

# MJERENJE STATIČKE RAVNOTEŽE KOD REKREATIVNIH VJEŽBAČA

---

**Budimir, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:688741>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-13**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJA

Tomislav Budimir

**MJERENJE STATIČKE RAVNOTEŽE KOD REKREATIVNIH  
VJEŽBAČA**

Diplomski rad

Rijeka, 2021.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Tomislav Budimir

**MEASURING STATIC BALANCE IN RECREATIONAL  
EXERCISERS**

Final work

Rijeka, 2021.

Mentor rada: prof.dr.sc. Daniela Malnar

Diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ u/na

\_\_\_\_\_, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Rad sadrži 47 stranica, 5 slika, 8 tablica, 35 literaturnih navoda.

## Izvjješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

<b>Sastavnica</b>	<b>Fakultet zdravstvenih studija Rijeka</b>
<b>Studij</b>	Diplomski sveučilišni studij fizioterapija
<b>Vrsta studentskog rada</b>	Diplomski rad
<b>Ime i prezime studenta</b>	Tomislav Budimir
<b>JMBAG</b>	

Podatci o radu studenta:

<b>Naslov rada</b>	<b>Mjerenje statičke ravnoteže kod rekreativnih vježbača</b>
<b>Ime i prezime mentora</b>	Prof.dr.sc. Daniela Malnar
<b>Datum predaje rada</b>	27.06.2021.
<b>Identifikacijski br. podneska</b>	29867159
<b>Datum provjere rada</b>	06.07.2021.
<b>Ime datoteke</b>	Mjerenje staticke ravnoteze_Budimir
<b>Veličina datoteke</b>	200K
<b>Broj znakova</b>	60048
<b>Broj riječi</b>	10002
<b>Broj stranica</b>	47

Podudarnost studentskog rada:

<b>Podudarnost (%)</b>	<b>14%</b>
<b>Internet</b>	9%
<b>Publikacije</b>	5%

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

<b>Mišljenje mentora</b>	
<b>Datum izdavanja mišljenja</b>	06.07.2021.
<b>Rad zadovoljava uvjete izvornosti</b>	<b>Da</b>
<b>Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti</b>	/
<b>Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)</b>	/

Datum

06.srpanj 2021.

Potpis mentora



## ZAHVALA

Ovo istraživanje plod je mog truda i rada, ali u ovih nekoliko rečenica spomenuo bih osobe bez kojih ne bih došao ovdje gdje jesam trenutno.

Na početku htio bih se zahvaliti svojim roditeljima, bratu i sestri te ostatku svoje obitelji koji su kroz cijelo moje obrazovanje bili moja glavna potpora. Također od srca se zahvaljujem svim svojim prijateljima. Spominjem ih u množini, neću ih imenovati jer nabrajajući nekog bih sigurno zaboravio. Iskreno im obećajem da ću ih učiniti ponosnim te da ih neću razočarati.

Velika hvala mojoj mentorici prof.dr.sc. Danieli Malnar koja je veliki dio svog vremena uložila pomagajući mi kada god je to bilo potrebno. Također velika hvala i prof.dr.sc. Hrvoju Vlahoviću koji mi je omogućio korištenje biomehaničkog laboratorija, odnosno Posturomeda te koji je također uvijek bio na usluzi.

Također želim se zahvaliti svim članovima i vodstvu „Fit Beat Kastav“ koji su bili ispitanici ovog istraživanja te su izlazili svak put u susret kad god je to bilo potrebno.

## SADRŽAJ

1. UVOD I PREGED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	8
1.1. Povijest propriocepcije.....	8
1.2. Propriocepcija.....	8
1.2.1. Statička i dinamička propriocepcija .....	9
1.3. Proprioceptivni sustav.....	9
1.3.1. Tonički receptori.....	9
1.3.2. Fazički receptori.....	11
1.4. Sustav neuromišićne kontrole na razini leđne moždine.....	11
1.5. Sustav neuromišićne kontrole - kortikalna razina: piramidni i ekstrapiramidni put .....	12
1.6. Balans ili ravnoteža.....	12
1.6.1. Uloga malog mozga u održavanju ravnoteže ili balansa .....	13
1.6.2. Uloga vestibularnog sustava u održavanju ravnoteže ili balansa .....	14
1.7. Fiziologija skeletnog mišića .....	15
1.7.1. Fiziološka građa .....	15
1.7.2. Mišićna kontrakcija .....	15
1.7.3. Vrste mišićnih kontrakcija.....	16
1.7.4. Vrste mišićnih vlakana .....	16
1.8. Izometričke vježbe .....	16
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	18
3. HIPOTEZE.....	18
4. ISPITANICI I METODE.....	19
4.1. Varijable .....	19
4.2. Ispitanici .....	19
4.3. Opis postupka .....	19
4.4. Posturomed“ i „Microswing“ .....	20

5. REZULTATI.....	21
5.1. Antropometrijske karakteristike .....	21
5.2. Indeks tjelesne mase (BMI).....	22
5.3. Podatci o treningu .....	24
5.4. Sportska aktivnost.....	25
5.5. Ozljede .....	26
5.6. Testiranje .....	27
5.7. Usporedba provedenih testova s kategorijama uhranjenosti .....	28
5.8. Usporedba provedenih testova s kategorijama ozljeđenosti .....	30
6. RASPRAVA .....	32
7. ZAKLJUČAK .....	39
8. SAŽETAK .....	40
9. SUMMARY .....	41
10. LITERATURA .....	42
11. PRILOZI .....	46
12. KRATKI ŽIVOTOPIS.....	47



# 1. UVOD I PREGED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

## 1.1. Povijest propriocepcije

O postojanju mišićnog osjeta počelo se govoriti već u 17. stoljeću. Tada je škotski fiziolog Charles Bell došao do činjenice da mišići koji vrše pokrete prstiju i šake svoje polazište imaju u području podlaktice (1). Od tada tema *mišićni osjet* postaje sve popularnija pa se provode mnoga istraživanja. U 19. stoljeću njemački fiziolozi mijenjaju naziv *mišićni osjet* u *osjećaj inervacije*. Smatrali su da podražaji ne putuju mišića, već zapravo putuju od mozga. Toj činjenici suprotstavio se Sherrington koji je smatrao da čovjek sa zatvorenim očima zna gdje mu se nalazi svaki pojedini ekstremitet i njegov položaj. Od tog trenutka postoje dvije činjenice za propriocepciju. Prva govori o tome da je propriocepcija jedinstvena za svaki organizam i da je sama propriocepcija složena priča, dok druga činjenica govori o tome da je mišić centar propriocepcije. Nakon nekog vremena došla je treća činjenica koja govori o tome da propriocepcija uključuje osjećaj svjesnosti koju proizvode receptori što su trenutni položaj tijela, osjećaj ravnoteže i osjećaj napetosti. Bastian je uveo pojam kinestezija te je za nju rekao da se ona odnosi na senzacije koje proizvode receptori u trenutnom određivanju položaja ekstremiteta i pokreta (1).

