin, 2013*). Razumijevanje fizioloških procesa starenja i poznavanje uzročnih čimbenika na koje se može utjecati promjenama životnih navika dovodi do novih znanja kako

odgoditi i usporiti starenje. Primarnim ili zdravim starenjem promjene na staničnoj i molekularnoj razini nastale biokemijskim oštećenjima smanjuju funkcionalne sposobnosti, mogućnost prilagodbe stresnim situacijama, raste potencijalni rizik nastanka različitih upalnih procesa, infekcija i kroničnih bolesti koje mogu dovesti i do smrtnog ishoda (*Lopez Oltin, 2013*). Sekundarno starenje podložno je utjecaju različitih bolesti te se promjenama nezdravih životnih navika poput nedovoljne tjelesne aktivnosti, prehrane, pušenja, konzumacije alkohola i nekih drugih što posljedično dovode do prekomjerne tjelesne mase te metaboličkih i srčano-žilnih bolesti, može odgoditi i usporiti. Fiziološke promjene nastale pod utjecajem procesa starenja vezuju se uz atrofiju miškulature uslijed neaktivnosti i smanjenu funkcionalnu sposobnost ili radni kapacitet uz smanjenje maksimalnog aerobnog kapaciteta i mišićne jakosti.

Redovita tjelovježba pruža niz pozitivnih učinaka na očuvanje zdravlja u procesu starenja. Kako tjelovježba utječe na glavna obilježja starenja pitanje je na koje se odgovor traži na temelju istraživanja u farmaceutskoj industriji u pravcu medikamentozne potpore zdravog starenja te utjecaj tjelesnoga vježbanja i procese starenja na molekularnoj razini uz provođenju učinkovitih programa s ciljem produženja životnog vijeka, samostalnosti u obavljanju svakodnevnih aktivnosti i podizanja funkcionalne sposobnosti osoba starije životne dobi, prvenstveno kardiorespiratornu sposobnost i snagu mišića (*Garber i sur., 2011*). Vježba zasigurno ne može preokrenuti proces starenja, ali ublažava mnoge sistemske i stanične učinke koje su posljedica starenja. Najčešći kronični poremećaji povezani s procesom starenja su fiziološke naravi prvenstveno na staničnoj razini, tako da intervencije, od kojih je tjelesna vježba najvjerojatnije najbolji primjer, u velikoj mjeri mogu usporiti proces starenja i produžiti aktivni životni vijek (*Joyner, 2011*) te smanjiti stopu smrtnosti. Istraživanja bi se u budućnosti trebala posvetiti učincima tjelesnoga vježbanja na molekularnoj razini te, osim produkcije novih lijekova protiv starenja, istražiti i odrediti koji su najučinkovitiji programi vježbanja s obzirom vrstu, učestalost, trajanje i intenzitet za osobe starije životne dobi.

Upravo zato učinak tjelesnoga vježbanja u starijih ima za ulogu održati i poboljšati funkcionalne sposobnosti i sekundarno prevenirati, liječiti ili rehabilitirati nastale kronične bolesti te produžiti aktivni životni vijek (*Lakka i sur., 1994; Myers i sur., 2002*). Redovitom tjelesnom aktivnošću utjecaj na kardiorespiratorne sposobnosti očituje se u povećanju radne sposobnosti i maksimalnog aerobnog kapaciteta (*Fleg, 2012*) te mišićne mase, jakosti, fleksibilnosti, ravnoteže i gustoće kosti (*Borer, 2005; Holviala i sur., 2006*). Redovita tjelovježba, osobito dinamična vježba umjerenog intenziteta (70% od VO<sub>2</sub>max ili 80% maksimalne brzine otkucaja srca) kojom se energija dobiva aerobnim energetske procesom

uz aktivaciju velike skupine mišića hodanjem ili vožnjom bicikla povećava kardiorespiratorne sposobnosti u starijih osoba (*Chodzko-Zajko i sur., 2009*) te smanjuje učinke endotelne disfunkcije kao jednog od rizičnih čimbenika kardiovaskularnih bolesti (*DeSouza i sur., 2000*).

Maksimalni unos kisika - VO<sub>2</sub>max predstavlja maksimalni aerobni kapacitet ili aerobnu izdržljivost definiranu kao sposobnost dugotrajnog rada uz odgodu pojave umora, a ujedno predstavlja kardiorespiratornu sposobnost. U starijih osoba zabilježena je stopa opadanja VO<sub>2</sub>max u prosjeku od 4-5 ml/O<sub>2</sub>/kg-1 po desetljeću (*Shephard, 2009*) uz smanjenje maksimalne srčane vrijednosti (*Hagberg i sur., 1985*), ali i pad maksimalne arteriovenske razlike kisika do 3% po desetljeću (*Hossack i sur., 1982; Ogawa i sur., 1992*). Starenjem mišići imaju malu sposobnost korištenja kisika zbog nekoliko čimbenika, kao što su smanjena mišićna masa (*Proctor i sur., 1997*), povećana periferna rezistencija, (*Lakatta i sur., 2003*), smanjena mišićna kapilarna gustoća, (*Coggan i sur., 1992*), disfunkcija endotela, (*Schrage i sur., 2007*) i smanjeni oksidacijski kapacitet mišića (*Conley i sur., 2000*). Aerobne tjelesne aktivnosti poput plivanja, hodanja, trčanja ili vožnje biciklom utječu na povećanu koncentraciju eritrocita u krvi, veći protok krvi kojim se osigurava transport tvari i kisika, a u mišićnim stanicama više mioglobina i mitohondrija te sposobnost povećane aerobne glikolize za povećano stvaranje potrebitog ATP-a. Povećanje aerobnog kapaciteta u starijih muškaraca temeljeno je na povećanju maksimalnog minutnog volumena srca i arterijsko-venske razlike kisika dok je u žena samo uslijed arterijsko-venske razlike kisika (*Chodzko-Zajko i sur., 2009*). Nedovoljna tjelesna aktivnost i prekomjeran unos hranjivih tvari u starijih često dovode do pretilosti i s njom niza povezanih kardiorespiratornih ili metaboličkih bolesti s indeksom tjelesne mase 30kg/m<sup>2</sup> i više uz veću koncentraciju lipida i lipoproteina u plazmi. Tjelesno vježbanje uz redukcijsku dijetu u starijih može značajno utjecati na smanjenje koncentracije triglicerida u krvi, povećanje HDL kolesterola i omjera s ukupnim kolesterolom koji su pozitivno korelirani s kardiorespiratornom ili funkcionalnom sposobnošću (*Kelly i sur., 2005*). Koronarne bolesti srca za koje je u osnovi nastanka jedan od čimbenika i povećani krvni tlak, u aktivnih osoba starije dobi je nižih vrijednosti što se može pripisati dilataciji malih i srednjih arterija i većoj produkciji endotelnih stanica dušikovog monoksida (*De Souza i sur., 2000*). Promjene sastava tijela uslijed tjelesne neaktivnosti uz pretilost dovode i do inzulinske rezistencije i dijabetesa tipa 2 u starijih gdje tjelesno vježbanje može povećati osjetljivost na inzulin i smanjiti stopu razvoja bolesti (*Thent i sur., 2013*). Tjelesno vježbanje povoljno djeluje na osjetljivost za inzulinom kroz povećano stvaranje transportera glukoze tip 4 (*Mann i sur., 2014*). Kod depresije i demencije kao bolesti koje se vezuju uz proces starenja te uz očuvanje

kognitivnog zdravlja tjelesno vježbanje može utjecati na odgodu pojave bolesti pa čak i kao jedan oblik terapijskih programa s ciljem održanja kvalitete života (*Abd el –Kader i Al-Jiffri, 2016*). Mišićna masa obično počinje opadati nakon 25. do 30. godine, (*Janssen i sur., 2000*) dok je gubitak u presjeku mišića glavni uzrok smanjene mišićne snage koja se smanjuje porastom dobi, obično nakon 60. do 70. godine (*Frontera i sur., 2000*) i nazivamo je sarkopenija (*Morley i sur., 2001*). Procesom starenja u živčanom i skeletno mišićnom tkivu dolazi do mutacije mtDNA (*Linnane i sur., 1990; McKenzie i sur., 2002*). Mutacije mtDNA u skeletnom mišićju uzrokuju putem fizioloških mehanizama i sarkopeniju (*Aiken i sur., 2002*). Tjelesno vježbanje aerobnog tipa ima pozitivnog utjecaja u očuvanju funkcije mitohondrija i manjem gubitku sadržaja mitohondrija povećavajući oksidativni kapacitet (*Broskey i sur., 2014*). Uzrok nastanka procesa sarkopenije uz gubitak mišićne mase i snage, osim smanjene denervacije mišića (*Saini i sur., 2009*), niske razine sinteze proteina (*Kumar i sur., 2009*), nedovoljnog unosa kalorija ili neuhranjenosti (*Doherty, 2003*) te mitohondrijske disfunkcije (*McKenzie i sur., 2002*), jest i tjelesna neaktivnost (*Cesari i sur., 2008*). Vježbe snage s vanjskim opterećenjem (*Liu i sur., 2009*) i fleksibilnosti preporučaju se u starijih osoba s obzirom na predispozicije za nastanak sarkopenije, osteoporozu i veće učestalosti gubitka ravnoteže što ima za posljedicu veći broj padova i ozljeda. Pritom je važan oprez pri odabiru vrste, volumena i intenziteta aktivnosti s obzirom na vulnerabilnost pojedinih tkiva, dob te zdravstveni status i funkcionalnu sposobnost (*Hass i sur., 2001*). Uz porast životnog vijeka i sve većeg udjela starijeg stanovništva (*He i sur., 2016*) te sedentarne navike ponašanja, od posebnog je značaja pronaći načine kako starije osobe učiniti funkcionalno sposobnim i neovisnim od okoline te im produžiti životni vijek. Uz starije osobe i proces starenja povezuju se i neke kardiovaskularne, kardiorespiratorne, muskuloskeletne, metaboličke i kognitivne bolesti (*Garatachea i sur., 2015*). Upravo stoga redovita tjelesna aktivnost u starijoj populaciji, posebice aerobna i trening snage, može ublažiti pojavu atrofije mišića, održati kardiorespiratornu sposobnost i kognitivne funkcije, povećati metaboličku aktivnost i funkcionalnu neovisnost (*Arnold i sur., 2014*).

Izostanak pravilne uravnotežene prehrane i konstantan izvor stresa uz nedostatak tjelesne aktivnosti rezultira prekomjernom tjelesnom težinom što je jedan od glavnih problema modernog doba, a direktno je povezana s razvojem bolesti, gubitkom kvalitete života i opterećenjem sustava zdravstva. I najmanja promjena prehrambenih navika i vježbanja može donijeti značajne pozitivne promjene što direktno utječe na odgodu razvoja različitih oboljenja. Osnovna hipoteza je da onaj dio populacije koji se ne bavi nikakvim rekreativnim vježbanjem

i većinu vremena provodi sjedilačkim načinom života je biološki stariji od svoje kronološke dobi, odnosno da biomarker starosti pokazuje starije stanje organizma u odnosu na kronološku starost pojedinca. S obzirom da je starenje biološki proces praćen brojnim promjenama na molekularnoj razini čiji je mehanizam u velikoj mjeri još uvijek nepoznat, biološka dob ne podudara se nužno s kronološkom dobi pojedinca, a razlika je uzrokovana usporenim, odnosno ubrzanim starenjem. Zbog te činjenice biološka dob predstavlja bolji indikator općeg zdravstvenog stanja i procesa starenja od kronološke dobi.

Ovim se istraživanjem želi dokazati da je tjelesnim vježbanjem moguće utjecati na pozitivne promjene u morfološkom i motoričkom statusu ispitanika kao i na smanjenje biološke dobi koja predstavlja bolji indikator općeg zdravstvenog stanja i procesa starenja od kronološke dobi što će se učiniti uz pomoć praćenja biomarkera starenja. Nadalje, cilj je bio i utvrditi razlike između programa vježbanja i njihovu učinkovitost na promatrane varijable. Osnovna hipoteza je da pojedinci koji se ne bave nikakvim rekreativnim vježbanjem i većinu vremena provode sedentarnim načinom života jesu biološki stariji od svoje kronološke dobi odnosno da se primjerenom tjelesnom aktivnošću može usporiti proces starenja na biološkoj razini temeljem promjena u strukturi glikana pomoću GlycanAge metode utvrđivanja biološke dobi ispitanika. Jedan od programa vježbanja korišten u ovom istraživanju je nordijsko hodanje. Međunarodna federacija nordijskog hodanja (INWA) promiče hodanje sa štapovima kao jednu vrstu tjelesne aktivnosti koja povećava aktivaciju mišića, brzinu hodanja, a posljedično i povećanje VO<sub>2</sub> (*Schiffer i sur., 2006*). Inovativna aktivnost i s fiziološkog aspekta učinkovita (*Biddle, 1998*) često se koristi u slobodno vrijeme (*Schiffer i sur., 2009*), a prema većem broju autora (*Rodgers CD i sur., 1995; Porcari i sur., 1997; Figard-Fabre i sur., 2010*) je metabolički i kardiovaskularno zahtjevnija od svakodnevnog hodanja prosječne brzine. Zbog dostupnosti korištenja javnih zelenih površina i potencijalno bez troškova, prihvatljiva je kao tjelesna aktivnost kojom se promiče javno zdravlje (*Sallis i sur., 2016; van den Bosch, 2019*). Osobe koje se bave nordijskim hodanjem u prirodnom okruženju ostvaruju i dobrobiti za psihičko zdravlje (*Grigoletto i sur., 2021*). Ostala dva provedena programa vježbanja su kardio i kružni program vježbanja. Glavni cilj kardio programa vježbanja je utjecati na razvoj aerobnih sposobnosti te redukciju potkožnog masnog tkiva i ukupne tjelesne mase koji se provode u aerobnom režimu rada uz izmjene perioda rada i odmora u nekom obliku cikličke aktivnosti. Veća učinkovitost aerobnih programa vježbanja u pravcu redukcije tjelesne mase i potkožnog masnog tkiva može se potaknuti aktivacijom oksidacije masti uz povećanje intenziteta vježbanja (*Astorino, 2000*). U ovom istraživanju ispitanici su vježbe izvodili na bicikl i



veslačkom ergometru, orbitreku i traci za trčanje. Kružni program vježbanja podrazumijeva vježbanje u kružnom obliku rada s periodima odmora između svake vježbe i izvodi se u nekoliko krugova. Cilj kružnog programa je aktivacija svih većih skupina mišića uz određeni redoslijed izvođenja. Intenzitet vježbanja se povećavao svakim tjednom, a vježbe su planirane od jednostavnijih ka složenijim oblicima. Programi vježbanja u kojih dominiraju vježbe snage pozitivno utječu na povećanje ili održavanje snage mišića koja opada starenjem (prevencija sarkopenije) uz očuvanje mineralne gustoće kostiju (*Winnet i sur., 2001*). Prema *Donnelly i sur. (2009)* vježbe s vanjskim otporom mogu utjecati na smanjenje postotka tjelesne masti, no smatra se da na ukupni gubitak tjelesne mase nema većeg utjecaja.

## 2. METODE ODREĐIVANJA BIOLOŠKE DOBI

Intraindividualni biološki proces praćen brojnim molekularnim i staničnim oštećenjima tijekom životnog vijeka pojedinca dovodi do starosti i nekih povezanih patoloških stanja uslijed čega se povećava stopa smrtnosti (*Kaliman i sur., 2011; Gems i sur., 2013*). Tim promjenama na molekularnoj razini čiji je mehanizam u velikoj mjeri još uvijek nepoznat, biološka dob ne podudara se nužno s kronološkom dobi pojedinca, a razlika je uzrokovana usporenim, odnosno ubrzanim starenjem. Zbog te činjenice biološka dob predstavlja bolji indikator općeg zdravstvenog stanja i procesa starenja od kronološke dobi. Dosadašnja istraživanja (*Cherkas i sur., 2008; Loprinzi, 2015; Tucker i sur., 2017*) pokazala su da biološka dob može negativno ubrzano napredovati u odnosu na kronološku dob i to uslijed neaktivnosti, nepravilne prehrane, pušenja, konzumacije alkohola i droga te mnogih bolesti ili disfunkcija organa.

*Baker i Sprott (1988)* po prvi puta su definirali pojam biološke dobi kao „Biomarker starenja je biološki parametar organizma koji će, sam ili u nekom multivarijantnom sastavu, u nedostatku bolesti, bolje predvidjeti funkcionalnu sposobnost u nekoj kasnijoj dobi od kronološke starosti.“ koju *Moqri i sur. (2023)* definiraju kao latentnu konceptualnu vrijednost koja predstavlja ukupni volumen bioloških promjena na molekularnoj i staničnoj razini uzrokovanu starenjem. Od tada se mnoga istraživanja u području procjene biološke dobi temelje na raznim biomarkerima poput duljine telomera, metilacije DNA, proteomike, metabolomike, glikomike, podataka nosivih senzora i kliničkih biomarkera temeljenih na krvi (*Frenck i sur., 1998; Krištić, 2014; Horvath i sur., 2018; Pyrkov i sur., 2021; Macdonald-Dunlop i sur., 2022; Jylhävä i sur., 2023*).

Jedan od relativno pouzdanih biomarkera za procjenu biološke dobi jesu telomere, zaštitni terminalni završetci na krajevima kromosoma koji se starenjem skraćuju što utječe na odumiranje stanica u tijelu. Duljina telomera je podložna različitim utjecajima, no pretpostavlja se da je u djetinjstvu i do adolescencije postojana iako je uočeno skraćivanje tijekom starenja zbog čega se smatra pouzdanim biomarkerom za procjenu biološke dobi (*Njajou i sur., 2009; Oeseburg i sur., 2010; Muezzinler i sur., 2013*). *Dlouha i sur. (2014)* usporedili su duljinu telomera leukocita s još jedanaest različitih tkiva ljudskog organizma te utvrdili najveću varijabilnost upravo u leukocita, a najmanju osjetljivost i promjenu u duljini telomera u mozgu. Duljina telomera leukocita nije u značajnoj korelaciji ni s jednim drugim tkivom. Iako je istraživanje provedeno na malom uzorku velikog dobnog raspona, od 29. tjedna trudnoće do

88. godine, dovode u pitanje upotrebu duljine telomera leukocita u donošenju procjene ukupne biološke dobi koja obuhvaća sve organske sustave i tkiva u cjelini.

Kraće duljine telomera povezuju se sa životnom dobi u jednojajčanih blizanaca. Blizanci s kraćim telomerama su podložniji kraćoj životnoj dobi i većem riziku za ranijim smrtnih ishodom (*Bakaysa i sur., 2007*). Inverzni odnos životne dobi i duljine telomera u muškaraca utvrđuju *Kimura i sur. (2007)* dok u žena opažaju dulje telomere i duži životni vijek od muškaraca. Građene su od sekvenci TTAGGG koje se ne ponavljaju i nisu kodirane, a glavna im je uloga očuvanje razgradnje kromosoma, sprječavanje međusobne sljepljivosti i održavanje duljine DNK-a. Telomere imaju sposobnost formiranja T-omči (*Griffith i sur., 1999*) u suradnji s šelterin proteinima unutar kojih se nalazi kružno omotana oko proteina jednolančana DNA. Na krajevima T-omči povezuju se jednolančana DNA na dvolančanu DNA tvoreći D-omču (*Zvereva i sur., 2010*) pri čemu dolazi do prekida u sparivanju baznih parova jednog od ta dva lanca. Kompleks šelterin proteina sprječava pojavu nepravilne replikacije DNA u fazi kada se telomere ne produžuju kao i potpornu ulogu u procesu produljivanja telomera uz povećanu aktivnost telomeraze. Kompleks šelterin proteina čine TRF1, (*engl. TTAGGG repeat binding factor 1*) čija je osnovna uloga vezivanje za ponavljajući slijed TTAGGG na dvolančanom dijelu, TRF2 s osnovnom ulogom u stabilizaciji T-omče, POT1, (*engl. protection of telomeres 1*), protein za zaštitu telomera 1 s ulogom vezivanja na jednolančani dio s ciljem zaštite od degradacije, a sudjeluju u regulaciji aktivnosti telomeraze. Povezani s TIN2, RAP1 i TPP1 čine kompleks koji prepoznaje mjesta oštećenja DNA te regulira duljinu telomera putem telomeraze (*de Lange, 2005*). Promjena uloge ili nedostatak pojedinog šelterin proteina može utjecati na promjenu duljine telomera. Ukoliko uslijed fiziološkog stresa nastalog pod utjecajem tjelesnoga vježbanja dolazi do promjene uloge ili razine šelterin proteina, to može dati odgovor na koji način vježbanje utječe na skraćivanje ili produljenje telomera (*Ludlow i sur., 2013*). Svakom diobom stanica duljina telomera se skraćuje do trenutka kada postanu prekratki čime prestaje mogućnost daljnje replikacije terminalnih krajeva kromosoma (*Oeseburg i sur., 2010*). Tijekom životnog vijeka skraćivanje telomera je pod utjecajem oksidacijskog stresa i diobe ili umnažanja stanica, a dostizanjem granične ili krajnje dužine prestaje proces diobe stanice, nastaje faza staničnog starenja i odumiranja ili apoptoza stanice (*Oeseburgh i sur., 2010*).

Greške i oštećenja DNA uslijed mutacija ili nepravilne ekspresije gena rastu s dobi i to vjerojatno zbog većeg stvaranja reaktivnih vrsta kisika (*Zuo i sur., 2015*) i smanjene mogućnosti replikacije što dovodi do starenja (*Barouki, 2006*). Promjena životnih navika i

mjere koje mogu smanjiti učinak oksidativnog stresa na molekularnoj razini, a time i spriječiti defamaciju DNA mogu usporiti proces starenja (*Chen i sur., 2007*).

Usljed kronične pojave oksidacijskog stresa skraćuje se duljina telomera s obzirom na smanjenu mogućnost popravka oštećene DNA (*Houben i sur., 2008*). Redovita tjelovježba inhibira oksidativni stres i negativne učinke povišene razine ROS-a na duljinu telomera (*Radak i sur., 2008*). Međutim, nalaze se i oprečna mišljenja poput *Shin i sur. (2008)* koji su na temelju aerobnog programa vježbanja u trajanju od šest mjeseci utvrdili očekivano niže vrijednosti ITM-a, tjelesne mase te povećanje vrijednosti VO<sub>2</sub>max, no ne i promjenu duljine telomera. Naime, uz povećanje razine superoksid dismutaze koja inhibira skraćivanje telomera u fibroblasta (*Von Zglinicki i sur., 2000*) opažena je i povišena razina markera oksidativnog stresa malondialdehida. Očuvana duljina telomera pripisuje se povećanoj zaštitnoj aktivnosti antioksidacijskih enzima nakon dugotrajne tjelesne aktivnosti. Prema *Mishra i sur. (2016)* umjerene razine ROS-a i oksidativni stres povoljno djeluju na produljenje muških spolnih stanica što ukazuje na mogući zaštitni učinak određene razine reaktivnih vrsta kisika na telomere. Tjelesno vježbanje uz prehranu bogatu antioksidantima i omega 3 masnim kiselinama može regulirati redoksni sustav, a time i sačuvati duljinu telomera (*Shammas, 2011; Freitas-Simoes i sur., 2016*). Upala predstavlja odgovor organizma na vanjske ili unutarnje štetne podražaje i obično je praćena povišenom razinom kemijskih tvari koje nastaju ili se luče tijekom upalnog procesa, a povezuju se s rizikom nastanka nekoliko kroničnih bolesti. Tjelesna aktivnost, s obzirom na dobrobiti prema smanjenju rizika za nastajanje kroničnih oboljenja, može pozitivno utjecati na smanjenu pojavnost upalnih procesa (*Beavers i sur., 2010*), a dodatno, uz promjenu prehrane i kalorijskog unosa, i značajne prednosti u ishodima upalnih procesa (*Nicklas i sur., 2005*). Rezultati opservacijskih studija potvrđuju povezanost tjelesnoga vježbanja i nižih razina upalnih markera u osoba koje su redovito aktivne u nekom obliku intenzivne tjelesne aktivnosti. U zaključku, u osoba s kroničnim bolestima povezanih s upalnim procesima povećanje aerobne tjelesne aktivnosti može biti učinkovito za smanjenje kronične upale. Protuupalni učinak tjelesnoga vježbanja ogleda se kroz smanjeni postotak nakupljanja tjelesne masti i makrofaga u adipoznom tkivu, zatim inhibiciji faktora tumorske nekroze, interleukina 6 i kolinergičkog protuupalnog puta (*Woods i sur., 2009*).

Visoka razina tjelesne aktivnosti i tjelesne sposobnosti povoljno utječe na smanjenu pojavu različitih upalnih simptoma i bolesti što je povezano s očuvanjem duljine telomera (*Woods i sur., 2009; Beavers i sur., 2010*). Upalni procesi povezani su s povećanom razinom protuupalnih citokina interleukina i faktora tumorske nekroze (TNF), a uslijed čega se opaža i

kraća duljina telomera leukocita (*O'Donovan i sur., 2011*). Povećana razina tjelesne aktivnosti i vježbanja smanjuje nastanak upale i oksidativnog stresa te na taj način štiti telomere od nepotrebnog skraćivanja (*Radak i sur., 2008*). Telomeraza kao katalitički enzim ima ulogu sprječavanja gubitka duljine telomera (*Hohensinner i sur., 2011*). Kao reverzna transkriptaza koristi vlastitu RNA kao kalup ili predložak za polimerizaciju nukleotida telomerne DNA, a sastoji se od RNA segmenta TERC - *Telomere RNA Component* i proteinskog dijela TERT - *Telomere Reverse Transcriptase* koja ima katalitičku aktivnost (*Blackburn i sur., 1989*). Nedostatak enzima telomeraze povezan je s preuranjenim pojavama kroničnih bolesti posebno povezanih s nedovoljnom regenerativnom sposobnošću tkiva (*Armanios i sur., 2012*). Ubrzano skraćivanje telomera pripisuje se progresiji različitih bolesti (*Aviv i sur., 2006*), upalnih procesa i kraćem trajanju životnog vijeka. Skraćeni dijelovi telomera se pod utjecajem enzima telomeraze mogu i produljivati (*Hohensinner i sur., 2011*) u nekim stanicama poput spolnih, matičnih ili stanicama koštane srži i tumorskim stanicama (*Shammas i sur., 2011*). Brzina skraćivanja telomera kao i njihova duljina ovisni su o zdravstvenom statusu i životnim navikama, a posebno genskoj predispoziciji i faktorima okoline kojima se pripisuju društveno-ekonomski, prehrambeni, konzumacija duhanskih proizvoda i nedovoljna tjelesna aktivnost (*Ludlow i sur., 2013*). Konzumacija duhanskih proizvoda negativno utječe na duljinu telomera (*Song i sur., 2010*) te je u pušača uočena veća aktivnost skraćivanja telomera ovisno o količini cigareta (*McGrath i sur., 2007*). Prema *Valdes i sur. (2005)* godišnja stopa skraćivanja duljine telomera u žena iznosi od 25 do 27,7 baznih parova dok 20 cigareta dnevno oduzme još 5 baznih parova što kroz 40 godina pušenja skraćuje životnu dob za 7,4 godine (*Valdes i sur., 2005*). Duljina telomera stoga predstavlja marker za procjenu razine oksidacijskog stresa i njime uvjetovana oštećenja unutar stanice (*Babizhayev i sur., 2010*) nastala pušenjem. Pretilost i prekomjerna tjelesna masa povezuju se sa skraćenim telomerama i oksidacijskim stresom (*Song i sur., 2010*) uslijed nesrazmjera u lučenju adipocitokina. Naime, prema *Furukawa i sur. (2004)* opaženo je povećano stvaranje ROS u bijelom masnom tkivu miševa u odnosu na ostala tkiva stoga povišene markere oksidacijskog stresa pripisuju većoj količini masnog tkiva i pretilosti. U žena iste dobne skupine duljina telomera je kraća u pretilih u odnosu na žene normalne tjelesne građe i tjelesne mase te predstavlja ekvivalent od 8,8 godina kraćeg životnog vijeka (*Valdes i sur., 2005*). Hormoni nadbubrežne žlijezde pojačano se izlučuju u stresnim situacijama te inhibiraju lučenje i razinu antioksidacijskih proteina (*Patel i sur., 2002*) uslijed čega se povećava oksidativno oštećenje DNA. U žena koje su bile izložene stresnim situacijama opažen je narušen mehanizam telomeraze i duljine telomera te su bile za deset godina starije. Drugim riječima, za toliko vremena ranije je za očekivati nastanak neke od bolesti i s njom

povezane smrtnosti (*Epel i sur., 2004*). Nepravilna prehrana s unosom viška kalorija, pušenje i tjelesna neaktivnost s porastom tjelesne mase, posebno masne mase, s pojavom debljine abdominalnog tipa uvjetuju razvoj različitih kroničnih, malignih i metaboličkih oboljenja praćeno ubrzanom skraćivanjem duljine telomera i kraćem trajanju života. Dosadašnja istraživanja povezanosti duljina telomera i različitih bolesti i stanja potvrđuju da su telomere skraćene u dislipidemiji (*Dei Cas i sur., 2013*), hipertenziji (*Bhupatiraju i sur., 2012*), aterosklerozi (*Kark i sur., 2013*) moždanom udaru (*Zhang i sur., 2013*), bolesti koronarnih arterija (*Fyhrquist i sur., 2011; Wang i sur., 2011*), infarktu miokarda (*Zee i sur., 2009*) kao i nekim kancerogenim oboljenjima poput raka želuca (*Hou i sur., 2009*), jajnika i dojke (*Martinez – Delgado i sur., 2011; 2012*). U osoba s dijagnosticiranim dijabetesom i nefropatijom kraće su telomere u odnosu na zdrave osobe (*Testa i sur., 2011*). Redovitom tjelesnom aktivnošću uz kontroliranu prehranu s obzirom na dovoljan unos kalorija i sastav hrane, odbacivanjem duhanskih proizvoda, alkohola i kontrolom stresa i stresnih situacija povećava se telomeraza leukocita i duljina telomera (*Werner i sur., 2009; Arsenis i sur., 2017*). Usporiti proces starenja i skraćivanje telomera uz tjelesno vježbanje učinak bi mogla imati i genska terapija enzima telomeraze u svrhu njenog stimuliranja (*Ramunas i sur., 2015*). Istraživanja o dobrobiti tjelesnoga vježbanja usmjerena su na aktivnost telomeraze, utjecaj oksidativnog stresa uslijed vježbanja, različite upalne procese i manjak sadržaja satelit stanica u skeletnoj muskulaturi.

### 3. GLIKANSKI INDEKS STAROSTI

Starenje organizma u suštini dovodi do smanjenja funkcionalne sposobnosti, a rezultat je akumulacije oštećenja na molekularnoj i staničnoj razini te, naposljetku, i organskoj u cjelini uslijed čega dolazi do gubitka funkcije i povećane osjetljivosti i mogućnosti nastanka bolesti te konačno do smrti (*Fontana i sur., 2010*). Odabir načina života koji uključuje zdrave ili nezdrave životne navike, pušenje ili tjelesna aktivnost izravno utječu na ubrzani ili odgodivi proces starenja (*Blair i sur., 1989*). Upravo stoga započela su brojna istraživanja u području molekularnih markera starosti kojima bi se moglo pouzdano koristiti za procjenu i praćenje fiziološkog starenja i nekih bolesti koje su povezane s procesom starenja. *Krištić i sur. (2014)* predstavili su GlycanAge indeks koji je složen od jednog negalaktoziliranog glikana (GP6) i dva digalaktozilirana glikana (GP14 i GP15). Potvrdili su da GlycanAge indeks predviđa kronološku dob s pogreškom od 9,7 godina i objašnjava 58% varijacija u kronološkoj dobi i spolu u odnosu na neke druge biomarkere kao što su duljine telomera gdje dosadašnja istraživanja potvrđuju svega 15% - 25% (*Müezzinler i sur., 2013*). Stoga se GlycanAge indeks smatra primjenjivom metodom za utvrđivanje biološke dobi pojedinca i korisnom u prevenciji i liječenju bolesti. GlycanAge indeks temeljen na tri glikana prema *Krištić i sur. (2014)* za muškarce je predviđena biološka dob =  $139.9 + (85.1 \times \text{GP6}) - (5.2 \times \text{GP62}) - (34.6 \times \text{GP14}) + (11.8 \times \text{GP15})$  i za žene =  $110.1 + (164.5 \times \text{GP6}) - (46.7 \times \text{GP62}) - (22.4 \times \text{GP14}) - (1.9 \times \text{GP15})$ .

Glikani su složeni ugljikohidrati, odnosno šećerne strukture, vezane na proteine i uključene u mnoge fiziološke i patofiziološke procese te imaju izraženi dijagnostički potencijal (*Lauc i sur., 2014*). Imunoglobulin G (IgG) je najzastupljenije antitijelo u krvnoj plazmi i ima važnu ulogu u obrani organizma. IgG je glikoprotein za čiju su stabilnost i funkciju važni glikani vezani za teške lance molekule IgG-a. Glikozilacija IgG-a je ovisna o različitim fiziološkim i patološkim stanjima, a ranija istraživanja su pokazala da se sastav IgG glikana mijenja ovisno o dobi i spolu. S obzirom da je već dokazano da smanjeni stupanj galaktoziliranih glikana bez račvajućeg N-acetilglukoamina predstavlja marker starenja, odnosno dugovječnosti, glikanski indeks starosti je model koji predviđa biološku starost pojedinca (*Krištić i sur., 2014*). Dokazano je da promjene glikana predstavljaju neinvazivni marker općeg zdravstvenog stanja, ali služe i za praćenje poboljšanja zdravlja nakon pojedinih terapija (*Vanhooren i sur., 2007*). Također je u prijašnjim istraživanjima glikolizacije IgG-a već ustanovljeno da postoji povezanost između sastava IgG glikoma i raznih bolesti i

poremećaja, kao što su povišeni krvni tlak (*Wang i sur., 2016*), lupus (*Vučković i sur., 2015*) te neke autoimune bolesti (*Lauc i sur., 2013*). Nova istraživanja također pokazuju da naš genski ustroj određuje i kakav tip prehrane i vježbanja nam najbolje odgovara. Stoga, poznavanje vlastitih gena može pomoći u prevenciji bolesti, određivanju vlastitog stila života, boljem poznavanju vlastitog tijela i donošenju nekih važnih životnih odluka povezanih s tim. Moderna sportska genomika proučava povezanost između genotipa i fizičke aktivnosti, izvedbe, izdržljivosti kao i sklonosti nastanka ozljeda uslijed vježbanja. Kako će pojedinac reagirati na određenu vrstu treninga također ovisi o genotipu, stoga će dio populacije bolje reagirati na treninge visokog intenziteta kraćeg trajanja, drugi će bolje reagirati na treninge niskog intenziteta dužeg trajanja ili pak na treninge snage.

Redovno tjelesno vježbanje uzrokuje promjene vidljive u cirkulaciji nižim razinama upalnih citokina, višom citotoksičnom aktivnošću NK-stanica i nižim upalnim odgovorom u bakterijskih infekcija kao i ukupno manjim brojem starih T-stanica, njihovom povećanom proliferacijom te fagocitnom aktivnošću neutrofila što ukazuje da tjelesna aktivnost može utjecati na regulaciju imunološkog sustava i odgoditi početak imunosenescencije (*Simpson i sur., 2012*). Po završetku kontinuiranog vježbanja umjerenim do visokim intenzitetom, 55-75 % aerobnog kapaciteta i trajanja više od 90 minuta bez dovoljnog unosa hrane dolazi do depresije imuniteta. Uobičajeno tijekom 24 sata dolazi do oporavka imunološke funkcije (*Gleeson, 2018*). Istraživanja u području sporta nalaze mali ili neučinkovit utjecaj vježbanja visokog intenziteta na imunološku funkciju (*Campbell i sur., 2018*), iako ima i nekih drugačijih zaključaka. Mnoga dosadašnja istraživanja pokazuju povećanje proupalnih i protuupalnih citokina nakon vježbanja izdržljivosti duljeg trajanja (IL-1ra, IL-6, IL-8 i IL-10) dok je taj odgovor nakon kraćeg intenzivnog vježbanja manje značajnosti, odnosno promjene citokina više su pod utjecajem intenziteta vježbanja nego mišićnog oštećenja nastalog pod utjecajem vježbanja (*Terra i sur., 2012; Guimaraes i sur., 2017; Antunes i sur., 2018; Suzuki, 2018*). U svim tjelesnim tekućinama ljudskog tijela kao najzastupljenije antitijelo nalazimo Imunoglobulin G (IgG) kojeg izlučuju plazma stanice, a dio su humoralnih imunoloških procesa: neutralizacija antigena, aktivacija komplementa, citotoksičnost ovisna o komplementu (CDC) i stanica ovisna o antitijelima - posredovana citotoksičnost (ADCC), kao i reakcije preosjetljivosti (*Gudelj i sur., 2018*). Glikani, kao sastavni dijelovi većeg broja poznatih proteoma, podložni su kako utjecaju okoline tako i na različite genetske podražaje. Ovisno o



različitim fiziološkim uvjetima glikani su podložni promjenama pod utjecajem okoline<sup>1</sup> (*Lauc, 2016*). U IgG molekulama svakog čovjeka svi glikani označavaju se kao IgG glikom. Udio od 15% ukupne težine IgG-a čine glikani s velikim utjecajem na njihovu strukturu, stabilnost, funkciju i savijanje. Proupalne i protuupalne aktivnosti IgG-a mogu se izgubiti uklanjanjem glikana. Kao regulatori humoralnih i staničnih odgovora, odgovorni su za reorganizaciju kompleksa T-staničnih receptora, endocitozu, sastavljanje antigena glavnog histokompatibilnog kompleksa (MHC) opterećenog peptidima, modulaciju grupiranja imunoloških receptora, receptorsku signalizaciju i funkcije imunoglobulina (*Verhelst i sur., 2020*).

Promjene u IgG glikomu mogu utjecati na upalni odgovor (*Franceschi i sur., 2018*), a javljaju se tijekom procesa starenja ili pojavom neke od bolesti. Prevalencija bolesti uzrokovane starenjem raste i to u većini slučajeva osteoporoza, neke vrste karcinoma kao i kardiovaskularne bolesti i dijabetesa. U dijabetesu i njegovim podtipovima primjećuju se promjene u sastavu glikana i N-glikozilaciji (*Štambuk i sur., 2023*), kao i nekim bolestima srčano-žilnog sustava gdje se promjene N-glikozilacije vezuju uz razvoj ateroskleroze (*Gudelj i sur., 2023*). Kako je IgG glikom jednim dijelom nasljedan, različiti faktori mogu biti odgovorni za njegov sastav. Utjecaj okoline kao stil života, neke od bolesti i kronološka dob predstavljaju faktore koje se može istraživati.