## 1.2. Propriocepcija

Poznato da ljudski organizam sastoji se od organskih sustava bez kojih ne bi mogao obavljati životne potrebe. Kako su svi organski sustavi od neizmjerne važnosti, isto tako vrijedi i za živčani sustav koji je povezan sa svim dijelovima tijela. Središnji živčani sustav putem receptora primaju informacije o promjenama vanjskog okruženja. Postoje četiri različita osjeta, a to su taktilni osjet, kinestetički osjet, osjet topline te osjet za bol (2). Središnji živčani sustav stvara svijest o trenutnom položaju tijela zahvaljujući receptorima koji šalju impulse iz različitih dijelova lokomotornog sustava. Receptori koji su građivni dio su tetiva, mišića i zglobova nazivaju se proprioceptori. Maček i suradnici te Chrysty iznose definiciju da je propriocepcija svjesni osjet položaja i kretanja tijela. Također, iznose činjenicu da su proprioceptori od velike važnosti u prevenciji ozljeda, razvijanju ravnoteže odnosno zadržavanju određenog položaja te stvaranju učinkovitog kretanja (2,3). Subasi daje definiciju: „Proprioceptori su organska tjelešca koji ascendentnim putem šalju signale u leđnu moždinu.“ Temeljem tih signala

organizam reagira na podražaje i razvija se neuromišićna kontrola odnosno neuromišićna kontrola je glavni odgovor na podražaje (4).

### *1.2.1. Statička i dinamička propriocepcija*

U literaturi propriocepcija se dijeli na statičku i dinamičku propriocepciju. Subasi u svojoj knjizi *Historical Background of Proprioception* izjavljuje da je statička propriocepcija je prepoznavanje segmenata tijela u okruženju i prepoznavanju tjelesnog položaja, a dinamičku propriocepciju poistovjećuje s kinestezijom (5).

Impulsi koje receptori proizvode konstantno prosljeđuju podatke u središnji živčani sustav koji prikuplja i obrađuje podatke od proprioceptora stvarajući sliku kako bi znao u kojem trenutnom položaju se nalazi tijelo. I statička i dinamička propriocepcija su od velike važnosti u održavanju posture i balansa (2,5).

## **1.3. Proprioceptivni sustav**

Maček proprioceptore dijeli na toničke i fazičke. U svojoj knjizi *Neurofacilitacijska terapija* daje definiciju toničkim receptorima za koje kaže da središnjem živčanom sustavu daju informaciju o položaju tijela u prostoru i informaciju o položaju zglobova te mišićnoj napetosti (6). Tu se ubrajaju mišićno vreteno, receptori iz vestibularnog sustava, receptori za bol, receptori za dodir i Merkelove ploče. Uz Merkelove ploče važno je spomenuti Ruffinijeve završetke koji se ubrajaju u mehanoreceptore. Nadalje, Maček za fazičke receptore iznosi definiciju da to receptori koji se brzo prilagođavaju i ne mogu služiti u prijenosu trajnih impulsa prema središnjem živčanom sustavu. Pod fazičke receptore ubrajaju se Pacinijeva tjelešca i određeni broj receptora iz vestibularnog sustava (6). U nastavku će biti objašnjena podjela proprioceptivnog sustava

### *1.3.1 Tonički receptori*

#### *1.3.1.1. Mišićno vreteno*

Mišićno vreteno je proprioceptor mišićno-koštanog sustava koja se nalaze na mišićnom trbuhu, u i između vlakana. Najveći broj mišićnih vretena imaju mišići koji su zaduženi za izvođenje pokreta fine motorike. Njihova funkcija je izvan svijesti jer cijelo vrijeme registriraju

i prosljeđuju informacije u središnji živčani sustav. Njihov zadatak je signalizirati promjenu duljine i brzine mišićne napetosti. Mišićno vreteno sastoji se od intrafuzalnih i ektrafuzalnih vlakana koji su osjetno i motorno inervirane (3). Tijekom istežanja mišića dolazi do kontrakcije intrafuzalnih vlakana čime se isteže sredina vlakna i time podražuje receptorsko područje intrafuzalnih vlakana koji aferentnim putem šalju informacije u leđnu moždinu i eferentnim motornim aksonima odgovaraju na određeni podražaj. U tom trenutku javlja se kontrakcija mišića gdje je podraženo mišićno vreteno. Taj cjelokupni proces se naziva refleks istežanja. Osjetna vlakna cijelo vrijeme signaliziraju promjenu duljine mišića i brzinu promjene čime mozak dobiva informaciju o brzini pokreta (3,7,8).

#### *1.3.1.2. Golgijev tetivni aparat ili tetivno vreteno*

Guyton daje definiciju tetivnom vretenu: „Golgijev tetivni organ ili tetivno vreteno proprioceptivni je organ koji registrira promjenu napetosti odnosno snage mišićne kontrakcije (8). Naspram mišićnog vretena, Golgijev tetivni aparat inerviran je od senzornih vlakana. Funkcija tetivnog vretena je da registrira promjenu mišićne napetosti. Ako mišićna kontrakcija dolazi do većeg odnosno jačeg istežanja same tetive tada Golgijev tetivni aparat šalje veći broj informacija u središnji živčani sustav (9). Ako je mišićna napetost presnažna tada Golgijev tetivni aparat ima zaštitnu reakciju te prenosi ogroman broj podražaja aferentnim putem. Signali se šalju sve do leđne moždine i središnjeg živčanog sustava (8,9,10).

#### *1.3.1.3. Vestibularni sustav*

Guyton naglašava da je vestibularni sustav zaslužan i neizmjerljivo bitan za osjet ravnoteže. Vestibularni aparat smješten je u koštanim kanalima temporalne kosti. On se sastoji od triju polukružnih kanala pužnice, dviju velikih komora, sakula i urtikula koji imaju veliki utjecaj na ravnotežu (8).

Guyton daje definiciju: „Makule su senzorni receptori koji zamjećuju položaj glave neovisno od djelovanja sile gravitacije koji su smješteni (8).“ Makula urtikula određuje položaj glave u uspravnom položaju, dok makula sakula određuje položaj glave u ležećem položaju. Tri polukružna kanala koji zatvaraju pravi kut čime pokrivaju tri ravnine u prostoru. Time primjećuju pokretanje cervikalne kralježnice odnosno pokrete glave te imaju zadatak predvidjeti održavanje ravnotežnog položaja i pokreću centre za održavanje ravnoteže da učine preventivne kretnje (8).

#### 1.3.1.4. Ruffinijevi završetci

Purves u svojoj knjizi *Mechanoreceptors Specialized to Receive Tactile Information* izjavljuje da se Ruffinijevi završetci nalaze duboko u dermisu kože te da je njihova uloga ista kao i uloga taktilnih receptora. Nalaze se još i u ligamentima i tetivama (11). Prema Maleku i suradnicima jedina zadaća Ruffinijevih završetaka je izvijestiti središnji živčani sustav o zglobnom položaju (2).

#### 1.3.1.5. Merkelove ploče

Za Merkelove ploče Purves u svojoj knjizi *Mechanoreceptors Specialized to Receive Tactile Information* izjavljuje da su to mehanoreceptori čiji su gradivni dio živčani završetci koji su smješteni u bazalnom epitelu (11). Merkelove ploče su dio toničkih receptora. Glavna im je uloga dobiti informacije o tlaku i dodiru (11).

### 1.3.2. Fazički receptori

#### 1.3.2.1. Pacinijeva tjelešca

Chrysty u svojoj knjizi *Functional anatomy : musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists* izjavljuje da su Pacinijeva tjelešca smještena u mišićima, tetivama i koži (3). Njihova zadaća je reagirati na početnu reakciju dubokog pritiska u tkivima ili primjenu vibracija, te tako pomažu u brzini kretanja tijela i praćenju smjera. Također, Pacinijeva tjelešca nalaze se u zglobnim kapsulama te na svojstven način određuju položaj zgloba (3).

## 1.4. Sustav neuromišićne kontrole na razini leđne moždine

Senzorne informacije kroz stražnje korijene prelaze u leđnu moždinu koja informacije prenosi sve do središnjeg živčanog sustava. Nakon što više razine središnjeg živčanog sustava izdaju naredbu za izvođenje nekog pokreta, tada podražaji putuju eferentnim putem. Iz prednjeg roga izlaze motorička vlakna koji putuju sve do efektora koji se nazivaju motoneuroni (12). Postoje alfa i gama-motoneuroni. Alfa-motoneuroni inerviraju skeletna mišićna vlakna. Gama-

motoneuroni su po brojnosti su manji naspram alfa-motoneurona te su oni tanka motorička vlakna koji prenose podražaj u mišićna vlakna koja se nazivaju intrafuzalna vlakna. Važno je spomenuti i interneurone koji su smješteni u leđnoj moždini odnosno u prednjem i stražnjem rogu te između dva roga leđne moždine (12).

### **1.5. Sustav neuromišićne kontrole - kortikalna razina: piramidni i ekstrapiramidni put**

Kostović i Judaš u svojoj knjizi *Uloga motoričke moždane kore u voljnim pokretima* definiraju piramidni put kao: „Veliki skup aksona piramidnih neurona V. sloja moždane kore, što kroz bijelu tvar velikog mozga i moždano deblo dopijevaju u kralježničnu moždinu. Aksoni piramidnih neurona motoričkih polja moždane kore, što nadziru aktivnost motoneurona smještenih u motoričkim jezgrama moždanih živaca (u moždanom deblu) oblikuju zasebni voljni motorički put, tractus corticonuclearis.“ Ventralni kortikospinalni put čine preostali dio aksona koji se ne križaju te svoj put nastavljaju do leđne moždine prolazeći kroz bijelu tvar (13).

Za ekstrapiramidni motorički put Guyton ističe da je to naziv za moždano deblo i dijelove mozga koji, iako nisu dio piramidnog puta, daju svoj doprinos kontroli motorike (12). Ekstrapiramidnom motoričkom putu pripadaju oni putovi koji prolaze kroz bazalne ganglije potom kroz moždano deblo pa sve do nukleus rubera (12). Ostali ekstrapiramidni putevi čine tegmentospinalni, retikulospinalni putevi, tektospinalni i rubrospinalni put (14).

### **1.6. Balans ili ravnoteža**

Balans ili ravnoteža pojam je koji se često koristi kod trenera, fizioterapeuta te ostalih zdravstvenih djelatnika. Pollock navodi da ne postoji univerzalno prihvaćena definicija ljudske ravnoteže niti srodni pojmovi (15). Naspram tvrdnje Pollocka, autori Grozdek i Maček opisuju ravnotežu kao sposobnost koju čovjek ne primjećuje radi nesvjesne prilagodbe na informacije koje prima iz okoline. Također, isti autori dijele ravnotežu na tri različite komponente. To su ekvilibrijske reakcije, zaštitne reakcije i reakcije uspravljanja. Ekvilibrijske reakcije odgovorne su za održavanje i uspostavljanje ravnoteže. Reakcije uspravljanja služe u održavanju određenog položaja i u uspostavljanju istog, dok se zaštitne reakcije javljaju se prilikom gubitka ravnoteže (16).

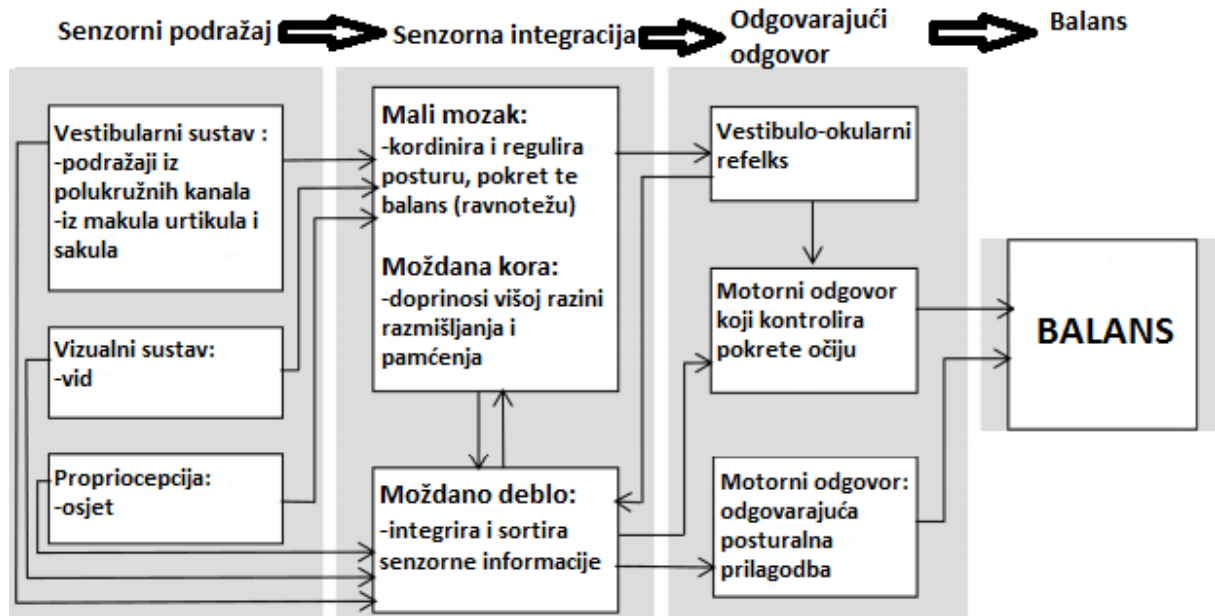
### 1.6.1. Uloga malog mozga u održavanju ravnoteže ili balansa

Hettinger i Muller u svom djelu *Muskelleistung und Muskeltraining* iznose zaključke do kojih su došli u svojim istraživanjima. Dolaze do rezultata da mali mozak sudjeluje u regulaciji mišićnog tonusa, koordinaciji i održavanju balansa. Mali mozak odgovoran je za izvođenje usklađenih pokreta. Tijekom izvođenja pokreta prima informacije o izvođenju od strane receptora i proprioceptora te ukoliko postoji greška u samom izvođenju pokreta tada mali mozak ispravlja izvođenje pokreta. Kao što je već navedeno, mali mozak prima senzorne informacije iz kože, mišića, zglobova, tetiva, ligamenata, kapsula, burzi, vestibularnog organa i oka pri čemu ih mali mozak obrađuje i prosljeđuje informacije motornim putevima u ostala moždana područja. Postoji pet aferentnih puteva malog mozga. To su vestibulocerebelarni, spinocerebelarni, retikulocerebelarni, kortikopontocerebelarni olivocerebelarni putevi.