Stoga se glikani smatraju pouzdanim biomarkerima za procjenu biološke dobi i ukupnog zdravlja pojedinca. Za zdravo starenje ravnoteža između protuupalnih i proupalnih glikana od iznimne je važnosti (*Vilaj i sur., 2019*), a gubitak ravnoteže nazvana imunosenescencija dovodi do nastajanja kroničnog proupalnog statusa niskog stupnja nazvanog „upalno starenje“.

Patogeneza bolesti koje su povezane sa starenjem vrlo su slične, no čini se da su osobe koje su doživjele duboku starost uspjele održati osjetljivu ravnotežu i inhibirati subkliničku upalu protuupalnim protuodgovorom (*Franceschi i sur., 2007*). Tek nedavno uveden novi pojam „neaktivnost upale“ kojim se određuje udio starenja uzrokovan upalnim procesom, a pod utjecajem je sjedilačkog načina života, povećava se s kronološkim godinama (*Flynn i sur., 2019*), iako tjelesno vježbanje na neke od nevedenih kroničnih bolesti ima pozitivan učinak. Tijekom života, posebno u njegovoj kasnijoj fazi, povećavaju se upalni procesi, a sve zbog sjedilačkog načina života i nekretanja obično povezanih s višom razinom tjelesne masti. Neka

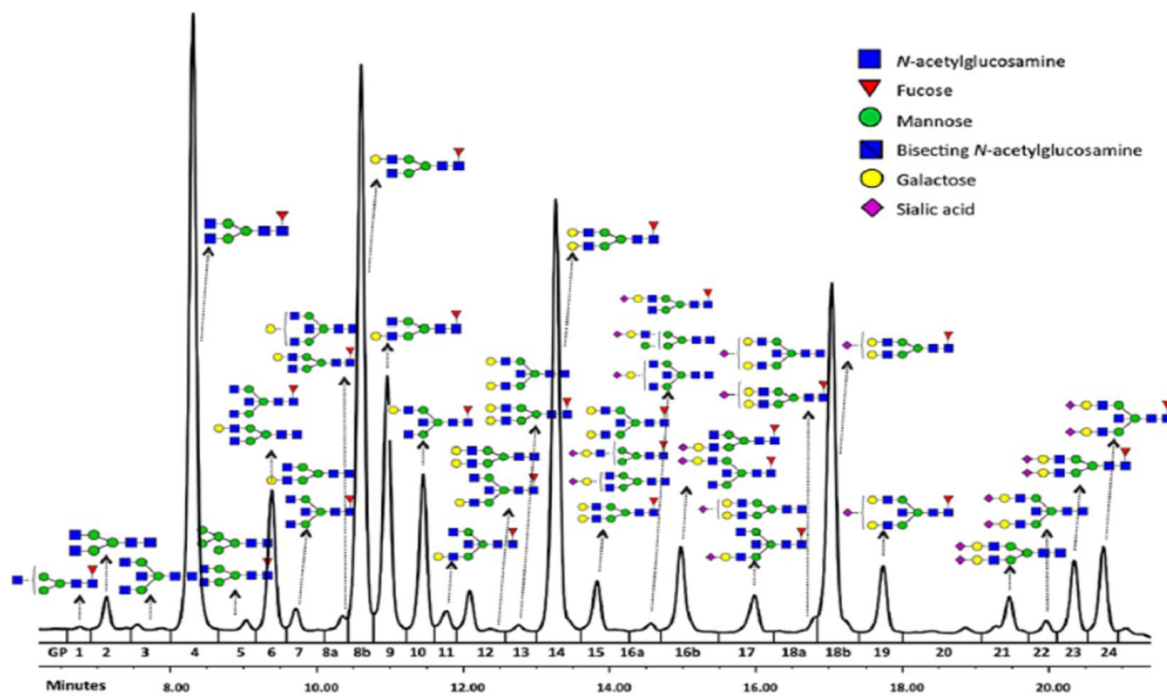
---

<sup>1</sup> Ključno kod ovog istraživanja bilo je utvrditi utjecaj različitih programa vježbanja na promjene u strukturi glikana.

od istraživanja povezuju pretilost i proupalne IgG N-povezane glikane i to više srednje razine adipoznosti s povećanom proupalnom frakcijom IgG glikana (*Russell i sur., 2019*). Značajan gubitak tjelesne težine kod pretilih osoba uključenih u ciljane programe, neke studije otkrivaju značajne pomake s proupalne na protuupalnu aktivnost IgG-a (*Greto i sur., 2021; Deriš i sur., 2022*).

IgG (Immunoglobulin G) je jedan od pet glavnih izotipova imunoglobulina, gdje su proteini uključeni u imunološki odgovor organizma na infekcije i druga patološka stanja. IgG se najobilnije nalazi u krvi i tkivnim tekućinama. Funkcija IgG-a je pružiti imunološki odgovor, što znači da djeluje na neutralizaciju i uništavanje patogenih mikroorganizama. IgG također sudjeluje u regulaciji upalnih procesa i modulaciji imunološkog odgovora. Mjerenje razine IgG-a u krvi može biti korisno za dijagnosticiranje i praćenje određenih bolesti, poput autoimunih poremećaja, alergijskih reakcija ili infekcija. Niska razina IgG-a može ukazivati na imunodeficijenciju, dok povišene razine mogu biti povezane s upalnim ili imunološkim poremećajima.

Nadalje, IgG ima na sebe vezane glikane koji se mijenjaju s obzirom na različite životne situacije. Molekula IgG-a je glikozilirana, odnosno ima glikanske strukture vezane za svoju proteinsku osnovu. Ova modifikacija glikozilacije IgG-a igra važnu ulogu u regulaciji funkcionalnosti i imunoloških svojstava ovog antitijela. Glikanske strukture sastoje se od različitih glikanskih jedinica poput glukoze, manoze, galaktoze, fukoze i sijalinske kiseline (slika 1.). Glikozilacija IgG-a ima nekoliko funkcija: proupalni odgovor, stanično prepoznavanje, imunološka aktivnost te stabilnost IgG-a u cirkulaciji. Samim time, glikozilacija IgG-a pod stalnim je vanjskim utjecajem kao što je to tjelesno vježbanje, stresne situacije, bolest itd. IgG (Immunoglobulin G) je klasa antitijela koja igra ključnu ulogu u imunološkom sustavu. IgG molekule su proteini i imaju glikanske strukture vezane za svoju proteinsku osnovu.



Slika 1. Prikaz IgG N-glikanskih struktura koje su vezane na kromatografske vrhove

S obzirom na to da se proteini sastoje od aminokiselina, a peptidni dio ima vezane glikane, prethodno je utvrđeno kako različite razine pojedinog glikana mogu utjecati na imunološki sustav te biološki sustav, važno je promatrati kako određene intervencije utječu na glikane. Samim time, proučavanjem glikana može se bolje utvrditi proces starenja. Glikani su poznati po tome što se mijenjaju tijekom procesa starenja i imaju potencijal kao biomarkeri starenja. Analiza glikana postaje sve važnija u biološkim istraživanjima i medicini jer promjene u glikanskim strukturama mogu biti povezane s raznim bolestima, uključujući rak, neurodegenerativne poremećaje i upalna stanja. Istraživanje glikoma omogućuje bolje razumijevanje bioloških procesa i potencijalno razvoj novih dijagnostičkih metoda i terapijskih pristupa.

Termin GlycanAge (GA) koristi analizu glikana kako bi se procijenila biološka dob pojedinca. Ovaj pristup pretpostavlja da promjene u glikanskoj strukturi odražavaju biološko stanje organizma, uključujući procese starenja i povezane bolesti. GlycanAge je mjera ili indeks koji se temelji na analizi glikana, tj. na strukturi i modifikacijama šećernih lančanih spojeva (glikana) koji se nalaze na površini proteina ili lipida u tijelu. Analiza GA uključuje kvantifikaciju i profiliranje glikana u biološkim uzorcima, poput krvi ili tkiva. Promjene u GA-u mogu se povezati s raznim aspektima starenja i zdravlja. Na primjer, neka istraživanja

ukazuju da promjene u glikanskoj strukturi mogu biti povezane s metaboličkim poremećajima, kardiovaskularnim bolestima, upalnim procesima i neurodegenerativnim stanjima.

Praćenje određenih svojstava glikana moguće je uz derivirana svojstva koja se sastoje od više glikanskih pokazatelja, a u ovom istraživanju korištena su 24 pokazatelja. Od glikanskih pokazatelja kreirana su derivirana svojstva i to:

- G0 – agalaktozilirani IgG glikani, strukture bez galaktoze
- G1 - monogalaktozilirani IgG glikani
- G2 - digalaktozilirani IgG glikani
- S0 – sijalizirani IgG glikani
- S1 - sijalizirani IgG glikani
- S2 - sijalizirani IgG glikani
- F – fukozilirani IgG glikani
- B – IgG glikani sa polovičnim GLcNAc

Tablica 1. *Prikaz formula za utvrđivanje deriviranih svojstava*

G0	agalactosylated IgG glycans (GP1-4 + GP5)	G1	monogalactosylated IgG glycans (GP7-11)
G2	digalactosylated IgG glycans (GP12-15)	F	fucosylated IgG glycans (GP1+GP4+GP6+GP8-11+GP14-16+GP18-19+GP23-24)
S	sialylated IgG glycans (GP16-19 + GP21-24)	B	IgG glycans with bisecting GlcNAc (GP3+GP6+GP10-11+GP13+GP15+GP19+GP22+GP24)

Strukture povezane sa starenjem i proupalnim procesima: agalaktozilirani glikani (G0) i B *bisecting GlcNAc* njihov omjer raste starenjem, dok omjer digalaktoziliranih glikana (G2) i sijaliziranih glikana (S1/S2) starenjem, narušenim zdravljem i proupalnim procesima pada. Digalaktozilirane strukture (G2) je indeks koji kod mladih i zdravih ljudi ima povišene vrijednosti. B svojstvo predstavlja indeks na koji starenje umjereno utječe, također je povezan s nezdravim životnim odabirima koji utječu na pretilost i kroničnu opstruktivnu bolest pluća (pušenje). Povišene vrijednosti B svojstava negativno utječe na biološku dob. Porast G2 i S1/S2 smatra se antiupalnim trendom. Porastom fukoziliranih struktura na glikomu dovodi do slabije obrane organizma od vanjskih patogena. Što više starimo to više gubimo galaktoze sa struktura, čime se definira starost organizma. Derivirana svojstva predstavljaju biološki tijek starenja, samim time veća razina galaktoziliranih derivacija ukazuje na smanjenje biološke u odnosu na kronološku dob. Porast fukozilacije je porast upalnih sredstava, dok smanjivanje predstavlja

pozitivan učinak na zdravlje. Promatrajući derivirana svojstva za smanjenje biološke dobi u prilog idu povišene razine G2 te niske vrijednosti G0. Galaktozilacija i fukožilacija čine 80-90 % pokazatelja biološke starosti.

#### 4. CILJ ISTRAŽIVANJA S POSTAVLJENIM HIPOTEZAMA

Jedan od ključnih ciljeva ovog istraživanja je utvrditi na koji način i u kojoj mjeri zdravstveno usmjerena tjelesna aktivnost u sklopu programa nordijskog hodanja te kružnog i kardio programa vježbanja utječe na negativne posljedice povišene biološke dobi koje su rezultat modernog načina života, a opažaju se u obliku prekomjerne mase tijela, nedovoljne tjelesne aktivnosti, nezdravoj prehrani, povišenom kolesterolu, nedostatku sna, kroničnom stresu i pušenju.

Glavni cilj istraživanja je utvrditi učinkovitost različitih programa vježbanja na biomarkere starenja, dok su parcijalni ciljevi:

- utvrditi intenzitet i vrstu tjelesne aktivnosti koja će imati najveći transformacijski učinak na smanjenje biološke dobi
- utvrditi učinak različitih programa vježbanja u odnosu na spol i dob ispitanika.

Na temelje postavljenih ciljeva i rezultata dosadašnjih istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

- H1 – osobe koje se ne bave tjelesnom aktivnošću biološki su starije u odnosu na njihovu stvarnu kronološku dob
- H2 – osobe koje završe program vježbanja u trajanju od 3 mjeseca smanjit će svoju biološku dob u odnosu na onu izmjerenu prije početka programa
- H3 – vrsta programa vježbanja nema utjecaja na veličinu pomaka biološke dobi.

Sve će hipoteze biti testirane na razini statističke značajnosti od  $p < 0,05$ .

## 5. METODE ISTRAŽIVANJA

### 5.1. Uzorak ispitanika

Ciljani uzorak ispitanika navedenog projekta su skupine tjelesno neaktivne populacije srednje životne dobi koji uglavnom žive sjedilačkim načinom života zbog čega je kod njih znatno povećan rizik od raznih zdravstvenih tegoba uslijed nezdravog načina života. Istraživanje je provedeno na uzorku od 507 ispitanika oba spola, nM=107 i nŽ=400, prosječne dobi  $50,75 \pm 8,97$  godina koji su na temelju rezultata preliminarnog IPAQ (*International physical activity questionnaire*) upitnika o razini tjelesne aktivnosti ocijenjeni kao neaktivni. Upitnikom za procjenu zdravstvenog statusa je utvrđeno da nema lokomotornih poteškoća koje bi mogle utjecati na sudjelovanje i provedbu programa vježbanja. Slučajnim odabirom ispitanici su podijeljeni u tri eksperimentalne skupine. Prvoj skupini od 192 ispitanika (nM - 33, nŽ - 159,) dodijeljen je program vježbanja nordijskog hodanja, druga skupina od 207 ispitanika (nM - 50, nŽ - 157,) provodila je kružni program vježbanja, dok je treća skupina ispitanika (nM - 22, nŽ - 86,) provodila kardio program vježbanja. Sve tri grupe provodile su programe vježbanja 2 puta tjedno u trajanju od 12 tjedana. Sudjelovanje u istraživanju bilo je dobrovoljno, a ispitanici su bili informirani o svrsi istraživanja i omogućeno im je odustajanje u bilo kojem trenutku provođenja istraživanja. Svi ispitanici dali su pisani pristanak za sudjelovanje u ovom istraživanju nakon što su bili detaljno upoznati s ciljevima i protokolom mjerenja. Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu odobrilo je eksperimentalni protokol i studiju pod brojem 31/2017. koja je provedena u skladu s etičkim standardima Helsinške deklaracije.

Obaveze ispitanika tijekom cijelog trajanja projekta bile su slijedeće:

- dolazak na inicijalno i završno mjerenje u jednom od ponuđenih termina u okviru svakog ciklusa
- dolazak na minimalno 8 treninga u mjesecu tijekom sva 3 mjeseca u pojedinom ciklusu, ovisno o dodijeljenom programu vježbanja
- ukoliko se osim treninga koji se provode u okviru projekta ispitanici odluče za dodatne samostalne treninge, taj podatak je bio isključujući
- ukoliko ispitanici ciljano promijene prehranbene navike i rutine te započnu s primjenom određenih nutricionističkih programa (bilo koji oblik redukcijske dijeta ili uzimanja dodataka prehrani), taj podatak je bio isključujući.

## **5.2. Dokumentacija za ispitanike**

Ispitanici koji su poslali prijavu povratno su dobili IPAQ upitnik i zdravstveni upitnik koji su bili obavezni ispuniti i poslati koordinatorima projekta. Na početnom mjerenju ispitanici su dobili dokumentaciju koju su bili dužni pročitati i potpisati. Navedeni dokumenti bili su:

- izjava o davanju pristanka na korištenje osobnih podataka
- pristanak odrasle osobe za sudjelovanje u istraživanju.

Ispitanicima su dodijeljene šifre na početnom mjerenju te poštujući GDPR njihovi podaci nisu bili javno dostupni. Svaka izjava i pristanak, kao i upitnik te rezultati mjerenja dostupni su na uvid ispitaniku te su na kraju ciklusa svi ispitanici dobili ukupni izvještaj o svom napretku bavljenja zdravstveno usmjerenom tjelesnom aktivnosti uz preporuke za nastavak vježbanja i promjene nekih životnih navika.

## **5.3. Uzorak varijabli**

Prije početka te nakon završetka svakog programa vježbanja provedeno je mjerenje funkcionalnih i motoričkih sposobnosti kod svih ispitanika u svrhu analize učinkovitosti zdravstveno usmjerene tjelesne aktivnosti. Protokoli mjerenja su se sastojali od antropometrijskih mjera, funkcionalnih i motoričkih testova te uzimanja uzoraka krvi. Mjerenja su provodili kineziolozi, ujedno i koordinatori projekta po unaprijed definiranim standardima. Nadalje, ispitanicima je uzeta kap kapilarne krvi iz jagodice prsta na početku i završetku ciklusa treninga. Uzimanje uzoraka izvršili su liječnici ili medicinske sestre. Svi ispitanici dužni su bili doći na unaprijed dogovorene termine mjerenja (početno i završno) koje se provodilo u sportskoj dvorani sa standardiziranom opremom.

Morfološka antropometrija obuhvaćala je mjerenje osnovnih antropometrijskih karakteristika i to:

- masa tijela (kg)
- mišićna masa (kg)
- tjelesna visina (cm)
- postotak masnog tkiva (%)
- indeks tjelesne mase (ITM).



Popis motoričkih i funkcionalnih testova na temelju kojih se utvrdila učinkovitost zdravstveno usmjerene tjelesne aktivnosti na motoričke i funkcionalne sposobnosti ispitanika slijedi u nastavku:

- naizmjenični iskorak L i D nogom u 30 s (broj ponavljanja)
- izdržaj u polučučnju (sekunde)
- čučnjevi do sjeda 60 s (broj ponavljanja)
- sklekovi na klupici 60 s (broj ponavljanja)
- izdržaj u prednjem uporu – plank (sekunde)
- beep test (15m).

## **5.4. Morfološka antropometrija**

### 5.4.1. Visina tijela

Visina tijela mjerena je antropometrom SECA 412. Svaki ispitanik stao je na ravnu podlogu na obje noge ravnomjerno raspoređenom težinom, skupljenim petama i opuštenim ramenima. Glava u položaju tzv. frankfurtske horizontale (zamišljena linija koja spaja donji rub lijeve orbite i tragus helix lijevog uha je u vodoravnom položaju). Antropometar se postavio uz ispitanikova leđa, a vodoravni krak je spušten do tjemena glave uz prijanjanje bez pritiska (*Mišigoj- Duraković, 2008*).

### 5.4.2. Masa tijela

Masa tijela izmjerena je digitalnom vagom TANITA BC 418 temeljem koje je napravljena i procjena sastava tijela. Ispitanici su bili odjeveni u sportsku opremu te su bosu stali na vagu.

### 5.4.3. Postotak masnog tkiva

Postotak potkožnog masnog tkiva procijenjen je pomoću mjerenja na Tanita BC-418 digitalnoj vagi. Upotrebom 8 polarnih elektroda, segmentni analizator sastava tijela Tanita BC-418 prikazuje odvojena očitavanja tjelesne mase za desnu ruku, lijevu ruku, trup, desnu nogu i lijevu nogu. Također ispisuje kompletan profil sastava tijela uključujući masu tijela, postotak tjelesne masti, masu tjelesne masti, indeks tjelesne mase (ITM), masu bez masti, procijenjenu mišićnu masu, ukupnu tjelesnu vodu i bazalnu stopu metabolizma.

#### 5.4.4. Mišićna masa

Varijable za procjenu sastava tijela korištene u istraživanju su bile: mišićna masa u kilogramima i postotak masne mase tijela. Sastav tijela procijenjen pomoću Tanita BC-418 koristi metodu bioelektrične impedancije (BIA), a temelji se na pretpostavci da je električni otpor najveći u masnom tkivu koje prosječno sadrži 14-22% vode. Električni otpor stoga predstavlja zapravo indeks ukupne tjelesne masti koji se temeljem formula preračunava u postotak nemasne mase tijela i masne komponente (*Mišigoj-Duraković, 2008*).

#### 5.4.5. Indeks tjelesne mase – ITM

Indeks tjelesne mase (ITM) ili Quetletov indeks (eng. *body mass indeks*, BMI) definira se kao omjer tjelesne mase (u kilogramima) i kvadrata vrijednosti tjelesne visine (u metrima), (*Mišigoj-Duraković, 2008*) te se koristi za procjenu stanja uhranjenosti. Često je korišten kod evaluacije tjelesnog vježbanja prosječne populacije poglavito u istraživanjima kod sedentarnih osoba uključenih u program tjelesnog vježbanja.

Vrijednosti ITM-a ukazuju na stupanj uhranjenosti: (1) pothranjenost ( $ITM < 18,5 \text{ kg/m}^2$ ), (2) normalno ( $18,5 < ITM < 24,9 \text{ kg/m}^2$ ), (3) prekomjerna tjelesna masa ( $25 < ITM < 29,9 \text{ kg/m}^2$ ) i (4) pretilost: (4a) I stupanj ( $30 < ITM < 34,9 \text{ kg/m}^2$ ), (4b) II stupanj ( $35 < ITM < 39,9 \text{ kg/m}^2$ ) i (4c) III stupanj ( $ITM > 40 \text{ kg/m}^2$ ). Svako povećanje ITM-a uzrokuje sve veći broj anatomskih, metaboličkih, biokemijskih, hormonskih i fizioloških odstupanja što posljedično dovodi do većih rizika za nastajanje nekih bolesti kao što su šećerna bolest, povišen arterijski krvni tlak, povišene masnoće u krvi, uključujući infarkt miokarda (*Mišigoj-Duraković, 2008*).

### 5.5. Opis testova motoričkih sposobnosti

#### 5.5.1. Naizmjenični iskorak L i D nogom

Cilj testa: procjena relativne repetitivne snage mišića nogu.

Opis testa: ispitanik izvodi maksimalan broj pravilnih iskoraka lijevom i desnom nogom u 30 sekundi, nalazi se u uspravnom sunožnom stavu, a dlanovi se nalaze na kukovima.

Protokol testiranja: mjeritelj definira duljinu ispitanikova dva stopala te označi udaljenost dvjema kopicama. Ispitanik izvodi naizmjenično lijevom i desnom nogom iskorake preko označene duljine. Trup mora biti u što uspravnijem položaju, a koljeno iskoračne noge mora

biti najmanje 5 cm udaljeno od tla. Rezultat se izražava u ukupnom broju napravljenih iskoraka lijevom i desnom nogom u trajanju od 30 sekundi.

#### 5.5.2. Izdržaj u polučučnju

Cilj testa: procjena relativne statičke jakosti mišića nogu.

Opis testa: ispitanik izvodi maksimalan izdržaj u polučučnju, početni položaj ispitanika je u polučučnju, stopala su u širini kukova i cijelim leđima oslonjen uza zid, kut u gležnju, koljenu i kuku je 90 stupnjeva, a ruke su prekrižene na prsima s dlanovima na suprotnom ramenu.

Protokol testiranja: kada se ispitanik namjesti u pravilnu poziciju, započinje test. Test traje dok ispitanik zadržava pravilnu poziciju. Rezultat se izražava u sekundama koliko je ispitanik uspio zadržati pravilnu poziciju.

#### 5.5.3. Čučnjevi do sjeda

Cilj testa: procjena relativne repetitivne snage mišića nogu.

Opis testa: ispitanik izvodi maksimalan broj pravilnih čučnjeva u 60 sekundi, nalazi se u uspravnom raskoračnom stavu ispred klupice visine 40 cm, a stopala su u širini ramena. Dlanovi ispitanika se nalaze na kukovima.

Protokol testiranja: pravilno izvođenje podrazumijeva da iz početne pozicije ispitanik izvodi čučanj dotičući klupicu stražnjicom zadržavajući trup što uspravnije te vraćanje u početnu poziciju. Rezultat se izražava u broju pravilno izvedenih čučnjeva.

#### 5.5.4. Sklekovi na klupici

Cilj testa: procjena relativne repetitivne snage mišića ruku i ramenog pojasa.

Opis testa: ispitanik izvodi maksimalan broj pravilnih sklekova u 60 sekundi, a nalazi se u uporuzenosti za rukama oslanjajući se rukama na klupicu 80 cm visine. Dlanovi se nalaze u širini ramena, gledano iz bočne (sagitalne) ravnine nadlaktica i trup ispitanika čine kut od 90 stupnjeva, a tijelo je potpuno opruženo.

Protokol testiranja: pravilno izvođenje podrazumijeva zadržavanje tijela potpuno opruženo tijekom skleka, potpuno opružanje ruku u laktu u gornjem položaju i doticanje prsima klupice u donjem položaju skleka. Rezultat se izražava u broju pravilno izvedenih sklekova.

### 5.5.5. Izdržaj u prednjem uporu – PLANK

Cilj testa: procjena statičke jakosti trupa.

Opis testa: ispitanik zauzima položaj prednjeg upora osloncem na laktove i prste stopala, potpuno opruženim tijelom dok je glava u produžetku kralježnice.

Protokol testiranja: kada ispitanik zauzme pravilan početni položaj, započinje test. Test traje dok ispitanik zadržava pravilnu poziciju. Rezultat se izražava u sekundama za sve vrijeme koliko je ispitanik uspio zadržati pravilnu poziciju.

## 5.6. Test funkcionalnih sposobnosti

### 5.6.1. BEEP test (15 m)

Cilj testa: procjena aerobne sposobnosti.

Opis testa: ispitanik trči do maksimalnih mogućnosti (do otkaza), trči na označenoj duljini od 15 metara u jednom smjeru te se u istom smjeru vraća na početnu poziciju. Na zvučni signal kreće trčati, a na sljedeći signal bi trebao stići na 15-metarsku liniju i krenuti natrag. Test se sastoji od 21 razine od kojih svaka razina ima podrazine. Svaka razina ima predviđenu brzinu kretanja koja se postepeno povećava svakom sljedećom razinom.

Protokol testiranja: zvučni signal pušta se pomoću mobilne aplikacije (*beep test ruval enterprises*). Ispitaniku se namješta mjerač srčane frekvencije, zapisuje se početna frekvencija srca i započinje s testom. Na kraju svake razine i na početku sljedeće zapisuje se frekvencija srca. Kada ispitanik dva puta zaredom na 15-metarsku liniju zakasni za zvukom, test se prekida. Rezultat se izražava postignutim razinom i podrazinom te maksimalnom frekvencijom srca.

## 6. PROTOKOL ISTRAŽIVANJA

Sve tri grupe vježbale su tijekom 12 tjedana dva puta tjedno, a za svaki propušteni trening osigurao se termin za nadoknadu istog u istom tjednu kako bi se osigurao kontinuitet provođenja programa. Svaki trening u okviru projekta pratio se putem pulsmetra POLAR M200 kojeg su ispitanici dobivali od voditelja programa prije svakog treninga te su isti vraćali nakon treninga kako bi se svi podaci pohranili u bazu podataka, a na temelju praćenja tijekom treninga postigle određene zone trenažnog opterećenja.

Svi ispitanici podvrgnuti su početnom i završnom mjerenju koje je uključivalo morfološku antropometriju, utvrđivanje uspješnosti u osnovnim motoričkim testovima, kao i onima za procjenu funkcionalnih sposobnosti te uzimanje uzoraka krvne mrlje (DBS) za procjenu biološke dobi pomoću GlycanAge testa. Kontrolna grupa za usporedbu glikana neaktivnih ispitanika u dvije vremenske točke nije predviđena jer dosadašnja istraživanja ne potvrđuju promjene u strukturi glikana (*Enroth i sur., 2015; Gudelj i sur., 2015; Yu i sur., 2016*). Od morfoloških karakteristika izmjerila se visina i masa tijela te utvrdio sastav tijela putem bioelektrične impendancije. Funkcionalne sposobnosti procijenile su se pomoću Beep testa, a za motoričke sposobnosti koristili su se jednostavni motorički testovi koji su odabrani za procjenu jakosti, eksplozivne snage i agilnosti. Osnovni motorički testovi obuhvaćali su naizmjenične iskorake (broj ponavljanja u 30 s), izdržaj u polučučnju, (izvodi se do otkaza), čučnjeve (broj ponavljanja u 60 s), sklekove na klupici (broj ponavljanja u 60 s) i izdržaj u prednjem upor (mjereno u sekundama). Procjena funkcionalnih sposobnosti uključivala je modificirani Beep test (15 m udaljenost markera). Suhe krvne mrlje prikupljene su od svih sudionika na početku i na kraju programa vježbanja. Odabrani prst je obrisano sterilnim medicinskim etanolom i ostavljen da se osuši. Probijanje kože je izvedeno kontaktnom lancetom od 21 G BD (BD, Franklin Lakes, NJ, SAD.) koja je omogućila stvaranje kapi krvi. Mrlja krvi je sakupljena na Whatman ID kartice, kat. Br. WB100014 (GE Healthcare, Anaheim, CA, SAD.). Kartice koje su sadržavale mrlje od krvi ostavljene su da se suše na sobnoj temperaturi 2 h, a zatim su pohranjene u hermetički zatvorenim vrećicama s patentnim zatvaračem sa sredstvom za sušenje na - 20° C. Neposredno prije testiranja ispitanici su bili upoznati s ciljevima istraživanja, kao i protokolom, potpisali su suglasnost te su bili zamoljeni da tijekom provedbe istraživanja ne mijenjaju svoje prehrambene navike. Po završetku programa vježbanja ispitanicima su se ponovno izmjerile njihove morfološke i motoričke karakteristike te je analizirana krv za utvrđivanje razine biomarkera GlycanAge.

Nakon provedenog inicijalnog mjerenja, ispitanici su uključeni u jedan od tri programa vježbanja pod nadzorom kineziologa. Programi 12-tjednog vježbanja 2 puta tjedno, 60 minuta po programu, uključivali su kružni program vježbanja (n = 207), program kardio vježbanja (n = 108) i program nordijskog hodanja (n = 192). Ispitanici su nasumično podijeljeni u manje grupe od 10 do 12 ispitanika. Svaki program prilagođen je na temelju početnog stanja morfoloških karakteristika te motoričkih i funkcionalnih sposobnosti. Nakon završetka 12-tjednog programa ispitanici su bili podvrgnuti završnom mjerenju koje je provedeno prema istom protokolu kao i postupak početnog mjerenja. Sukladno preporukama, provedeni plan i program sustavnog vježbanja u ovom istraživanju provedeni su na sljedeći način: u kardio programu vježbe su bile dominantno usmjerene na razvoj kardiorespiratornog sustava, kružni program činile su vježbe s naglaskom na aktivaciju svih većih mišićnih skupina vanjskim opterećenjem ili težinom vlastitog tijela dok je treći program, nordijsko hodanje, fokusiran na aerobnu komponentu, ali je istovremeno prisutna i aktivacija većih mišićnih skupina gornjih i donjih ekstremiteta. Neposredni voditelji programa vježbanja prošli su dodatnu edukaciju te su dobili detaljno razrađen program vježbanja, a tijekom provođenja programa bili su praćeni od strane četiri koordinatora projekta.

Analiza N-glikana iz DBS IgG Analize N-glikana provedena je prema protokolu koji je detaljno opisan u istraživanju (*Šimunović i sur., 2019*) uz neke manje izmjene. Prvo su DBS izrezani na manje komade koji su stavljeni u ploču za sakupljanje s 96 jažica i polako centrifugirani tri sata na sobnoj temperaturi s 800 L 1x fosfatnog pufera fiziološke otopine (1 PBS, vlastita priprema). IgG iz DBS izoliran je korištenjem proteina G monolitnih ploča s 96 jažica (BIA separacije, Ajdovščina, Slovenija) slijedeći optimiziranu visokopropusnu metodu (*Pučić i sur., 2011*). Ukratko, IgG je eluiran s 0,1 M mravljom kiselinom (pripremljenom u tvrtki) i brzo neutraliziran s 1 M amonijevim bikarbonatom (također pripremljenom u tvrtki). IgG eluat (600 L) je osušen u vakuurom koncentratoru preko noći. Osušeni IgG je zatim odsoljen s 800 L metanola (Honeywell, Charlotte, NC, SAD) i ohlađen na - 20° C. Uzorci su resuspendirani i centrifugirani na 2000 g tijekom 15 minuta, a 78 L supernatanta pažljivo je uklonjeno. Ovaj korak je ponovljen dodavanjem još 800 L hladnog metanola proteinskom talogu. Uzorci su resuspendirani i centrifugirani, a na kraju je proteinski talog ostavljen da se suši u vakuurom koncentratoru dva sata (*Šimunović i sur., 2019*). N-glikani su enzimatski otpušteni iz osušenog i odsoljenog IgG sa specifičnim enzimom, PNGase F, a slobodni IgG N-glikani su zatim fluorescentno obilježeni 2-aminobenzamidom (2-AB) (*Trbojević i sur., 2017*). Fluorescentno 2-AB obilježeni IgG N-glikani analizirani su tekućinskom kromatografijom

hidrofilne interakcije (HILIC) tekućinskom kromatografijom ultračinkovitosti (UPLC), kako su prethodno opisali *Trbojević i sur. (2017)*. Dobiveni kromatogrami su ručno integrirani i razdvojeni u 24 glikanska vrha. Kako bi mjerenja bila usporediva među uzorcima, normalizacija je provedena izražavanjem količine glikana u svakom vrhu kao postotak ukupne integrirane površine.

## **6.1. Plan i program vježbanja**

Plan i program vježbanja za svaku grupu ispitanika detaljno je razrađen za svaki pojedinačni trening što obuhvaća nazive i opise vježbi, njihovo trajanje i intenzitet opterećenja.

### **6.1.1. Kardio program vježbanja**

Program vježbanja provodio se na aerobnim trenažerima poput bicikl ili veslačkog ergometra, orbitreka i trake za trčanje koje su sastavni dio svakog fitness centra. Vježbanje se provodilo u tri mikrociklusa u trajanju od četiri tjedna za svaki. Vježbanje je započinjalo zagrijavanjem i istezanjem u trajanju od deset minuta nakon kojih je slijedio glavni A dio treninga. Prvi trening u tjednu podijeljen je na četiri različita oblika gibanja ili ergometra u trajanju od po deset minuta dok se drugi trening u tjednu provodio u sklopu dvije vrste aktivnosti od po dvadeset minuta. Svakim novim mikrociklusom opterećenje se progresivno povećavalo. Predviđeni intenzitet opterećenja tijekom vježbanja bio je 70% od maksimalne srčane frekvencije za svakog ispitanika a izračunat je temeljem rezultata Beep testa i kontroliran pomoću monitora srčane frekvencije POLAR M 200. U nastavku je prikazan detaljan plan i program vježbanja koji su ispitanici provodili pod nadzorom voditelja programa.

<b>PLAN VJEŽBANJA ZA GRUPU KARDIO PROGRAM</b>		
<b>Prva 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Druga 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Treća 4 mikrociklusa (tjedna)</b>
1. TRENING U TJEDNU		
10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)
10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija
<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>	<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>	<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>
<i>1. Traka 10 minuta</i>	<i>1. Traka 10 minuta</i>	<i>1. Traka 10 minuta</i>
<i>uspon 5% brzina 5 km/h</i>	<i>uspon 8% brzina 5 km/h</i>	<i>uspon 10% brzina 5 km/h</i>
<i>2. Orbitrek 10 minuta</i>	<i>2. Orbitrek 10 minuta</i>	<i>2. Orbitrek 10 minuta</i>
<i>program random 3 / Puls 130</i>	<i>program random 5 / Puls 130</i>	<i>program random 7 / Puls 130</i>
<i>3. Bicikl vertikalni 10 minuta manual 5</i>	<i>3. Bicikl vertikalni 10 minuta</i>	<i>3. Bicikl vertikalni 10 minuta</i>
<i>Program manual 5 / 15 sekundi 80 RPM-a + 45 sekundi 40 RPM-a</i>	<i>Program manual 7 / 15 sekundi 80 RPM-a + 45 sekundi 40 RPM-a</i>	<i>Program manual 9 / 15 sekundi 80 RPM-a + 45 sekundi 40 RPM-a</i>
<i>4. Veslački ergometar 10 minuta</i>	<i>4. Veslački ergometar 10 minuta</i>	<i>4. Veslački ergometar 10 minuta</i>
<i>Opterećenje 3 / puls 130</i>	<i>Opterećenje 3 / puls 130</i>	<i>Opterećenje 3 / puls 130</i>
10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"
<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>



<b>Prva 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Druga 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Treća 4 mikrociklusa (tjedna)</b>
10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)
10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija
<i>1. TRENING U TJEDNU</i>	<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>	
<i>1. Traka 20 minuta</i>	<i>1. Traka 20 minuta</i>	<i>1. Traka 20 minuta</i>
<i>uspon 5% brzina 5 km/h</i>	<i>uspon 10% brzina 5 km/h</i>	<i>uspon 10% brzina 6 km/h</i>
<i>2. Orbitrek 20 minuta</i>	<i>2. Orbitrek 20 minuta</i>	<i>2. Orbitrek 20 minuta</i>
<i>program random 3/ Puls 130</i>	<i>program random 5/ Puls 130</i>	<i>program random 7/ Puls 130</i>
10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"
<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 70 minuta</i>

#### 6.1.2. Kružni program vježbanja

Kružni trening snage provodio se u tri mikrociklusa tijekom kojeg su ispitanici izvodili 10 standardiziranih vježbi sa početnim vanjskim opterećenjem od 2,5 kg. Intervali rada i odmora mjerili su se u sekundama i mjenjali zajedno s veličinom vanjskog opterećenja tijekom sva 3 mikrociklusa. Istekom svakog mikrociklusa svaki novi započinjao je novim setom vježbi. Sve vježbe su detaljno objašnjene te su ih polaznici najprije naučili pravilno izvoditi uz stalnu kontrolu voditelja programa vježbanja.