Vestibulocerebelarni put proteže se od vestibularnih jezgara do nodulusa i flocculusa malog mozga. Aferentnim putem dolaze informacije od receptora iz vestibularnog aparata koji šalju informacije o ravnoteži tijela. Spinocerebelarni put dolazi direktno iz leđne moždine. Kod njega aferentnim putem dolaze informacije od proprioceptora i receptora iz kože kojim donose točne informacije o podražajima i pokretima kože. Kod retikulocerebelarnog puta aksoni se protežu od retikularnih jezgara koji prenose aferentne silazne informacije iz moždane kore. Kortikopontocerebelarnim putem aksoni se pružaju do malog mozga. Tim putem mali mozak još dobiva i informacije vidnog sustava iz moždanog područja okcipitalnog režnja. Mali mozak dobiva informacije o kretanju promatranih predmeta u vidnom polju. Olivocerebelarna vlakna koja se pružaju od olive i završavaju u malom mozgu (19).

Vestibulocerebellum je glavni odgovoran za održavanje ravnoteže i usklađivanja vidnog sustava s vestibularnim sustavom. Nakon što vestibulocerebellum obradi informacije koje dobije od vestibularnih receptora, eferentnim putem šalje natrag u vestibularne jezgre koje nadziru aksijalne mišiće. Također, u vestibulocerebellumu završava i pontocerebelarni put koji omogućuje usklađivanje pokreta očiju s pokretima glave. Spinocerebellum obuhvaća dvije sagitalne zone, a to su intermedijalni dio hemisfere i vermis koji prima aferentne informacije iz periferije. Od spinocerebelluma se pružaju eferentni putevi koji se spajaju na brojnim silaznim putevima u moždanom deblu čime podešava i nadzire izvođenje samog pokreta. Cerebrocerebellum dobiva informacije iz premotoričke, kontralateralne motoričke,

somatosenzibilne te stražnje tjemene moždane kore koje on obrađuje te eferentnim putem može reagirati na njih (19).



Slika 1. Funkcioniranje balansa. Preuzeto s: <http://vestibular.org/understanding-vestibular-disorder/human-balance-system>)

## 1.6.2. Uloga vestibularnog sustava u održavanju ravnoteže ili balansa

### 1.6.2.1. Statička ravnoteža

Dlačice u makulama utikula i sakula su položene u različitim smjerovima te prilikom različitih položaja glave podražuju različite stanice. Prema Guytonu, obrasci podraživanja različitih stanica s dlačicama daju informaciju živčanom sustavu o položaju glave s obzirom na djelovanje sile gravitacije, dok cerebralni, vestibularni i retikularni motorički sustavi daju podražaj mišićima za stav tijela kojem je zadaća držati ravnotežu (10). Pollock statičku ravnotežu definira kao čin održavanja, postizanja ili uspostavljanja ravnoteže tijekom bilo kojeg držanja tijela ili aktivnosti (15).

### 1.6.2.2. Uloga vidnog sustava u održavanju ravnoteže

Središnji živčani sustav obrađuje informacije koje stižu od receptora iz svih dijelova tijela. Tu spadaju i vizualne informacije pod utjecajem vidnog sustava. Čovjek putem receptora

iz oka opaža svjetlost, boju te dubinu prostora. Zatiljni režanj kada dobije podražaj stvara prividnu sliku te šalje impulse i u ostale dijelove središnjeg živčanog sustava koji sudjeluju u održavanju ravnoteže (15).

## **1.7. Fiziologija skeletnog mišića**

### *1.7.1. Fiziološka građa*

Skeletni mišić građen je od velikog broja mišićnih vlakana. Mišićno vlakno se sastoji od Z-ploča i pruga. Isto tako, sastoji se od nekoliko tisuća miofibrila čiji su njihov gradivni dio. Aktinske niti formiraju I-pruge dok miozinske niti formiraju A-pruge. Sama mišićna kontrakcija odvija se djelovanjem aktinskih niti i poprečnih mostova (8). Z-ploče povezuju susjedne miofibrile kroz mišićno vlakno. Između Z-ploča nalazi se sarkomera. Bjelančevina tinin ima ulogu da održi usporedni položaj aktinskih i miozinskih niti. Molekula tinina povezana je sa Z-pločom elastičnim putem te na taj način odvija se promjena duljine tijekom relaksacije i kontrakcije sarkomere, dok je s druge strane povezana s miozinskom niti (8).

### *1.7.2. Mišićna kontrakcija*

Motorička jedinica su sva vlakna koje inervira jedno živčano vlakno. Za mišićnu kontrakciju potreban je akcijski potencijal koji se širi duž motoričkog živca sve do samog njegovog završetka na mišićnim vlaknima. Na živčanom završetku luči se acetilkolin koji utječe na membranu mišićnog vlakna i stvara brojne kationske reakcije (8).

Otvaranje kationskih kanala omogućuje reakciju natrijevih iona u membrani mišićnog vlakna nakon čega nastaje depolarizacija na membrani mišićnog vlakna što pobuđuje akcijski potencijal. Zatim akcijski potencijal depolarizira mišićnu membranu te otpušta ogromnu količinu kalcijevih iona koji su smješteni u sarkoplazmatskoj mrežici. Mišićna kontrakcija završava djelovanjem kalcijske crpke koja vraća kalcijeve ione u sarkoplazmatsku mrežicu. Mehanizam mišićne kontrakcije utemeljen je na klizanju niti. U fazi relaksacije aktinske niti koje se nalaze između Z-ploča vrlo malo se preklapaju. U fazi kontrakcije aktinske niti se uvlače između miozinske niti te se njihovi krajevi preklapaju. Općenito, da bi se kontrakcija mogla odvijati potrebna je energija koja potječe od molekula ATP-a (8).



### *1.7.3. Vrste mišićnih kontrakcija*

Mišićne kontrakcije dijele se na izotoničke i izometričke kontrakcije, ovisno o promjeni duljine i napetosti samog mišića. Kod izotoničke kontrakcije dolazi do promjene duljine mišića odnosno nastaje pokret (8). Ukoliko dolazi do približavanja polazišta i hvatišta mišića radi se o koncentričnoj kontrakciji, a ukoliko se radi suprotan pokret, tada se radi o ekscentričnoj kontrakciji. Kod koncentrične kontrakcije mišićna sila je dominantna naspram vanjske sile zbog čega dolazi do skraćanja mišića. Za razliku od koncentrične kontrakcije, u ekscentričnoj kontrakciji vanjska sila je veća od mišićne sile te dolazi do produljenja samog mišića. Sljedeća vrsta kontrakcije je izometrička kontrakcija kod koje dolazi do povećanja napetosti mišića, dok se duljina mišića ne mijenja odnosno ne nastaje pokret. Tada su mišićna sila i vanjska sila jednake (8).