**PLAN VJEŽBANJA ZA GRUPU KRUŽNI PROGRAM**

<b>Prva 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Druga 4 mikrociklusa (tjedna)</b>	<b>Treća 4 mikrociklusa (tjedna)</b>
10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)	10 minuta zagrijavanje (bicikl, orbitrek, traka)
10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija	10 minuta stabilizacija i mobilizacija
<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>	<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>	<i>PROGRAM GLAVNI DIO TRENINGA</i>
1. Čučanj + izbačaj	1. Čučanj + izbačaj	1. Čučanj + izbačaj
2. Bočni izbačaj	2. Bočni izbačaj	2. Bočni izbačaj
3. "Good Morning"	3. "Good Morning"	3. "Good Morning"
4. Poskoci s utegom iznad glave	4. Poskoci s utegom iznad glave	4. Poskoci s utegom iznad glave
5. "Burpy"	5. "Burpy"	5. "Burpy"
6. Podizanje trupa + izbačaj, uteg u rukama	6. Podizanje trupa + izbačaj, uteg u rukama	6. Podizanje trupa + izbačaj, uteg u rukama
7. Bočna rotacija	7. Bočna rotacija	7. Bočna rotacija
8. Sklopka 1 pa 2 noga uteg u rukama	8. Sklopka 1 pa 2 noga uteg u rukama	8. Sklopka 1 pa 2 noga uteg u rukama
9. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	9. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	9. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj
10. "Burpy"	10. "Burpy"	10. "Burpy"
11. Iskorak + izbačaj 1 dijagonala	11. Iskorak + izbačaj 1 dijagonala	11. Iskorak + izbačaj 1 dijagonala
12. Iskorak + Izbačaj 2 dijagonala	12. Iskorak + Izbačaj 2 dijagonala	12. Iskorak + Izbačaj 2 dijagonala
13. Trzaj iznad glave	13. Trzaj iznad glave	13. Trzaj iznad glave
14. Kruženje utegom oko glave	14. Kruženje utegom oko glave	14. Kruženje utegom oko glave
15. "Burpy"	15. "Burpy"	15. "Burpy"
16. Podizanje trupa sa zamahom "što brže gore što sporije dolje"	16. Podizanje trupa sa zamahom "što brže gore što sporije dolje"	16. Podizanje trupa sa zamahom "što brže gore što sporije dolje"
17. Uteg među koljenima i rotacija trupa	17. Uteg među koljenima i rotacija trupa	17. Uteg među koljenima i rotacija trupa
18. Podizanje bokova s utegom na trbuhu	18. Podizanje bokova s utegom na trbuhu	18. Podizanje bokova s utegom na trbuhu
19. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	19. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	19. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj
20. "Burpy"	20. "Burpy"	20. "Burpy"
21. Iskorak + izbačaj suručno 1 pa 2 noga	21. Iskorak + izbačaj suručno 1 pa 2 noga	21. Iskorak + izbačaj suručno 1 pa 2 noga
22. Biceps + izbačaj	22. Biceps + izbačaj	22. Biceps + izbačaj
23. Triceps iza glave	23. Triceps iza glave	23. Triceps iza glave
24. "Volan"	24. "Volan"	24. "Volan"
25. "Burpy"	25. "Burpy"	25. "Burpy"
26. Tursko dizanje 1 ruka	26. Tursko dizanje 1 ruka	26. Tursko dizanje 1 ruka
27. Tursko dizanje 2 ruka	27. Tursko dizanje 2 ruka	27. Tursko dizanje 2 ruka
28. Podizanje trupa s rotacijom utega lijevo, desno	28. Podizanje trupa s rotacijom utega lijevo, desno	28. Podizanje trupa s rotacijom utega lijevo, desno
29. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	29. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj	29. Uviniće trupa u ležanju na trbuhu uteg iza glave - izdržaj
30. "Burpy"	30. "Burpy"	30. "Burpy"
10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"	10 minuta "valjanje i istezanje"

<i>Opterećenje - uteg 2,5 kg</i>	<i>Opterećenje - uteg 5 kg</i>	<i>Opterećenje - uteg 5 kg</i>
<i>Kružni oblik rada</i>	<i>Kružni oblik rada</i>	<i>Kružni oblik Rada</i>
<i>30 sekundi rad 30 sekundi pauza</i>	<i>30 sekundi rad 30 sekundi pauza</i>	<i>40 sekundi rad 20 sekundi pauza</i>
<i>Ukupno trajanje treninga 60 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 60 minuta</i>	<i>Ukupno trajanje treninga 60 minuta</i>

### 6.1.3. Program vježbanja nordijsko hodanje

Slučajnim odabirom ispitanici su bili podijeljeni u manje grupe od 10-12 ispitanika koji su provodili program nordijskog hodanja. Svaka grupa je uz nadzor voditelja programa upoznata s osnovnom tehnikom nordijskog hodanja koja podrazumijeva sinkronizirani i koordinirani pokret ruku i nogu uz korištenje posebno konstruiranih štapova. Vrlo je slična normalnom hodu gdje je uz usklađene pokrete ruku i nogu potreban i pretklon trupa prema naprijed s obzirom na savladavanje prostora te se tijelo u odnosu na sile koje djeluju na njega prilagođava mijenjajući kutne odnose u zglobovima i mijenjajući poziciju osnovnog centra težišta tijela. Uvodni dio treninga provodio se u trajanju od dvadeset minuta s predaktivacijom i aktivacijom trupa uz gume ili štapove te razgibavanjem tijela u mjestu ili kretanju. U glavnom dijelu treninga uz hodanje ispitanici su provodili i vježbe snage uz progresivno povećanje opterećenja. Završni dio treninga u trajanju od petnaest minuta uz smanjenje intenziteta opterećenja programiran je za vježbe istezanja. U prilogu je prikazan detaljan plan i program nordijskog hodanja.

## 7. METODE OBRADE PODATAKA

Mjerenja glikana<sup>2</sup> su logaritamski transformirana, a skupna korekcija je izvedena pomoću funkcije ComBat u paketu "sva" u R, gdje je ploča modelirana kao kovarijata serije. Nakon oduzimanja procijenjenih učinaka serije od logaritamski transformiranih vrijednosti, vrijednosti su potencirane kako bi se dobila ispravljena mjerenja na izvornoj ljestvici. Nakon normalizacije i korekcije serije, izračunato je osam izvedenih svojstava glikana, od kojih svaka predstavlja postotak strukturno sličnih vrsta glikana u ukupnom glikomu IgG-a. Formule korištene za izračun izvedenih svojstava mogu se pronaći u Dodatnoj tablici S1. Analiza učinka vježbanja tijekom tri mjeseca na razine glikana provedena je primjenom linearnog mješovitog modela. Analiza je provedena na cijelom uzorku i podskupinama specifičnih za tjelovježbu (kružno, kardio i nordijsko hodanje). Vrijednosti glikana (izravne vrijednosti glikana i izvedene osobine glikana) modelirane su kao zavisne varijable, a vrijeme je modelirano kao fiksni učinak, dok je ID sudionika uključen slučajnim odabirom, s dobi i spolom uključenim kao dodatnim kovarijablama. Inverzna transformacija rangova na normalnost primijenjena je na svojstva glikana pomoću funkcije rnttransform u paketu "GenABEL" R. Korekcija višestrukog testiranja provedena je pomoću funkcije p.adjust u R, koja implementira Benjamini–Hochbergov postupak za kontrolu stope lažnog otkrivanja (metoda = "fdr") s prilagođenom p-vrijednošću od  $< 0,05$  koja se smatra značajnom. Analiza i vizualizacija podataka provedena je pomoću softvera R (verzija 3.5.1).

Za analizu podataka korišten je statistički paket Statistica verzija 14.0.1.25 (TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA). Izračunati su osnovni deskriptivni statistički pokazatelji varijabli na početnom i završnom mjerenju za svaku skupinu ispitanika (aritmetička sredina, standardna devijacija, minimalne i maksimalne vrijednosti). Za testiranje razlika u učincima pojedine kombinacije programa vježbanja između dvije točke mjerenja korištena je 2 x 3 MANOVA za ponovljena mjerenja sa skupinom po programu vježbanja kao faktorom između ispitanika (*between* faktor - tri razine: program nordijskog hodanja, kardio program i kružni program vježbanja) i vremenskim točkama mjerenja kao faktorom unutar ispitanika (*within* faktor - dvije razine: početna i završna točka mjerenja). U slučaju značajnog glavnog učinka, utvrđivanje razlika u rezultatima između pojedine interakcije vremenskih/skupinskih faktora provodilo se Tukey post-hoc testom. Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p < 0,05$ .

---

<sup>2</sup> Provedena od strane laboranata „GENOS“ d.o.o. koji imaju sve potrebne preduvjete za analizu glikana.

## 8. REZULTATI

Rezultati istraživanja prikazani su redosljedom obrade dobivenih podataka po grupama ispitanika pojedinog programa vježbanja. Za svaku grupu ispitanika prikazani su osnovni deskriptivni pokazatelji morfoloških karakteristika, motoričkih i funkcionalnih sposobnosti te GlycanAge i glikanskih derivacija nakon kojih slijede rezultati provedene ANOVA-e s ciljem utvrđivanja razlika između grupa ispitanika.

### 8.1. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na morfološki status

Tablica 2. *Deskriptivni pokazatelji morfoloških karakteristika ispitanika programa nordijsko hodanje*

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
TJEL. MASA (kg)	POČETNO	192	88,95	58,30	146,40	15,54
	ZAVRŠNO	192	88,49	58,90	143,70	15,41
% MASTI	POČETNO	192	42,76	16,60	63,20	7,78
	ZAVRŠNO	192	42,38	17,20	62,20	7,83
MIŠ. MASA (kg)	POČETNO	192	47,49	35,10	80,60	9,19
	ZAVRŠNO	192	47,55	35,40	80,00	9,16
ITM	POČETNO	192	31,72	23,90	50,30	4,45
	ZAVRŠNO	192	31,55	24,40	48,60	4,33

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD. – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

U tablici 2. prikazani su osnovni deskriptivni pokazatelji za četiri varijable kojima se procijenio morfološki status polaznika nordijskog programa vježbanja. Na temelju početnog i završnog mjerenja primjetan je pozitivan trend kretanja rezultata kod srednjih vrijednosti tjelesne mase, prosječno smanjenje od 0,46 kg, postotka masnog tkiva – 0,38 % i indeksa tjelesne mase – 0,17. Odnosno, izmjerene niže vrijednosti na završnom mjerenju predstavljaju bolje rezultate i pozitivne promjene morfoloških karakteristika uslijed provedbe programa vježbanja. Također, na završnom mjerenju zabilježen je porast mišićne mase u odnosu na početno mjerenje (AS 47,49 - 47,55 kg). Iako se povećanje od 0,06 kg čini marginalno, ono ipak potvrđuje promjene u sastavu tijela inicirane redovitim tjelesnim vježbanjem. Najveća odstupanja rezultata od aritmetičke sredine prisutna su kod varijable tjelesna masa (SD 15,54-15,41).

Tablica 3. Deskriptivni pokazatelji morfoloških karakteristika ispitanika kružnog programa vježbanja

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
TJEL. MASA (kg)	POČETNO	207	87,22	46,10	148,30	17,69
	ZAVRŠNO	207	84,88	46,00	146,10	16,77
% MASTI	POČETNO	207	39,78	20,90	63,50	8,38
	ZAVRŠNO	207	37,79	14,70	61,00	9,00
MIŠ. MASA (kg)	POČETNO	207	49,08	32,80	86,70	11,19
	ZAVRŠNO	207	49,35	34,20	86,90	11,19
ITM	POČETNO	207	30,32	18,70	51,30	4,97
	ZAVRŠNO	207	29,51	18,70	47,80	4,69

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

U tablici 3. deskriptivni pokazatelji za 207 ispitanika kružnog programa vježbanja podudaraju se s rezultatima ispitanika nordijskog programa vježbanja. Izmjerene niže vrijednosti na završnom mjerenju potvrđuju pozitivan trend kretanja rezultata u varijabli tjelesna masa za 2,34 kg, postotka masnog tkiva za 1,99 % i indeksa tjelesne mase za 0,81, s najvećim odstupanjem rezultata od aritmetičke sredine kod varijable tjelesna masa (SD 17,69 - 16,77 kg). Vrijednost mišićne mase raste i zabilježena je viša vrijednost na završnom mjerenju za 0,27 kg u odnosu na početno izmjereno stanje (AS 49,08 – 49,35 kg).

Tablica 4. Deskriptivni pokazatelji morfoloških karakteristika ispitanika kardio programa vježbanja

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
TJEL. MASA (kg)	POČETNO	108	86,65	48,70	163,90	16,52
	ZAVRŠNO	108	84,04	48,40	161,20	16,04
% MASTI	POČETNO	108	40,77	20,50	57,80	7,31
	ZAVRŠNO	108	38,62	20,10	58,30	7,76
MIŠ. MASA (kg)	POČETNO	108	48,13	34,80	84,60	10,78
	ZAVRŠNO	108	48,33	35,50	85,20	10,71
ITM	POČETNO	108	30,53	17,90	50,60	4,50
	ZAVRŠNO	108	29,58	17,80	49,80	4,44

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

Deskriptivni pokazatelji za 108 polaznika kardio programa vježbanja prikazani u tablici 4. prate trend rezultata ispitanika nordijskog i kružnog programa kada se promatra kretanje vrijednosti rezultata u pojedinim varijablama za procjenu morfološkog statusa. Prosječno najbolje rezultate u tri od četiri varijable za procjenu morfološkog statusa ostvarili su ispitanici kardio programa vježbanja. Aritmetička sredina za varijablu tjelesna masa izmjerena na završnom mjerenju manja je za 2,61 kg što je najbolji rezultat u odnosu na ostale programe vježbanja kao i postotak masti koji je manji za 2,15 %, a manji je ITM za 0,95. Prosječno povećanje mišićne mase u ispitanika kardio programa za 0,20 kg potvrđuje utjecaj programa na pozitivne promjene sastava tijela iako je grupa ispitanika kružnog programa vježbanja ostvarila prosječno najbolji rezultat u varijabli mišićna masa (+ 0,27 kg).

Tablica 5. *2x3 Mixed model ANOVA – morfologija*

EFEKT	TEST	VRIJEDNOST	F	p
PROGRAM	Wilks	0,94	3,64	< 0,01
VRIJEME	Wilks	0,53	111,05	< 0,01
VRIJEME*PROGRAM	Wilks	0,78	16,94	< 0,01

Legenda: Test – wilksova lambda, Vrijednost – rezultat wilksove lambda, F – F vrijednost; p- p vrijednost

U tablici 5. su prikazani rezultati provedene mixed model ANOVA-e s ciljem utvrđivanja razlike između grupa ispitanika prema programu vježbanja i točke mjerenja. Provedena statistička analiza ukazuje na postojanje razlika između programa vježbanja ( $F = 3,64$ ,  $p < 0,01$ ) te je također utvrđena razlika u rezultatima početnog i završnog mjerenja između svih grupa ( $F = 111,05$ ,  $p < 0,01$ ). Ukoliko se promatraju oba faktora, vrijeme i program, može se zaključiti da postoji statistički značajna interakcija navedenih faktora, odnosno početnog i završnog mjerenja te nordijskog, kružnog i kardio programa vježbanja ( $F = 16,94$ ,  $p < 0,01$ ).

Tablica 6. *Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu tjelesna masa*

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		0,34	0,90	0,13	0,85	0,13
{2}	1	2	0,34		0,97	0,24	0,94	0,21
{3}	2	1	0,90	0,97		<0,01*	1,00	0,57
{4}	2	2	0,13	0,24	<0,01*		0,95	1,00
{5}	3	1	0,85	0,94	1,00	0,95		<0,01*
{6}	3	2	0,13	0,21	0,57	1,00	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje, \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 6. su prikazane razlike u interakcijama između faktora programa vježbanja i faktora vremena (točke mjerenja). Kada se promatra početna točka mjerenja, moguće je zaključiti kako nema statistički značajnih razlika između polaznika pojedinih programa. Statistički značajne razlike u interakcijama postoje između početnog i završnog mjerenja kod polaznika kružnog i kardio programa vježbanja u varijabli tjelesna masa. Kod polaznika nordijskog hodanja nisu dobivene razlike između početne i završne točke mjerenja.

Tablica 7. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu postotak potkožnog masnog tkiva

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		0,02*	<0,01*	<0,01*	0,32	<0,01*
{2}	1	2	0,02*		0,02*	<0,01*	0,56	<0,01*
{3}	2	1	<0,01*	0,02*		<0,01*	0,91	0,83
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		0,03*	0,96
{5}	3	1	0,32	0,56	0,91	0,03*		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	<0,01*	0,83	0,96	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Za varijablu postotak potkožnog masnog tkiva rezultati prikazani u tablici 7. potvrđuju međusobne razlike između programa nordijskog hodanja i kružnog programa vježbanja na početnom mjerenju ( $p < 0,01$ ) dok nisu utvrđene razlike kada se uspoređuje kardio program u relaciji s programom nordijskog hodanja ( $p = 0,32$ ) i kružnim programom vježbanja ( $p = 0,91$ ). Nadalje, utvrđena je statistički značajna razlika u interakciji faktora programa vježbanja i faktora vremena na završnim mjerenjima kada se zasebno promatraju sva tri programa vježbanja. Nije utvrđena statistički značajna razlika između ispitanika kardio i kružnog programa vježbanja kada se promatra završna točka mjerenja ( $p = 0,96$ ). Polaznici nordijskog hodanja statistički se značajno razlikuju od drugih polaznika u varijabli potkožno masno tkivo ( $p < 0,01$ ).



Tablica 8. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu mišićna masa

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		0,96	0,65	0,47	1,00	0,99
{2}	1	2	0,96		0,68	0,51	1,00	0,99
{3}	2	1	0,65	0,68		<0,01*	0,97	0,99
{4}	2	2	0,47	0,51	<0,01*		0,92	0,96
{5}	3	1	1,00	1,00	0,97	0,92		0,32
{6}	3	2	0,99	0,99	0,99	0,96	0,32	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodaње; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 8. prikazane su razlike u interakcijama programa i vremena i moguće je zaključiti da postoji statički značajna razlika kod ispitanika koji su provodili kružni program vježbanja između početnog i završnog mjerenja u vrijednosti mišićne mase. Odnosno, promijenio im se sastav tijela u smislu promjene omjera postotka mišićne mase između dva intervala mjerenja nakon provedbe programa ( $p < 0,01$ ). Druge razlike u prikazanim interakcijama nisu statistički značajne.

Tablica 9. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu indeks tjelesne mase - ITM

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		0,20	0,03*	<0,01*	0,26	<0,01*
{2}	1	2	0,20		0,08	<0,01*	0,44	<0,01*
{3}	2	1	0,03*	0,08		<0,01*	1,00	0,76
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		0,41	1,00
{5}	3	1	0,26	0,44	1,00	0,41		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	<0,01*	0,76	1,00	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodaње; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Za varijablu indeks tjelesne mase u tablici 9. prikazani rezultati potvrđuju razlike između rezultata ispitanika u indeksu tjelesne mase na početnom mjerenju između polaznika nordijskog hodaња i kružnog programa vježbanja dok te razlike u odnosu na polaznike kardio

programa nisu statistički značajne ( $p = 0,26$  i  $p = 1,00$ ). Na završnim mjerenjima utvrdio se utjecaj provedenog programa na ITM za polaznike kardio i kružnog program vježbanja te postoji statistički značajna razlika u odnosu na početno stanje, dok kod polaznika nordijskog hodanja promjene nisu značajne ( $p = 0,20$ ).

## 8.2. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na motoričke i funkcionalne sposobnosti

Tablica 10. *Deskriptivni pokazatelji varijabli za procjenu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti ispitanika nordijskog programa hodanja*

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
ISKORACI	POČETNO	192	12,63	0,00	22,00	4,05
	ZAVRŠNO	192	14,78	0,00	24,00	3,99
IZDR.POL.	POČETNO	192	50,20	0,00	180,00	27,57
	ZAVRŠNO	192	64,53	0,00	211,00	35,13
ČUČNJEVI	POČETNO	192	35,88	0,00	62,00	9,29
	ZAVRŠNO	192	43,49	15,00	65,00	9,51
SKLEKOVI	POČETNO	192	24,21	0,00	47,00	8,57
	ZAVRŠNO	192	27,58	0,00	53,00	8,56
IZDR.PR.UPOR	POČETNO	192	128,72	1,00	554,00	151,78
	ZAVRŠNO	192	123,09	4,00	593,00	155,57
BEEP	POČETNO	192	4,79	1,10	11,10	1,89
	ZAVRŠNO	192	5,26	0,00	11,10	2,03

*Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine*

Tablica 10. prikazuje osnovne deskriptivne parametre za 192 ispitanika koji su provodili program nordijskog hodanja. Pozitivan trend kretanja rezultata prisutan je u gotovo svim varijablama što govori o porastu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti i pozitivnom učinku programa vježbanja. No, kod varijable za procjenu statičke snage trupa, izdržaj u prednjem uporu, taj trend je ipak negativan (AS 128,72 i 123,09) s najvećim odstupanjem rezultata od aritmetičke sredine (SD 155,57) i pokazuje da su rezultati lošiji na završnom mjerenju u odnosu na početno izmjerene vrijednosti.

Tablica 11. *Deskriptivni pokazatelji varijabli za procjenu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti ispitanika kružnog programa vježbanja*

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
ISKORACI	POČETNO	207	12,34	0,00	27,00	3,20
	ZAVRŠNO	207	16,53	8,00	25,00	3,16
IZDR.POL.	POČETNO	207	48,02	0,00	160,60	27,69
	ZAVRŠNO	207	77,07	2,00	240,00	38,34
ČUČNJEVI	POČETNO	207	35,00	0,00	63,00	9,14
	ZAVRŠNO	207	46,99	0,00	70,00	9,92
SKLEKOVI	POČETNO	207	23,75	0,00	50,00	8,41
	ZAVRŠNO	207	30,63	0,00	67,00	8,80
IZDR.PR.UPOR	POČETNO	207	335,08	1,00	590,00	145,26
	ZAVRŠNO	207	267,85	1,00	594,00	191,36
BEEP	POČETNO	207	5,49	0,00	12,80	2,11
	ZAVRŠNO	207	6,99	1,20	13,80	2,49

*Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine*

Za kružni program vježbanja prikazani rezultati 207 ispitanika u tablici 11. slijede trend rezultata ispitanika nordijskog hodanja. Naime, pozitivni trendovi poboljšanja rezultata sukladni su rezultatima ispitanika nordijskog hodanja. Kada se uspoređuju rezultati polaznika kružnog programa s ispitanicima nordijskog hodanja, napredak na završnom mjerenju u odnosu na početno stanje veći je u svim testovima za procjenu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti. Također je postignut lošiji rezultat u varijabli izdržaja u prednjem uporu (AS 335,08 – 267,85) s odstupanjem rezultata od aritmetičke sredine na završnom mjerenju (SD 191,36).

Tablica 12. Deskriptivni pokazatelji varijabli za procjenu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti ispitanika kardio programa vježbanja

VARIJABLA	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
ISKORACI	POČETNO	108	12,87	0,00	28,00	3,71
	ZAVRŠNO	108	16,08	9,00	28,00	2,75
IZDR.POL.	POČETNO	108	47,15	6,30	293,00	34,78
	ZAVRŠNO	108	77,19	13,40	241,50	41,29
ČUČNJEVI	POČETNO	108	36,19	18,00	69,00	8,87
	ZAVRŠNO	108	45,18	26,00	77,00	10,08
SKLEKOVI	POČETNO	108	21,53	0,00	43,00	10,35
	ZAVRŠNO	108	25,94	0,00	55,00	9,98
IZDR.PR.UPOR	POČETNO	108	350,13	2,00	587,00	137,30
	ZAVRŠNO	108	291,79	1,00	585,00	194,23
BEEP	POČETNO	108	5,30	1,70	10,70	1,62
	ZAVRŠNO	108	6,49	2,30	13,40	2,05

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

U tablici 12. deskriptivni pokazatelji za 108 ispitanika kardio programa prate trend rezultata obje grupe ispitanika, nordijskog i kružnog programa vježbanja. Zabilježen je napredak u gotovo svim testovima za procjenu motoričkih sposobnosti te testu za procjenu funkcionalnih sposobnosti uz zabilježen lošiji rezultat kada se promatraju postignute vrijednosti u testu izdržaj u prednjem upor (AS 350,13 – 291,79).

Tablica 13. 2x3 Mixed model ANOVA – motoričke sposobnosti

EFEKT	TEST	VRIJEDNOST	F	p
PROGRAM	Wilks	0,60	24,52	<0,01*
VRIJEME	Wilks	0,28	215,75	<0,01*
VRIJEME*PROGRAM	Wilks	0,78	11,13	<0,01*

Legenda: Test – wilksova lambda, Vrijednost – rezultat wilksove lambda, F – F vrijednost; p- p vrijednost

U tablici 13. su prikazani rezultati provedene mixed model ANOVA-e s ciljem utvrđivanja razlike između grupa ispitanika prema programu vježbanja i točke mjerenja. Provedena statistička analiza ukazuje na postojanje razlika između programa vježbanja ( $F = 24,52$ ,  $p < 0,01$ ). Ukoliko se analizira faktor vrijeme, utvrđene su statistički značajne razlike rezultata između početnog i završnog mjerenja ( $F = 215,75$ ,  $p < 0,01$ ). Ukoliko se promatraju oba faktora, vrijeme i program, može se zaključiti da postoji statistički značajna interakcija

navedenih faktora, odnosno početnog i završnog mjerenja te nordijskog hodanja, kružnog i kardio programa vježbanja ( $F = 11,13$ ,  $p < 0,01$ ).

Za sve varijable kod kojih je utvrđena značajna razlika proveden je Tukey post hoc test.

Tablica 14. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu iskoraci

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		<0,01*	0,97	<0,01*	0,99	<0,01*
{2}	1	2	<0,01*		<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,03*
{3}	2	1	0,97	<0,01*		<0,01*	0,80	<0,01*
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,90
{5}	3	1	0,99	<0,01*	0,80	<0,01*		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	0,03*	<0,01*	0,90	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodaње; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 14. koja prikazuje interakcije programa vježbanja i faktora vremena za varijablu iskoraci, moguće je zaključiti da rezultati između grupa na početnom mjerenju nisu statistički značajno različiti ( $p = 0,97$ ,  $p = 0,99$ ,  $p = 0,80$ ). Promatrajući zasebno svaki program, ispitanici su rezultatima na završnom mjerenju statistički različiti u odnosu na početno stanje. Također, nije utvrđena statistički značajna razlika između polaznika kružnog programa i kardio programa na završnom mjerenju ( $p = 0,90$ ).

Tablica 15. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu izdržaj u polučučnju

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		<0,01*	0,99	<0,01*	0,98	<0,01*
{2}	1	2	<0,01*		<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,02*
{3}	2	1	0,99	<0,01*		<0,01*	1,00	<0,01*
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	1,00
{5}	3	1	0,98	<0,01*	1,00	<0,01*		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	0,02*	<0,01*	1,00	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodaње; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 15. su prikazane interakcije između programa vježbanja i faktora vrijeme za varijablu izdržaj u polučučnju te je moguće zaključiti da rezultati ispitanika svakog programa vježbanja prate trend rezultata varijable iskoraci. Utvrđena je statistički značajna razlika između rezultata početnog i završnog mjerenja kada se zasebno promatraju ispitanici svakog pojedinog programa vježbanja.

Tablica 16. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu čučnjevi

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		<0,01*	0,94	<0,01*	1,00	<0,01*
{2}	1	2	<0,01*		<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,68
{3}	2	1	0,94	<0,01*		<0,01*	0,90	<0,01*
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,59
{5}	3	1	1,00	<0,01*	0,90	<0,01*		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	0,68	<0,01*	0,59	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Iz tablice 16. koja prikazuje rezultate interakcija programa i faktora vrijeme za varijablu čučnjevi primjetno je da nema statički značajne razlike između polaznika različitih programa vježbanja na početnom mjerenju. Promatrajući zasebno svaki program vježbanja prisutne su statistički značajne interakcije između početne i završne točke mjerenja. Statistički značajne razlike prisutne su između rezultata grupe nordijskog hodanja i kružnog programa na završnom mjerenju ( $p = 0,01$ ) dok s kardio programom one nisu potvrđene ( $p = 0,68$ ,  $p = 0,59$ ).

Tablica 17. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu sklekovi

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		<0,01*	1,00	<0,01*	0,13	0,60
{2}	1	2	<0,01*		<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,65
{3}	2	1	1,00	<0,01*		<0,01*	0,29	0,31
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	<0,01*
{5}	3	1	0,13	<0,01*	0,29	<0,01*		<0,01*
{6}	3	2	0,60	0,65	0,31	<0,01*	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 17. prikazane su interakcije između programa i faktora vrijeme za varijablu sklekovi te je moguće zaključiti da ne postoje razlike između rezultata na početnom mjerenju ispitanika između grupa. Na završnom mjerenju utvrđene su statistički značajne razlike u odnosu na početno stanje kada se zasebno promatraju polaznici pojedinih programa vježbanja. Značajne razlike prisutne su između rezultata završnog mjerenja grupe nordijsko hodanje i kružnog programa vježbanja ( $p < 0,01$ ) kardio programa i kružnog programa ( $p < 0,01$ ) dok nisu potvrđene između grupe nordijsko hodanje i kardio program ( $p = 0,65$ ).

Tablica 18. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu izdržaj u prednjem upor

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		1,00	<0,01*	<0,01*	<0,01*	<0,01*
{2}	1	2	1,00		<0,01*	<0,01*	<0,01*	<0,01*
{3}	2	1	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,97	0,22
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,82
{5}	3	1	<0,01*	<0,01*	0,97	<0,01*		0,05*
{6}	3	2	<0,01*	<0,01*	0,22	0,82	0,05*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Tablica 18. prikazuje interakcije programa i faktora vremena za varijablu izdržaj u prednjem upor gdje se vide statistički značajne razlike između ispitanika koji su provodili program nordijskog hodanja i ostala dva programa na početnom mjerenju ( $p < 0,01$ ) dok te razlike nisu opažene između grupe kružnog i kardio programa ( $p = 0,97$ ). Sličan trend rezultata nastavio se i na završnim mjerenjima gdje se vide razlike među grupama dok ispitanici kružnog i kardio programa nisu ostvarili statistički značajne razlike u rezultatima mjerenja ( $p = 0,82$ ).

Tablica 19. Pokazatelji Tukey post hoc testa za varijablu Beep test

INTERAKCIJA	PROGRAM	VRIJEME	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	1	1		<0,01*	0,01*	<0,01*	0,31	<0,01*
{2}	1	2	<0,01*		0,87	<0,01*	1,00	<0,01*
{3}	2	1	0,01*	0,87		<0,01*	0,97	<0,01*
{4}	2	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,33
{5}	3	1	0,31	1,00	0,97	<0,01*		<0,01*
{6}	3	2	<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,33	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 19. prikazani rezultati interakcija za test funkcionalnih sposobnosti (Beep test) između programa i faktora vremena prikazuje razlike u ostvarenim rezultatima na početnom mjerenju samo između grupe nordijsko hodanje i kružni program vježbanja, dok rezultati Beep testa u kardio programu ne ukazuju na statističke značajne razlike u odnosu na druga dva programa ( $p = 0,31$ ,  $p = 0,97$ ). Na završnim mjerenjima ispitanici su u svim programima ostvarili statistički značajne razlike u rezultatima Beep testa, a razlika je prisutna i u rezultatima završnog mjerenja između programa nordijsko hodanje sa kružnim i kardio programom dok te razlike nisu opažene između rezultata završnog mjerenja kružnog i kardio programa vježbanja ( $p = 0,33$ ).

### 8.3. Utjecaj tjelesnoga vježbanja na glikanske pokazatelje

Tablica 20. *Pokazatelji glikanske dobi dobiveni iz deriviranih svojstava kod ispitanika prije i nakon programa vježbanja*

Varijabla	MJERENJE	N	AS	SD
GA uzorak	POČETNO	507	52,28	16,85
	ZAVRŠNO	507	53,28	17,02
GA nordijsko	POČETNO	192	56,92	16,37
	ZAVRŠNO	192	57,19	16,34
GA kružni	POČETNO	207	49,18	16,20
	ZAVRŠNO	207	50,35	16,59
GA kardio	POČETNO	108	49,96	17,22
	ZAVRŠNO	108	51,95	17,82

*Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine*

U tablici 20. prikazani su osnovni deskriptivni pokazatelji GlycanAge testa. Najviša prosječna vrijednost porasta biološke dobi ispitanika utvrđena je u kardio programu na završnom mjerenju (+ 1,99 god.). Suprotno tome, najmanja vrijednost porasta biološke dobi utvrđena je na završnom mjerenju u grupi ispitanika koja je vježbala po programu nordijskog hodanja (+ 0,27 god.). Primjetno je da je rezultat biološke dobi povećan kod polaznika svih programa na završnom mjerenju.



Tablica 21. Deskriptivni pokazatelji glikanskih derivacija svih ispitanika prije i nakon intervencije

Varijabla	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
G0	POČETNO	507	27,31	9,81	55,86	7,14
	ZAVRŠNO	507	27,51	10,01	56,31	7,20
G1	POČETNO	507	37,48	24,02	44,97	2,11
	ZAVRŠNO	507	37,78	23,89	44,20	2,06
G2	POČETNO	507	33,87	15,03	57,00	7,06
	ZAVRŠNO	507	33,44	14,47	56,44	7,03
S0	POČETNO	507	78,41	61,11	89,09	3,63
	ZAVRŠNO	507	78,97	64,10	89,81	3,43
S1	POČETNO	507	15,60	7,72	26,95	2,89
	ZAVRŠNO	507	15,44	7,43	26,35	2,84
S2	POČETNO	507	5,04	2,03	10,33	1,10
	ZAVRŠNO	507	4,70	1,79	8,50	0,92
B	POČETNO	507	17,33	12,01	25,98	2,35
	ZAVRŠNO	507	17,38	11,86	26,45	2,35
CF	POČETNO	507	93,33	60,68	96,27	2,03
	ZAVRŠNO	507	93,77	61,02	97,42	1,98

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

Osnovni deskriptivni pokazatelji deriviranih svojstava glikanskih parametara za ukupan uzorak ispitanika prikazani su u tablici 21. Sastav N-glikoma IgG-a procijenjen je iz uzorka krvi ispitanika uzetih na početku i po završetku programa vježbanja te je uspoređen između dvije vremenske točke. Utjecaj vježbanja na promjene u sastavu IgG N – glikoma vide se u povećanju agalaktoziliranih, monogalaktoziliranih, fukoziliranih i asijaliziranih N – glikana ( $\beta = 0,04$ , padj =  $1,00 \times 10^{-4}$ ;  $\beta = 0,25$ , padj =  $2,41 \times 10^{-25}$ ;  $\beta = 0,51$ , padj =  $3,38 \times 10^{-30}$ ; i  $\beta = 0,25$ , padj =  $1,51 \times 10^{-21}$ , redom) kao i niže vrijednosti digalaktoziliranih, monosijaliziranih i disijaliziranih N – glikana ( $\beta = -0,10$ , padj =  $4,93 \times 10^{-12}$ ;  $\beta = -0,09$ , padj =  $7,61 \times 10^{-9}$ ; odnosno  $\beta = -0,53$ , padj =  $1,09 \times 10^{-28}$ ). Više utvrđene vrijednosti deriviranih svojstava agalaktoziliranih glikana predstavljaju porast biološke dobi utvrđenih u varijablama G0, G1, S0, B i CF. Suprotno tome, na završnom, u odnosu na početno mjerenje, zabilježene su manje prosječne vrijednosti u varijablama G2, S1 i S2, što zapravo predstavlja povećanje razina digalaktoziliranih i sijaliziranih glikana, a time i negativan trend koji se ogleda kroz porast biološke dobi ispitanika. Najveća odstupanja rezultata utvrđena su u varijablama G0 i G2 (SD 7,03 – 7,20).

Tablica 22. Deskriptivni pokazatelji glikanskih derivacija prije i nakon intervencije ispitanika uključenih u program vježbanja nordijskog hodanja

Varijabla	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
G0	POČETNO	192	28,73	14,81	55,86	7,30
	ZAVRŠNO	192	28,76	13,20	56,31	7,38
G1	POČETNO	192	37,86	24,02	44,97	2,37
	ZAVRŠNO	192	37,93	23,89	44,20	2,33
G2	POČETNO	192	31,76	15,03	48,32	6,41
	ZAVRŠNO	192	31,64	14,47	51,46	6,47
S0	POČETNO	192	79,57	71,64	89,09	3,26
	ZAVRŠNO	192	79,68	70,89	89,81	3,19
S1	POČETNO	192	14,75	7,72	21,17	2,58
	ZAVRŠNO	192	14,72	7,43	21,68	2,58
S2	POČETNO	192	4,37	2,03	8,34	0,95
	ZAVRŠNO	192	4,28	1,79	6,66	0,80
B	POČETNO	192	17,64	12,11	25,94	2,31
	ZAVRŠNO	192	17,74	12,19	26,45	2,30
CF	POČETNO	192	93,57	60,68	96,27	2,75
	ZAVRŠNO	192	93,64	61,02	96,48	2,71

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

U tablici 22. prikazani su deskriptivni pokazatelji glikanskih derivacija za grupu ispitanika koja je provodila program vježbanja nordijskog hodanja i to u dvije vremenske točke, početnom i završnom mjerenju. Više vrijednosti rezultata predstavljaju negativan trend deriviranih svojstava utvrđen kod G0, G1, S0, B i CF dok su na završnom mjerenju utvrđene vrijednosti za G2, S1 i S2 bile niže u odnosu na početno mjerenje. Prema dobivenim rezultatima vidi se odstupanje rezultata deriviranih svojstava u varijabli G0 i G2 (SD 7,38 i 6,47) dok je najmanje odstupanje u varijabli S2 (SD 0,80).

Tablica 23 . Deskriptivni pokazatelji glikanskih derivacija prije i nakon intervencije ispitanika uključenih u kružni program vježbanja

Varijabla	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
G0	POČETNO	207	26,27	9,81	43,77	6,78
	ZAVRŠNO	207	26,49	10,01	43,57	6,86
G1	POČETNO	207	37,41	30,11	42,78	1,99
	ZAVRŠNO	207	37,84	32,42	43,66	1,93
G2	POČETNO	207	35,12	20,66	57,00	6,95
	ZAVRŠNO	207	34,67	19,37	56,44	6,99
S0	POČETNO	207	77,79	61,11	85,14	3,56
	ZAVRŠNO	207	78,56	64,10	86,07	3,31
S1	POČETNO	207	16,09	10,11	26,95	2,86
	ZAVRŠNO	207	15,92	9,89	26,35	2,82
S2	POČETNO	207	5,35	3,45	10,33	0,98
	ZAVRŠNO	207	4,92	2,90	8,42	0,82
B	POČETNO	207	17,27	12,01	25,98	2,45
	ZAVRŠNO	207	17,25	11,89	25,93	2,41
CF	POČETNO	207	93,13	87,44	96,04	1,50
	ZAVRŠNO	207	93,85	87,27	96,14	1,37

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

Tablica 23. prikazuje deskriptivne pokazatelje glikanskih derivacija za ispitanike kružnog programa vježbanja prije intervencije i po završetku intervencije gdje je utvrđen pozitivan trend razlika dobivenih rezultata za varijable G0, G1, S0, i CF. Kod varijabli G2, S1, S2 i B vide se manje prosječne vrijednosti na završnom mjerenju u odnosu na početno stanje. Odstupanja rezultata od prosječnih vrijednosti prikazana standardnim devijacijama su najveća kod G0 i G2 (SD 6,86 i 6,99), a najmanja u varijabli S2 (SD 0,82).

Tablica 24. Deskriptivni pokazatelji glikanskih derivacija prije i nakon intervencije ispitanika uključenih u kardio program vježbanja

Varijabla	MJERENJE	N	AS	Minimum	Maksimum	SD
G0	POČETNO	108	26,76	11,76	42,16	7,18
	ZAVRŠNO	108	27,24	13,27	41,79	7,26
G1	POČETNO	108	36,93	32,08	40,53	1,71
	ZAVRŠNO	108	37,41	33,22	40,79	1,76
G2	POČETNO	108	35,23	21,11	53,87	7,53
	ZAVRŠNO	108	34,29	21,90	51,03	7,43
S0	POČETNO	108	77,55	65,44	85,06	3,87
	ZAVRŠNO	108	78,51	66,71	86,02	3,86
S1	POČETNO	108	16,17	10,67	25,54	3,12
	ZAVRŠNO	108	15,79	10,14	24,01	3,10
S2	POČETNO	108	5,63	3,48	8,84	0,96
	ZAVRŠNO	108	5,03	3,27	8,50	1,00
B	POČETNO	108	16,88	12,21	22,91	2,17
	ZAVRŠNO	108	16,97	11,86	22,99	2,25
CF	POČETNO	108	93,28	87,13	95,74	1,23
	ZAVRŠNO	108	93,83	88,66	97,42	1,35

Legenda: N – ukupan broj ispitanika, AS – srednja vrijednost rezultata; Minimum – najmanja izmjerena vrijednost, Maksimum – najveća izmjerena vrijednost, SD – prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine

Iz prikazanih rezultata u tablici 24. za ispitanike uključene u kardio program vježbanja vidi se trend povećanja prosječnih vrijednosti deriviranih svojstava glikana za varijable G0, G1, S0, B i CF između početnog i završnog mjerenja dok je za varijable G2, S1 i S2 utvrđen negativan trend rezultata aritmetičkih sredina na početku i po završetku intervencije vježbanjem. Odstupanja rezultata od aritmetičke sredine prikazana standardnim devijacijama najveća su za varijable G0 i G2 (SD 7,26 i 7,43), a najmanja (SD 1,00) za S2.

Tablica 25. *T test za zavisne uzorke rezultate GlycanAge testa*

Varijabla	AS	SD	N	Diff.	t	df	p
GA početno	52,28	16,85					
GA završno	53,28	17,02	507	-1,01	-6,88	506	<0,01*
GA nord početno	56,92	16,37					
GA nord završno	57,19	16,34	192	-0,27	-1,40	191	0,16
GA kružni početno	49,18	16,20					
GA kružni završno	50,35	16,59	207	-1,17	-4,75	206	<0,01*
GA kardio početno	49,96	17,22					
GA kardio završno	51,95	17,82	108	-1,99	-5,93	107	<0,01*

Legenda: AS – srednja vrijednost rezultata; SD - prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine.; N- ukupan broj ispitanika, Diff - razlika između srednje vrijednosti; t – t vrijednost; df – broj stupnjeva slobode; p – nivo značajnosti; \* označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 25. su prikazani rezultati t-testa za zavisne uzorke kojim je testirana značajnost razlika između aritmetičkih sredina GlycanAgea za ukupan broj uključenih ispitanika u intervenciju vježbanjem (507) i posebno za svaku grupu prema pojedinom programu. Prosječna vrijednost GlycanAgea na početku intervencije za sve ispitanike iznosila je 52,28 dok je na kraju intervencije uočen negativan trend kretanja rezultata prema 53,28. Trend negativnih povećanja rezultata utvrđen je i prema vrsti programa, dok je najveće prosječno odstupanje rezultata od aritmetičke sredine utvrđeno kod kardio programa vježbanja (17,22 – 17,82). Najveće negativne razlike između srednjih vrijednosti opažene su u varijabli GA kardio početno i GA kardio završno ( $p < 0,01$ ). Utvrđena je statistički značajna razlika između rezultata početnog i završnog mjerenja uz  $p < 0,01$  kada se promatraju svi ispitanici zajedno kao i za grupe GA kružni i GA kardio ( $p < 0,01$ ), dok za grupu ispitanika koja je bila uključena u intervenciju vježbanjem putem nordijskog programa (GA nord) nije utvrđena statistički značajna razlika između dvije aritmetičke sredine ( $p = 0,16$ ).

Tablica 26. *2x3 Mixed model ANOVA*

	Test	Vrijednost	F	p
Program	Wilks	0,50	26,09	<0,01*
VRIJEME	Wilks	0,69	28,11	<0,01*
VRIJEME*Program	Wilks	0,85	5,28	<0,01*

Legenda: Test – wilksova lambda, Vrijednost – rezultat wilksove lambda, F – F vrijednost; p- p vrijednost

Mixed model ANOVA (Tablica 26.) korištena je za utvrđivanje interakcija programa vježbanja i faktora vremena između deriviranih svojstava glikana. Analizom je utvrđeno da je model razlika između programa značajan ( $F=26,09$ ;  $p < 0,01$ ). Također, utvrđene su i statistički

značajne razlike između početnog i završnog mjerenja između svih grupa ispitanika ( $F=28,11$ ;  $p<0,01$ ). Ako se uzmu u obzir oba faktora, odnosno vrijeme (početno i završno mjerenje) te vrsta programa (nordijsko hodanje, kružni i kardio program), utvrđena je statistički značajna interakcija ( $F=5,28$ ;  $p<0,01$ ).

Tablica 27. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za G0 derivirano svojstvo

G0	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1		1,00	<0,01*	0,02*	0,19	0,50
2	1	2	1,00		<0,01*	0,02*	0,18	0,47	
3	2	1	<0,01*	<0,01*		0,07	0,99	0,86	
4	2	2	0,02*	0,02*	0,07		1,00	0,95	
5	3	1	0,19	0,18	0,99	1,00		<0,01*	
6	3	2	0,50	0,47	0,86	0,95	<0,01*		

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p<0,05$

U tablici 27. prikazane su interakcije između faktora vremena te vrste programa vježbanja. Značajne interakcije odnosno značajna razlika dobivena je između završnih mjerenja grupe nordijskog hodanja te grupe koja je sudjelovala u kružnom treningu ( $p=0,02$ ). Vidljivo je da su se ove dvije grupe i početno međusobno razlikovale ( $p<0,01$ ). Nadalje, utvrđene su značajne razlike između početnog i završnog mjerenja kod kardio grupe vježbača ( $p<0,01$ ).

Tablica 28. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za G1 derivirano svojstvo

G1	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1		1,00	<0,01*	0,02*	0,19	0,50
2	1	2	1,00		<0,01*	0,02*	0,18	0,47	
3	2	1	<0,01*	<0,01*		0,07	0,99	0,86	
4	2	2	0,02*	0,02*	0,07		1,00	0,95	
5	3	1	0,19	0,18	0,99	1,00		<0,01*	
6	3	2	0,50	0,47	0,86	0,95	<0,01*		

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p<0,05$

U tablici 28. su prikazane interakcije u odnosu na vrijeme i vrstu programa gdje je statistički značajna razlika interakcija dobivena između završnih mjerenja grupe koja je provodila program nordijskog hodanja i grupe u kružnom treningu ( $p = 0,02$ ). Naime, te dvije grupe su i rezultatima na početnom mjerenju pokazale statistički značajne razlike ( $p < 0,01$ ). Kod grupe ispitanika koja je provodila kardio program vježbanja statistički značajno su utvrđene interakcije između programa vježbanja i faktora vremena vježbanja ( $p < 0,01$ ).

Tablica 29. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za G2 derivirano svojstvo

G2	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,86	<0,01*	<0,01*	<0,01*
2	1	2		0,86		<0,01*	<0,01*	<0,01*	0,02*
3	2	1		<0,01*	<0,01*		<0,01*	1,00	0,91
4	2	2		<0,01*	<0,01*	<0,01*		0,98	1,00
5	3	1		<0,01*	<0,01*	1,00	0,98		<0,01*
6	3	2		0,03*	0,02*	0,91	1,00	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1 – nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Na početnom mjerenju grupa nordijskog hodanja razlikuje se u odnosu na druga dva programa vježbanja, dok nema utvrđene razlike između programa kružnog i kardio vježbanja.

Iz tablice 29. se vide statistički značajne interakcije između nordijskog programa vježbanja i ostala dva programa vježbanja i faktora vremena. Naime, može se utvrditi da su grupe na početnom mjerenju pokazale statistički značajne razlike ( $p < 0,01$ ), kao i da se trend razlika nastavio na završnom mjerenju. Interakcija faktora vremena i vrste programa vježbanja nije statistički značajna između kružnog programa vježbanja i kardio programa ni na početnom niti završnom mjerenju.

Tablica 30. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za S0 derivirano svojstvo

S0	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,86	<0,01*	0,04*	<0,01*
2	1	2		0,86		<0,01*	0,02*	<0,01*	0,06
3	2	1		<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,99	0,50
4	2	2		0,04*	0,02*	<0,01*		0,13	1,00
5	3	1		<0,01*	<0,01*	0,99	0,13		<0,01*
6	3	2		0,11	0,06	0,50	1,00	<0,01*	

Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 30. interakcije faktora vremena i programa vježbanja za S0 derivirano svojstvo prikazuju statistički značajne razlike između programa vježbanja i početnog mjerenja za sve tri grupe, no ta se razlika nije pokazala između kružnog programa i kardio programa vježbanja dok je statistički značajna interakcija vremena i programa utvrđena samo u rezultatima završnog mjerenja između programa nordijskog hodanja i kružnog treninga.

Tablica 31. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za S1 derivirano svojstvo

S1	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,86	<0,01*	0,04*	<0,01*
2	1	2		0,86		<0,01*	0,02*	<0,01*	0,06
3	2	1		<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,99	0,50
4	2	2		0,04*	0,02*	<0,01*		0,13	1,00
5	3	1		<0,01*	<0,01*	0,99	0,13		<0,01*
6	3	2		0,11	0,06	0,50	1,00	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Tablica 31. se odnosi na interakcije programa i vremena za S1 derivirano svojstvo gdje se vidi upravo kao i za S0 postojanje statistički značajnih razlika početnih mjerenja između grupa programa iako početna mjerenja kružnog i kardio programa pokazuju da te razlike nisu značajne ( $p = 0,99$ ). Kod završnih mjerenja statistički značajna razlika utvrđena je između programa nordijskog hodanja i kružnog programa ( $p = 0,02$ ) dok kod kardio programa vježbanja nema statistički značajnih interakcija između programa vježbanja i faktora vremena.

Tablica 32. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za S2 derivirano svojstvo

S2	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,36	<0,01*	<0,01*	<0,01*
2	1	2		0,36		<0,01*	<0,01*	<0,01*	<0,01*
3	2	1		<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,09	0,04*
4	2	2		<0,01*	<0,01*	<0,01*		<0,01*	0,92
5	3	1		<0,01*	<0,01*	0,09	<0,01*		<0,01*
6	3	2		<0,01*	<0,01*	0,04*	0,92	<0,01*	

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Tablica 32. prikazuje odnos interakcija između programa vježbanja i faktora vremena za S2 derivirana svojstva iz koje se vidi da se grupe razlikuju prema rezultatima početnog mjerenja, kao i da se trend razlika pokazao i na završnom mjerenju između grupa nordijsko hodanje s kružnim i kardio programom ( $p < 0,01$ ), dok se rezultati kardio programa i kružnog programa ne razlikuju ni na početnom ( $p = 0,09$ ) niti na završnom mjerenju ( $p = 0,92$ ).



Tablica 33. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za B derivirano svojstvo

B	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,13	0,60	0,55	0,07
2	1	2	0,13			0,34	0,30	0,03*	0,07
3	2	1	0,60	0,34			1,00	0,72	0,90
4	2	2	0,55	0,30	1,00			0,76	0,92
5	3	1	0,07	0,03*	0,72	0,76			0,45
6	3	2	0,16	0,07	0,90	0,92	0,45		

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

Iz tablice 33. za B derivirano svojstvo, interakcija faktora program i vrijeme može se vidjeti da statistički značajne razlike ne postoje između programa vježbanja, kao ni između rezultata ispitanika na početnom i završnom mjerenju.

Tablica 34. Interakcija između faktora vremena te programa treninga za CF derivirano svojstvo

CF	Interakcija	Program	Vrijeme	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	1	1	1			0,91	0,23	0,73	0,82
2	1	2	0,91			0,10	0,90	0,65	0,97
3	2	1	0,23	0,10			<0,01*	0,99	0,04*
4	2	2	0,73	0,90	<0,01*			0,15	1,00
5	3	1	0,82	0,65	0,99	0,15			<0,01*
6	3	2	0,89	0,97	0,04*	1,00	<0,01*		

Legenda: Interakcija – broj interakcije; Program – vrsta programa vježbanja, 1- nordijsko hodanje; 2 – kružni trening, 3 – kardio trening; Vrijeme – vrsta mjerenja, 1 – početno mjerenje, 2 – završno mjerenje; \* - označene vrijednosti predstavljaju statističku značajnost uz  $p < 0,05$

U tablici 34. se vidi pozitivna interakcija faktora program i faktora vrijeme kod CF deriviranog svojstva, i to između početnog i završnog mjerenja kod kružnog programa vježbanja te kardio programa ( $p < 0,01$ ) dok kod programa nordijskog hodanja te razlike nisu statistički značajne.

## 9. RASPRAVA

Provedba istraživanja obuhvatila je 507 ispitanika podijeljenih u tri grupe prema programu vježbanja koji su se provodili pod stručnim vodstvom školovanih voditelja. Ispitanici su redovito sudjelovali u jednom od tri ponuđena programa vježbanja dva puta tjedno kroz razdoblje od dvanaest tjedana. Prije uključenja u program vježbanja, ispunili su upitnik o općim navikama i zadovoljstvu života, izmjerene su im osnovne antropometrijske mjere i parametri sastava tijela, motoričke i funkcionalne sposobnosti te je uzet uzorak krvi. Isti je postupak proveden na kraju sudjelovanja u odabranom programu vježbanja u svrhu utvrđivanja rezultata bavljenja zdravstveno usmjerenom tjelesnom aktivnosti. Ovo istraživanje imalo je za cilj utvrditi učinkovitost različitih programa vježbanja na promjene u nekim morfološkim, motoričkim i funkcionalnim osobinama te sposobnostima kao i na biološku dob ispitanika procijenjenu putem GlycanAge testa. Na temelju dobivenih rezultata može se utvrditi da su ispitanici u sva tri programa ostvarili značajne pozitivne promjene sastava tijela te su ostvarili napredak u funkcionalnim i motoričkim sposobnostima. Ukoliko se promatraju promjene prema programu vježbanja tada su ispitanici koji su provodili kardio program vježbanja ostvarili najbolje rezultate u varijablama za procjenu sastava tijela osim u varijabli mišićna masa, te je utvrđena značajna razlika u odnosu na druga dva odabrana programa. Nadalje, ispitanici kružnog programa vježbanja ostvarili su najbolji rezultat u varijabli mišićna masa. Kada se promatra učinkovitost različitih programa vježbanja na promjene u motoričkim i funkcionalnim sposobnostima, primjetno je da su najveće pozitivne promjene ostvarili ispitanici kružnog programa vježbanja, dok su u ispitanika koji su provodili program nordijskog hodanja te razlike najmanje, ali također ukazuju na pozitivne promjene i pozitivan utjecaj tjelesnoga vježbanja.

Program nordijskog hodanja potaknuo je pozitivne promjene u sastavu tijela, iako marginalnih vrijednosti, što je sukladno s istraživanjem *Grigoletto i sur. (2022)*. Pozitivan trend promjena potvrđuje povećanje mišićne mase za 0,06 kg, što je mala promjena, ali očekivana s obzirom da je vježbanje dominantno bilo usmjereno na razvoj aerobnih sposobnosti uz aktivaciju velikih skupina mišića donjih i gornjih ekstremiteta. Zabilježene su niže vrijednosti ITM - a za 0,17 kg/m<sup>2</sup> i mase tijela za 0,46 kg na završnom mjerenju što je sukladno rezultatima prethodno spomenutog istraživanja. Navedeni autori istraživali su učinak programa nordijskog hodanja u trajanju od dvanaest tjedana na neke morfološke osobine, motoričke i funkcionalne sposobnosti. Ispitanici su također vježbali dva puta u tjednu u trajanju od 60 minuta. Dobiveni rezultati ukazuju na različitu učinkovitost nordijskog hodanja u odnosu na spol. Naime,

potvrdili su niže vrijednosti ITM-a za 0,51 kg/m<sup>2</sup>, ukupnoj masi tijela za 0,43 kg i postotku masne mase 1,46 %. U žena je zabilježeno veće smanjenje postotka masnog tkiva i nekih kožnih nabora kao i opsega kukova u odnosu na muškarce dok su u obje skupine zabilježili značajno povećanje snage donjeg dijela tijela mjereno brojem čučnjeva napravljenih u 30 s. Motorički test izvedbe čučnjeva primijenio se i u ovom istraživanju te je također primjetno povećanje broja izvedenih čučnjeva ispitanika i to za prosječno 20% na završnom mjerenju. Navedeni podatak potvrđuje dobrobiti nordijskog hodanja na stvaranje pozitivnih promjena u motoričkom prostoru te se smatra učinkovitim programom vježbanja u neaktivne populacije. Nadalje, za detaljniju procjenu učinkovitosti različitih programa vježbanja s nordijskim hodanjem, autori **Hagner-Derengowska i sur. (2015)** usporedili su učinke dva različita programa vježbanja na antropometrijske i biokemijske parametre u žena u postmenopauzi u kojih je utvrđena prekomjerna tjelesna masa ili pretilost. Uz kontrolnu skupinu koja je zadržala neke svoje životne navike u pogledu dnevne tjelesne aktivnosti jedna eksperimentalna skupina je provodila program nordijskog hodanja, a druga eksperimentalna skupina je provodila pilates vježbe tri puta tijekom deset tjedana. Posebnost u istraživanju je poseban dijetni režim, odnosno ograničenje ukupne kalorijske vrijednosti pet obroka dnevno koji je iznosio 1500 kcal. Nakon provedenog programa utvrdili su u grupi nordijskog hodanja značajno smanjenje tjelesne mase za 6,4%, indeksa tjelesne mase za 6,4%, glukoze u krvi 3,8%, ukupnog kolesterola 10,4% te više vrijednosti HDL kolesterola za 9,6%. Rezultati ovog istraživanja prate trendove pozitivnih promjena opisanog istraživanja sa 0,5 % smanjenja tjelesne mase i indeksa tjelesne mase. Iako su promjene male, ipak ukazuju na pozitivan utjecaj programa vježbanja u trajanju od samo dvanaest tjedana. Osnovna razlika u odnosu na prikazano istraživanje je u metodologiji istraživanja s obzrom da ispitanici nisu bili podvrgnuti određenom dijetnom režimu prehrane, naprotiv, uputa sudionicima je bila da ne mijenjaju svoje svakodnevne navike vezano uz uobičajenu prehranu. U pilates grupi zabilježene su također pozitivne, no značajno manje promjene uzrokovane programom vježbanja, no ne i za razinu glukoze i HDL kolesterola. Iz navedenog može se zaključiti da program nordijskog hodanja može u većoj mjeri utjecati na promjene sastava tijela, glukoze i lipida u krvi što ide u prilog tvrdnji da kardiometaboličke promjene ovise o vrsti, intenzitetu i trajanju tjelesne aktivnosti te kontroli prehrane. Povećanjem intenziteta vježbanja uz kontrolu prehrane može se očekivati povoljniji učinak na parametre sastava tijela, stoga su **Hagner - Derengowska i sur. (2015)** ispitali učinak 10-tjednog programa nordijskog hodanja na neke antropometrijske parametre i razine lipida u žena s prekomjernom tjelesnom težinom i pretilosti u postmenopauzi. Ukupno 32 žene u dobi od 50 do 68 godina vježbale su 5 puta tjedno kroz 10 tjedana te su bile podvrgnute niskokaloričnoj dijeti od 1500

kcal. Nakon provedenog programa utvrdili su promjene u antropometrijskim i biokemijskim parametrima i to nižim vrijednostima tjelesne mase u prosjeku 4,5 kg, 5,7% i ITM indeksa u prosjeku za 1,7 kg/m<sup>2</sup>, 5,7% kao i pozitivnim promjenama u nižim vrijednostima LDL-a i ukupnog kolesterola te višim HDL-a. U pretilih osoba i osoba s prekomjernom tjelesnom masom za veće gubitke mase tijela i promjene u biokemijskim parametrima, uz povećanje intenziteta vježbanja, potrebna je i dijetna prehrana koja mora biti strogo kontrolirana što je u ovoj studiji bio limitirajući faktor. Odnosno, pretpostavka je da bi polaznici programa nordijskog hodanja koji su sudjelovali u istraživanju za potrebe izrade doktorskog rada postigli još značajnije promjene u sastavu tijela da su bili podvrgnuti posebnom dijetnom režimu. No, s obzirom da je cilj bio utvrditi isključivo utjecaj tjelesnog vježbanja na određene parametre, izostavio se faktor promjene prehrambenih navika. Kada je riječ o konkretnim preporukama o provođenju tjelesne aktivnosti kod ciljanih populacija, prema smjernicama ACSM-a iz 2018., za osobe s prekomjernom tjelesnom masom za umjerene gubitke mase tijela potrebno je provoditi tjelesnu aktivnost više od 150 minuta tjedno, a za značajno smanjenje mase tijela i do 225-420 minuta u tjednu i to 5-7 dana. Nastavno na prikazane rezultate, neke druge studije potvrđuju navedene zaključke u svojim rezultatima, kao što su smanjenje tjelesne mase za 1,70 kg i ITM indeksa za 0,60 kg/m<sup>2</sup> (*Grant i sur., 2004*), no uz napomenu da su 12-tjedni programi bili dopunjeni vježbama snage, izdržljivosti i fleksibilnosti. Kada je riječ o neposrednom utjecaju nordijskog hodanja na povećanje snage mišića, autori *Kukkonen – Harjula i sur. (2007)* i *Figarde - Fabre i sur. (2010)* su proveli istraživanje u koje su bile uključene žene različitih dobnih skupina. Zajednički zaključak navedenih istraživanja je da nordijsko hodanje može inicirati pozitivne promjene morfološkog statusa i sastava tijela i to smanjenjem ukupne mase tijela, postotka masnog tkiva i indeksa tjelesne mase. Za povećanje mišićne mase nema suglasja i zaključci su oprečni jer se smatra da štapovi korišteni u hodanju predstavljaju oslonac i umanjuju učinak u povećanju mišićne mase, no istovremeno se povećava intenzitet vježbanja i energetska potrošnja. Navedeno je potvrđeno i ovim istraživanjem, s obzirom da po završetku sudjelovanja u programu nordijskog hodanja nije postignut značajan napredak u vrijednostima mišićne mase u odnosu na inicijalne vrijednosti. No, nordijsko hodanje preporuča se kao aktivnost za povećanje intenziteta vježbanja uslijed kojeg ne opada motivacija vježbanja, a posljedično kontinuiranim treninzima dovodi do razvoja i poboljšanja funkcionalnih sposobnosti (*Figard – Fabre i sur., 2011*). Rezultati istraživanja ovog doktorskog rada potvrđuju zaključke da su dva treninga nordijskog hodanja tjedno utjecala na smanjenje ukupne mase tijela za 0,46 kg i redukciju potkožnog masnog tkiva za 0,38% uz povećanje funkcionalnih sposobnosti ispitanika za 10%. Nadalje, učinak nordijskog hodanja opaža se i u pozitivnim

promjenama u repetitivnoj snazi nogu koja je mjerena brojem izvedenih čučnjeva. Dobiveni rezultati su sukladni nalazima već spomenutog istraživanja autora *Grigoletto i sur. (2022)* koji također navode da je broj izvedenih čučnjeva veći za oko 20% na finalnom mjerenju, što se povezuje s povećanjem snage donjih ekstremiteta. Kada je riječ o motoričkim sposobnostima, potrebno je naglasiti kako su ispitanici koji su sudjelovali u programu nordijskog hodanja ostvarili napredak, no on je u odnosu na ostala dva programa manje značajan. Takvi rezultati mogu se objasniti ciljem i usmjerenošću programa nordijskog hodanja koji je dominantno bio usmjeren na unaprjeđenje općeg zdravstvenog statusa i aerobnog kapaciteta. Također, cilj je bio i stvaranje pozitivnog stava prema hodanju kao tjelesnoj aktivnosti koja ne predstavlja visoko intenzivna opterećenja uslijed kojih može opasti motivacija za vježbanjem, već, naprotiv, može povećati želju za vježbanjem i promjenom životnih navika. Kao što je već spomenuto, dobiti nordijskog hodanja ogledaju se u promjenama morfoloških karakteristika. Primjerice, autori *Song i sur. (2013)* proučavali su utjecaj nordijskog hodanja na promjene u sastavu tijela i snagu mišića te profil lipida u starijih žena tijekom dvanaest tjedana uz vježbanje tri puta tjedno. Nordijsko hodanje kao oblik hodanja uključuje gornji dio tijela i ruke zbog štapova koji se koriste tijekom aktivnosti. Upravo stoga povećava se kalorijski učinak i potrošnja kisika ukoliko se uspoređuje s normalnim hodanjem (*Evans, Potteiger, Bray i Tuttle, 1994*). Rezultati spomenutog istraživanja pokazuju smanjenje tjelesne mase s 59,6 na 58,6 kg nakon provedenog programa kao i ITM indeksa s 25,4 na 24,0 kg/m<sup>2</sup>. Mišićna masa je povećana s 20,6 na 21,4 kg. U varijabli postotak tjelesne masti, ispitanici programa nordijskog hodanja zabilježili su pad vrijednosti s 34,2% prije intervencije na 32,9% nakon intervencije. Snaga mišića donjih ekstremiteta u ispitanika nordijskog hodanja mjerena testom čučnjeva u 30 s pokazala je značajnu promjenu, s 16,0 prije intervencije na 19,7 nakon intervencije. U studiji su potvrdili promjene u sastavu tijela, mišićnoj snazi i ukupnom kolesterolu u krvi koje se provelo tri puta tjedno u trajanju od 60 minuta tijekom 12-tjednog vježbanja. Prikazani rezultati sukladni su rezultatima ovog istraživanja ukoliko se oni promatraju u postotnim omjerima čime se potvrđuje primjenjivost osmišljenog programa vježbanja u pretili i nedovoljno aktivne populacije. S obzirom na povećanje intenziteta vježbanja i kalorijsku potrošnju *Figard-Fabre i sur. (2011)* istražili su utjecaj nordijskog hodanja u usporedbi s rekreativnim programom hodanja na neke fiziološke varijable u pretilih žena na malom uzorku od dvanaest ispitanica u programu hodanja i jedanaest u rekreativnom hodanju u trajanju od dvanaest tjedana uz vježbanje tri puta tjedno. Tjelesna masa, ITM indeks i postotak masnog tkiva nakon programa vježbanja bili su niži u obje grupe ispitanika dok je vršni primitak kisika porastao samo u grupi nordijsko hodanje. Zaključuju da nordijsko hodanje omogućuje

povećanje intenziteta vježbanja uz višu stopu pridržavanja bez povećanja percepcije napora što u konačnici može utjecati i na povećanje aerobnog kapaciteta. Navedeno je potvrđeno i u ovom istraživanju u kojem se utvrdilo da su ispitanici ostvarili značajno bolje rezultate na završnom mjerenju u BEEP testu kojim je procijenjena aerobna sposobnost i to povećanjem istrčanih dionica za prosječno 10 %. Ostvareni napredak svakako potvrđuje pozitivne učinke nordijskog hodanja na funkcionalne sposobnosti u osoba s prekomjernom tjelesnom masom. Nastavno na prikazane zaključke, autori *Tschentscher i Niederseer (2013)* u svom preglednom radu zaključuju kako nordijsko hodaње predstavlja opće prihvatljivu i svrsishodnu tjelesnu aktivnost zbog pozitivnih učinaka na srčano žilni sustav, frekvenciju srca u mirovanju, visinu krvnog tlaka i maksimalnu potrošnju kisika te ga smatraju korisnim oblikom vježbanja u primarnoj i sekundarnoj prevenciji različitih suvremenih bolesti uzrokovanih sjedilačkim načinom života. Slično zaključcima Tschentschera i Niederseera (2013), rezultati ovog istraživanja također su potvrdili kako nordijsko hodaње predstavlja vrlo učinkovit oblik tjelesne aktivnosti za sedentarne osobe. *Gobbo i sur. (2019)* u sustavnom pregledu također analiziraju učinak nordijskog hodanja na neke antropometrijske osobine, sastav tijela, kardiovaskularne parametre, aerobni kapacitet, uzorak krvi i toleranciju na glukozu kod osoba s prekomjernom tjelesnom težinom i pretilih ispitanika. Značajne pozitivne promjene i učinak nordijskog hodanja utvrđeni su u programima koji su bili vođeni od strane stručnih voditelja i visoke tjeđne učestalosti. U tjelesno neaktivne populacije hodaње predstavlja jednostavan načina kako povećati razinu dnevne tjelesne aktivnosti. Iako u mladih i zdravih ispitanika ono nije dovoljno za postizanje intenziteta potrebnog za izazivanje transformacijskih efekata, kod sedentarne populacije srednje i starije životne dobi predstavlja poželjnu tjelesnu aktivnost što je i dokazano ovim istraživanjem u kojem su se već nakon kraćeg perioda kontinuiranog sudjelovanja u programu utvrdile pozitivne promjene. Povećanjem brzine hoda može se postići optimalan intenzitet vježbanja, no u pretilih osoba zbog očekivane nemogućnosti povećanja brzine to postaje ograničavajući faktor, stoga se nordijsko hodaње preporuča kao metoda koja će progresivno povećati intenzitet vježbanja i energetske potrošnju. Zbog korištenja štapova konstruiranih posebno za ovu vrstu aktivnosti, tijekom izvođenja aktivni su gornji i donji dio tijela istovremeno što posljedično dovodi do uvećane energetske potrošnje u odnosu na klasično hodaње bez štapova. Upravo zbog toga, nordijsko hodaње smatra se učinkovitim i prihvatljivim oblikom tjelesne aktivnosti u pretilih osoba sa svrhom redukcije tjelesne mase, no s obzirom na prikazana istraživanja treba ga provoditi 4-5 puta tjeđno, najmanje 60 minuta dnevno uz kontrolu prehrane kako bi se dugoročno utjecalo na značajne promjene u cjelokupnom zdravstvenom statusu. Prema *Bouchard (2012)* gubitak tjelesne mase koji je

manji od 5% smatra se klinički beznačajnim, a na to je moguće utjecati na način da se trening provodi kontinuirano što posljedično utječe na značajnije promjene morfoloških karakteristika. Primjerice, učestalost treninga i samo trajanje programa vježbanja ima pozitivan učinak na tjelesnu masu i ITM indeks te je, prema dostupnim podacima, nakon četiri tjedna utvrđeno smanjenje tjelesne mase za 1,3% i ITM indeksa za 1,3% (*Kucio i sur., 2017*), nakon šest tjedana smanjenje tjelesne mase za 0,7%, ITM indeksa za 1,1% (*Pilch i sur., 2017*), dok su nakon deset tjedana zabilježene niže vrijednosti tjelesne mase za 5,6% i ITM indeksa za 5,6% (*Hagner-Derengowska i sur., 2015*). Primjerice, nakon dvanaest tjedana *Figard-Fabre i sur. (2011)* utvrdili su smanjenje tjelesne mase za 1,7%. Nastavno na navedeno, potvrđene su pozitivne promjene u sastavu tijela opisane nižim vrijednostima tjelesne masne mase nakon šest tjedana (*Pilch i sur., 2017*) za 0,6% i nakon dvanaest tjedana (*Figard-Fabre i sur., 2011*) za 2,2%. Prema navedenom, značajno niže vrijednosti tjelesne mase i ITM indeksa 6,4% utvrdile su *Hagner-Derengowska i sur. (2015)*, no uz program vježbanja visoke učestalosti i trajanja (60 min, 5/6 puta tjedno), a s ukupnim trajanjem od oko 300-360 minuta tjedno ispitanici su bili podvrgnuti i kontroli prehrane. Značajno smanjenje tjelesne mase i ITM-a (5,6% do 6,4%) moglo bi se smatrati klinički značajnim za što je potrebno uz vježbanje od četiri puta tjedno u trajanju od 60 minuta prilagoditi i prehranu u osoba s prekomjernom tjelesnom masom. Ukoliko se nordijsko hodanje provodi pod nadzorom i u trajanju 150-300 minuta tjedno uz progresivno povećanje intenziteta s 55% na 75% maksimalne srčane frekvencije tada može utjecati na povećanje aerobnog kapaciteta (*Venojarvi i sur., 2013; Wiklund i sur., 2014; Kucio i sur., 2017*). S obzirom na prikazano, moguće je zaključiti kako ispitanici nordijskog hodanja u ovom istraživanju nisu ostvarili klinički značajne promjene morfoloških karakteristika, no daljnjim kontinuiranim sudjelovanjem u treningu, povećanjem trenažnog volumena i promjenama u prehranbenim navikama za očekivati je da bi promjene bile značajnije.

Kod pretilih osoba i osoba s prekomjernom tjelesnom masom i hipertenzijom jedna od metoda prevencije rizika razvoja pojedinih kroničnih bolesti jest povećanje tjelesne aktivnosti. U svom istraživanju *Kucio i sur. (2017)* za cilj su imali istražiti utjecaj primjene nordijskog hodanja u liječenju osoba u koji je dijagnosticirana hipertenzija i pretilost. Ispitanici su bili raspodijeljeni u dvije grupe od kojih je jedna provela vježbanje po programu nordijskog hodanja u trajanju od četiri tjedna dok je druga bila podvrgnuta medikamentoznoj terapiji. Rezultati nakon provedenog programa pokazali su da u grupi koja je vježbala nije bilo značajne promjene u vrijednostima krvnog tlaka, međutim utvrdili su niže vrijednosti tjelesne mase i ITM indeksa, kao i niže vrijednosti triglicerida i ukupnog kolesterola kao metaboličkih čimbenika rizika za

kardiovaskularne bolesti. Program nordijskog hodanja izvodili su pet puta tjedno u trajanju od četiri tjedna. Vježbe su započinjale 10-minutnim zagrijavanjem nakon čega su u prvom tjednu hodali 30 minuta brzinom od 3 km/h nakon kojeg je tijekom slijedeća 2-4 tjedna povećana brzina hodanja na 5 km/h, a trajanje na 40 minuta tijekom kojeg su ispitanici dosegli opterećenje između 40-70% maksimalne srčane frekvencije. Sličan program proveden je i s polaznicima nordijskog hodanja u ovom istraživanju, gdje je također progresivno povećavan intenzitet vježbanja, ali i ekstenzitet kada je riječ o ukupnom vremenu provedenom u pojedinoj trenažnoj zoni opterećenja.

Iako relativno noviji oblik rekreativnog bavljenja tjelesnom aktivnošću, nordijsko hodanje sve je popularnije te je zbog svojih karakteristika prihvatljivo osobama različite životne dobi i različitim funkcionalnih sposobnosti. S obzirom da se izvodi na otvorenom, u prirodi i u terenskim uvjetima u pravilu je onemogućeno stalno praćenje funkcija srčano-žilnog sustava (EKG-a, vrijednosti krvnog tlaka, srčane aktivnosti). Stoga, ukoliko se osobe s kardiovaskularnim bolestima uključuju u programe nordijskog hodanja, treba procijeniti rizike kako bi isključili moguće posljedice i negativne učinke tijekom vježbanja. Upravo stoga malo je radova koji su istražili učinke nordijskog hodanja u bolesnika s kardiovaskularnim bolestima. Za potrebe ovog istraživanja, nastojalo se kontinuirano pratiti određene parametre fiziološkog opterećenja korištenjem satova koji omogućuju praćenje frekvencije srca. Na temelju tih parametara omogućeno je kreiranje i modifikacija trenažnog programa kako bi se u konačnici osigurala individualizacija trenažnog opterećenja za svakog pojedinog ispitanika.

Danas postoji široka ponuda različitih trenažnih programa te se s obzirom na usmjerenost pojedinih programa vježbanja razlikuje i njihov utjecaj na morfološki, motorički i funkcionalni status. Primjerice, autori *Takeshima i sur. (2013)* usporedili su učinke nordijskog hodanja s konvencionalnim hodanjem te vježbanja s otporom na opću funkcionalnu sposobnost, statičku i dinamičku ravnotežu kod starijih osoba. Ispitanici su provodili programe vježbanja 50-70 minuta dnevno tri puta tjedno dok su vježbe snage radili dva puta tjedno kroz dvanaest tjedana. Snaga mišića gornjeg dijela tijela poboljšana je za 22,3 % kod treninga s otporom, dok je u grupi koja je radila po programu nordijskog hodanja poboljšanje rezultata bilo 11,6%. Pozitivni trend povećanja opće funkcionalne sposobnosti zabilježen je u grupi nordijsko hodanje 10,9% u usporedbi s rezultatima ispitanika koji su provodili program vježbanja s otporom. Primjerice, kada se prikazani rezultati uspoređuju s rezultatima ovog istraživanja, također je najveći pozitivan trend u povećanju snage mišića gornjeg dijela vidljiv kod polaznika kružnog programa, dok je s druge strane potrebno naglasiti da je napredak u testu za procjenu



funkcionalnih sposobnosti gotovo jednak neovisno o usmjerenosti trenažnog programa. Svaki od provedenih programa vježbanja pozitivno je utjecao na promjene različitih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, no nordijsko hodanje ima najveći učinak na razvoj opće funkcionalne sposobnosti i fleksibilnosti u starijih osoba, dok je trening s otporom pokazao bolje rezultate kada je riječ o mišićnoj snazi.

S obzirom da je ženska populacija bila zastupljenija u ovom istraživanju, zanimljivo je istaknuti neposredne dobrobiti trenažnih programa koje su utvrđene upravo u ženskoj sedentarnoj populaciji srednje i starije životne dobi. Primjerice, menopauza u žena povezana je s padom funkcionalne sposobnosti, serumskim razinama lipida i maksimalnog aerobnog kapaciteta za što je potrebno istražiti koji intenzitet i modalitete vježbanja promijeniti kako bi se ublažio negativni utjecaj menopauze u toj populaciji. Kako bi istražili navedenu problematiku, autori *Trabka i sur. (2014)* istražili su učinkovitost kombiniranog aerobnog vježbanja, nordijskog hodanja i treninga snage na antropometrijske karakteristike, razinu lipida u serumu, motoričku izvedbu i funkcionalnu sposobnost kod pretilih žena u postmenopauzi. Kako je pretilost povezana s povećanim ITM indeksom, uz što se veže i narušen omjer i koncentracija lipida, njihovom interakcijom povećava se rizik od kardiovaskularnih bolesti (*Gorodeski (2002)*). Programi su trajali deset tjedana, tri puta tjedno u eksperimentalnoj grupi, a kontrolnu grupu činila je skupina podvrgnuta redukcijskoj prehrani. Svaki pojedinačni trening sastojao se od 40 minuta vježbanja prema planu nordijskog hodanja nakon kojih se izvodilo 20 minuta vježbi snage. Koristili su vlastitu masu kao opterećenje, a odabir vježbi je bio ciljan na razvoj statičke i dinamičke snage gornjeg i donjeg dijela trupa. Vježbe su se intenzitetom progresivno povećavale od 50% do 80% od maksimalne srčane frekvencije i to svaka dva tjedna za 10 %. Utvrdili su eksperimentalnoj skupini više vrijednosti maksimalnog unosa kisika, pozitivan omjer struka/kukova te snazi gornjeg i donjeg dijela tijela, dok je u kontrolnoj skupini opaženo samo povećanje razine LDL-a. Zaključuju iz dobivenih rezultata da kombinirani program vježbanja može inicirati pozitivne promjene u funkcionalnoj sposobnosti povećanjem VO<sub>2</sub>max, razinama HDL i LDL lipida, omjere struka i kukova te da se na kvalitetu života koja je vezana uz zdravlje može utjecati povećanjem vremena provedenog u nekom programu tjelesnoga vježbanja. Ovi rezultati naglašavaju važnost trajne uključenosti u strukturirane programe vježbanja, no način i mjesto vježbanja također mogu imati značajan utjecaj na pridržavanje tjelesne aktivnosti.