### *1.7.4. Vrste mišićnih vlakana*

Postoje dva tipa mišićnih vlakana, to su brza i spora vlakna. Sama podjela ovisi o vremenu kontrakcije. Postoje spora vlakna ili tip 1 i brza vlakna ili tip 2 s obzirom na vrijeme kontrakcije i aktivnosti miozina ATP-faze. Spora vlakna ili tip 1 sadrže velike količine mioglobina te se nazivaju crvena vlakna. Ova vlakna su tanja, vaskularno su obilnije provođena, sadrže velik broj mitohondrija i odgovor na živčani podražaj je sporiji. Spora vlakna ili tip 1 ili crvena vlakna razvijaju slabiju kontrakciju te se sporije zamaraju. Brza vlakna ili tip 2 ili bijela vlakna zbog svojih karakteristika nalaze se većim dijelom u mišićima koji služe za provođenje intenzivnog rada (17).

## **1.8. Izometričke vježbe**

Izometričke vježbe su vježbe u kojima se javlja napetost mišića, a ne dolazi do samog pokreta. Najčešće se koriste u prvim fazama rehabilitacije kako bi se vratio mišićni tonus. Same izometričke vježbe nisu opasne za zglobove (18). Mišićna snaga se povećava izometričkim vježbama. Godine 1946. Hettinger i Muller dokazali su da izometričke vježbe mogu dovesti do povećanja mišićne snage koja je statistički značajna (19). Prema BRIEF sustavu izometričke vježbe izvode se prema maksimalnoj kontrakciji koja traje pet do petnaest sekundi. Nakon završetka vježbe slijedi odmor koji mora biti dvostruko duži. Preporučeno je da se izometričke

vježbe izvode pet do sedam ponavljanja. One su manje zahtjevnije od izotoničkih vježbi, ali teže dovode do hipertrofije mišića naspram izotoničkih vježbi (20). Knapik i suradnici navode da se snaga prenosi na pokrete koji su trideset stupnjeva pokreta u zglobu od položaja u kojem je zadržana izometrička kontrakcija tijekom izvođenja vježbe. Izometričke vježbe mogu se primjenjivati na početku rehabilitacije jer doprinose povećanju mišićne snage što dovodi do hipertrofije mišića. Ove vježbe zahtijevaju malo opreme odnosno mogu se izvoditi u bilo kojem položaju uz vlastitu tjelesnu težinu (21).

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Glavni cilj istraživanja je utvrditi postoji li statistički značajna razlika u mjerenoj ravnoteži između muškaraca i žena. Specifični cilj je ispitati postoji li povezanost rezultata izometričkih vježbi snage i statičke ravnoteže između dvije skupine.

## **3. HIPOTEZE**

H1: Ne postoji značajna razlika u ravnoteži između muškaraca i žena

H2: Izometričke vježbe snage ne utječu na poboljšanje ravnoteže

## 4. ISPITANICI I METODE

Statistička analiza napravljena je pomoću Statistica (Version 13.5.0.17, 1984-2018 TIBCO Software Inc) i Microsoft Office Excel 2016. Podatci su obrađeni deskriptivnom statistikom i prikazani u tablicama i grafovima. Normalnost raspodjele podataka testirala se pomoću Kolmogorov-Smirnov testa. Statistički značajne razlike između ispitivanih skupina testirane su putem neparametrijskog testa za nezavisne uzorke Mann-Whitney U Testa na razini statističke značajnosti od 0,05 (5%). Razlike između prvog i drugog mjerenja testirane su pomoću Wilcoxon Matched Pairs Test na razini statističke značajnosti od 0,05 (5%). Razlika u frekvencijama ispitivala se pomoću hi-kvadrat testa.

### 4.1. Varijable

Statička ravnoteža je testirana „Posturomed“ uređajem. Metoda kojom je određena statička ravnoteža su izometričke vježbe snage za trbušne mišiće i izometričke vježbe za snagu donjih ekstremiteta. Mjerni instrument za odrađivanje izometričkih vježbi bila je štoperica. Rezultati testa statičke ravnoteže izraženi su u prijeđenom putu (m).

### 4.2. Ispitanici

Istraživanje se provodilo na uzorku osamnaest punoljetnih članova fitness kluba *Fit Beat Kastav* (n=18). Ispitanici su bili podijeljeni u dvije skupine. Prvu skupinu činili 9 ispitanika ženskog spola dok drugu skupinu činili su 9 ispitanika muškog spola. Svi ispitanici ovog istraživanja odabrani su prigodnom metodom jer su u rekreativnoj formi te su provodili planirane treninge kod kuće tijekom karantene za vrijeme pandemije SARS Covid-19. Istraživanje se provodilo na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci.

### 4.3. Opis postupka

Prije početka ispitivanja statičke ravnoteže na Posturomedu, svaki ispitanik odradio je vježbe zagrijavanja i istežanja čiji je redoslijed isti za svakog ispitanika. Nakon toga izmjeren je balans u stojećem položaju s osloncem na jednoj nozi te se mjerio. Postupak se ponovio i s drugom nogom. Ispitanik mora biti bez obuće na platformi (bosa noga ili u tankim čarapama). Nakon mjerenja, ispitanici je između prvog i drugog testa izvodio izometričke vježbe snage za

trbušne mišiće i mišiće donjih ekstremiteta. Vježbe koje je svaki ispitanik odradio su vježbe planka, izdržaj u sjedećem položaju s leđima oslonjen na zid te izdržaj čučnja u iskoraku. Odmah po završetku vježbi, ispitanik je pristupio Posturomedu po istom protokolu. Da bi istraživanje bilo valjano određen je kriterij neuspješnog testiranja. Ukoliko ispitanik/ica nije uspio/la odraditi vježbe izometričke snage od kojih svaka vježba se radi u izdržaju 30 sekundi, bio/la bi isključen/a iz istraživanja. Također ako su se tijekom vježbi ili testiranja javili bolovi, ispitanik bi bio isključen iz istraživanja. Tijekom provođenja testiranja, ispitanici su bili dužni poštivati epidemiološke mjere same ustanove fakulteta.

#### **4.4. Posturomed“ i „Microswing“**

Balansna platforma „Posturomed“ tvrtke „Bioswing“ dimenzija 60x60 cm je uređaj koji se koristi u preventivske, terapijske i dijagnostičke svrhe senzomotornog sustava. Ovaj uređaj omogućuje oscilacije kroz 2 osi : X i Y, odnosno kretanje u latero-lateralnom i antero-posteriornom smjeru u 3 moguće frekvencije koje se određuje povisivanjem i spuštanjem vijka koji određuje nivo oscilacija. Prva, najniži nivo frekvencije 2,0 do 4,2 Hz prilikom čega su oba vijka na nižem nivou. Podizanjem oba vijka postiže se najveći nivo oscilacije frekvencije 1,0 do 2,2 Hz, dok srednji level osciliranja varira između niske i visoke frekvencije osciliranja koji se postiže samo podizanjem jednog vijka. Srednja frekvencija se postiže podizanjem samo jednog vijka na višu razinu. Uređaj se može priključiti i na osobni kompjuter (PC) omogućujući praćenje rezultata tijekom mjerenja. Da bi mogli pratiti mjerenja preko PC-a koristimo software „Microswing“ iste tvrtke. Preko tog programa pratimo trenutna mjerenja i gibanja u prostoru tijekom održavanja ravnoteže te program sam računa stabilnost ravnoteže putem odgovarajuće formule (22).