Naime, povećanje razine tjelesne aktivnosti moguće je ostvariti kroz različite programe vježbanja, ovisno o preferencijama i dostupnim resursima. Korištenje zelenih površina i

vježbanje na otvorenim javnim prostorima zbog svoje dostupnosti predstavlja jedan od načina povećanja dnevne tjelesne aktivnosti u sedentarne populacije. Nasuprot tome, čini se nedovoljno optimalan za vježbanje zbog ograničenih uvjeta, sigurnosti, pristupačnosti i privlačnosti posebno u ženske populacije te se neki pojedinci ipak radije odlučuju za vježbanje u zatvorenom prostoru uključenjem u neki od oblika grupnih programa treninga (*Toselli i sur., 2022*). Autori *Grigoletto i sur. (2023)* usporedili su učinkovitost dva različita programa vježbanja, i to programa nordijskog hodanja na otvorenom i treninga s otporom u zatvorenom prostoru fitness centra u izazivanju tjelesnih, fizioloških i motoričkih promjena. U istraživanje su uključena 102 ispitanika; 77 u nordijsko hodanje i 25 u trening s otporom. Program je trajao tri mjeseca, treninzi su se provodili dva puta tjedno po 60 minuta, isto kao i programi koji su se provodili u sklopu istraživanja za potrebe ovog doktorskog rada. Odabir vježbi snage bio je za obje grupe sličan po intenzitetu i topološkim regijama tijela. Mjereni su tjelesna masa, ITM indeks, neki kožni nabori i opsezi, sastav tijela te su provedeni motorički testovi. Rezultati istraživanja, s obzirom na cijeli uzorak, ukazuju na pozitivne učinke nordijskog hodanja i treninga s otporom. Utvrdili su značajno manje vrijednosti masne mase i postotka masti te značajan porast snage mišića nogu i to više u grupi koja je provodila program s vanjskim opterećenjem. Rezultati ovog istraživanja potvrđuju tezu da vježbe s vanjskim opterećenjem imaju veći učinak na promjene sastava tijela što dokazuju dobivene razlike između grupe ispitanika nordijskog hodanja i kružnog programa vježbanja. Naime, rezultati ispitanika nordijskog hodanja su svega za 0,5 % bolji kada se promatraju vrijednosti mase tijela nakon provedenog programa vježbanja i 0,7 % niže vrijednosti postotka masti, u odnosu na ispitanike kružnog programa gdje su ti rezultati prosječno bolji za 3-5 % na završnom mjerenju. Nadalje, veći učinak na povećanje snage mišića nogu također su potvrđeni rezultatima ispitanika kružnog programa vježbanja. Statička snaga nogu povećana je za 60 % u odnosu na početna mjerenja, a repetitivna snaga nogu za 34 % kod polaznika kružnog programa vježbanja. Manji učinak vidljiv je kod polaznika programa nordijskog hodanja koji su poboljšali svoje rezultate za 20 % u odnosu na inicijalno stanje.

Temeljem navedenog, može se zaključiti da trening s otporom može potaknuti promjene lokomotornog sustava povećanjem mišićne snage i izdržljivosti (*Pollock i sur., 2000; Braith i sur., 2006*) i smanjiti rizike nastajanja osteoporoze, sarkopenije te smanjiti bol u donjem dijelu leđa, posebno kod žena. Noviji dokazi ukazuju i na pozitivan utjecaj na rizike koji su usko vezani uz nastajanje dijabetesa, srčanih bolesti ili karcinoma (*Katzmarzyk i sur., 2002; Winnett i sur., 2001; Fitzgerald i sur., 2004*). Ukoliko je program vježbanja s vanjskim opterećenjem

planiran i na temelju podataka mjerenja svrsishodno programiran, tada je za očekivati visoku razinu učinkovitosti u transformaciji motoričkih i funkcionalnih sposobnosti ispitanika, prevenciji i rehabilitaciji ozljeda lokomotornog sustava te promjenu zdravstvenog statusa (*Fleck i sur., 1997*). Glavni cilj vježbanja s otporom je utjecaj na razvoj i održavanje mišićne mase, izdržljivosti i snage, a preporuča se u trajanju od najmanje dva puta tjedno s 8-10 različitih vježbi. Predlažu se ciljane vježbe za velike i glavne mišićne skupine, a njihova učinkovitost ovisi o učestalosti vježbanja, volumenu treninga i vrsti s obzirom na odabir opterećenja. Koriste se obično slobodni utezi ili trenažeri s kontrolom pokreta, izokinetičke ili izometrijske vježbe s ekscentričnim, koncentričnim ili izometrijskim kontrakcijama mišića (*Garhammer i sur., 1992; Fleck i sur., 1997*). Većim brojem ponavljanja s manjom relativnom težinom vanjskog otpora i to 12–20 ponavljanja utječe se na razvoj mišićne izdržljivosti (*Fleck i sur., 1997*), dok se povećanjem intenziteta vježbanja povećava mišićna snaga (*McDonagh i sur., 1984*). Ukoliko se povećava ukupni volumen treninga koji podrazumijeva veći broj setova vježbi, ponavljanja i velikih vanjskih težina, tada se govori o utjecaju na razvoj mišićne mase i izdržljivosti (*Fleck i sur., 1997*). Svi programi u kojih je zastupljeno 8-12 ponavljanja, a izvode se na 55-70% maksimalnog broja otkucaja srca, smatraju se treninzima umjerenog intenziteta. Odmor između vježbanja mora omogućiti oporavak kako bi se smanjila mogućnost nastanka pretreniranosti čime se stvaraju preduvjeti za razvoj mišića, a preporuka je bar 48 sati (*Fleck i sur., 1997*). Navedene preporuke uzele su se obzir kada se osmišljavao kružni program vježbanja koji se primjenjivao u ovom istraživanju, s naglaskom na prilagodbu pojedinih vježbi mogućnostima svakog pojedinog polaznika. S obzirom da se radilo o sedentarnoj populaciji koja nema razvijenu naviku tjelesnog vježbanja, treneri su individualnim pristupom pokušavali motivirati svakog polaznika i nastojali osigurati zamjenske vježbe sukladno mogućnostima pojedinaca. Iako je opterećenje od dva treninga tjedno malo, dokazano je da se za osobe u kojih je utvrđena tjelesna neaktivnost, učestalost vježbanja od dva dana tijekom tjedna čini dostatnom za pokretanje pozitivnog trenda stvaranja promjena. Navedeno potvrđuju autori *DeMichele i sur. (1997)* koji su zaključili u svom istraživanju da nije bilo razlike u snazi rotatora trupa između grupa koje su vježbale dva ili tri dana u tjednu, čak su zabilježili i višu stopu pridržavanja u grupi koja je vježbala dva dana u tjednu. U programima koji traju dulje od 60 minuta zabilježena je i viša stopa odustajanja, stoga je izuzetno važno osmisliti primjeren plan i program treninga koji će odgovarati potrebama i mogućnostima pojedinaca koji nemaju razvijenu naviku tjelesnog vježbanja (*Pollock, 1998*).

U današnje vrijeme, javnozdravstvene smjernice u načelu promoviraju aerobno vježbanje i dobiti na zdravlje kroz utjecaj na povećanje kardiorespiratorne sposobnosti s pozitivnim učincima na sastav tijela. Iz tog razloga se polaznicima omogućio odabir i kardio programa vježbanja usmjerenog primarno na razvoj funkcionalnih sposobnosti. Naime, poznato je da redovna tjelesna aktivnost utječe na pozitivne promjene opće radne sposobnosti i smanjuje rizik od srčano-žilnih bolesti u pretilih osoba, no nije potpuno jasno koji intenzitet aerobnog vježbanja, visoki ili umjereni, ima bolji učinak u odnosu na vježbe snage. Intenzitet vježbanja obično je u rasponu od 40-90% od maksimalnog primitka kisika, a vježbanje višim intenzitetom rezultira većim aerobnim i srčano žilnim prilagodbama (*Dubach i sur., 1997; Rogmo i sur., 2004*). Za potrebe ovog istraživanja, predviđen intenzitet opterećenja tijekom vježbanja bio je 70% od maksimalne srčane frekvencije za svakog ispitanika. Osim poboljšanja u rezultatima testa za procjenu funkcionalnih sposobnosti, polaznici kardio programa ostvarili su značajan napredak i u sastavu tijela što ukazuje na primjereno osmišljen plan i program treninga iako je on trajao samo dvanaest tjedana. Usporedba različitih programa treninga provedena je i u studiji **Schjerve i sur. (2008)** gdje je ukupno četrdeset ispitanika podijeljeno u različite grupe prema programu vježbanja i to grupa aerobnog programa vježbanja visokog intenziteta, zatim grupa kontinuiranog aerobnog programa vježbanja umjerenog intenziteta i grupa koja je provodila kružni program snage. Ispitanici su vježbali tri puta tjedno u trajanju od dvanaest tjedana. U aerobnom programu visoki intenzitet vježbanja podrazumijevao je intervalno hodanje/trčanje na 85-95% maksimalne brzine otkucaja srca, dok je umjereno intenzivno opterećenje predstavljalo vježbanje na 60-70% maksimalne brzine otkucaja srca. Kružni trening snage provodio se u četiri serije s po pet ponavljanja, na 90% od 1RM-a (maksimalno jedno ponavljanje) za noge uz dodatak vježbi snage prednje i stražnje strane trupa. Maksimalni primitak kisika povećao se u svim grupama s najvećim učinkom u programu aerobnog vježbanja visokog intenziteta. Niže razine oksidiranog LDL-a utvrđene su u ispitanika koji su provodili kružni program snage i aerobnog programa vježbanja umjerenog intenziteta. Niže vrijednosti tjelesne mase i dijastoličkog krvnog tlaka utvrđene su kod ispitanika aerobnih programa vježbanja, a maksimalna snaga mišića za 25% je povećana u grupi kružnog programa vježbanja dok u aerobnim programima neovisno o intenzitetu vježbanja te razlike u mišićnoj snazi nisu utvrđene. Zabilježene su niže vrijednosti ITM-a te za 3% manja vrijednost tjelesne mase u ispitanika oba aerobna programa vježbanja, dok u ispitanika programa snage nije bilo utjecaja na promjene u masi tijela i ITM indeksu. Aerobni programi vježbanja utjecali su na redukciju masne mase tijela za 2,2% i 2,5% ovisno o intenzitetu vježbanja, dok u ispitanika kružnog programa snage nema utvrđenih promjena. Navedeni rezultati slični su kada se

promatraju rezultati ispitanika ovog istraživanja gdje su također najveće promjene u snazi mišića vidljive kod polaznika kružnog programa koji su ostvarili i najveći pomak u motoričkim testovima. Nadalje, primjetne su sličnosti u utjecaju treninga na smanjenje tjelesne mase i ITM indeksa, neovisno o usmjerenosti trenažnog programa.

Usljed porasta tjelesno neaktivne populacije, a s tim u vezi i većeg broja pretilih osoba i osoba prekomjerne tjelesne mase s nižom razinom radne sposobnosti, istražuju se učinci različitih programa tjelesnoga vježbanja za poboljšanje sposobnosti i osobina odgovornih za tjelesnu izvedbu što je i jedan od ciljeva ovog istraživanja.

Jedan od primjera istraživanja koji se provodio na tjelesno neaktivnoj populaciji s prekomjernom tjelesnom masom je ono autora *Kyrolainen i sur. (2017)* u koje su bile uključene žene u dobi od 25 do 30 godina koje su tjelesno neaktivne, s utvrđenom prekomjernom tjelesnom masom i ITM indeksom većim od 25. Provodile su aerobni program vježbanja na bicikl ergometru s intenzitetom od 85-91% maksimalnog primitka kisika i vježbe snage s vanjskim opterećenjem s postupnim povećanjem intenziteta s 5 do 15 ponavljanja, tri puta tjedno kroz devet tjedana. Rezultati istraživanja nakon provedenog programa potvrđuju povećanje maksimalnog primitka kisika za 8,5%, dok je maksimalna izometrijska snaga nogu povećana za 28,9 % i ruku za 7,8 % kao i fleksora trupa 27,2 % te ekstenzora trupa 16,1%. Metabolički parametri poput ukupnog kolesterola bili su niži za 7,6%, a HDL viši za 8,8%, dok su LDL, hemoglobin, serumska glukoza i trigliceridi ostali nepromijenjeni. Nadalje, utvrdili su samo malo povećanje mišićne mase za 0,8% u sastavu tijela, dok u drugih mjerenih varijabli nisu opazili statistički značajne promjene. Izvode zaključak da je svega devet tjedana vježbanja dostatno za pozitivne promjene zdravstvenog statusa te povećanja izdržljivosti i snage u tjelesno neaktivnih i pretilih žena (*Kyrolainen i sur., 2017*). Također, potrebno je naglasiti kako je vjerojatno upravo kombinacija aerobnog treninga i treninga s vanjskim opterećenjem omogućila postizanje značajnih promjena, onih vezanih uz promjenu sastava tijela kao i onih vezanih uz mišićnu snagu i općenito motoričke testove.

Posve je jasno da tjelesno vježbanje pozitivno utječe na čimbenike rizika od srčano-žilnih bolesti, no nije potpuno jasna učinkovitost različitih programa vježbanja stoga postoji niz istraživanja koja se nastoje usmjeriti na proučavanje konkretnog utjecaja različito usmjerenih trenažnih programa na čimbenike rizika. Jedno od takvih istraživanja proveli su autori *Ho i sur. (2012)* koji su proučavali dobrobiti aerobnog programa vježbanja, programa vježbi s otporom i kombiniranog programa vježbanja u pretilih osoba i osoba s prekomjernom tjelesnom masom.

U trajanju od 12 tjedana usporedili su učinkovitost tri programa vježbanja na faktore rizika srčano žilnog sustava, tjelesnu masu i postotak masnog tkiva. Utvrdili su niže vrijednosti mase tijela za 1,6 % u ispitanika kombiniranog programa vježbanja u usporedbi s kontrolnom skupinom i skupinom vježbi s otporom. Nadalje, vrijednosti ukupne masne mase su niže za 4,4 % u odnosu na kontrolnu grupu te 3 % manje na grupu koja je vježbala s vanjskim opterećenjem. Statistički značajno niže vrijednosti u postotku tjelesne masti za 2,6% i postotku abdominalne masti za 2,8% ostvarili su ispitanici kombiniranog programa vježbanja, kao i bolje pokazatelje kardio-respiratorne sposobnosti za 13,3% u usporedbi s kontrolnom skupinom. Ukupno 97 ispitanika podijeljeno je u grupe prema programu vježbanja i to aerobni program hodanja na traci koji je trajao 30 minuta, zatim vježbe s otporom 30 minuta koristeći sprave s utezima te kombinirani program vježbanja 15 minuta aerobnih i 15 minuta vježbi s otporom. Zaključuju da 12 tjedni program treninga s vanjskim opterećenjem umjerenog intenziteta ili kombinirani program vježbanja u trajanju od 30 minuta, pet dana u tjednu imaju pozitivne učinke u smanjenju rizika nastajanja srčano žilnih bolesti. Utvrdili su da kombinirani programi vježbanja ima veće koristi u redukciji mase tijela, smanjenju masnog tkiva te povećanoj kardiorespiratornoj sposobnosti nego aerobni programi ili vježbanje s otporom. Zaključke prikazanog istraživanja moguće je samo djelomično usporediti s rezultatima ovog istraživanja, s obzirom da se volumen treninga u potpunosti ne podudara. No, ono što je slično je odabrana usmjerenost trenažnog programa na poboljšanje aerobnih kapaciteta i promjene morfoloških karakteristika gdje je vidljivo da se trenažnim procesom u trajanju od samo 12 tjedana uistinu mogu izazvati pozitivne promjene i postići pozitivan trend kretanja rezultata što posljedično utječe na dugoročno poboljšanje zdravstvenog statusa. Slično istraživanje proveli su autori **Mohammadi i sur. (2018)** koji su usporedili učinke aerobnog programa vježbanja, programa vježbanja s vanjskim opterećenjem i kombiniranog programa vježbanja na neke parametre sastava tijela u neaktivnih osoba muškog spola. U istraživanje je uključeno 47 muškaraca u dobi od 40 do 60 godina, a prema dobivenim rezultatima utvrđuju značajno niže vrijednosti tjelesne mase u ispitanika aerobnog i kombiniranog programa vježbanja, kao i niže vrijednosti ITM, dok je postotak masti bio niži u sve tri grupe. Slični nalazi dobiveni su i po završetku programa vježbanja provedenim u ovom istraživanju, odnosno kod svih polaznika zabilježene su pozitivne promjene u sastavu tijela, s naglaskom na veće promjene postignute kod polaznika kružnog programa i kardio programa.

Kada je riječ o sedentarnoj populaciji, učestalo se kao posljedica takvog načina života javlja prekomjerna tjelesna masa, odnosno negativne promjene u sastavu tijela koje se očitavaju

kroz povećanu tjelesnu masu, povećan ITM indeks, povećan % potkožnog masnog tkiva i smanjenje mišićne mase. Za održavanje optimalne mase tijela energetske unos morao bi biti jednak energetskej potrošnji, a predstavlja energetskeu ravnotežu koja može biti poremećena i u konačnici uzrokovati prekomjernu ili nedovoljnu masu tijela. Tjelesna aktivnost dokazano ima važnu ulogu u održavanju i kontroli mase tijela stoga se kod planiranja i programiranja vježbanja treba uzeti u obzir trajanje, intenzitet i vrstu tjelesne aktivnosti (*Donges, 2012*). U već spomenutom radu autora *Mohammadi i sur. (2018)* utvrdilo se da su i aerobni i kombinirani programi vježbanja utjecali na smanjenje mase tijela iako je aerobni program vježbanja imao veći učinak, isto kao što je to bio slučaj kod polaznika kardio programa u ovom istraživanju. Nadalje, u ispitanika programa treninga s vanjskim opterećenjem i kombiniranom programu treningu više su vrijednosti bezmasne mase tijela, dok je u ispitanika aerobnog programa vježbanja utvrđen niži postotak masti. Navedeno je također sukladno dobivenim rezultatima ovog istraživanja, odnosno polaznici kružnog programa imaju zabilježene veće pomake u povećanju mišićne mase, dok je kod polaznika kardio programa zabilježen veći napredak kada se promatra isključivo postotak masnog tkiva.

Takvi zaključci dobiveni su u još nekim radovima koji su usmjereni na područje utjecaja različito usmjerenih trenažnih programa na različite komponente morfološkog statusa. Primjerice, *Ho i sur. (2012)* istraživali su učinak 12-tjednog kombiniranog aerobnog programa vježbanja i treninga s otporom na vrijednosti ITM-a kod muškaraca i žena srednje dobi te su potvrdili značajno niže vrijednosti nakon provedenog programa u oba spola što se slaže i s istraživanjem *Willis i sur. (2012)* koji su potvrdili najveći učinak na smanjenje postotka masti tijela kombiniranim programom vježbanja.

Utjecaj tjelesne aktivnosti učestalo se promatra kroz pozitivne učinke uzrokovane isključivo promjenom tjelesne mase, i to iz više razloga. Naime, niže vrijednosti mase tijela pozitivno su povezane s rizicima nastajanja različitih kroničnih bolesti, stoga smjernice *National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI, 1998)* promoviraju smanjenje mase tijela za 10%, iako neka istraživanja potvrđuju promjene i utjecaj na zdravlje i smanjenjem od svega 3% do 5% (*Esposito i sur., 2003; Carels i sur., 2004; Haffner i sur., 2005*) do onih koja to tvrde i za minimalne gubitke mase tijela od svega 2-3% (*Ditschuneit i sur., 1999; Flechtner-Mors i sur., 2000*). Kao što je već spomenuto, tjelesna aktivnost je jedna od najučinkovitijih metoda kojom se može kontrolirati masa tijela stoga *American college of sports medicine, ACSM*, predlaže minimalno 150 minuta tjelesne aktivnosti tijekom tjedna, a *Stevens i sur. (2006)* definiraju održavanje mase kad je ona stabilna u rasponu od 3-5%. Prema *Donnelly i*

*sur. (2000)* koji su u istraživanju pretilih žena tijekom osamnaest mjeseci zabilježili marginalne gubitke mase tijela od svega ~2% u grupi koja je redovno vježbala do svega ~1% u grupi koja je imala prekide u vježbanju, utvrdili su, iako minimalne promjene u masi tijela, značajno bolje vrijednosti HDL i glukoze što potvrđuju rezultati *Kraus i sur. (2002)*. Na temelju prethodno spomenutih istraživanja, moguće je zaključiti da je tjelesno vježbanje umjerenog intenziteta u trajanju od 150 do 250 minuta tokom tjedna uz kontrolu prehrane dovoljno da se održi masa tijela u rasponu od 3%, dok uz stručni nadzor provođenja vježbanja u kontroliranim uvjetima moguće je utjecati i na više od 3% gubitka mase tijela. Kada je konkretno riječ o utjecaju treninga s otporom na masu tijela, takav tip treninga nije dovoljno učinkovit kada se govori o smanjenju ukupne mase tijela, no prednosti se ogledaju u povećanju mišićne mase i smanjenju masne mase tijela, odnosno u promjeni udjela masne i mišićne mase, što se potvrdilo i rezultatima ovog istraživanja. Tjelesna masa ispitanika kružnog programa vježbanja bila je 3% manja na finalnom mjerenju i ne predstavlja značajne pozitivne pomake, što se slaže s istraživanjem *Donnelly i sur. (2009)*, a smatra se klinički beznačajnim (*Bouchard i sur., 2012*). No, važno je spomenuti da se upravo udio mišićne mase značajno povećao u odnosu na inicijalno stanje. Isto tako, rezultati motoričkih testova pokazuju najveći utjecaj na poboljšanje snage mišića u grupi koja je vježbala po kružnom programu s vanjskim opterećenjem u odnosu na ostale dvije grupe. Dobiveni rezultati sukladni su zaključku istraživanja *Feigenbaum i sur. (1999)* i *Winnet i sur. (2001)*, koji zaključuju da trening s vanjskim opterećenjem pozitivno utječe na lokomotorni sustav kao i na razvoj i održavanje funkcionalnih sposobnosti te prevenciju osteoporoze, posebno u ženskoj populaciji.

Nadalje, *Park i sur. (2020)* istražili su utjecaj kombiniranog aerobnog programa vježbanja i vježbanja s vanjskim opterećenjem na sastav tijela, kardiometaboličke rizike i tjelesnu sposobnost pretilih starijih muškaraca. Program vježbanja uključivao je vježbe s vanjskim opterećenjem za što su korištene elastične trake te hodanje i trčanje na traci i bicikl ergometru na 60–70% maksimalnog broja otkucaja srca u minuti u trajanju od tri dana tijekom dvanaest tjedana, što je slično trenažnom procesu kojem su bili podvrgnuti polaznici kružnog i kardio programa istraživanju provedenom u sklopu ovog doktorskog rada. Rezultati potvrđuju značajno smanjenje mase tijela, ITM indeksa i postotka tjelesne masti, kao i niže vrijednosti krvnog tlaka u eksperimentalnoj grupi koja je bila podvrgnuta treningu. Nadalje, lipoproteini niske gustoće u plazmi i ukupni kolesterol bili su značajno niži, dok je maksimalni primitak kisika i snaga stiska šake bila značajno viša. Zaključuju da redovno tjelesno vježbanje koje obuhvaća aerobne vježbe i vježbe snage poboljšava sastav tijela, tjelesnu ili radnu sposobnost



u pretilih muškaraca te smanjuje kardiometaboličke faktore rizika. Rezultati ovog istraživanja u skladu su s nekim dosadašnjim istraživanjima koja potvrđuju da aerobni programi vježbanja na laktatnom pragu (*Colleluori i sur., 2019*) kao i kombinirani programi vježbanja visokog intenziteta mogu smanjiti masu tijela, postotak masti i ITM u pretilih osoba s utvrđenom prekomjernom masom tijela (*Šavkin i sur., 2016*). U odraslih osoba koje su tjelesno neaktivne zabilježen je gubitak mišićne mase od 3% do 8% po desetljeću uz što se vezuje i usporen metabolizam u mirovanju te nakupljanje masti i povišene vrijednosti masne mase tijela (*Flegal i sur., 2010*). Programi vježbanja s naglaskom na razvoj snage s vanjskim opterećenjem mogu povećati nemasnu masu tijela za 1,4 kg, brzinu metabolizma u mirovanju za 7% te smanjiti masnu masu tijela za 1,8 kg. Učinak treninga snage s vanjskim opterećenjem ogleda se povećanjem tjelesne sposobnosti i izvedbe, kontroli pokreta, brzini hoda, funkcionalnoj neovisnosti te povećanjem kognitivne sposobnosti i samopoštovanja. Bilježi se i pozitivan utjecaj na zdravlje srčano žilnog sustava i to nižim vrijednostima krvnog tlaka u mirovanju, nižim koncentracijama LDL kolesterola niske gustoće i povećanjem HDL kolesterola visoke gustoće. Nadalje, može inicirati povećanje mineralne gustoće kostiju od 1% do 3% te smanjiti bol u donjem dijelu leđa (*Westcott, 2012*).

S obzirom na rezultate prikazanih istraživanja, moguće je u konačnici zaključiti da se pozitivan utjecaj tjelesnog vježbanja na cjelokupni zdravstveni status ipak najviše manifestira kroz primjenu metoda vježbanja koje čine kombinaciju aerobnih vježbi i vježbi snage. Na taj način moguće je postići najveći učinak u smislu pozitivnih promjena tjelesne mase, ITM i visceralnog masnog tkiva nego kada se program vježbanja ograničava na isključivo aerobne vježbe ili vježbe s vanjskim opterećenje (*Sigal i sur., 2007*).

Kada je riječ o neposrednom utjecaju prekomjerne mase tijela i visokog ITM indeksa na zdravstveni status, navedeni čimbenici uz abdominalnu adipoznost povećavaju rizik od razvoja različitih kroničnih bolesti, poput dijabetesa tipa 2, hipertenzije i nekih srčano žilnih bolesti. Osim toga, višak tjelesne masti povezan je s ubrzanim procesima starenja, što se očituje kroz promjene u biomarkerima poput povećanih razina upalnih markera, oksidativnog stresa i inzulinske rezistencije. Primjerice, više vrijednosti abdominalnog masnog tkiva vezuju se uz inzulinsku rezistenciju s višim vrijednostima C–reaktivnog proteina i nekih drugih biomarkera koji su povezani s dijabetesom i srčano žilnim bolestima. I mali gubici mase tijela mogu utjecati na smanjenje abdominalnog masnog tkiva, smanjenu osjetljivost na inzulin te nižim vrijednostima triglicerida u krvi i HDL lipoproteina, čime se ogleda pozitivan učinak tjelovježbe na kardiometaboličke rizike (*Haffner, 2007*). Zaključuje se da visoki udio visceralne masti i

abdominalna pretilost predstavljaju markere za povećani rizik od dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti, stoga aerobni trening u kombinaciji s vježbama snage mogu biti korisni u smanjenju rizika obolijevanja. Iz tog razloga su za potrebe ovog istraživanja odabrani trenažni programi koji su ciljano usmjereni na razvoj aerobnih sposobnosti ili pak na povećanje mišićne snage. Cilj je bio utvrditi postoji li razlika u utjecaju na zdravstveni status kada se izolirano primjenjuju trenažni programi različite usmjerenosti, no s obzirom na rezultate drugih istraživanja svakako je smjernica za buduća istraživanja proučavati i utjecaj kombiniranog programa treninga na biomarkere starenja kako bi se dobila cjelokupna slika.

Dobrobiti redovite tjelesne aktivnosti ogledaju se kroz poboljšanje općeg zdravstvenog statusa, utjecaja na modeliranje imunološkog sustava te nastale promjene u upalnom statusu putem N-glikozilacije imunoglobulina G (IgG). Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj redovite tjelesne aktivnosti na ukupni upalni status praćenjem IgG N-glikozilacije u pretilih osoba srednje životne dobi, tjelesno neaktivnih, u kojih je utvrđena prekomjerna tjelesna masa i visok ITM indeks budući se tjelesna aktivnost smatra jednim od glavnih neinvazivnih pristupa u liječenju pretilosti koja je povezana s lošim metaboličkim zdravljem i raznim bolestima. Ispitanici u ovom istraživanju (N = 507) uključeni u jedan od tri različita programa vježbanja, kroz tri mjeseca su provodili program vježbanja te su bili podvrgnuti početnim i završnim mjerenjima morfoloških osobina, motoričkih i funkcionalnih sposobnosti te uzimanjem krvnih uzoraka. Analiza pozitivnih promjena na glikozilaciju IgG-a pod utjecajem tjelesnog vježbanja učinjena je pomoću linearnog mješovitog modela s prilagodbom dobi i spola nakon kromatografskog profiliranja IgG N-glikana te smo utvrdili značajne promjene u sastavu IgG N-glikoma pod utjecajem programiranog tjelesnog vježbanja i to povećanje agalaktoziliranih, monogalaktoziliranih, asijaliziranih i fukožiliranih jezgri N-glikana kao i niže vrijednosti digalaktoziliranih, monosijaliziranih i disijaliziranih N-glikana. Utvrdili smo i značajno povećanje GP9 za koji je potvrđeno da ima zaštitnu kardiovaskularnu ulogu u žena, podižući svijest o važnosti i utjecaju redovite tjelovježbe za zdravlje srčano-žilnog sustava. Druge utvrđene promjene u N-glikozilaciji IgG predstavljaju povećani proupalni potencijal IgG-a, koji se može očekivati u populaciji koja je tjelesno neaktivna i s prekomjernom tjelesnom masom, a uslijed nastalih metaboličkih promjena u početnim fazama nakon uvođenja tjelesnog vježbanja. Pozitivni učinci redovne tjelesne aktivnosti odražavaju se manjim brojem starih T-stanica, njihovom povećanom proliferacijom uz povećanje fagocitne aktivnosti neutrofila te većom citotoksičnom aktivnošću NK-stanica kao i nižim upalnim odgovorom kod bakterijskih infekcija i ukupnim nižim razinama upalnih citokina u cirkulaciji

(*Simpson i sur., 2012*). Kada je neka tjelesna aktivnost kontinuirana i traje duže od 90 minuta, a izvodi se intenzitetom od 55-75% maksimalnog aerobnog kapaciteta i nedovoljnog kalorijskog unosa, dolazi do depresije imuniteta nakon vježbanja. Obično se unutar 24 sata imunološka funkcija oporavi (*Gleeson, 2015*). Supresija imuniteta kod sportaša predmet je rasprava i istraživanja zbog oprečnih mišljenja. Dok neka istraživanja pokazuju mali ili nikakav učinak treninga visokog intenziteta na imunološku funkciju (*Campbell i sur., 2018*) druga istraživanja dolaze do drugačijih zaključaka. Mnoga su istraživanja pokazala da se i pro i protuupalni citokini (IL-1ra, IL-6, IL-8 i IL-10) povećavaju nakon duljeg trajanja vježbanja izdržljivosti, ali je njihov odgovor daleko manje značajan nakon kratkotrajnog intenzivnog vježbanja, pokazujući da su odgovori citokina više povezani s intenzitetom vježbanja nego o oštećenju mišića izazvanom vježbanjem (*Terra i sur., 2012; Antunes i sur., 2018; Suzuki, 2018; Guimarães i sur., 2017*).

*Franceschi i sur. (2018)* utvrdili su da sve nastale promjene u IgG N-glikomu utječu na upalni odgovor. Promjene u IgG glikomu obično se povezuju sa starenjem ili s pojavom različitih vrsta bolesti. Bolesti koje se povezuju sa starenjem su one čija prevalencija raste s godinama: uglavnom KVB, T2D, osteoporoza i neke vrste raka. Promjene u N-glikozilaciji i sastavu N-glikana primijećene su u svim glavnim podtipovima dijabetesa (*Štambuk i sur., 2023*) kao i kod kardiovaskularnih bolesti gdje su promjene N-glikozilacije povezane s razvojem ateroskleroze (*Gudelji sur., 2023*). Kako je IgG glikom jednim svojim djelom nasljedan, na onaj drugi varijabilni, utjecaj okoline je odgovoran za promjene. Upravo stoga odabir načina života, kronološka dob i neke moguće bolesti predstavljaju faktore koje treba istražiti i utvrditi njihov učinak na promjene IgG glikoma. IgG glikani predstavljaju pouzdane biomarkere za procjenu ukupnog zdravlja i biološke dobi pojedinca. Ravnoteža između protuupalnih i proupalnih glikana IgG-a iznimno je važna za zdravo starenje (*Vilaj i sur., 2019*). Imunosenescencija se definira kao gubitak ravnoteže između upalnih i protuupalnih puteva, što rezultira kroničnim proupalnim statusom niskog stupnja, nazvanim 'upalno starenje'. Mnoge bolesti koje su povezane sa starenjem imaju sličnu upalnu patogenezu, no izgleda da su osobe koje su doživjele duboku starost uspjele suzbiti subkliničku upalu protuupalnim protuodgovorom održavajući osjetljivu ravnotežu (*Franceschi i sur., 2007*). Zbog visokog udjela tjelesne masti koja je uobičajeno povezana s nižim razinama tjelesne aktivnosti, u kasnijim razdobljima života povećava se mogućnost nastajanja upalnih procesa. Neka istraživanja potvrdila su povezanost pretilosti s proupalnim IgG N-povezanim glikanima, potvrđujući povezanost viših razina adipoznosti s povećanom proupalnom frakcijom IgG

glikana (*Russell i sur., 2019*). Istraživanja koja su imala za cilj značajno smanjiti tjelesnu masu kod pretilih osoba utvrdila su značajan pomak s pro na protuupalnu aktivnost IgG-a (*Greto i sur., 2021; Deriš i sur., 2022*).

Mali broj istraživanja imao je za cilj utvrditi učinak različitih programa vježbanja na IgG N-glikozilaciju. Istraživanje koje je proučavalo neke molekularne puteve, uključujući N-glikozilaciju IgG-a, proučavalo je imunosupresiju kod zdravih žena koje su vježbale osamnaest tjedana po programu intenzivnog treninga s niskim unosom kalorija, promatrajući pomak promjene IgG-a prema proupalnoj aktivnosti, iako je sastav tijela otkrio značajni gubitak masnog tkiva (*Sarin i sur., 2019*). Druga studija istraživala je upalne učinke anaerobne tjelovježbe kod zdravih mladih muškaraca, izvješćujući o pomaku IgG-a prema proupalnim funkcijama izravno nakon četiri tjedna tjelovježbe i povratku na protuupalni profil nakon razdoblja oporavka (*Tijardović i sur., 2019*). Kako svaki oblik tjelesne aktivnosti u neaktivne populacije predstavlja stres za organizam, s obzirom da se nakon svake vježbe događa niska razina upale zbog mikroozljeda nastalih u aktivnom mišićju, utjecaj upalnih procesa na cjelokupni status pojedinca tijekom dužih perioda vježbanja tema je za daljnja istraživanja, kao i sveobuhvatni utjecaj redovite tjelesne aktivnosti u sedentarnih osoba.

Dosadašnja istraživanja potvrđuju da N-glikozilacija imunoglobulina odražava pro i protuupalni status, kao i različite patofiziološke procese u organizmu dok s druge strane učinci redovite tjelovježbe na glikozilaciju IgG-a u prethodno neaktivnoj, sedentarnoj populaciji s prekomjernom tjelesnom masom do sada nisu bili istraženi. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih programa vježbanja na glikozilaciju IgG-a te motoričke i funkcionalne sposobnosti koji se provodio u trajanju od tri mjeseca. Jedan od zaključaka istraživanja je pozitivan učinak vježbanja koji se ogleda kroz malo, ali mjerljivo povećanje IgG glikana GP9 za koji je u ranijim istraživanjima potvrđeno da ima zaštitnu ulogu u kardiovaskularnom zdravlju žena (*Wittenbecher i sur., 2020; Birukov i sur., 2022*). Protektivni učinak GP9 povećao se u sve tri grupe ispitanika prema programu vježbanja i to u žena i muškaraca, iako za muškarce GP9 nema istu kardioprotektivnu indikaciju. Prema Wittenbecheru i sur. koji su istraživali N-glikane u plazmi kao nove biomarkere kardiometaboličkog rizika utvrdili su da je protein plazme GP5 koji odgovara IgG GP9 posebno povezan s nižim rizikom od kardiovaskularnih incidencija poput infarkta miokarda i moždanog udara kod žena (*Wittenbecher i sur., 2020; Birukov i sur., 2022*).

Nadalje, opažen je mali proupalni pomak glikana nakon prva tri mjeseca tjelesne aktivnosti u populaciji koja je prethodno bila neaktivna. Utvrdili smo niže vrijednosti digalaktoziliranih, monosijaliziranih i disijaliziranih struktura, kao i povećanje agalaktoziliranih, asijaliziranih i jezgri fukožiliranih struktura povezanih s povećanim proupalnim potencijalom IgG-a. Ovi nalazi su djelomično očekivani, budući je u istraživanje uključena neaktivna i sjedilački orijentirana populacija s višim vrijednostima ITM-a, koja je tek započela s programom vježbanja i s ciljem promjene načina života. Nakon niza godina neaktivnog sjedilačkog načina života bez održavanja i kontrole tjelesne mase, za očekivati je da promjena i remodelacija metabolizma polako počinje. Rezultati ovog istraživanja u skladu su s prethodno provedenim studijama o utjecaju vježbanja na glikozilaciju IgG koja su utvrdila promjene prema proupalnom profilu IgG glikana i kod mladih sportaša (*Tijardović i sur., 2019*) i žena koje su prošle program deprivacije energije u kombinaciji s intenzivnim vježbanjem kako bi se potaknuo značajan gubitak težine (*Sarin i sur., 2019*).

*Šimunić-Briški i sur. (2023)* u svom istraživanju koristili su GlycanAge, jedan od prvih komercijalnih biomarkera starenja za procjenu učinaka različitih programa vježbanja na biološku dob. Ispitanike su stratificirali u tri skupine i to aktivni sportaši koji su u redovitom sustavu natjecanja i u trenažnom procesu u prosjeku jedan trening dnevno, zatim redovno aktivni rekreativci koji su vježbali pod nadzorom 2-3 puta tjedno i to najmanje tri godine prije uključanja u istraživanje i novo uključeni rekreativci početnici u program vježbanja, u usporedbi s kontrolnom skupinom neaktivnih pojedinaca. Utvrdili su da je GlycanAge indeks bio značajno niži u aktivnih ispitanika u usporedbi s neaktivnom skupinom, a nominalno značajan i povećan u profesionalnih sportaša u usporedbi s aktivnom skupinom ispitanika. Ispitanici koji su bili u sustavnom natjecateljskom programu imali su značajno višu glikansku starost u usporedbi s aktivnim ispitanicima koji umjereno vježbaju, dok su aktivni ispitanici imali značajno niži GlycanAge u usporedbi s neaktivnom skupinom. Redovita tjelovježba umjerenog intenziteta ima protuupalni učinak i u žena i muškaraca, što dokazuje niži GlycanAge indeks. Rezultati istraživanja kazuju da ispitanici koji su tjelesno aktivni imaju 7,4 GlycanAge godina manje u usporedbi s ispitanicima koji su neaktivni, dok su prema spolu ti rezultati još izraženiji. Ispitanice ženskog spola koje su tjelesno aktivne pokazuju niži GlycanAge profil za gotovo jedno desetljeće u usporedbi s tjelesno neaktivnom grupom ispitanika, dok je u muškaraca ta razlika nešto manja, šest GlycanAge godina između aktivnih i neaktivnih ispitanika. Više vrijednosti digalaktoziliranih i sijaliziranih glikana vezuju se uz protuupalni IgG potencijal, dok povećanje agalaktoziliranih i asijaliziranih struktura se

povezuje s proupalnim statusom. Jedan od zaključaka je da viši ITM indeks uz što se vezuju više vrijednosti masne mase je povezan s proupalnim IgG N-glikanskim profilom, dok smanjenje mase tijela i masne mase značajno utječu na IgG N-glikozilaciju, što za rezultat ima protuupalni pomak i, naposljetku, manje vrijednosti biološke dobi i niži GlycanAge indeks (*Russell i sur., 2019; Greto i sur., 2021; Deriš i sur., 2022*). Neke studije istraživale su povezanost pretilosti i IgG N-glikana, kako bi se pokušala utvrditi veza između viših vrijednosti tjelesne masti i glikozilacije IgG-a. Jedna je studija objavila da je središnja adipoznost zapravo povezana s povećanim proupalnim IgG glikanskim strukturama (*Russell i sur., 2019*), dok je druga otišla korak dalje, istražujući učinak intervencije mršavljenja kod trideset sedam pretilih pacijenata, koji su prvo bili podvrgnuti niskokaloričnoj dijeti, a zatim barijatrijskoj operaciji. Ova je studija pokazala da je niskokalorična dijeta izazvala smanjenje razdjelnih razina GlcNac, čije su više razine povezane sa starenjem i upalnim stanjima. Barijatrijska kirurgija koja je uslijedila, popraćena kontinuiranim gubitkom težine tijekom jednogodišnjeg praćenja, proizvela je značajne promjene IgG N-glikoma: povećanje digalaktosiliranih i sijaliziranih glikana i smanjenje agalaktosiliranih i fukosiliranih IgG N-glikana, odražavajući pojačan protuupalni IgG potencijal (*Greto i sur., 2021*). Na kraju, *Deriš i sur. (2022)* istraživali su prehrambene intervencije izvedene u studiji DIOGenes, kako bi se istražile promjene glikozilacije IgG izazvane gubitkom težine i naknadne dijetete za održavanje težine. Opet, najznačajnije promjene IgG N-glikoma dogodile su se u razdoblju intenzivnog gubitka težine izazvanog niskokaloričnom dijetom, gdje je zabilježeno smanjenje agalaktosiliranih i povećanje sijaliziranih N-glikanskih struktura, što ukazuje na pomak od pro do antiupalne aktivnosti IgG-a. Naknadne dijetete za održavanje tjelesne težine nisu pokazale statistički značajne promjene između tipova dijetete, što sugerira da su unos kalorija i, što je još važnije, gubitak težine, a ne tip dijetete, glavni pokretači promjena IgG glikoma (*Deriš i sur., 2022*). Ispitanici ovog istraživanja imali su utvrđenu prekomjernu tjelesnu masu i pretilost utvrđenu ITM indeksom što može objasniti zašto je potvrđen malo veći proupalni pomak, budući da masno tkivo proizvodi adipokine kao što su IL-6 i TNF- $\alpha$  te ih taloži. Nakon godina neaktivnosti i sjedilačkog načina života, očekivano je da će uvođenje redovite tjelovježbe u svakodnevni život izazvati metaboličke i imunološke promjene. Ispitanici ovog istraživanja dobili su upute da ne mijenjaju svoje svakodnevne prehrambene navike stoga je gubitak tjelesne mase neznatjan, ali je opažena blaga konverzija između sastava tjelesne masti i omjera mišića. Pretpostavljamo da ispitanici prolaze kroz početnu fazu metaboličkog preoblikovanja i početka gubitka masnoće zbog redovitog tjelesnoga vježbanja, tako da promatrani proupalni profil IgG može potjecati od proupalnih citokina koji se redovito pohranjuju u odjeljku tjelesne masti, koja

je sada poremećena zbog intervencije vježbe. Tijardović i sur. izvijestili su o značajnom povećanju proupalnih markera neposredno nakon provedenog programa vježbanja u njihovoj populaciji, navodeći da su IL-6 i ukupni leukociti bili povišeni (*Tijardović i sur., 2019*). *Sarin i sur. (2019)* utvrdili su da produljena izloženost niskoj dostupnosti energije u kombinaciji s opsežnim vježbanjem može predisponirati imunosupresiju putem inhibicije sazrijevanja i proliferacije B-limfocita, što je izravno popraćeno smanjenim razinama IgG-a i modulacijom glikozilacije IgG (*Sarin i sur., 2019*). Osim toga, niže razine galaktozilacije, monogalktozilirane i digalaktozilirane N-glikanske strukture, te sijalizacije, monosijalizirane i disijalizirane N-glikanske strukture, kao i više razine fukoziacije jezgre povezane su s lošijim metaboličkim zdravljem (*Plomp i sur., 2017*). Kao i kod različitih dijeta za održavanje i snižavanje tjelesne mase, možemo utvrditi da ne postoji „univerzalna metoda vježbanja jednaka za sve“, misleći pritom na programe vježbanja (*Deriš i sur., 2022*). Imunosupresija izazvana vježbanjem novi je predmet istraživanja u imunologiji i kineziologiji. Nema suglasja u zaključku o utjecaju vježbanja jer neki rezultati istraživanja navode da nema negativnog utjecaja vježbanja na imunitet (*Campbell i sur., 2018*) dok drugi potvrđuju depresiju imunološke funkcije nakon vježbanja (*Gleeson, 2015*) ili da protuupalni odgovor ovisi o tjelesnoj kondiciji (*Antunes i sur., 2018*). *Simpson i sur. (2012)* smatraju da su učinci vježbanja na učestalost i funkciju B-stanica u populaciji koja stari zanemareni, budući da se većina studija fokusira na T-stanice (*Simpson i sur., 2012*).

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na pozitivan utjecaj vježbanja srednjeg do visokog intenziteta u populaciji s prekomjernom tjelesnom težinom i pretilošću, koja je prethodno bila neaktivna, što rezultira pomakom sastava IgG glikana prema proupalnom uzorku glikana. S obzirom na obilježja ispitivane populacije to je i očekivano, s obzirom da su sudionici bili na početku procesa vježbanja. Nadalje, trajanje tjelesne aktivnosti od svega tri mjeseca već su pokazala da postoji mali, ali pozitivan utjecaj na profil kardiovaskularnog rizika, što dodatno potvrđuje važnost redovite tjelovježbe za kardiovaskularno i cjelokupno zdravlje. Nova istraživanja mogla bi istražiti učinak duljeg trajanja intervencije vježbanja u ovoj vrsti populacije kako bi se bolje razumjela uloga IgG N-glikozilacijskih promjena te istražili pro i protuupalni učinci tjelesnoga vježbanja.

## **10. TESTIRANJE POSTAVLJENIH HIPOTEZA I ZAKLJUČAK**

Provedeno istraživanje imalo je za cilj: utvrditi učinkovitost različitih programa vježbanja na biomarkere starenja, zatim utvrditi intenzitet i vrstu tjelesne aktivnosti koja će imati najveći transformacijski učinak na smanjenje biološke dobi te utvrditi učinak različitih programa vježbanja u odnosu na spol i dob ispitanika. Prema zadanim ciljevima, a na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja, postavljene su sljedeće hipoteze prema kojima se donio i zaključak istraživanja.

### **10.1. Testiranje postavljenih hipoteza**

Prva hipoteza pretpostavljala je da osobe koje se ne bave nikakvom tjelesnom aktivnošću jesu biološki starije u odnosu na njihovu stvarnu kronološku dob. Rezultati GlycanAge testa na početku i završetku programa vježbanja u razmaku od tri mjeseca potvrđuju da su ispitanici u prosjeku bili biološki stariji te se prva hipoteza ne prihvaća.

Druga hipoteza je pretpostavljala da osobe koje završe program vježbanja u trajanju od tri mjeseca, svoju biološku dob će smanjiti u odnosu na onu izmjerenu prije početka programa. Nakon provedenog programa vježbanja i na temelju rezultata GlycanAge testa utvrđen je negativan trend povećanja biološke dobi u ispitanika sva tri programa vježbanja te odbacujemo drugu hipotezu.

Treća hipoteza je pretpostavljala da vrsta programa vježbanja nema utjecaja na veličinu pomaka biološke dobi. Na temelju rezultata istraživanja utvrđeno je da najveći negativni učinak na povećanje biološke dobi ima kardio program vježbanja, zatim kružni program dok nordijsko hodanje najmanje utječe na promjene biološke dobi, stoga odbacujemo treću hipotezu koja kazuje da programi vježbanja nemaju utjecaja na veličinu pomaka biološke dobi.

### **10.2. Zaključak**

Na temelju rezultata istraživanja, s kineziološkog aspekta može se zaključiti da su sva tri programa vježbanja inicirali pozitivne promjene u varijablama za procjenu sastava tijela, funkcionalnih i motoričkih sposobnosti. Najveći učinak na promjene morfoloških karakteristika utvrđen je kod ispitanika kardio programa vježbanja, osim u varijabli mišićna masa, dok je u varijablama za procjenu motoričkih i funkcionalnih sposobnosti najveći učinak imao kružni program vježbanja. Utjecaj programa vježbanja na smanjenje biološke dobi na temelju



GlycanAge testa nije utvrđen, naprotiv, svi ispitanici su pokazali prosječno povećanje biološke dobi koje se može povezati činjenicom kako svaki oblik tjelesne aktivnosti u neaktivne populacije predstavlja stres za organizam s obzirom na to da se nakon svake vježbe događa niska razina upale zbog mikroozljeda nastalih u aktivnom mišićju, stoga je utjecaj upalnih procesa na cjelokupni status pojedinca tijekom dužih perioda vježbanja tema za daljnja istraživanja. S biokemijskog aspekta može se zaključiti da tjelesno vježbanje izaziva značajne promjene u sastavu IgG N-glikoma i to povećanjem agalaktoziliranih, monogalaktoziliranih, asijaliziranih i fukoziliranih jezgri N-glikana kao i niže vrijednosti digalaktoziliranih, monosijaliziranih i disijaliziranih N-glikana. Na temelju analize glikana potvrđujemo povećanje GP9 koji ima zaštitnu kardiovaskularnu ulogu u žena. U zaključku, utvrđujemo pozitivan utjecaj vježbanja srednjeg do visokog intenziteta u populaciji s prekomjernom tjelesnom težinom i pretilošću, koja je prethodno bila neaktivna, što rezultira pomakom sastava IgG glikana prema proupalnom uzorku glikana.

Buduća istraživanja mogla bi istražiti učinak dulje intervencije vježbanja u ovoj vrsti populacije kako bi se bolje razumjela točna uloga IgG N-glikozilacijskih promjena te istražili pro i protuupalni učinci tjelesnog vježbanja.

## 11. POPIS LITERATURE

- Aadahl, M., von Huth Smith, L., Pisinger, C., Toft, U.N., Glümer, C., Borch-Johnsen, K., Jørgensen, T., (2009). Five-year change in physical activity is associated with changes in cardiovascular disease risk factors. *Preventive medicine*, 8(4), 326–331.
- Abd El-Kader, SM., AL-Jiffri, OH. (2016). Aerobic exercise improves quality of life, psychological well-being and systemic inflammation in subject with Alzheimers disease. *African Health Sciences*, 16, 1045-1055.
- ALLHAT Officers and Coordinators for the ALLHAT Collaborative Research Group., (2002). Major outcomes in high-risk hypertensive patients randomized to angiotensin-converting enzyme inhibitor or calcium channel blocker vs diuretic. The Antihypertensive and LipidLowering Treatment to Prevent Heart Attack Trial (ALLHAT). *JAMA*, 288(23)2981–97, doi: 10.1001/jama.288.23.2981.
- Aiken, J., Bua, E., Cao, Z., Lopez, M., Wanagat, J., McKenzie, D., McKiernan, S. (2002). Mitochondrial DNA deletion mutations and sarcopenia. *Annals of New York Academy Science*, 959, 412–423.
- American Diabetes Association., 5. (2018) Prevention or delay of type 2 diabetes: standards of medical care in diabetes - 2018. *Diabetes Care* 41:S51–54. doi.org/10.2337/dc18-S005.
- American diabetes association., (2016). Foundations of care and comprehensive medical evaluation., Sec 6. U Standard of medical care in Diabetes. *Diabetes care* vol. 39, pS:23-S35. doi: 10.2337/dc16-S006.
- Annemans, L., Lamotte, M., Clarys, P., Van den Abeele, E., (2007). Health economic evaluation of controlled and maintained physical exercise in the prevention of cardiovascular and other prosperity diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 14, 815–824.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H., Aleman, A., Vanhees, L., (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, doi.org/10.1002/14651858.CD005381.pub2.

- Antunes, B.M., Campos, E.Z., dos Santos, R.V.T., Rosa-Neto, J.C., Franchini, E., Bishop, N.C., Lira, F.S. (2018). Anti-inflammatory response to acute exercise is related with intensity and physical fitness. *Journal of Cellular Biochemistry*, 120, 5333–5342.
- Armanios, M., Blackburn, E.H. The telomere syndromes. (2012). *Nature Reviews Genetics*, 13, 693–704. doi:10.1038/nrg3246.
- Arnold, P., Bautmans, I. (2014). The influence of strength training on muscle activation in elderly persons: a systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 58, 58–68. doi:10.1016/j.exger.2014.07.012.
- Arsenis, N.C., You, T., Ogawa, E.F., Tinsley, G.M., Zuo, L. (2017). Physical activity and telomere length: impact of aging and potential mechanisms of action. *Oncotarget*, 8, 45008–450019. doi:10.18632/oncotarget.16726.
- Astorino, T.A. (2000). Is the ventilatory threshold coincident with maximal fat oxidation during submaximal exercise in women? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Preview publication details, 40, 209-216.
- Aviv, A., Valdes, A., Gardner, J.P., Swaminathan, R., Kimura, M., Spector, T.D. (2006). Menopause modifies the association of leukocyte telomere length with insulin resistance and inflammation. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 91, 635–640.
- Azar, D., Ball, K., Salmon, J., Cleland, V. (2008). The association between physical activity and depressive symptoms in young women: a review. *Mental health and physical activity*, 1, 82-88.
- Babizhayev, M.A., Savelyeva, E.L., Moskvina, S.N., Yegorov, Y.E. (2011). Telomere length is a biomarker of cumulative oxidative stress, biologic age, and an independent predictor of survival and therapeutic treatment requirement associated with smoking behavior. *American Journal of Therapeutics*, 18, 209-226.
- Bailey, D.M., Marley, C.J., Brugniaux, J.V., Hodson, D., New, K.J., Ogoh, S., Ainslie, P.N. (2013). Elevated aerobic fitness sustained throughout the adult lifespan is associated with improved cerebral hemodynamics. *Stroke*, 44, 3235–3238.
- Bakaysa, S.L., Mucci, L.A., Slagboom, P.E., Boomsma, D. I., McClearn, G.E., Johansson, B., Pedersen, N.L. (2007). Telomere length predicts survival independent of genetic influences. *Aging Cell*, 6, 769–774.

- Baker, G. T. III., & Sprott, R. L. (1988). Biomarkers of aging. *Experimental Gerontology*, 23, 223–239.
- Barouki, R. (2006). Ageing free radicals and cellular stress. *Medicine Sciences*, 22, 266–272.
- Beavers, K.M., Brinkley, T.E., Nicklas, B.J. (2010). Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clinica Chimica Acta*, 411, 785–793.
- Benjamin, E.J., Virani, S.S., Callaway, C.W., et al. (2018). American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics - 2018 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 137, 67–492.
- Berger, B.G., Owen, D.R. (1988). Stress reduction and mood enhancement in four exercise modes; Swimming, body conditioning, hatha yoga and fencing, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59, 148-159.
- Berger, B.G., Owen, D.R. (1987). Anxiety reduction with swimming: Relationships between exercise and state, trait, and somatic anxiety. *International Journal of Sport Psychology*, 18, 286-302.
- Berger, B.G., Pargman, D., Weinberg, R.S. (2002). *Foundations of exercise psychology*, Morgantown, Fitness information Technology.
- Bhupatiraju, C., Saini, D., Patkar, S., Deepak, P., Das, B., Padma, T. (2012). Association of shorter telomere length with essential hypertension in Indian population. *American Journal of Human Biology*, 24, 573–578.
- Biddle, S.J.H., Fox, K.R., Boutcher, S.H. (2000). *Physical activity and psychological well-being*. London, Routledge.
- Biddle, S.J.H, Fox, K.R. (1998). Motivation for physical activity and weight management. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 22, 39 – 47.
- Birukov, A., Plavša, B., Eichelmann, F., Kuxhaus, O., Hoshi, R.A., Rudman, N., Štambuk, T., Trbojević-Akmačić, I., Schiborn, C., Morze, J., et al. (2022). Immunoglobulin G N-Glycosylation Signatures in Incident Type 2 Diabetes and Cardiovascular Disease. *Diabetes Care*, 45, 2729–2736.
- Blackburn, E.H., Greider, C.W., Henderson, E., Lee, M.S., Shampay, J., Shippen-Lentz, D. (1989). Recognition and elongation of telomeres by telomerase. *Genome*, 31, 553–560.

- Blair, S., Sallis, R., Hutber, A., Archer, E. (2012). Exercise therapy—the public health message. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22, 24–8.
- Blair, S.N., Kampert, J.B., Kohl, H.W. III., Barlow, C.E., Macera, C.A., Paffenbarger, R.S. Jr., Gibbons, L.W. (1996). Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*, 276, 205–210. doi:10.1001/jama.1996.03540030039029.
- Blair, S.N., Kohl, H.W.3rd, Paffenbarger, R.S. Jr., Clark, D.G., Cooper, K.H., Gibbons, L.W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262, 2395–2401.
- Blumenthal, J.A., Babyak, M.A., Hinderliter, A., Watkins, L.L., Craighead, L., Lin, P.H., Caccia, C., Johnson, J., Waugh, R., Sherwood, A. (2010). Effects of the DASH diet alone and in combination with exercise and weight loss on blood pressure and cardiovascular biomarkers in men and women with high blood pressure: the ENCORE study. *Archives of Internal Medicine*, 170, 126–135.
- Borer, K.T. (2005). Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Medicine*, 35, 779-830.
- van den Bosch, M., Meyer-Lindenberg, A. (2019). Environmental exposures and depression: Biological mechanisms and epidemiological evidence. *Annual Review of Public Health*, 40, 239-259.
- Bouchard, C., Blair, S.N., Haskell, W.L. (2007). *Physical activity and health*, Champaign, IL, Human kinetics Inc.
- Bouchard, C., Leon, A.S., Rao, D.C., Skinner, J.S., Wilmore, J.H., Gagnon, J. (1995). The HERITAGE family study. Aims, design, and measurement protocol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 721–729.
- Bouchard, C., Blair, S.N., Haskell, L. (2012). *Physical Activity and Health*, 2nd ed., Hum Kinetics, Windsor, ON, USA.
- Braith, R. W., Stewart, K. J. (2006). Resistance exercise training. Its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation*, 113, 2642-2650.

- Broskey, N.T., Greggio, C., Boss, A., Boutant, M., Dwyer, A., Schlueter, L., Hans, D., Gremion, G., Kreis, R., Boesch, C., Canto, C., Amati, F. (2014). Skeletal muscle mitochondria in the elderly: Effects of physical fitness and exercise training. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 99, 1852–1861.
- Brown, R.E., Riddell, M.C., Macpherson, A.K., Canning, K.L., Kuk, J.L. (2014). All-cause and cardiovascular mortality risk in U.S. adults with and without type 2 diabetes: influence of physical activity, pharmacological treatment and glycemic control. *Journal of Diabetes and its Complications*, 28, 311–315.
- Campbell, J.P., Turner, J.E. (2018). Debunking the Myth of Exercise- Induced Immune Suppression: Redefining the Impact of Exercise on Immunological Health Across the Lifespan. *Frontiers in Immunology*, 9, 648.
- Carels, R.A., Darby, L.A., Cacciapaglia, H.M., Douglass, O.M. (2004). Reducing cardiovascular risk factors in postmenopausal women through a lifestyle change intervention. *Journal of Womens Health*, 13, 412–26.
- Carmack, M.A., Martens, R. (1979). Measuring commitment to running; A survey of runners attitudes and mental states. *Journal of Sport Psychology*, 1, 25-42.
- Carnethon, M.R., Gulati, M., Greenland, P., et al. (2005). Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *JAMA*, 294, 2981–2988.
- Carroll, M.D., Kit, B.K., Lacher, D.A. (2012). Total and high-density lipoprotein cholesterol in adults: National Health and Nutrition Examination Survey, 2009–2010. *NCHS Data Brief*, 92, 1–8.
- Caspersen, C.J., Powel, K.E., Christenson, G.M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Report*, 100, 180-188.
- Ceriello, A. (2005). Postprandial hyperglycemia and diabetes complications. Is it time to treat? *Diabetes*, 54, 1–7. [10.2337/diabetes.54.1.1](https://doi.org/10.2337/diabetes.54.1.1).
- Cesari, M., Pahor, M. (2008). Target population for clinical trials on sarcopenia. *Journal of nutrition, health, and aging*, 12, 470–478.

- Chen, J.H., Hales, C.N., Ozanne, S.E. (2007). DNA damage, cellular senescence and organismal ageing: causal or correlative? *Nucleic Acids Research*, 35, 7417–7428.
- Cherkas, L.F., Hunkin, J.L., Kato, B.S., Richards, J.B., Gardner, J.P., Surdulescu, G.L., Kimura, M., Lu, X., Spector, T.D., Aviv, A. (2008). The association between physical activity in leisure time and leukocyte telomere length. *Archives of internal medicine*, 168, 154–158.
- Chodzko-Zajko, W.J., Proctor, N.D., Fiatarone Singh, A.M, Minson, C. T., Nigg, C. R, Salem, G. J., Skinner, J. S. (2009). American college of sports medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine Science of Sports Exercise*, 41, 1510-1530.
- Coggan, A.R., Spina, R.J., King, D.S., Rogers, M.A., Brown, M., Nemeth, P.M., Holloszy, J.O. (1992). Histochemical and enzymatic comparison of the gastrocnemius muscle of young and elderly men and women. *Journal of Gerontology*, 47, 71–76.
- Colberg, S.R., Sigal, R.J., Yardley, J.E. i sur. (2016). Physical activity/Exercise and diabetes: A positionstatement of the American diabetes association, *Diabetes care* 39, 2065-2079.
- Colleluori, G., Aguirre, L., Phadnis, U., Fowler, K., Armamento-Villareal, R., Sun, Z., Brunetti, L., Park, J.H., Kaiparettu, B.A., Putluri, N. (2019). Aerobic plus resistance exercise in obese older adults improves muscle protein synthesis and preserves myocellular quality despite weight loss. *Cell Metabolism*, 30, 261–273.
- Conley, K.E., Jubrias, S.A., Esselman, P.C. (2000). Oxidative capacity and ageing in human muscle. *The Journal of Physiology*, 526, 203–210.
- Cornelissen, V.A., Fagard, R.H. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46, 667–675.
- Cornelissen, V.A., Buys, R., Smart, N.A. (2013). Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Hypertension*, 31, 639–648.
- Dallal, C.M., Brinton, L.A., Matthews, C.E. i sur. (2012). Accelerometer-based measures of active and sedentary behaviour in relation to breast cancer risk. *Breast cancer research and treatment*, 134, 1279-1290.

- Dawson, E.A., Green, D.J., Cable, N.T., Thijssen, D.H. (2013). Effects of acute exercise on flow-mediated dilatation in healthy humans. *Journal of Applied Physiology*, 115, 1589–1598.
- Dei Cas, A., Spigoni, V., Franzini, L., Preti, M., Ardigo, D., Derlindati, E., Metra, M., Monti, L.D., Dell’Era, P., Gnudi, L., Zavaroni, I. (2013). Lower endothelial progenitor cell number, family history of cardiovascular disease and reduced HDL-cholesterol levels are associated with shorter leukocyte telomere length in healthy young adults. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases*, 23, 272–278.
- De Lange, T. (2005). Genes Shelterin: the protein complex that shapes and safeguards human telomeres. *Genes & Development*, 19, 2100-1015.
- DeMichele, P.D., Pollock, M.L., Graves, J.E. (1997). Effect of training frequency on the development of isometric torso rotation strength, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 27, 64-69.
- De Rezende, L.F.M., Rodrigues Lopes, M., Rey-Lopez, J.P., Matsudo, V.K.R., Do Carmo Luiz, O. (2014). Sedentary Behavior and Health Outcomes: An Overview of Systematic Reviews, DOI:10.1371/journal.pone.0105620.
- Deriš, H., Tominac, P., Vučković, F., Briški, N., Astrup, A., Blaak, E.E., Lauc, G., Gudelj, I. (2022). Effects of low-calorie and different weight-maintenance diets on IgG glycomecomposition. *Frontiers in Immunology*, 13, 995186.
- De Souza, C.A., Shapiro, L.F., Cevenger, C.M., et al. (2000). Regular aerobic exercise prevents and restores age-related declines in endothelium-dependent vasodilation in healthy men. *Circulation*, 102, 1351-1357.
- Diaz, K.M., Shimbo, D. (2013), Physical activity and the prevention of hypertension. *Current hypertension reports*, 15, 659-668.
- Ditschuneit, H.H., Flechtner-Mors, M., Johnson, T.D., Adler, G. (1999). Metabolic and weight-loss effects of a long-term dietary intervention in obese patients. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 198–204.
- Dlouha, D., Maluskova, J., Kralova Lesna, I., Lanska, V., Hubacek, J.A. (2014). Comparison of the relative telomere length measured in leukocytes and eleven different human tissues. *Physiological Research*, 63, 343–350.



- Doherty, T.J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95, 1717–1727.
- Donaghy, M. (2007). Exercise can seriously improve your mental health: factor fiction? *Advances in physiotherapy*, 9, 76-88.
- Donges, C.E., Duffield, R. (2012). Effects of resistance or aerobic exercise training on total and regional body composition in sedentary overweight middle aged adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37, 499-509.
- Donnelly, J.E., Blair, S.N., Jakicic, J.M., Manore, M.M., Rankin, J.W., Smith, B.K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 459-471.
- Donnelly, J.E., Jacobsen, D.J., Snyder Heelan, K.A., Seip, R., Smith, S. (2000) The effects of 18 months of intermittent vs continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary, moderately obese females. *International journal of obesity and related metabolic disorders*, 24, 566–572.
- Dubach, P., Myers, J., Dziekan, G. et al. (1997). Effect of exercise training on myocardial remodeling in patients with reduced left ventricular function after myocardial infarction: application of magnetic resonance imaging. *Circulation*, 95, 2060–2067.
- Duraković, Z. (2007). Arterijska hipertenzija, U: Duraković Z, Gerijatrija. Zagreb: Medix, 99-112.
- Durstine, L., Grandjean, P. W., Davis, P. G., Ferguson, M. A., Alderson, N. L., & DuBose, K. D. (2001). Blood Lipid and Lipoprotein Adaptations to Exercise - A Quantitative Analysis. *Sports medicine*, 31, 1033-1062.
- Dyke, J.P., Aaron, R.K. (2010). Noninvasive methods of measuring bone blood perfusion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1192, 95–102.
- Earnest, C.P., Artero, E.G., Sui, X., et al. (2013). Maximal estimated cardiorespiratory fitness, cardiometabolic risk factors, and metabolic syndrome in the Aerobics Center Longitudinal Study. *Mayo Clinic Proceedings*, 88, 259–70.
- Egan, B., Zierath, JR. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metabolism*, 17, 162–184.

- Eicher, J.D., Maresh, C.M., Tsongalis, G.J., Thompson, P.D., Pescatello, L.S. (2010). The additive blood pressure lowering effects of exercise intensity on post-exercise hypotension. *American Heart Journal*, 160, 513-520.
- Enroth, S., Enroth, S.B., Johansson, Å., Gyllensten, Ulf., (2015). Protein profiling reveals consequences of lifestyle choices on predicted biological aging, Open Access, Article number: 17282, *Scientific Reports*, DOI: 10.1038/srep17282.
- Epel, E.S., Blackburn, E.H., Lin, J., et al. (2004). Accelerated telomere shortening in response to life stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101, 17312–17315.
- Esposito, K., Pontillo, A., Di Palo, C., et al. (2003). Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women - a randomized trial. *JAMA*, 289, 1799–804.
- Evans, B. W., Potteiger, J. A., Bray, M. C., Tuttle, J. L. (1994). Metabolic and hemodynamic responses to walking with hand weights in older individuals. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1047-1052.
- Fagard, R.H., Cornelissen, V.A. i sur. (2007). Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *The European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 14, 12–17.
- Faselis, C., Doumas, M., Kokkinos, JP., Panagiotakos, D., Kheirbek, R., Sheriff, H.M., Hare, K., Papademetriou, V., Fletcher, R., Kokkinos, P. (2012). Exercise capacity and progression from prehypertension to hypertension. *Hypertension*, 60, 333-338.
- Feigenbaum, M.S., Pollock, M.L. (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31, 38–45.
- Feng, X., McDonald, J.M. (2011). Disorders of bone remodeling. *Annual Review of Pathology*, 6, 121–145.
- Fleg, J.L. (2012). Aerobic exercise in the elderly: a key to successful aging. *Discovery Medicine*, 3, 223-228.
- Figard-Fabre H., Fabre, N., Leonardi, A., Schena, F. (2010). Physiological and perceptual responses to Nordic walking in obese middle-aged women in comparison with the normal walk. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 1141 – 1151.

- Figard- Fabre, H., Fabre, N., Leonardi, A. (2011). Efficacy of Nordic Walking in Obesity Management. *International Journal of Sports Medicine*, 32, 407–414.
- Fitzgerald, S. J., Barlow, C. E., Kampert, J. B., Morrow, J. R., Jackson, A. W., Blair, S. N. (2004). Muscular fitness and all- cause mortality: prospective observations. *Journal of Physical Activity and Health*, 1, 7-18
- Flechtner-Mors, M., Ditschuneit, H.H., Johnson, T.D., Suchard, M.A., Adler, G. (2000). Metabolic and weight loss effects of long-term dietaryintervention in obese patients: four-year results. *Obesity Research*, 8, 399–402.
- Fleck, S.J., Kraemer, W.J. (1997). *Designing resistance training program*, 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics Books, pp.1-115.
- Flegal, K.M., Carroll, M.D., Ogden, C.L., et al. (2010). Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2008. *JAMA*, 303, 235-241.
- Fletcher, G.F., Ades, P.A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G.J., Bittner, V.A., Coke, L.A., Fleg, J.L., Forman, D.E., Gerber, T.C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P.D., Williams, M.A. (2013). Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128, 873–934.
- Flynn, M.G., Markofski, M.M., Carrillo, A.E. (2019). Elevated Inflammatory Status and Increased Risk of Chronic Disease in Chronological Aging: Inflamm-aging or Inflamm-inactivity?. *Aging and disease*, 10, 147–156.
- Fontana, L., Partridge, L., Longo, V.D. (2010). Extending healthy life span—from yeast to humans. *Science*, 328, 321–326. doi:10.1126/science.1172539.
- Franceschi, C., Garagnani, P., Morsiani, C., Conte, M., Santoro, A., Grignolio, A., Monti, D., Capri, M., Salvioli, S. (2018). Continuum of Aging and Age-Related Diseases: Common Mechanisms but Different Rates. *Frontiers in Medicine*, 5, 61.
- Franceschi, C., Capri, M., Monti, D., Giunta, S., Olivieri, F., Sevini, F., Panagiota Panourgia, M., Invidia, L., Celani, L., Scurti, M., et al. (2007). Inflammaging and anti-inflammaging: A systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Mechanisms of Ageing and Development*, 128, 92–105.

- Freitas-Simoes, T.M., Ros, E., Sala-Vila, A. (2016). Nutrients, foods, dietary patterns and telomere length: Update of epidemiological studies and randomized trials. *Metabolism*, 65, 406–415.
- Frenck, R. W. Jr., Blackburn, E. H., & Shannon, K. M. (1998). The rate of telomere sequence loss in human leukocytes varies with age. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95, 5607–5610.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Evans, W.J., Roubenoff, R. (2000). Aging of skeletal muscle: A 12 yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1321–1326.
- Furukawa, S., Fujita, T., Shimabukuro, M., et al. (2004). Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *Journal of Clinical Investigation*, 114, 1752–1761.
- Fyhrquist, F., Silventoinen, K., Saijonmaa, O., Kontula, K., Devereux, RB., de Faire, U., Os, I., Dahlof, B. (2011). Telomere length and cardiovascular risk in hypertensive patients with left ventricular hypertrophy: the LIFE study. *Journal of Human Hypertension*, 25, 711–718.
- Garatachea, N., Pareja-Galeano, H., Sanchis-Gomar, F., Santos-Lozano, A., FiuzaLuces, C., Morán, M., et al. (2015). Exercise attenuates the major hallmarks of aging. *Rejuvenation Research*, 18, 57–89. doi:10.1089/rej.2014.1623.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I.M., Nieman, D.C., Swain, D.P., (2011). American College of Sports M. American College of Sports Medicine position stand. 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, 1334–1359.
- Garhammer, J., Takano, B. (1992). Training for weightlifting, in: *Strength and power in sport*, P.V. Komi (ed). *The Encyclopedia of Sports Medicine*, Vol.3, Oxford, UK, Blackwell scientific, pp. 357-369.
- Gems, D., Partridge, L. (2013). Genetics of longevity in model organisms: debates and paradigm shifts. *Annual Review of Physiology*, 75, 621–644. doi:10.1146/annurev-physiol-030212-183712.

- Gill, J.M., Hardman, A.E. (2003). Exercise and postprandial lipid metabolism: an update on potential mechanisms and interactions with high carbohydrate diets (review). *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14, 122-132.
- Gleeson, M. (2015). Effects of exercise on immune function. *Sports Science Exchange*, 28, 1–6.
- Gobbo, S., Bullo, V., Roma, E., Duregon, F., Bocalini, D.S., Luksevicius Rica, R., Di Blasio, A., Cugusi, L., Vendramin, B., Bergamo, M., Cruz-Diaz, D., Alberton, C. L., Ermolao, A., Bergamin, M. (2019). Nordic Walking Promoted Weight Loss in Overweight and Obese People: A Systematic Review for Future Exercise Prescription, *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4, 36, doi:10.3390/jfmk4020036.
- Golbidi, S., Badran, M., Laher, I. (2012). Anti-oxidant and anti-inflammatory effects of exercise in diabetic patients. *Experimental Diabetes Research*, 2012:941868., doi: 10.1155/2012/941868.
- Goldspink, G. (1971). Ultrastructural changes in striated muscle fibres during contraction and growth with particular reference to the mechanism of myofibril splitting. *Journal of Cell Science*, 9, 123-138.
- Gomez-Pinilla, F., Zhuang, Y., Feng, J., Ying, Z., Fan, G. (2011). Exercise impacts brain-derived neurotrophic factor plasticity by engaging mechanisms of epigenetic regulation. *European Journal of Neuroscience*, 33, 383–390.
- Gorodeski, G.I. (2002). Update on cardiovascular disease in post-menopausal women. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 16, 329–355.
- Grant, S., Todd, K., Aitchison, T.C., Kelly, P., Stoddart, D. (2004). The effects of a 12 week group exercise programme on physiological and psychological variables and function in overweight women. *Public Health*, 118, 31 – 42.
- Gregg, E.W., Cauley, J., Stone, K., et al. (2003). Relationship of changes in physical activity and mortality among older women. *JAMA*, 289, 2379–2386.
- Greto, V.L., Cvetko, A., Štambuk, T., Dempster, N.J., Kifer, D., Deriš, H., Cindrić, A., Vučković, F., Falchi, M., Gillies, R.S., et al. (2021). Extensive weight loss reduces glycan age by altering IgG N-glycosylation. *International Journal of Obesity*, 45, 1521–1531.

- Griffith, J.D., Comeau, L., Rodenfield, S., Stansel, R.M., Bianchi, A., Hoss, H., de Lange, T. (1999). Mammalian telomeres end in a large duplex loop. *Cell* 97, 503–514.
- Grigoletto, A., Mauro, M., Oppio, A., Greco, G., Fischetti, F., Cataldi, S., Toselli, S. (2022). Effects of Nordic Walking Training on Anthropometric, Body Composition and Functional Parameters in the Middle-Aged Population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 7433.
- Grigoletto, A., Mauro, M., Maietta Latessa, P., Iannuzzi, V., Gori, D., Campa, F., Greco, G., Toselli, S. (2021). Impact of Different Types of Physical Activity in Green Urban Space on Adult Health and Behaviors: A Systematic Review. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11, 263–275.
- Grigoletto A., Loi A., Maietta Latessa P., Marini S., Rinaldo N., Gualdi-Russo E., Zaccagni L., Toselli S. (2022). Physical activity behaviour, motivation and active commuting: Relationships with the use of green spaces in Italy, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 9248.
- Grigoletto, A., Mauro, M., Toselli, S. (2023). Evaluation of the Effectiveness of a Nordic Walking and a Resistance Indoor Training Program: Anthropometric, Body Composition, and Functional Parameters in the Middle-Aged Population, *Journal of functional morphology and kinesiology*. 8(2): 79.
- Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., Calbet, JA. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39, 439-468.
- Gudelj, I., Lauc, G., Pezer, M. (2018). Immunoglobulin G glycosylation in aging and diseases. *Cellular Immunology*, 333, 65–79.
- Gudelj, I., Lauc, G. (2023). Glycans and Cardiovascular Diseases. In *Encyclopedia of Cell Biology*, 2nd ed.; Bradshaw, R., Stahl, P., Hart, G., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, Volume 4, pp. 385–395.
- Gudelj I., Keser T., Vučković F., Škaro V., Šupraha Goreta S., Pavić T., Dumić J., Primorac D., Lauc G., Gornik O. (2015). Estimation of human age using N-glycan profiles from bloodstains, *International Journal of Legal Medicine*, 129, 955-961.
- Guimarães, T.T., Terra, R., Lourenço Dutra, P.M. (2017). Chronic effects of exhausting exercise and overtraining on the immune response: Th1 and Th2 profile. *Motricidade* 13, 69–78.