## 5. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 18 ispitanika od kojih je 50% (n=9) muškog spola, a 50% (n=9) ženskog. Prosječna dob ispitanika iznosila je  $23,72 \pm 3,63$  godine, medijana 24,00. Najmlađi ispitanik imao je 19 godina, a najstariji 33. Ispitanici muškog spola prosječno su imali  $23,44 \pm 4,50$  godina, medijana 24,00. Najmlađi ispitanik imao je 19 godina, a najstariji 33. Ispitanici ženskog spola prosječno su imali  $24,00 \pm 2,74$  godine, medijana 25,00. Najmlađi ispitanik ženskog spola imao je 20 godina, a najstariji 27. Nije pronađena statistički značajna razlika između ispitanika muškog i ženskog spola ( $p=0,402$ ).

Tablica 1 – prikaz rezultata istraživanja dobi ispitanika podijeljenih prema spolu

	<b>Aritmetička sredina <math>\pm</math> stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min-max)</b>	<b>p</b>
<b>Dob (godina)</b>				
Muškarci	$23,44 \pm 4,50$	24,00	19,00-33,00	0,402
Žene	$24,00 \pm 2,74$	25,00	20,00-27,00	
Ukupno	$23,72 \pm 3,63$	24,00	19,00-33,00	

### 5.1. Antropometrijske karakteristike

Prosječna visina ispitanika iznosila je  $1,74 \pm 0,09$  m, medijana 1,75 m. Ispitanici muškog spola prosječno su visoki  $1,81 \pm 0,07$ , medijan 1,83 m, a ispitanici ženskog spola  $1,68 \pm 0,06$  m, medijana 1,66 m. Pronađena je statistički značajna razlika u visini između ženskog i muškog spola ispitanika ( $p=0,002$ ).

Prosječna tjelesna masa ispitanika iznosila je  $70,56 \pm 12,77$  kg, medijana 71,50 kg. Ispitanici muškog spola prosječno su imali tjelesnu masu od  $81,56 \pm 6,77$  kg, medijana 80,00

kg. Ispitanici ženskog spola prosječno su imali tjelesnu masu od  $59,56 \pm 5,34$  kg, medijana 59,00 kg. Pronađena je statistički značajna razlika u tjelesnoj masi između ženskog i muškog spola ispitanika ( $p < 0,001$ ).

Tablica 2 – prikaz rezultata istraživanja tjelesne mase ispitanika podijeljenih prema spolu

	<b>Aritmetička sredina <math>\pm</math> stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min-max)</b>	<b>p</b>
<b>Visina (m)</b>				
Muškarci	$1,81 \pm 0,07$	1,83	1,71-1,92	0,002
Žene	$1,68 \pm 0,06$	1,66	1,60-1,77	
Ukupno	$1,74 \pm 0,09$	1,75	1,60-1,92	
<b>Tjelesna masa (kg)</b>				
Muškarci	$81,56 \pm 6,77$	80,00	73,00-90,00	<0,001
Žene	$59,56 \pm 5,34$	59,00	52,00-70,00	
Ukupno	$70,56 \pm 12,77$	71,50	52,00-90,00	

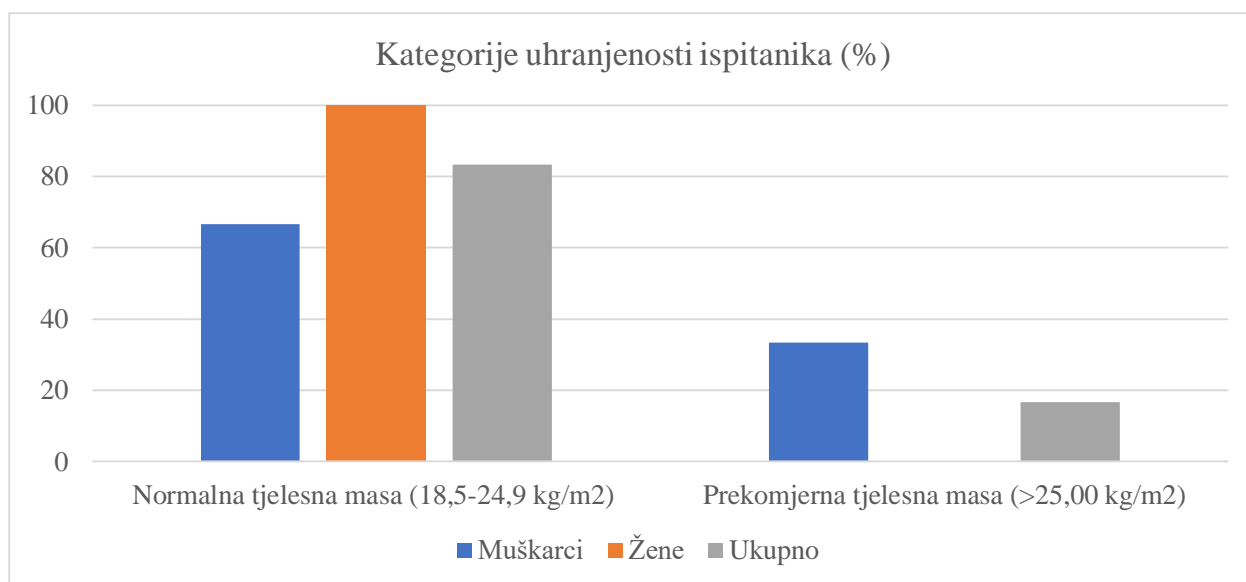
## 5.2. Indeks tjelesne mase (BMI)

Prosječan BMI ispitanika iznosio je  $22,98 \pm 2,86$  kg/m<sup>2</sup>, medijana 22,95 kg/m<sup>2</sup>. Ispitanici muškog spola prosječno su imali BMI,  $24,58 \pm 2,63$  kg/m<sup>2</sup>, medijan 24,30, a ispitanici ženskog spola  $21,39 \pm 2,18$  kg/m<sup>2</sup>, medijana 22,70 kg/m<sup>2</sup>. Pronađena je statistički značajna razlika u BMI-u između ženskog i muškog spola ispitanika ( $p = 0,031$ ).