- Guseman, E.H., Cauffman, S.P., Tucker, J.M. i sur. (2017). The association between measures of fitness and metabolic health in treatment- seeking youth with obesity. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 15, 107-111.
- Haffner, S.M. (2007). Abdominal adiposity and cardiometabolic risk: do we have all the answers? *The American Journal of Medicine*, 120, 10–17.
- Haffner, S., Temprosa, M., Crandall, J. et al. (2005). Intensive lifestyleintervention or metformin on inflammation and coagulation i participants with impaired glucose tolerance. *Diabetes*, 54, 1566–72.
- Hagberg, J.M., Allen, W.K., Seals, D.R., Hurley, B.F., Ehsani, A.A., Holloszy, J.O. (1985). A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58, 2041–2046.
- Hagner-Derengowska, M., Kaluzny, K., Kochanski, B., Hagner,W., Borkowska, A., Czamara, A., Budzynski, J. (2015). Effects of NordicWalking and Pilates exercise programs on blood glucose and lipid profile in overweight and obese postmenopausal women in an experimental, nonrandomized, open-label, prospective controlled trial. *Menopause*, 22, 1215–1223.
- Hagner-Derengowska, M., Kałużny, K., Hagner, W., Plaskiewicz, A., Bronisz, A., Borkowska, A., Budzyński, J. (2015). The effect of a 10-week Nordic walking training program on the level of GH and LH in elderly women, Climacteric, *Journal of the International Menopause Society*, 18, 835-840.
- Hass, C.J., Feigenbaum, M.S., Franklin, B.A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31, 953-964.
- He, W., Goodkind, D., Kowal, P. (2016). *An Aging World: 2015 International Population Reports*. United States Census Bureau p. 9–1.
- Heinonen, I., Helajärvi, H., Pahkala, K., Heinonen, O.J., Hirvensalo, M., Pälve, K., Tammelin, T., Yang, X., Juonala, M., Mikkilä, V., Kähönen, M., Lehtimäki, T., Viikari, J., Raitakari, OT. (2013). Sedentary behaviours and obesity in adults: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *BMJ Open*, 20, 3(6).
- Ho, S.S., Dhaliwal, S.S., Hills, A.P., Pal, S. (2012). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC Public Health*, 12:704.

- Hohensinner, P.J., Goronzy, J.J., Weyand, C.M. (2011). Telomere dysfunction, autoimmunity and aging. *Aging and disease*, 2, 524-537.
- Holloszy, J.O., Skinner, J.S., Toro, G., Cureton, T.K. (1964). Effects of six month program of endurance exercise on the serum lipids of middle-aged man. *American Journal of Cardiology*, 14, 753-760.
- Holviola, J.H., Sallinen, J.M., Kraemer, W.J., i sur. (2006). Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities and balance in middle aged and older women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 336-344.
- Horvath, S., Raj, K. (2018). DNA methylation-based biomarkers and the epigenetic clock theory of ageing. *Nature Reviews Genetics*, 19, 371–384.
- Hossack, K.F., Bruce, R.A. (1982). Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: Comparison of age related changes. *Journal of Applied Physiology*, 53, 799–804.
- Hou, L., Savage, S.A., Blaser, M.J., Perez-Perez, G., Hoxha, M., Dioni, L., Pegoraro, V., Dong, L.M., Zatonski, W., Lissowska, J., Chow, W.H., Baccarelli, A. (2009). Telomere length in peripheral leukocyte DNA and gastric cancer risk. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 18, 3103–3109.
- Houben, J.M., Moonen, H.J., van Schooten, F.J., Hageman, G.J. (2008). Telomere length assessment: biomarker of chronic oxidative stress? *Free Radical Biology and Medicine*, 44, 235–246.
- Howley, E.T. (2012). Metabolic, cardiovascular and respiratory responses to physical activity. U:Bouchard C. Blair SN Haskell WL ur. *Physical activity and health 2. izd.* Champaign, IL:Human Kinetics, 71-86.
- Hu, F.B. (2003). Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA*, 289, 1785 - 1791.
- Huai, P., Xun, H., Reilly, K.H., i sur. (2013). Physical activity and risk of hypertension. A meta-analysis of prospective cohort studies. *Hypertension*, 62, 1021-1026.
- Iijima, K., Iimuro, S., Shinozaki, T. et al. (2012). Lower physical activity is a strong predictor of cardiovascular events in elderly patients with type 2 diabetes mellitus beyond



- traditional risk factors: the Japanese elderly diabetes intervention trial. *Geriatrics & Gerontology International*, 12, 77–87.
- Imayama, I., Alfano, C.M., Kong, A. i sur. (2011). Dietary weight loss and exercise interventions effects on quality of life in overweight/obese postmenopausal women: a randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and physical activity*, 8, 118. doi: 10.1186/1479-5868-8-118.
- Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z.M., Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 year. *Journal of Applied Physiology*, 89, 81–88.
- Joyner, M.J. (2011). Why physiology matters in medicine. *Physiology*, 26, 72–75.
- Jylhävä, J., Pedersen, N. L., Hägg, S. (2023). Biological age predictors. *EBioMedicine*, 21, 29–36.
- Kaliman, P., Párrizas, M., Lalanza, J.F., Camins, A., Escorihuela, R.M., Pallàs, M. (2011). Neurophysiological and epigenetic effects of physical exercise on the aging process. *Ageing Research Reviews*, 10, 475 – 486.
- Kalliokoski, K.K., Oikonen, V., Takala, T.O., Sipila, H., Knuuti, J., Nuutila, P. (2001). Enhanced oxygen extraction and reduced flow heterogeneity in exercising muscle in endurance-trained men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 280, 1015–1021.
- Kantomaa, M.T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kaakinen, M., Rodriguez, A., Taanila, A., Ahonen, T., Järvelin, M.R., Tammelin, T. (2013). Physical activity and obesity mediate the association between childhood motor function and adolescents' academic achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110, 1917– 1922.
- Karjalainen, J.J., Kiviniemi A.M., Hautala A.J., Piira O.P., Samuli Lepojarvi, E., Perkiomaki J.S., Junttila M. J., Huikuri H.V., Tulppo M.P. (2015). Effects of Physical Activity and Exercise Training on Cardiovascular Risk in Coronary Artery Disease Patients With and Without Type 2 Diabetes, *Diabetes Care*, 38, 706-715. DOI: 10.2337/dc14-2216.
- Kark, J.D., Nassar, H., Shaham, D., Sinnreich, R., Goldberger, N., Aboudi, V., Bogot, N.R., Kimura, M., Aviv, A. (2013). Leukocyte telomere length and coronary artery calcification in Palestinians. *Atherosclerosis*, 229, 363–368.

- Karlsson, M.K., Nordqvist, A., Karlsson, C. (2008). Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52:10.3402/fnr.v52i0.1871.
- Katzmarzyk, P. T., C. L. Craig. (2002). Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 740-744.
- Kelley, G.A., Kelley, K.S., Tran, Z.V. (2005). Exercise, lipids and lipoproteins in older adults: a meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 8, 206-214.
- Kelley, G.A., Kelley, K.S., Kohr, W.M. (2013). Exercise and bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Endocrinology*, 741639. DOI: 10.1155/2013/741639.
- Kemppainen, J., Fujimoto, T., Kalliokoski, K.K., Viljanen, T., Nuutila, P., Knuuti, J. (2002). Myocardial and skeletal muscle glucose uptake during exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 542, 403–412.
- Kenney, M.J., Seals, D.R. (1993). Postexercise hypotension. Key features, mechanism, and clinical significance. *Hypertension*, 22, 653-664.
- Kenney, W.L., Wilmore, J.H., Costill, D.L., (2012). *Physiology of sport and exercise*. 5. izd. Champaign, IL: Human kinetics.
- Kesaniemi, Y., Danforth, E.J., Jensen, M. et al. (2001). Dose–response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 351–358.
- Kimura, M., Barbieri, M., Gardner, J.P., et al. (2007). Leukocytes of exceptionally old persons display ultra-short telomeres. *The American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 293, 2210–2217.
- Kraus, W.E., Houmard, J.A., Duscha, B.D., et al. (2002). Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *The New England Journal of Medicine*, 347, 1483–1492.
- Krištić, J., Vučković, F., Menni, C., Klarić, L., Keser, T., Beccheli, I., Pučić-Baković, M., Novokmet, M., Mangino, M., Thaqi, K., Rudan, P., Novokmet, N., Šarac, J., Missoni, S., Kolčić, I., Polašek, O., Rudan, I., Campbell, H., Hayward, C., Aulchenko, Y., Valdes, A., Wilson, J.F., Gornik, O., Primorac, D., Zoldoš, V., Spector, T., Lauc, G.

- (2014). Glycans are a novel biomarker of chronological and biological age. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 69, 779-789.
- Kucio, C., Narloch, D., Kucio, E., Kurek, J. (2017). The application of Nordic walking in the treatment hypertension and obesity. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 19, 144–148.
- Kukkonen-Harjula, K., Hiilloskorpi, H., Mänttari, A., Pasanen, M., Parkkari, J., Suni, J., Fogelholm, M., Laukkanen, R. (2007). Self-Guided Brisk Walking Training with or without Poles: A Randomized-Controlled Trial in Middle-Aged Women. *Scand. Journal of Sports Science and Medicine*, 17, 316–323.
- Kumar, V., Selby, A., Rankin, D., Patel, R., Atherton, P., Hildebrandt, W., Williams, J., Smith, K., Seynne, s O., Hiscock, N., Rennie, M.J. (2009). Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. *The Journal of Physiology*, 587, 211–217.
- Kyröläinen, H., Hackney, A.C., Salminen, R., Repola, J., Häkkinen, K., Haimi, J. (2017). Effects of Combined Strength and Endurance Training on Physical Performance and Biomarkers of Healthy Young Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32, 1554–1561.
- Lakka, T.A., Venäläinen, J.M., Rauramaa, R., Salonen, R., Tuomilehto, J., Salonen, J.T. (1994). Relation of leisuretime physical activity and cardiorespiratory fitness to the risk of acute myocardial infarction. *The New England Journal of Medicine*, 330, 1549–1554.
- Lakatta, E.G., Levy, D. (2003). Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part I: Aging arteries: a “set up” for vascular disease. *Circulation*, 107, 139–146.
- Lauc, G., Krištić, J., Zoldoš, V. (2014). Glycans – the third revolution in evolution. *Frontiers in genetics*, 5 (Article 145).
- Lauc, G., Huffman, J.E., Pučić, M., Zgaga, L., Adamczyk, B., Mužinić, A., Novokmet, M., Polašek, O., Gornik, O., Krištić, J., Keser, T., Vitart, V., Scheijen, B., Uh, H-W., Molokhia, M., Patrick, AL., McKeigue, P., Kolčić, I., Lukić, I.K., Swann, O., van Leeuwen, F.N., Ruhaak, L.R., Houwing-Duistermaat, J.J., Slagboom, P.E., Beekman, M., de Craen, A.J.M., Deelder, A.M., Zeng, Q., Wang, W., Hastie, N.D., Gyllensten, U., Wilson, J.F., Wuhler, M., Wright, A.F., Rudd, P.M., Hayward, C., Aulchenko, Y.,

- Campbell, H., Rudan, I. (2013). Loci Associated with N-Glycosylation of Human Immunoglobulin G, Show Pleiotropy with Autoimmune Diseases and Haematological Cancers. *PLoS Genet* 9(1): e1003225.doi:10.1371/journal.pgen.1003225.
- Lauc, G. (2016). Precision medicine that transcends genomics: Glycans as integrators of genes and environment. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1860, 1571–1573.
- Laughlin, M.H., Davis, M.J., Secher, N.H., van Lieshout, J.J., Arce-Esquivel, A.A., Simmons, G.H., Bender, S.B., Padilla, J., Bache, R.J., Merkus, D., Duncker, D.J. (2012). Peripheral circulation. *Journal of Comparative Physiology*, 2, 321–447.
- Leon, A., Sanchez, O. (2001). Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 502–515.
- Lew, J.K., Pearson, J.T., Schwenke, D.O., i sur. (2017). Exercise mediated protection of diabetic heart through modulation of microRNA mediated molecular pathways. *Cardiovascular Diabetology*, 16, 10-30.
- Linnane, A.W., Baumer, A., Maxwell, R.J., Preston, H., Zhang, C.F., Marzuki, S. (1990). Mitochondrial gene mutation: The ageing process and degenerative diseases. *Biochem International*, 22, 1067–1076.
- Liu, C.J., Latham, N.K. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2009CD002759. doi: 10.1002/14651858.CD002759.pub2.
- Lloyd-Jones, D.M., Wilson, P.W., Larson, M.G., et al. (2004). Framingham risk score and prediction of lifetime risk for coronary heart disease. *American Journal of Cardiology*, 94, 20–4.
- Lopaschuk, G.D., Ussher, J.R., Folmes, C.D., Jaswal, J.S., Stanley, W.C. (2010). Myocardial fatty acid metabolism in health and disease. *Physiological Reviews*, 90, 207–258.
- Lopez-Otin, C., Blasco, M.A., Partridge, L. i sur. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153, 1194-1217.
- Loprinzi, P.D. (2015). Cardiorespiratory Capacity and Leukocyte Telomere Length Among Adults in the United States, *American Journal of Epidemiology*, 182, 198-201.

- Loprinzi, P.D., Herod, S.M., Cardinal, B.J., Noakes, T.D. (2013). Physical activity and the brain: a review of this dynamic, bi-directional relationship. *Brain Research*, 1539, 95–104.
- Ludlow, A.T., Ludlow, L.W., Roth S.M. (2013). Do telomeres adapt to physiological stress? Exploring the effect of exercise on telomere length and telomere-related proteins, *Genetics of exercise and sedentary behaviors*, <https://doi.org/10.1155/2013/601368>.
- Macdonald-Dunlop, E. et al. (2022). A catalogue of omics biological ageing clocks reveals substantial commonality and associations with disease risk. *Aging (Albany NY)* 14, 623–659.
- Mann, S., Beedie, C., Jimenez, A. (2014). Differential Effects of Aerobic Exercise, Resistance Training and Combined Exercise Modalities on Cholesterol and the Lipid Profile: Review, Synthesis and Recommendations, *Sports Medicine*, 44, 211–221. DOI 10.1007/s40279-013-0110.
- Mann, S., Beedie, C., Balducci, S., Zanuso, S., Allgrove, J., Bertiato, F., Jimenez, A. (2014). Changes in insulin sensitivity in response to different modalities of exercise: A review of the evidence. *Diabetes Metabolism Research and Reviews*, 30, 237–268.
- Mancia, G., De Backer, G., Dominiczak, A. i sur. (2007). ESH-ESC Task force on the management of arterial hypertension. 2007 ESH-ESC Practice guidelines for the management of arterial hypertension ESH-ESC Task force on the management of arterial hypertension. *Journal of Hypertension*, 25, 1751-1762.
- Martinez-Delgado, B., Yanowsky, K., Inglada-Perez, L., Domingo, S., Urioste, M., Osorio, A., Benitez, J. (2011). Genetic anticipation is associated with telomere shortening in hereditary breast cancer. *PLoS Genet*, 7:e1002182.
- Martyn-St, J.M., Carroll, S. (2008). Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*, 43, 521-531.
- Matelot, D., Schnell, F., Kervio, G., Ridard, C., Thillaye du Boullay, N., Wilson, M., Carre, F. (2016). Cardiovascular benefits of endurance training in seniors: 40 is not too late to start. *International Journal of Sports Medicine*, 37, 625-632.
- McCarthy, I. (2006). The physiology of bone blood flow:a review. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 88, 4–9.

- McDonagh, M.N., Davies C.M., (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads, *European Journal of Applied Physiology*, 52, 139-155.
- McGrath, M., Wong, J.Y., Michaud, D., et al. (2007). Telomere length, cigarette smoking, and bladder cancer risk in men and women. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 16, 815–819.
- McKenzie, D., Bua, E., McKiernan, S., Cao, Z., Aiken, J.M. (2002). Mitochondrial DNA deletion mutations: A causal role in sarcopenia. *European Journal of Biochemistry*, 269, 2010–2015.
- Michishita, R., Shono, N., Kasahara, T., Tsuruta, T. (2008). Effects of low intensity exercise therapy on early phase insulin secretion in overweight subjects with impaired glucose tolerance and type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 82, 291-297.
- Mishra, S., Kumar, R., Malhotra, N., Singh, N., Dada, R. (2016). Mild oxidative stress is beneficial for sperm telomere length maintenance. *World Journal of Methodology*, 6, 163–170.
- Mišigoj-Duraković, M. (2008). *Kinantropologija – biološki aspekti tjelesnog vježbanja*. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2008.
- Mohammadi H. R., Khoshnam M. S., Khoshnam E. (2018). Effects of different modes of exercise training on body composition and risk factors for cardiovascular disease in middle aged men. *International Journal of Preventive Medicine*, 9, 9. DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM\_209\_16.
- Molmen-Hansen, H.E., Stolen, T., Tjonna, A.E., Aamot, I.L., Ekeberg, I.S., Tyldum, G.A., Wisloff, U., Ingul, C.B., Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19, 151–160.
- Mons, U., Hahmann, H., Brenner, H. (2014). A reverse J-shaped association of leisure time physical activity with prognosis in patients with stable coronary heart disease: evidence from a large cohort with repeated measurements. *Heart*, 100, 1043–1049.
- Moqri, M., Herzog, C., Poganik, J.R., Biomarkers of Aging Consortium, Justice, J., Belsky, D.W., Higgins-Chen, A., Moskalev, A., Fuellen, G., Cohen, A.A., Bautmans, I., Widschwendter, M., Ding, J., Fleming, A., Mannick, J., Han, J.J., Zhavoronkov, A.,

- Barzilai, N., Kaeberlein, M., Cummings, S., Kennedy, B.K., Ferrucci, L., Horvath, S., Verdin, E., Maier, A.B., Snyder, M.P., Sebastiano, V., Gladyshev, V.N. (2023). Biomarkers of aging for the identification and evaluation of longevity interventions. *Cell*, 186, 3758–3775. doi: 10.1016/j.cell.2023.08.003.
- Morley, J.E., Baumgartner, R.N., Roubenoff, R., Mayer, J., Nair, K.S. (2001). Sarcopenia. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 137, 231–243.
- Müezziner, A., Zaineddin, A.K., Brenner, H. (2013). A systematic review of leukocyte telomere length and age in adults. *Ageing Research Reviews*, 12, 509–519. doi:10.1016/j.arr.2013.01.003.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., Atwood, J.E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine*, 346, 793–801.
- Nabkasorn, C., Miyai, N., Sootmongkol, A., i sur. (2006). Effects of physical exercise on depression, neuroendocrine stress hormones and physiological fitness in adolescent females with depressive symptoms. *European Journal of Public Health*, 16, 179-184.
- Nadeau, K.J., Regensteiner, J.G., Bauer, T.A., Brown, M.S., Dorosz, J.L., Hull, A., et al. (2010). Insulin resistance in adolescents with type 1 diabetes and its relationship to cardiovascular function. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95, 513–521.
- National Heart, Lung, and Blood Institute. *Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight and Obesity in Adults; The Evidence Report*. Bethesda (MD): National Institutes of Health; 1998.
- National Osteoporosis Foundation (NOF). *Clinician’s Guide to Prevention and treatment of Osteoporosis*; 2010.
- Nicklas, B.J., You, T., Pahor, M. (2005). Behavioural treatments for chronic systemic inflammation: effects of dietary weight loss and exercise training. *Canadian Medical Association Journal*, 172, 1199–1209.
- Nikander, R., Kannus, P., Dastidar, P., Hannula, M., Harrison, L., Cervinka, T., et al. (2009). Targeted exercises against hip fragility. *Osteoporosis International*, 20, 1321-8. DOI: 10.1007/s00198-008-0785-x.

- Njajou, O.T., Hsueh, W.C., Blackburn, E.H., Newman, A.B., Wu, S.H., Li, R., Simonsick, E.M., Harris, T.M., Cummings, S.R., Cawthon, R.M. (2009). Association between telomere length, specific causes of death, and years of healthy life in health, aging, and body composition, a population-based cohort study. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 64, 860–864.
- Nuutila, P., Knuuti, M.J., Heinonen, O.J., Ruotsalainen, U., Teras, M., Bergman, J., Solin, O., Yki-Järvinen, H., Voipio-Pulkki, L.M., Wegelius, U. (1994). Different alterations in the insulin-stimulated glucose uptake in the athlete's heart and skeletal muscle. *Journal of Clinical Investigation*, 93, 2267–2274.
- O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S., et al. (2005). Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate - or high - intensity exercise of equal energy cost. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1619–25. doi: 10.1152/jappphysiol.01310.2004.
- O'Donovan, A., Pantell, M.S., Puterman, E., Dhabhar, F.S., Blackburn, E.H., Yaffe, K., Cawthon, R.M., Opresko, P.L., Hsueh, W.-C., Satterfield, S., et al. (2011). Cumulative inflammatory load is associated with short leukocyte telomere length in the health, aging and body composition study. *PLoS ONE*. 6:e19687. doi.org/10.1371/journal.pone.0019687.
- Oeseburg, H., de Boer, R.A., van Gilst, W.H., van der Harst, P. (2010). Telomere biology in healthy aging and disease. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 459, 259–268.
- Ogawa, T., Spina, R.J., Martin, W.H. 3rd., Kohrt, W.M., Schechtman, K.B., Holloszy, J.O., Ehsani, A.A. (1992). Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation*, 86, 494–503.
- Oguma, Y., Shinoda-Tagawa, T. (2004). Physical activity decreases cardiovascular disease risk in women: review and meta-analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 26, 407–18.
- Oliveira, R.G., Guedes, D.P. (2016). Physical activity, Sedentary behaviour, Cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in adolescent, systematic review and meta-analysis of observational evidence. *PLoS One* 11(12):e0168503.



- Paluska, S.A., Schwenk, T.L., (2000). Physical activity and mental health: current concepts. *Sports Medicine*, 29, 167-180.
- Patel, R., McIntosh, L., McLaughlin, J., et al. (2002). Disruptive effects of glucocorticoids on glutathione peroxidase biochemistry in hippocampal cultures. *Journal of Neurochemistry*, 82, 118–125.
- Park, W., Jung W.S., Hong, K., Kim, Y.Y., Kim, S.W., Park, H.Y. (2020). Effects of moderate combined resistance and aerobic exercise for 12 weeks on body composition, cardiometabolic risk factors, blood pressure, arterial stiffness, and physical functions, among obese older men: a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 7233.
- Paterson, D., Jones, G., Rice, C. (2007). Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 32, 69–108.
- Pescatello, L.S., Arena, R., Riebe, D., U:Thompson, P.D. ur.ACSMs guidelines for exercise testing and prescription. 9. izd. Baltimore (MD): Lippincott, Williams and Wilkins; American college of sports medicine, 2014.
- Pescatello, L.S., Franklin, B.A., Fagard, R. i sur. (2004). American college of sport medicine, Position stand. Exercise and hypertension. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 533-553.
- Piepmeyer, A.T., Etnier, J.L. (2015). Brain - derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. *Journal of Sport and Health Science*, 4, 14-23.
- Piepoli, M.F., Corrà, U., Benzer, W., et al. (2010). Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *The European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 17, 1–17 pmid:19952757.
- Pilch, W., Tyka, A., Cebula, A., Sliwicka, E., Pilaczynska-Szczesniak, L., Tyka, A. (2017). Effects of a 6-week Nordic walking training on changes in 25(OH)D blood

- concentration in women aged over 55. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57, 124–129.
- Pinto, A., Di Raimondo, D., Tuttolomondo, A., et al. (2012). Effects of physical exercise on inflammatory markers of atherosclerosis. *Current Pharmaceutical Design*, 18, 4326–49.
- Plomp, R., Ruhaak, L.R., Uh, H.W., Reiding, K.R., Selman, M., Houwing-Duistermaat, J.J., Slagboom, P.E., Beekman, M., Wuhrer, M. (2017). Subclass-specific IgG glycosylation is associated with markers of inflammation and metabolic health. *Scientific Reports*, 7, 12325.
- Poels, M.M., Ikram, M.A., Vernooij, M.W., Krestin, G.P., Hofman, A., Niessen, W.J., van der Lugt, A., Breteler, M.M. (2008). Total cerebral blood flow in relation to cognitive function: the Rotterdam Scan Study *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 28, 1652–1655.
- Pollock, M.L. (1998). Prescribing exercise for fitness and adherence, in: *Exercise adherence: Its impact on public health*, R.K. Dishman (ED). Champaign, IL: Human Kinetics Books, pp. (259-282).
- Pollock, M.L., Franklin, B.A., Balady, G.J., Chaitman, B.L., Fleg, J.L., Fletcher, B., Limacher, M., Pina, I.L., Stein, R.A., Williams, M., Bazzarre, T. (2000). AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: an advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation*, 101, 828–833.
- Porcari, J.P., Hendrickson, T.L., Walter, P.R., Terry, L., Walsko, G. (1997). The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 161 – 166.
- Prior, D.L., La, G.A. (2012). The athlete's heart. *Heart*, 98, 947–955.
- Proctor, D.N., Joyner, M.J. (1997). Skeletal muscle mass and the reduction of VO<sub>2</sub>max in trained older subjects. *Journal of Applied Physiology*, 82, 1411–1415.
- Pučić, M., Knežević, A., Vidić, J., Adamczyk, B., Novokmet, M., Polašek, O., Gornik, O., Šupraha-Goreta, S., Wormald, M.R., Redžić, I., et al. (2011). High throughput isolation

- and glycosylation analysis of IgG-variability and heritability of the IgG glycome in three isolated human populations. *Molecular & Cellular Proteomics*, 10, M111.010090.
- Pyrkov, T. V., Sokolov, I. S., Fedichev, P. O. (2021). Deep longitudinal phenotyping of wearable sensor data reveals independent markers of longevity, stress, and resilience. *Aging (Albany NY)* 13, 7900.
- Radak, Z., Chung, H.Y., Koltai, E., Taylor, A.W., Goto, S. (2008). Exercise, oxidative stress and hormesis. *Hormesis*, 7, 34–42.
- Raichlen, D.A., Polk, J.D. (2013). Linking brains and brawn: exercise and the evolution of human neurobiology. *Proceedings: Biological Sciences*, 280: 20122250.
- Ramunas, J., Yakubov, E., Brady, J.J., Corbel, S.Y., Holbrook, C., Brandt, M., Stein, J., Santiago, J.G., Cooke, J.P., Blau, H.M. (2015). Transient delivery of modified mRNencoding TERT rapidly extends telomeres in human cells. *The FASEB Journal*, 29, 1930–1939.
- Regensteiner, J.G., Sippel, J., McFarling, E.T., Wolfel, E.E., Hiatt, W.R. (1995). Effects of non-insulin-dependent diabetes on oxygen consumption during treadmill exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27, 661–667.
- Riedl, I., Yoshioka, M., Nishida, Y., et al. (2010). Regulation of skeletal muscle transcriptome in elderly men after 6 weeks of endurance training at lactate threshold intensity. *Experimental Gerontology*, 45, 896–903.
- Rodgers, C.D., VanHeest, J.L., Schachter, C.L. (1995). Energy expenditure during submaximal walking with Exerstriders. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27, 607 – 611.
- Rognmo, O., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J. and Slordahl, S. A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *The European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 11, 216–222.
- Russell, A.C., Kepka, A., Trbojević-Akmačić, I., Ugrina, I., Song, M., Hui, J., Hunter, M., Laws, S.M., Lauc, G., Wang, W. (2019). Increased central adiposity is associated with pro-inflammatory immunoglobulin G N-glycans. *Immunobiology*, 224, 110–115.
- Saini, A., Faulkner, S., Al-Shanti, N., Stewart, C. (2009). Powerful signals for weak muscles. *Ageing Research Reviews*, 8, 251– 267.

- Sakuma, K., Yamaguchi, A. (2012). Sarcopenia and age-related endocrine function. *International Journal of Endocrinology*, 2012. (Article ID 127362):10.
- Sallis, J.F., Cerin, E., Conway, T.L., Adams, M.A., Frank, L.D., Pratt, M., Salvo, D., Schipperijn, J., Smith, G., Cain, K.L., et al. (2016). Physical Activity in Relation to Urban Environments in 14 Cities Worldwide: A Cross-Sectional Study. *Lancet*, 387, 2207–2217. doi: 10.1016/S0140-6736(15)01284-2.
- Salmon, P. (2001). Effects of Physical Exercise on Anxiety, Depression and sensitivity to Stress: A Unifying Theory. *Clinical Psychology Review*, 21, 33-61.
- Saltin, B. (1985). Hemodynamic adaptations to exercise. *The American Journal of Cardiology*, 55, 42–47.
- Sanchez, N.F., Stierman, B., Saab, S. i sur. (2012). Physical activity reduces risk for colon polyps in a multiethnic colorectal cancer screening population. *BMC Research Notes*, 5, 312.
- Sarin, H.V., Gudelj, I., Honkane, J., Ihalainen, J.K., Vuorela, A., Le, J.H., Jin, Z., Terwilliger, J.D., Isola, V., Ahtiainen, J.P., et al. (2019). Molecular Pathways Mediating Immunosuppression in Response to Prolonged Intensive Physical Training, Low-Energy Availability, and Intensive Weight Loss. *Frontiers in Immunology*, 10, 907.
- Şavkin, R., Aslan, U.B. (2016). The effect of Pilates exercise on body composition in sedentary overweight and obese women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57, 1464–1470. doi: 10.23736/S0022-4707.16.06465-3.
- Schiffer, T., Knicker, A., Hoffman, U., Harwig, B., Hollmann, W., Struder, HK. (2006). Physiological responses to nordic walking, walking and jogging. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 56-61.
- Schiffer, T., Knicker, A., Dannohl, R., Struder, H.K. (2009). Energy cost and pole forces during Nordic walking under different surface conditions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41, 663 – 668.
- Schjerve, I.E., Tyldum, G.A., Tjønnå, A.E., Stølen, T., Loennechen, J.P., Hansen, H.E.M., Haram, P.M., Heinrich, G., Bye, A., Najjar, S.M., Smith, G.L., Slørdahl, S.A., Kemi, O.J., Wisløff, U. (2008). Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults, *Clinical Science*, 115, 283–293. doi:10.1042/CS20070332.

- Schoenfeld, B.J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training, *Journal of Strength and Conditioning Research* 24(10):p 2857-2872. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e840f3.
- Schrage, W.G., Eisenach, J.H., Joyner, M.J. (2007). Ageing reduces nitric-oxide- and prostaglandin-mediated vasodilatation in exercising humans. *The Journal of Physiology*, 579, 227–236.
- Shammas, M.A. (2011). Telomeres, lifestyle, cancer and aging. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 14, 28-34.
- Sharman, J.E., Stowasser, M. (2009). Australian association for exercise and sports science position statement on exercise and hypertension. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 252–257.
- Shephard, R.J. (2009). Maximal oxygen intake and independence in old age. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 342–346.
- Shin, Y.A., Lee, J.H., Song, W., Jun, T.W. (2008). Exercise training improves the antioxidant enzyme activity with no changes of telomere length, *Mechanisms of Ageing and Development*, Volume, 129, Issue 5, 254-260.
- Sigal, R.J., Kenny, G.P., Boulé, N.G., Wells, G.A., Prud'homme, D., Fortler, M., Reid, RD., Tulloch, H., Coyle, D., Phillips. P., et al. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes. *Annals of Internal Medicine*, 147, 357–369.
- Silva, M.N., Markland, D.M., Vieira, P.N., i sur. (2010). Helping overweight women become more active: Need support and motivational regulations for different forms of physical activity. *Psychology of sport and exercise*, 11, 591-601.
- Simpson, R.J., Lowder, T.W., Spielmann, G., Bigley, A.B., LaVoy, E.C., Kunz, H. (2012). Exercise and the aging immune system. *Ageing Research Reviews*, 11, 404–420.
- Smith, P.J., Blumenthal, J.A., Hoffman, B.M. et al. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72, 239–52.
- Spence, A.L., Carter, H.H., Murray, C.P., Oxborough, D., Naylor, L.H., George, K.P., Green, D.J. (2013). Magnetic resonance imaging-derived right ventricular adaptations to

- endurance versus resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45, 534–541.
- Stanley, W.C., Recchia, F.A., Lopaschuk, G.D. (2005). Myocardial substrate metabolism in the normal and failing heart. *Physiological Reviews*, 85, 1093–1129.
- Song, Z., von Figura, G., Liu, Y., Kraus, J.M., Torrice, C., Dillon, P., Rudolph-Watabe, M., Ju, Z., Kestler, H.A., Sanoff, H., Lenhard Rudolph, K. (2010). Lifestyle impacts on the aging-associated expression of biomarkers of DNA damage and telomere dysfunction in human blood. *Aging Cell*, 9, 607–615.
- Song, M.S., Yoo, Y.K., Choi, C.H., Kim, N.C. (2013). Effects of Nordic Walking on Body Composition, Muscle Strength, and Lipid Profile in Elderly Women, *Asian Nursing Research*, Volume 7, Issue 1, Pages 1-7.
- Stevens, J., Truesdale, K.P., McClain, J.E., Cai, J. (2006). The definition of weight maintenance. *International Journal of Obesity*, 30, 391–9.
- Suzuki, K. (2018). Cytokine Response to Exercise and Its Modulation. *Antioxidants*, 7, 17.
- Šimunić-Briški, N., Dukarić, V., Očić, M., Madžar, T., Vinicki, M., Frkatović-Hodžić, A., Knjaz, D., Lauc, G. (2023). Regular moderate physical exercise decreases Glycan Age index of biological age and reduces inflammatory potential of Immunoglobulin, *Glycoconjugate Journal*, <https://doi.org/10.1007/s10719-023-10144-5>.
- Šimunovic, J., Vilaj, M., Trbojević-Akmačić, I., Momčilović, A., Vučković, F., Gudelj, I., Jurić, J., Nakić, N., Lauc, G., Pezer, M. (2019). Comprehensive N-glycosylation analysis of immunoglobulin G from dried blood spots. *Glycobiology*, 29, 817–821.
- Štambuk, T., Lauc, G. (2023). N-Glycans and Diabetes. In *Encyclopedia of Cell Biology*, 2nd ed.; Bradshaw, R., Stahl, P., Hart, G., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA,; Volume 4, pp. 506–515.
- Taylor-Tolbert, N.S., Dengel, D.R., Brown, M.D., McCole, S.D., Pratley, R.E., Ferrell, R.E., Hagberg, J.M. (2000). Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension. *American Journal of Hypertension*, 13, 44–51.
- Tchernof, A., Despres, J.P. (2013). Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiological Reviews*, 93, 359–404.

- Terra, R., da Silva, S.A.G., Salerno Pinto, V., Lourenço Dutra, P.M. (2012). Effect of exercise on the immune system: Response, adaptation and cell signaling. *Posição oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte*, 18, 208–214.
- Testa, R., Olivieri, F., Sirolla, C., Spazzafumo, L., Rippo, M.R., Marra, M., Bonfigli, A.R., Ceriello, A., Antonicelli, R., Franceschi, C., Castellucci, C., Testa, I., Procopio, A.D. (2011). Leukocyte telomere length is associated with complications of type 2 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*, 28, 1388–1394.
- Thent, Z.C., Das, S., Henry, L.J., (2013). Role of exercise in the management of diabetes mellitus: The Global Scenario. *PloS One*, 8(11):e80436.
- Thompson, D., Karpe, F., Lafontan, M., Frayn, K. (2012). Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. *Physiological Reviews*, 92, 157–191.
- Thompson, A.M., Mikus, C.R., Rodarte, R.Q., Distefano, B., Priest, E.L., Sinclair, E. et al. (2008). Inflammation and exercise (INFLAME): study rationale, design, and methods. *Contemporary Clinical Trials*, 29, 418–427.
- Tijardović, M., Marijančević, D., Bok, D., Kifer, D., Lauc, H., Gornik, O., Keser, T. (2019). Intense Physical Exercise Induces an Anti-inflammatory Change in IgG N-Glycosylation Profile. *Frontiers in Immunology*, 10, 1522.
- Toigo, M., Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 643-663.
- Toselli, S., Bragonzoni, L., Dallolio, L., Alessia, G., Masini, A., Marini, S., Barone, G., Pinelli, E., Zinno, R., Mauro, M., et al. (2022). The Effects of Park Based Interventions on Health: The Italian Project “Moving Parks”. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 2130.
- Trabka, B., Zubrzycki, I.Z., Ossowski, Z., Bojke, O., Clarke, A., Wiacek, M., Latosik, E. (2014). Effect of a MAST Exercise Program on Anthropometric Parameters, Physical Fitness, and Serum Lipid Levels in Obese Postmenopausal Women. *Journal of Human Kinetics*, 42, 149–155.
- Trapp, G. E., Chisholm, D. J., Freund, J., Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International journal of obesity*, 684-691.