Ispitanici muškog spola u najvećem postotku prema kategoriji BMI imaju normalnu tjelesnu masu, 66,67% (n=6), a 33,33% (n=3) ispitanika imaju prekomjernu tjelesnu masu. Svi ispitanici ženskog spola imaju normalnu tjelesnu masu

Tablica 3 – prikaz rezultata istraživanja Indeksa tjelesne mase ispitanika podijeljenih prema spolu

	<b>Aritmetička sredina ± stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min-max)</b>	<b>P</b>
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>				
Muškarci	24,58 ± 2,63	24,30	21,60-30,01	0,031
Žene	21,39 ± 2,18	22,70	18,60-24,20	
Ukupno	22,98 ± 2,86	22,95	18,60-30,01	



Slika 2 – prikaz podjele ispitanika na kategorije uhranjenosti prema Indeksu tjelesne mase (%)



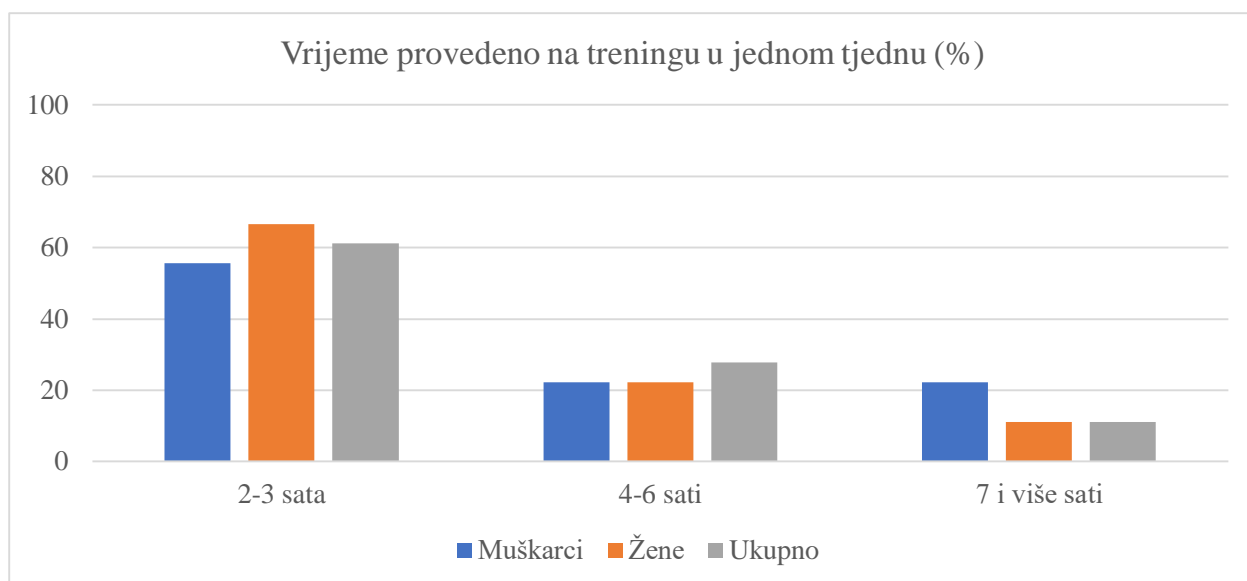
### 5.3. Podatci o treningu

Ispitanici prosječno provode  $3,56 \pm 2,45$  h tjedno trenirajući. Medijan iznosi 2,00 h, a raspon 2,00 do 10,00 h. Ispitanici muškog spola prosječno treniraju više sati ( $4,22 \pm 3,11$ ) od ženskih ispitanika ( $2,89 \pm 1,45$ ) te imaju medijan od 3,00 h, naspram ženskih ispitanika koji imaju 2,00 h, ali nije pronađena statistički značajna razlika ( $p=0,427$ ).

Ispitanici u najvećem postotku provode 2 do 3 h tjedno na treningu, njih 61,11% ( $n=11$ ). 27,78% ( $n=5$ ) ispitanika provodi 4 do 6 h tjedno na treningu, a najmanji postotak, njih 11,11% ( $n=2$ ) provode i preko 7 h.

Tablica 4 – prikaz aritmetičke sredine, standardne devijacije, medijana i moda sati kojih ispitanici provode trenirajući u jednom tjednu podijeljenih prema spolu

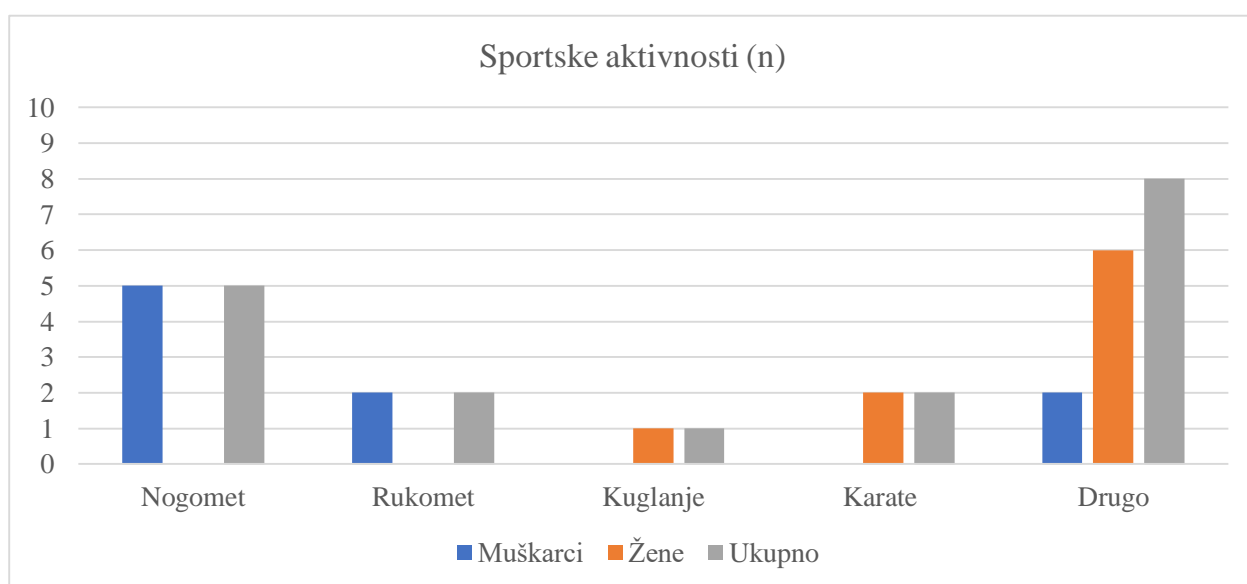
	<b>Aritmetička sredina <math>\pm</math> stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min-max)</b>	<b>p</b>
Vrijeme provedeno na treningu u jednom tjednu (h)				
Muškarci	$4,22 \pm 3,11$	3,00	2,00-10,00	0,427
Žene	$2,89 \pm 1,45$	2,00	2,00-6,00	
Ukupno	$3,56 \pm 2,45$	2,00	2,00-10,00	



Slika 3 – prikaz rezultata istraživanja provedenog vremena na treningu u jednom tjednu

#### 5.4. Sportska aktivnost

Ispitanici u najvećem broju sudjeluju u nekim drugim sportskim aktivnostima, njih 44,44% (n=8). Pet muških ispitanika trenira nogomet, dva rukomet, dva ženska ispitanika treniraju karate i jedan kuglanje.