- Trinh, I., Boulianne, G.L. (2013). Modeling obesity and its associated disorders in *Drosophila*. *Physiology*, 28, 117–124.
- Trbojević-Akmačić, I., Ugrina, I., Lauc, G. (2017). Comparative Analysis and Validation of Different Steps in Glycomics Studies. *Methods in Enzymology*, 586, 37–55.
- Tschentscher, M., Niederseer, D., Niebauer, J. (2013). Health Benefits of Nordic Walking: A Systematic Review, *American Journal of Preventive Medicine*, Volume 44, Issue 1, January, Pages 76-84.
- Tucker, L.A. (1990). Physical fitness and psychological distress. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21, 185-201.
- Tucker L.A. (2017). Physical activity and telomere length in U.S. men and women: National Health and Nutrition Examination Survey investigation, 100, 145-151. doi: 10.1016/j.ypmed.2017.04.027.
- Tuomilehto, J., Lindstrom, J., Eriksson, J.G., Valle, T.T., Hamalainen, H., Ilanne-Parikka, P., et al. (2001). Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *The New England Journal of Medicine*, 344, 1343–1350.
- Valdes, A.M., Andrew, T., Gardner, J.P., et al. (2005). Obesity, cigarette smoking, and telomere length in women. *Lancet*, 366, 662–664.
- Vamos, EP., Millett, C., Parsons, C., Aylin, P., Majeed, A., Bottle, A. (2012). Nationwide study on trends in hospital admissions for major cardiovascular events and procedures among people with and without diabetes in England, 2004–2009. *Diabetes Care*, 35, 265–272.
- Vanhooren, V., Desmyter, L., Liu, X., Cardelli, M., Franceschi, C., Federico, A., Libert, C., Laroy, W., Dewaele, S., Contreras, R., Chen, C. (2007). N-Glycomic Changes in Serum Proteins During Human Aging. *Rejuvenation Research*, Volume 10, Number 4.
- Varghese, T., Shultz, W.M., McCue, A.A. i sur. (2016). Physical activity in the prevention of coronary disease: implication for the clinician. *Heart*, 102. 904–9.
- Venojarvi, M., Wasenius, N., Manderöos, S., Heinonen, O.J., Hernelahti, M., Lindholm, H., Surakka, J., Lindstrom, J., Aunola, S., Atalay, M., et al. (2013). Nordic walking



- decreased circulating chemerin and leptin concentrations in middle-aged men with impaired glucose regulation. *Annals of Medicine*, 45, 162–170.
- Verhelst, X., Dias, A.M., Colombel, J.F., Vermeire, S., Van Vlierberghe, H., Callewaert, N., Pinho, S.S. (2020). Protein Glycosylation as a Diagnostic and Prognostic Marker of Chronic Inflammatory Gastrointestinal and Liver Diseases. *Gastroenterology*, 158, 95–110.
- Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., Antonio, J., Byrne, K., Bucci, L., Dodson, M. (2000). Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biology International*, 24, 263-272.
- Vilaj, M., Gudelj, I., Trbojević-Akmačić, I., Lauc, G., Pezer, M. (2019). IgG Glycans as a biomarker of biological age. In *Biomarkers of Human Aging. Healthy Ageing and Longevity*; Moskalev, A., Ed.; Springer: Cham, Switzerland, Volume 10.
- Vincent, H.K., Raiser, S.N., Vincent, K.R. (2012). The aging musculoskeletal system and obesity-related considerations with exercise. *Ageing Research Reviews*, 11, 361–73.
- Von Zglinicki, T., Pilger, R., Sitte N. (2000). Accumulation of single-strand breaks is the major cause of telomere shortening in human fibroblasts. *Free Radical Biology and Medicine*, 28, 64–74.
- Vučković, F., Krištić, J., Gudelj, I., Teruel, M., Keser, T., Pezer, M., Pučić-Baković, M., Štambuk, J., Trbojević-Akmačić, I, Barrios, C., Pavić, T., Menni, C., Wang, Y., Zhou, Y., Cui, L., Song, H., Zeng, Q., Guo, X., Pons-Estel, B., McKeigue, P., Patrick, A., Gornik, O., Spector, T., Harjaček, M., Alarcon-Riquelme, M., Molokhia, M., Wang, W., Lauc, G. (2015). Association of Systemic Lupus Erythematosus With Decreased Immunosuppressive Potential of the IgG Glycome. *Arthritis & Rheumatology*, Vol. 67, No. 11.
- Zanoveli, J.M., Morais H.D., Dias, I.C., Schreiber, A.K., Souza, C.P., Cunha, J.M. (2016). Depression Associated with Diabetes: from pathophysiology to treatment. *Current Diabetes Reviews*, 12, 165–78.
- Zee, R.Y., Michaud, S.E., Germer, S., Ridker, P.M. (2009). Association of shorter mean telomere length with risk of incident myocardial infarction: a prospective, nested case-control approach. *Clinica Chimica Acta*, 403, 139–141.

- Zhang, W., Chen, Y., Wang, Y., Liu, P., Zhang, M., Zhang, C., Hu, F.B., Hui, R. (2013). Short telomere length in blood leucocytes contributes to the presence of atherothrombotic stroke and haemorrhagic stroke and risk of post-stroke death. *Clinical Science*, 125, 27–36.
- Zuo, L., Best, T.M., Roberts, W.J., Diaz, P.T., Wagner, P.D. (2015). Characterization of reactive oxygen species in diaphragm. *Acta Physiologica*, 213, 700–710.
- Zvereva, M. I., Shcherbakova, D. M., Dontsova, O. A. (2010). Telomerase: structure, functions, and activity regulation. *Biochemistry*, 75, 1563–1583.
- Wallace, J.P. (2003). Exercise in hypertension. *Sports medicine*, 33, 585-598.
- Wang, Y.Y., Chen, A.F., Wang, H.Z., Xie, L.Y., Sui, K.X., Zhang, Q.Y. (2011). Association of shorter mean telomere length with large artery stiffness in patients with coronary heart disease. *Aging Male*, 14, 27–32.
- Wang, Y., Klarić, L., Yu, X., Thaqi, K., Dong, J., Novokmet, M., Wilson, J., Polasek, O., Liu, Y., Krištić, J., Ge, S., Pučić-Baković, M., Wu, L., Zhou, Y., Ugrina, I., Song, M., Zhang, J., Guo, X., Zeng, Q., Rudan, I., Campbell, H., Aulchenko, Y., Lauc, G., Wang, W, (2016). The Association Between Glycosylation of Immunoglobulin G and Hypertension - A Multiple Ethnic Cross-Sectional Study. *Medicine*, 2016;95:e3379. doi: 10.1097/MD.0000000000003379.
- Wankel, L.M. (1993). The importance of enjoyment to adherence and psychological benefits from physical activity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, 151-169.
- Wankel, L.M., Berger, B.G. (1990). The psychological and social benefits of sport and physical activity. *Journal of Leisure Research*, 22, 167-182.
- Wei, M., Gibbons, L.W., Kampert, J.B., Nichaman, M.Z, Blair, S.N. (2000). Low cardiorespiratory fitness and physical inactivity as predictors of mortality in men with type 2 diabetes. *Annals of Internal Medicine*, 132, 605–611.
- Werner, C., Furster, T., Widmann, T., Poss, J., Roggia, C., Hanhoun, M., Scharhag, J., Buchner, N., Meyer, T., Kindermann, W., Haendeler, J., Bohm, M., Laufs, U. (2009). Physical exercise prevents cellular senescence in circulating leukocytes and in the vessel wall. *Circulation*, 120, 2438–2447.

- Westcott, W.L., PhD. (2012). Resistance Training is Medicine: Effects of Strength Training on Health, 1537-890X/1104/209Y216, Current Sports Medicine Reports, American College of Sports Medicine, Volume 11, Number 4.
- Whayne, T.F. (2011). Atherosclerosis: current status of prevention and treatment. *International Journal of Angiology*, 20, 213–22.
- Whelton, P.K., He, J., Appel, L.J., Cutler, J.A., Havas, S., Kotchen, T.A., Roccella, E.J., Stout, R., Vallbona, C., Winston, M.C., Karimbakas, J. (2002). Primary prevention of hypertension: clinical and public health advisory from The National High Blood Pressure Education Program. *JAMA*, 288, 1882–1888.
- Wiklund, P., Alen, M., Munukka, E., Cheng, S.M., Yu, B., Pekkala, S., Cheng, S. (2014). Metabolic response to 6-week aerobic exercise training and dieting in previously sedentary overweight and obese pre-menopausal women: A randomized trial. *Journal of Sport and Health Science*, 3, 217–224.
- Willis, L.H., Slentz, C.A., Bateman, L.A., Shields, A.T., Piner, L.W., Bales, C.W., et al. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology*, 113, 1831-1837.
- Winnet, R.A., Carpinelli, R.N. (2001). Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. *Prevent Medicine*, 33, 503–513.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F.C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A., Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87, 597–609.
- Wittenbecher, C., Štambuk, T., Kuxhaus, O., Rudman, N., Vučković, F., Štambuk, J., Schiborn, C., Rahelić, D., Dietrich, S., Gornik, O., et al. (2020). Plasma N-Glycans as Emerging Biomarkers of Cardiometabolic Risk: A Prospective Investigation in the EPIC-Potsdam Cohort Study. *Diabetes Care*, 43, 661–668.
- Woods, J.A., Vieira, V.J., Keylock, K.T. (2009). Exercise, inflammation and innate immunity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 29, 381–393.
- World Health Organization. Obesity and overweight, 2015. 20.500.11822/18767.
- World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organisation, 2010.

Yu, X., Wang, Y., Kristic, J., Dong, J., Chu, X., Ge, S., Wang, H., Fang, H., Gao, Q., Liu, D., Zhao, Z., Peng, H., Pucic Bakovic, M., Wu, L.n, Song, M., Rudan, I., Campbell, H., Lauc, G., Wang, W. (2016). Profiling IgG N-glycans as potential biomarker of chronological and biological ages, *Medicine (Baltimore)*, 95(28), e4112. DOI: 10.1097/MD.0000000000004112.

## 12. PRILOZI

### Prilog 1. Upitnik za potencijalne sudionike

UPITNIK ZA POTENCIJALNE SUDIONIKE	
Ime i prezime:	
Trenutno zanimanje:	
Od godine:	
Prethodna zanimanja:	
Visina:	
Težina:	
Uzimate li kakve lijekove:	
Ako da, molimo navedite ime lijeka/lijekova te datum početka uzimanja i datum prestanka uzimanja svakog lijeka:	

Prilog 2. Upitnik o općem zdravstvenom stanju

UPITNIK O OPĆEM ZDRAVSTVENOM STANJU	
Kako biste ocijenili svoje opće zdravstveno stanje? 0 1 2 3 4 5 6 Najbolje što može biti Najgore što može biti	
Puшите li:	
Koliko cigareta dnevno popušite? <10 10-20 21-30 >30	
Jeste li ranije bili pušač? Ako da, koliko godina? <5 10 15 >20	
Koliko sati na noć prosječno spavate? <4 4-6 6-8 8-10 >10	
Kako biste ocijenili svoju opću razinu stresa? 0 1 2 3 4 5 6 Nema stresa Veliki stres	
Kako biste ocijenili svoj opći osjećaj o svome stanju tijekom proteklog tjedna? 0 1 2 3 4 5 6 Najbolje što može biti Najgore što može biti	
Koliko puta vježbate (barem 30 minuta) tjedno? 0 1 2 3 4 5 6 7	
Molimo, navedite vrstu vježbe:	

<p style="text-align: center;">Koliko prosječno traje Vaše vježbanje (u minutama)?</p> <p style="text-align: center;">30      45      60      75      90      &gt;90</p>	
<p style="text-align: center;">Kakav Vam je intenzitet vježbanja?</p> <p style="text-align: center;">Visok   Umjeren   Nizak   Nizak do umjeren   Nizak do visok   Visok do umjeren</p>	
<p>Bolujete li i jeste li ikad bolovali od neke kronične bolesti/stanja? Ukoliko jeste, navedite koje.</p>	
<p>Jeste li bili hospitalizirani unutar godinu dana (NE uključujući posjete Hitnoj službi)? Ukoliko jeste, koliko ste ukupno dana bili hospitalizirani unutar zadnjih godinu dana?</p>	
<p>Imate li u obiteljskoj anamnezi neke bolesti/stanja (npr. bolesti srca, rak, Parkinsonovu bolest...)? Ukoliko imate, navedite koje.</p>	
<p>Koliko godina imaju Vaši roditelji? Ukoliko su umrli, molimo Vas, navedite od čega su umrli i koliko su bili stari u trenutku smrti.</p>	
<p>Molimo navedite/označite svoj glavni cilj sudjelovanja u ovome projektu:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poboljšanje zdravlja</li> <li>• promjena životnog stila</li> <li>• znatiželja</li> <li>• nešto drugo. Navedite što:</li> </ul>

### Prilog 3. Upitnik o upalnim simptomima

#### UPITNIK O UPALNIM SIMPTOMIMA

Molimo ocijenite svaki od navedenih simptoma na temelju svog uobičajenog zdravstvenog stanja.

Bodovna skala:

- 0 – Nikad ili gotovo nikad nemam te simptome.
- 1 – Povremeno ih imam, bez težih posljedica.
- 2 – Povremeno ih imam, posljedice su teške.
- 3 – Često ih imam, bez težih posljedica.
- 4 – Često ih imam, posljedice su teške.

Zbrojite bodove kako biste dobili ukupan broj za svaki dio, a zatim zbrojite ukupne iznose svakog dijela da dobijete sveukupni iznos.

Ako u bilo kojem pojedinačnom dijelu imate više od 10, ili je ukupan iznos 50 ili više, savjetujemo da razmislite o promjeni svog životnog stila.

<p><b>UM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Loše pamćenje</li> <li>- Zbunjenost</li> <li>- Slaba koncentracija</li> <li>- Slaba koordinacija</li> <li>- Problemi s donošenjem odluka</li> <li>- Mucanje, zamuckivanje</li> <li>- Nerazgovijetan govor</li> <li>- Poteškoće u učenju</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>USTA/GRLO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kronični kašalj</li> <li>- Gušenje, potreba za čišćenjem grla</li> <li>- Grlobolja, promuklost</li> <li>- Otečeni ili blijedi jezik, desni, usne</li> <li>- Afte</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>PROBAVA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mučnina ili povraćanje</li> <li>- Proljev</li> <li>- Zatvor</li> <li>- Osjećaj nadutosti</li> <li>- Podrigivanje, plinovi</li> <li>- Žgaravica</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>
<p><b>OČI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suzne oči uz svrbež</li> <li>- Otečeni, crveni ili ljepljivi kapci</li> <li>- Podočnjaci</li> <li>- Zamućen/tunelski vid</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>GLAVA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glavobolja</li> <li>- Osjećaj nesvjestice</li> <li>- Vrtoglavica</li> <li>- Nesanica</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>PLUĆA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gušenje u plućima</li> <li>- Astma, bronhitis</li> <li>- Gubitak daha</li> <li>- Otežano disanje</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>
<p><b>UŠI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Svrbež ušiju</li> <li>- Bolovi u ušima, upala uha</li> <li>- Iscjedak iz uha</li> <li>- Zvonjava u ušima, gubitak sluha</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>EMOCIJE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Promjene raspoloženja</li> <li>- Anksioznost, strah, nervoza</li> <li>- Ljutnja, razdražljivost</li> <li>- Depresija</li> </ul> <p><b>UKUPNO:</b></p>	<p><b>ENERGIJA/AKTIVNOST</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umor, tromost</li> <li>- Apatija, tromost</li> <li>- Hiperaktivnost</li> <li>- Tromost</li> </ul> <p><b>UKUPNO :</b></p>



<p><b>ZGLOBOVI/MIŠIĆI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bol u zglobovima</li> <li>- Artritis</li> <li>- Ukočenost, ograničena pokretljivost</li> <li>- Bolovi u mišićima</li> <li>- Slabost ili umor</li> </ul> <p>UKUPNO:</p>	<p><b>KOŽA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Akne</li> <li>- Urtikarija, osip, suha koža</li> <li>- Gubitak dlake ili kose</li> <li>- Crvenjenje ili valunzi</li> <li>- Pretjerano znojenje</li> </ul> <p>UKUPNO:</p>	<p><b>NOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Začepljen nos</li> <li>- Problemi sa sinusima</li> <li>- Peludna groznica</li> <li>- Napadi kihanja</li> <li>- Pretjerana sluz</li> </ul> <p>UKUPNO:</p>
<p><b>TEŽINA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prejedanje, neumjerenost u piću</li> <li>- Žudnja za određenom hranom</li> <li>- Prekomjerno dobivanje na težini</li> <li>- Kompulzivno jedenje</li> <li>- Zadržavanje tekućine</li> <li>- Preniska tjelesna težina</li> </ul> <p>UKUPNO:</p>	<p><b>SRCE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preskakanje srca</li> <li>- Ubrzano kucanje srca</li> <li>- Bolovi u prsima</li> </ul> <p>UKUPNO :</p>	<p><b>OSTALO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Česta pobolijevanja</li> <li>- Često/hitro mokrenje</li> <li>- Genitalni svrbež, iscjedak</li> </ul> <p>UKUPNO:</p>
<p><b>SVEUKUPNO:</b></p>		

Prilog 4. Upitnik o stresu

UPITNIK O NOŠENJU SA STRESOM

Skala percipiranog stresa (Cohen, 1994.):

Pitanja na ovoj skali tiču se Vaših osjećaja i razmišljanja tijekom proteklog mjeseca. Molimo Vas, znakom X naznačite koliko ste često razmišljali ili se osjećali na određeni način.

<p>1. U proteklih mjesec dana, koliko ste često bili uzrujani oko nečega što se dogodilo neočekivano?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>
<p>2. U proteklih mjesec dana, koliko ste često osjećali da ne možete kontrolirati važne stvari u svome životu?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>
<p>3. U proteklih mjesec dana, koliko ste često bili nervozni i „pod stresom“?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>
<p>4. U proteklih mjesec dana, koliko ste se često osjećali samopouzđano u vezi sa svojom sposobnošću rješavanja svojih osobnih problema?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>
<p>5. U proteklih mjesec dana, koliko ste često osjećali da Vam stvari idu na ruku?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>
<p>6. U proteklih mjesec dana, koliko ste često pomislili da se ne možete nositi sa svim stvarima koje morate učiniti?</p>	<p>___ 0=nikad            ___ 1=gotovo nikad            ___ 2=ponekad            ___ 3=prilično često            ___ 4=vrlo često</p>

<p>7. U proteklih mjesec dana, koliko ste često bili u stanju kontrolirati iritacije u svojem životu?</p>	<p> <input type="checkbox"/> 0=nikad  <input type="checkbox"/> 1=gotovo nikad  <input type="checkbox"/> 2=ponekad  <input type="checkbox"/> 3=prilično često  <input type="checkbox"/> 4=vrlo često </p>
<p>8. U proteklih mjesec dana, koliko ste često osjećali da imate stvari pod kontrolom?</p>	<p> <input type="checkbox"/> 0=nikad  <input type="checkbox"/> 1=gotovo nikad  <input type="checkbox"/> 2=ponekad  <input type="checkbox"/> 3=prilično često  <input type="checkbox"/> 4=vrlo često </p>
<p>9. U proteklih mjesec dana, koliko ste se često naljutili zbog stvari koje su bile izvan Vaše kontrole?</p>	<p> <input type="checkbox"/> 0=nikad  <input type="checkbox"/> 1=gotovo nikad  <input type="checkbox"/> 2=ponekad  <input type="checkbox"/> 3=prilično često  <input type="checkbox"/> 4=vrlo često </p>
<p>10. U proteklih mjesec dana, koliko ste često osjećali da Vam se nakupilo toliko poteškoća da ih nećete moći savladati?</p>	<p> <input type="checkbox"/> 0=nikad  <input type="checkbox"/> 1=gotovo nikad  <input type="checkbox"/> 2=ponekad  <input type="checkbox"/> 3=prilično često  <input type="checkbox"/> 4=vrlo često </p>

Prilog 5. Upitnik o prehrambenim navikama

UPITNIK O PREHRAMBENIM NAVIKAMA	
1. Držite li se neke posebne dijete?	<input type="checkbox"/> Ne <input type="checkbox"/> S manje masti <input type="checkbox"/> S manje soli <input type="checkbox"/> Košer <input type="checkbox"/> Dijabetičke <input type="checkbox"/> Vegetarijanske <input type="checkbox"/> Neke druge. Navedite koje:
2. Koje obroke redovito jedete?	<input type="checkbox"/> Doručak <input type="checkbox"/> Ručak <input type="checkbox"/> Užina <input type="checkbox"/> Večera
3. Kad grickate?	<input type="checkbox"/> Ujutro <input type="checkbox"/> Popodne <input type="checkbox"/> Uvečer <input type="checkbox"/> Kasno uvečer <input type="checkbox"/> Tijekom cijelog dana
4. Jedete li vani ili naručujete hranu?  Ako da, koliko često?	<input type="checkbox"/> Da <input type="checkbox"/> Ne  <input type="checkbox"/> Na dnevno bazi <input type="checkbox"/> Na tjednoj bazi <input type="checkbox"/> Na mjesečnoj bazi <input type="checkbox"/> Nešto drugo
5. Kako se Vaša hrana obično priprema? Označite sve što vrijedi za Vas.	<input type="checkbox"/> Pečenjem <input type="checkbox"/> Grilanjem <input type="checkbox"/> Kuhanjem u vodi <input type="checkbox"/> Prženjem <input type="checkbox"/> Kuhanjem na pari <input type="checkbox"/> Poširanjem <input type="checkbox"/> Nekim drugim načinom. Navedite:
<p>Koliko puta dnevno jedete navedene namirnice?</p> <p>a) Škrob (kruh, pecivo, žitarice, tjestenina, rezanci, riža krumpir)</p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> Nikada    <input type="checkbox"/> 1-2    <input type="checkbox"/> 3-5    <input type="checkbox"/> 6-8    <input type="checkbox"/> 9-11         </p>	

b) Voće

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

c) Povrće

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

d) Mliječne proizvode (mlijeko, jogurt)

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

e) Meso, ribu, perad, jaja, sir

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

f) Masnoće (putar, margarin, majoneza, ulje, salatni preljevi, kiselo vrhnje, sirni namaz)

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

g) Slatkiše (bomboni, kolači, gazirana pića, sokovi)

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

h) Voće

\_\_ Nikada \_\_ 1-2 \_\_ 3-5 \_\_ 6-8 \_\_9-11

Koja pića pijete svaki dan i koliko?

\_\_\_ Vodu \_\_\_ puta ili čaša dnevno (2,5 dl)

\_\_\_ Kavu \_\_\_ puta ili šalica dnevno

\_\_\_ Čaj \_\_\_ puta ili šalica dnevno

\_\_\_ Gazirana pića \_\_\_ puta ili čaša dnevno (3,5 dl)

\_\_\_ Alkohol \_\_\_ puta ili čaša dnevno (3,5 dl)

\_\_\_ Ostalo \_\_\_ puta ili čaša dnevno. Navedite što:

## Prilog 6. Program vježbanja nordijsko hodanje

### 1. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- Intervalni trening: hodanje 12 x 1min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

### 2. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- Intervalni trening: hodanje 12 x 1min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

### 3. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 30 min*

- Intervalni trening: hodanje 12 x 1,5 min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

### 4. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 30 min*

- Intervalni trening: hodanje 12 x 1,5 min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 5. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 30 min*

- Intervalni trening: hodanje u ekstenzivnoj zoni 10 x 2 min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 6. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog aerobnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 30 min*

- Intervalni trening: hodanje u ekstenzivnoj zoni 10 x 2 min (ekstenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu



## 7. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 20 min*

- kontinuirani trening: 5 x 1 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona) + 5 x 1 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 8. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 20 min*

- kontinuirani trening: 5 x 1 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min (regeneracijska zona) + 5 x 1 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 9. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 20 min*

- kontinuirani trening: 7 x 1 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min hodanje (ekstenzivna zona) + 5 x 1 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 10. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 20 min*

- intervalni trening: 5 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje) + 5 x 1 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 11. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 20 min*

- kontinuirani trening: 5 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min hodanje (ekstenzivna zona) + 5 x 1 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 12. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 22 min*

- Intervalni trening: 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje) + 2 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min pauze (aktivna-hodanje) + 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

### 13. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 22 min*

- Intervalni trening: 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje) + 2 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min pauze (aktivna-hodanje) + 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

### 14. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 3 x 4 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + 5 x 1 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 15. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 3 x 4 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + 5 x 1 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 16. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 4 x 5 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 17. TRENING

Trajanje: 60 min, broj vježbača: 10-12, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 4 x 5 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (regeneracijska zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 18. TRENING

Trajanje: 60 min, broj vježbača: 10-12, tip treninga: *intervalni varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 22 min*

- Intervalni trening: 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje) + 2 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min pauze (aktivna-hodanje) + 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 19. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *intervalni varijabilni trening ekstenzivnog-intenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 22 min*

- Intervalni trening: 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje) + 2 x 2 min hodanje (intenzivna zona) / 1 min pauze (aktivna-hodanje) + 2 x 3 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min pauza (aktivna-hodanje)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 20. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 3 x 7 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (intenzivna zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 21. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 3 x 7 min hodanje (ekstenzivna zona) / 1 min hodanje (intenzivna zona) + vježbe jakosti

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 22. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 2 x 10 min hodanje (ekstenzivna zona) / 2 min hodanje (intenzivna zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu



## 23. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 2 x 10 min hodanje (ekstenzivna zona) / 2 min hodanje (intenzivna zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu

## 24. TRENING

Trajanje: *60 min*, broj vježbača: *10-12*, tip treninga: *kontinuirano varijabilni trening ekstenzivnog opterećenja*

Uvodni dio treninga: *trajanje 20 min*

- Vježbe predaktivacije i aktivacije trupa uz gume ili štapove
- Vježbe razgibavanja u mjestu i kretanju (od glave prema petama, u kretanju vježbe za jačanje mišića stopala i potkoljenice)

Glavni dio treninga: *trajanje 25 min*

- kontinuirani trening: 2 x 12 min hodanje (ekstenzivna zona) / 2 min hodanje (intenzivna zona)

Završni dio treninga: *trajanje 15 min*

- Rashodavanje
- Vježbe istezanja u mjestu



Sveučilište u Zagrebu  
Kineziološki fakultet



Broj: 31/2017

Zagreb, 18. rujna 2017.

Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, povodom zamolbe prof.dr.sc. Damira Knjaza, za odobrenje znanstvenog istraživanja na sjednici održanoj dana 18. rujna 2017.godine, donijelo je slijedeće

### MIŠLJENJE

Temeljem uvida u dostavljene materijale – problem, ciljeve, hipoteze i način provođenja eksperimenta vezanih uz predloženo istraživanje **prof.dr.sc. Damira Knjaza**, pod nazivom *Zdravstveno usmjerena tjelesna aktivnost i promjena biomarkera starenja organizma – GetFit4Free* Povjerenstvo je zaključilo da se u predloženom znanstvenom istraživanju poštuju i primjenjuju etička i profesionalna načela te se **daje suglasnost za njegovo izvođenje.**

Prodekanica za znanost

**prof.dr.sc. Lana Ružić**

Kineziološki fakultet, Horvaćanski zavoj 15, HR-10000 Zagreb  
tel.: +385 (0) 1 3658666, faks: +385 (0) 1 3634146  
OIB: 25329931628, e-mail: dekanat@kif.hr, url: www.kif.unizg.hr





## PRISTANAK ODRASLE OSOBE ZA SUDJELOVANJE U ISTRAŽIVANJU

Molimo Vaš pristanak za sudjelovanje u istraživačkoj studiji. Ono je u potpunosti dobrovoljno i možete se povući iz studije u bilo kojem trenutku bez ikakvih posljedica.

**NAZIV ISTRAŽIVANJA:** „GetFit4Free“

**Voditelj istraživanja:** prof.dr.sc.Damir Knjaz, Kineziološki fakultet

**Izvor financiranja (MZOS, Fakultet , osobno ili sl.):** MINGO

**Što će točno ispitanik raditi, na koji način će biti angažiran:**

Ispitaniku će biti izuzet bris bukalne sluznice i kap kapilarne krvi iz jagodice prsta, te kap krvi iz jagodice prsta po završetku ciklusa treninga. Ispitanik će sudjelovati na vođenom treningu, gdje će se također na početku i na kraju ciklusa testirati opće stanje ispitanika kratkim motoričkim vježbama kako bi se mogao pratiti napredak.

**Koristi za ispitanika:**

Utvrdivanje da li dolazi do promjene biološke dobi nakon promjene stila života iz sjedilačkog u blago aktivni stil (2x tjedno) preko praćenja glikana kao biomakrera biološke dobi.

**Procijenjeni rizici za ispitanika ako postoje:**

Ne postoje rizici za ispitanika osim uobičajenih svakodnevnih rizika.

**Tajnost podataka, tj. za što će podaci biti korišteni:** za istraživanje promjene biološke dobi uslijed rekreativnog bavljenja sportom. Svi podaci će biti čuvani u tajnosti. Ukoliko ispitanici žele, biti će obaviješteni o ishodu istraživanja. Sav biološki materijal i medicinski podaci bit će čuvani u tajnosti. Primjenjivat će se zaštita osobnih podataka i uzorci će biti šifrirani. Ovo istraživanje odobrilo je Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Ja, niže potpisani \_\_\_\_\_ potpisivanjem ovog obrasca potvrđujem da sam na meni prihvatljiv i zadovoljavajući način upoznat sa sadržajem i potencijalnim koristima i rizicima istraživanja. Također sam upoznat sa sadržajem i potencijalnim koristima i rizicima svih metoda koje će se primijeniti u okviru istraživanja. Na moja pitanja je zadovoljavajuće odgovoreno i sve su nejasnoće razjašnjene. Razumijem da mogu uskratiti ili naknadno povući svoj pristanak u bilo kojem trenutku istraživanja, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica po zdravstvenom ili pravnom pitanju. Mogu dobiti uvid u sve informacije prikupljene u svrhu istraživanja i biti izvješten o njegovom tijeku. Ponuđena mi je kopija ovog obrasca. Razumijem da mojoj dokumentaciji imaju pristup odgovorni pojedinci (istraživač, mentor i suradnici u istraživanju), članovi Etičkog povjerenstva ustanove u kojoj se istraživanje obavlja te članovi Etičkog povjerenstva koje je odobrilo ovo znanstveno istraživanje. Dajem dozvolu tim pojedincima za pristup dokumentaciji i odobravam da se moji podaci objave u sklopu objave rezultata istraživanja u znanstvenoj literaturi.

Vjerujem da mi nisu potrebne dodatne informacije o navedenom istraživanju te stoga svojim potpisom dajem pristanak za sudjelovanje u istraživanju: "GetFit4Free".

***ISPITANIK JE PUNOLJETAN.***

**Potpis ispitanika**

**Datum:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## IZJAVA O DAVANJU PRISTANKA NA KORIŠTENJE OSOBNIH PODATAKA

Prihvatanjem ove Izjave smatra se da, sukladno članku 7. Zakona o zaštiti osobnih podataka (NN br. 103/03., 118/06., 41/08., 130/11.), slobodno i izričito dajete privolu na prikupljanje i daljnju obradu Vaših osobnih podataka ustupljenih Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i tvrtki Genos d.o.o., kao nositeljima projekta „GetFit4Free“.

Radi se o dobrovoljnom davanju podataka izričito u svrhu provedbe gore spomenutog projekta.

Vaši će se osobni podaci tretirati u skladu sa Zakonom o zaštiti osobnih podataka uz primjenu odgovarajućih tehničko-sigurnosnih mjera. Nositelji projekta poštuju Vašu privatnost te jamče da niti jedna treća strana, osim pojedinaca uključenih u provedbu projekta, nema pristup Vašim osobnim podacima. Nažalost, niti jedna pohrana niti prijenos podataka ne mogu biti 100% sigurni te nositelji projekta nisu odgovorni za radnje bilo koje treće strane kojoj takvi podaci postanu dostupni na neovlašten i nezakonit način.

Vaši osobni podaci mogu se priopćavati trećim osobama bez vaše izričite prethodne privole samo u slučajevima izričito propisanim zakonom.

Voditelj zbirke osobnih podataka je Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb.

**Prihvatanjem ove Izjave potvrđujete da ste pažljivo pročitali i razumjeli njen sadržaj te pristajete da nositelji projekta odnosno voditelj zbirke osobnih podataka obrađuju i koriste vaše osobne podatke u svrhu provedbe projekta „GetFit4Free“.**

Ujedno izričito izjavljujete da imate više od 18 godina i da zakonski možete dati svoj pristanak.

Ime i prezime ispitanika \_\_\_\_\_

Dob ispitanika \_\_\_\_\_

Potpis ispitanika \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_

### 13. ŽIVOTOPIS AUTORA I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Robert Zekić rođen je 13. lipnja 1973. godine u Rijeci. Po završetku srednje Medicinske škole Mirko Lenac u Rijeci upisuje Fakultet za fizičku kulturu u Zagrebu koji završava 1996. godine. Nakon uspješno završenog studija, od 1996. do 2000. godine radi na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci kao vanjski suradnik na Zavodu za anatomiju. Studentima usmjerenja *Fizioterapija* predavao je Osnove sistematske kineziologije i biomehanike sporta. U tom razdoblju i na Visokoj učiteljskoj školi pri Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, studentima razredne nastave predaje Osnove sistematske kineziologije i Metodiku tjelesne i zdravstvene kulture. Od 1996. do 1999. godine je trener Muškog odbojkaškog kluba *Rijeka* gdje s uzrastima kadeta i juniora osvaja srebrna odličja na državnom prvenstvu, kao i zlatno odličje na Školskom sportskom natjecanju za osnovne škole u odbojci s Osnovnom školom Gornja Vežica. Početkom 2000. godine postaje član Izvršnog odbora Riječkog sportskog saveza kao predstavnik odbojkaškog sporta i riječkih odbojkaških klubova. Nedugo zatim, izabran je za predsjednika Riječkog sportskog saveza na čelu kojeg je bio sve do 2012. godine. U tom period uvodi ISO 9001 standarde, sudjeluje u izradi mjerila i kriterija vrednovanja sportskih klubova i sportaša na temelju kojih se transparentno predlažu javne potrebe u sportu grada Rijeke. Kao predsjednik Riječkog sportskog saveza sudjelovao je u organizaciji niza velikih domaćih i međunarodnih sportskih događanja u Rijeci poput Europskog prvenstva u plivanju u kratkim bazenima 2008, Final four u vaterpolu 2009, Final four u odbojci 2009, Svjetskog prvenstva u kuglanju 2010 i Svjetskog prvenstva u boćanju 2010. Jednako tako imao je privilegiju sudjelovati u izgradnji i otvaranju nekoliko sportskih objekata koji su stavljeni na raspolaganje riječkim sportašima i sportskim klubovima poput Sportskog centra Zamet, Atletske dvorane Kantrida i Bazena Kantrida. Tijekom 1999. godine otvara i do danas uspješno upravlja trgovačkim društvom Vitro Rijeka.

Na temelju pregleda objavljenih radova autora Roberta Zekića u pregledniku CROSBI (Hrvatska znanstvena bibliografija) zavedeno je ukupno 15 radova i to:

Car Mohač, D., Zekić, R., Pejčić, T. (2017). Razlike između dječaka i djevojčica od I. do IV. razreda osnovne škole u morfološkim karakteristikama i motoričkim sposobnostima. 26. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, Hrvatska, str. 208-211 (predavanje, recenziran, kratko priopćenje, ostalo)

Đurković, T., Marelić, N., Zekić, R. (2020). Specificity of the anthropometric characteristics and fitness abilities of male volleyball players. Book of Abstracts: Sport and Quality of Life / Cacek, J.; Sajdlová, Z.; Šimková, K. (ur.). Brno: Masaryk University Press, str. 19-27 (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Jusup Dodig, K., Zekić, R. (2016). Praćenje i vrednovanje rada u području obuke neplivača. 14. Hrvatsko savjetovanje o obuci neplivača, prof. emeritus dr.sc. Findak, V. (ur.). Orahovica, str. 32-34 (ostalo, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), stručni)

Knjaz, D., Zekić, R., Briški, N. (2018). Is physical activity the everlasting fountain of youth and health? (Pilot-project). 14th International Scientific Conference of Sport Kinetics "Movement in Human Life and Health": proceedings / Baić, M.; Starosta, W.; Drid, P.; Konarski, J.M.; Krističević, T.; Maksimović, N. (ur.). Zagreb: Novi Sad: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Novom Sadu, 2018. str. 45-49 (pozvano predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Malacko, J., Zekić, R., Pejčić, A. (2017). Kanoničke relacije između varijabli motoričkih sposobnosti i potkožnog masnog tkiva kod djevojčica predškolskog uzrasta. 8. međunarodna znanstvena konferencija o kineziologiji; Milanović, D., Sporiš, G., Šalaj, S., Škegro, D. (ur.). Opatija, str. 225-229 (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

Pejčić, A., Zekić, R., Kinkela, D. (1999). Stavovi studenata o njihovoj kineziološko-metodičkoj osposobljenosti za rad u području tjelesne i zdravstvene kulture. Nastavnik-čimbenik kvalitete u odgoju i obrazovanju, Rosić, V. (ur.). Rijeka: Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, str. 619-629 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

- Rupčić, T., Knjaz, D., Baković, M., Borović, I., Zekić, R. (2016). Razlike u nekim kinematičkim parametrima između šutiranja sa različitih pozicija u košarci. *Kineziologija i područja edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije u razvitku hrvatskog društva: zbornik radova / Findak, V. (ur.). Poreč: Hrvatski kineziološki savez, str. 253-258. (https://www.bib.irb.hr:8443/835568) (predavanje, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)*
- Šimunić-Briški, N., Zekić, R., Dukarić, V., Očić, M., Frkatović-Hodžić, A., Deriš, H., Lauc, G., Knjaz, D. (2023). Physical exercise induces significant changes in immunoglobulinG N-glycan composition in a previously inactive, overweight population. *Biomolecules*, 13, 5, 762, 14. doi:10.3390/biom13050762 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni).
- Zekić, R., Kinkela, D. (1999). Metodika razvoja brzine reakcije mladih odbojkaša. *Kineziologija za 21. stoljeće; Dubrovnik, str. 334-337 (ostalo, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)*
- Zekić, R., Kinkela, D. (1999). Dijagnostika motoričkih sposobnosti kao kriterij za usmjeravanje učenika u odbojku. "Školski sport", doc. dr. Hofman, E. (ur.). Rovinj, str. 368-372 (ostalo, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)
- Zekić, R., Vučetić, V. (2016). Dijagnostički postupci za procjenu razine ravnoteže. *Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme*, 14 2; 14-23 (https://www.bib.irb.hr:8443/868637) (domaća recenzija, članak, stručni)
- Zekić, R., Car Mohač, D., Matrljan, A. (2016). Razlike u morfološkim karakteristikama i motoričkim sposobnostima djece predškolske dobi polaznika Male sportske škole. *Kineziologija i područja edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije u razvitku hrvatskog društva, prof.emeritus dr.sc. Findak, V. (ur.). Poreč, str. 406-413. (https://www.bib.irb.hr:8443/883458) (predavanje, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)*
- Zekić R. (2017). Analiza situacijske učinkovitosti pobjedničkih i poraženih ekipa na svjetskom odbojkaškom prvenstvu 2014. 8. međunarodna znanstvena konferencija o kineziologiji, Milanović, D., Sporiš, G., Šalaj, S., Škegro D. (ur.). Opatija, str. 436-440. (https://www.bib.irb.hr:8443/883421) (poster, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)



- Zekić, R., Uzelac-Šćiran, T., Ljubičić, S. (2017). Utjecaj motoričkih sposobnosti na razvoj aerobnih potencijala kod djevojčica predškolskog uzrasta. Kineziološke kompetencije u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije, prof. emeritus dr. sc. Findak, V. (ur.). Poreč, str. 194-200. (<https://www.bib.irb.hr:8443/883400>) (predavanje, domaća recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)
- Zekić, R., Vučetić, V., Pejčić, T. (2017). Razlike u testovima za procjenu maksimalnog primitka kisika mladih odbojkašica i rukometašica. 11th International conference of kinanthropology Sport and quality of life, Zvonar, M., Sajdlova, Z. (ur.). Brno: Masarykova univerzita, str. 984-993 (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)