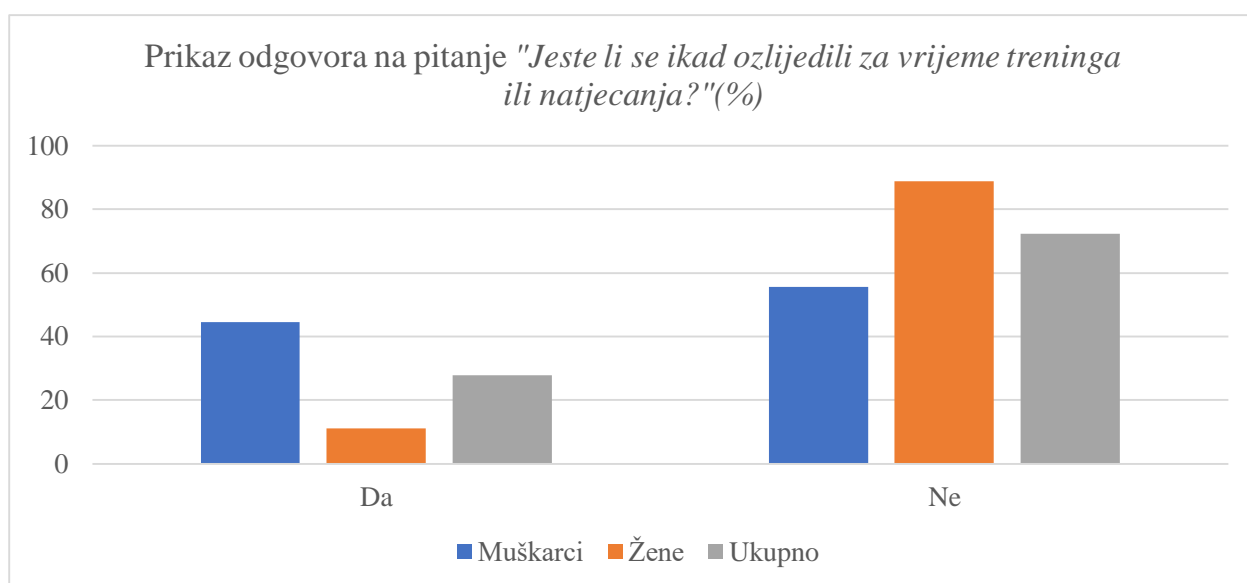


Slika 4 – prikaz rezultata istraživanja sportskih aktivnosti u kojima sudjeluju ispitanici podijeljeni prema spolu

## 5.5. Ozljede

Na pitanje jeste li se ikad ozlijedili za vrijeme treninga ili natjecanja ispitanici najveći postotak ispitanika odgovorio je s ne, njih 72,22% (n=13), a 27,78% (n=5) ispitanika potvrđuje ozljedu.

Muški ispitanici u većem postotku navode pojavu ozljeda, njih 44,44% (n=4) u usporedbi s ispitanicima ženskog spola, koji navode ozljedu u 11,11% (n=1) slučajeva što ne predstavlja statistički značajnu razliku (p=0,114).



Slika 5 – Prikaz rezultata istraživanja odgovora na pitanje "Jeste li se ikad ozlijedili za vrijeme treninga ili natjecanja?" podijeljeno prema spolu ispitanika

Među ozlijeđenim ispitanicima najviše je onih s ozljedama donjih ekstremiteta, njih 60,00% (n=3). Koljeno je ozlijedilo dvoje ispitanika, a gležanj, kuk i rame po jedan ispitanik. Jedini ozlijeđeni ispitanik ženskog spola je ozlijedio kuk. 40,00% (n=2) ispitanika je ozlijedilo svoju dominantnu stranu, a 60,00% (n=3) drugu. Potrebno je naglasiti da svi ispitanici osim jednog imaju dominantnu desnu stranu tijela.

Ispitanici su se u prosjeku ozlijedili prije  $15,40 \pm 4,56$  mjeseci, medijan 15,00 u rasponu od 10,00 do 20,00 mjeseci. Muški ispitanici u prosjeku su se ozlijedili prije  $14,25 \pm 4,35$  mjeseci, medijan 13,50, raspon od 10,00 do 20,00 mjeseci. Samo jedan ženski ispitanik je doživio ozljedu i to prije 20,00 mjeseci.

Tablica 5 – prikaz rezultata istraživanja vremena proteklog od ozljede ispitanika podijeljenih prema spolu

		<b>Aritmetička sredina ± stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min-max)</b>
Koliko je vremena prošlo od ozljede (mjeseci)				
	Muškarci	14,25 ± 4,35	13,50	10,00-20,00
	Žene	20,00		
	Ukupno	15,40 ± 4,56	15,00	10,00-20,00

## 5.6. Testiranje

Ispitanici su pri prvom testiranju prije izometričkog treninga u prosjeku imali rezultat od  $5,18 \pm 1,65$  m, medijan 4,79 m u rasponu od 3,25 do 9,57 m. Ispitanici muškog spola imali su rezultat od  $5,75 \pm 1,97$  m, medijan 5,26 m u rasponu 3,76 do 9,56 m. Ispitanici ženskog spola su u prosjeku prošli manje metara,  $4,60 \pm 1,09$  m, medijan 4,60 u rasponu od 3,25 do 6,25 m. Nije pronađena statistički značajna razlika između spola i rezultata testa ( $p=0,216$ ).

Ispitanici su nakon izometričkog treninga prosječno ostvarivali bolje rezultate. Prosječno su bili bolji za 1,60 m, odnosno prosječno su postigli rezultat od  $3,35 \pm 0,86$  m, medijan 3,35 m u rasponu od 2,57 do 6,06 m. Ispitanici muškog spola u prosjeku su ostvarili rezultat manji za 1,81 m, imali su rezultat od  $3,94 \pm 0,97$  m, medijan 4,60 m u rasponu 3,25 do 6,25 m. Ispitanici ženskog spola, nakon izometričkog treninga su u prosjeku ostvarili rezultat manji za 1,49 m, odnosno prosječan ostvareni rezultat iznosio je  $3,21 \pm 0,57$  m, medijan 3,04 m u rasponu od 2,57 do 4,30 m. Nije pronađena statistički značajna razlika između spola i rezultata testa ( $p=0,052$ ). Iako ne postoji razlika između spolova, obje skupine su doživjele poboljšanje, odnosno smanjenje potrebnih metara za izvođenje testa. Postoji statistički značajna razlika između testa i retesta u pojedinoj skupini ( $p=0,008$ ).

Tablica 6 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem pomoću Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih prema spolu

	Posturo Cybernetics Test (m)			Posturo Cybernetics Retest (m)			
	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medija n	Raspon (min-max)	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medija n	Raspon (min-max)	p*
Muškarci	5,75 $\pm$ 1,97	5,26	3,76-9,56	3,94 $\pm$ 0,97	4,60	3,25-6,25	0,008
Žene	4,60 $\pm$ 1,09	4,60	3,25-6,25	3,21 $\pm$ 0,57	3,04	2,57-4,30	0,008
p**	0,216			0,052			
Ukupno	5,18 $\pm$ 1,65	4,79	3,25-9,57	3,35 $\pm$ 0,86	3,35	2,57-6,06	<0,001

\*Wilcoxon Matched Pairs Test (razlika testa i retesta)

\*\*Mann-Whitney U Test (razlika između spolova)

### 5.7. Usporedba provedenih testova s kategorijama uhranjenosti

Ispitanici s normalnom tjelesnom masom prosječno su imali rezultat od  $4,79 \pm 1,02$  m, medijan 4,27 m u rasponu od 3,25 do 6,59 m u prvom mjerenju. U drugom mjerenju ostvarili su manji rezultat u iznosu od  $3,34 \pm 0,51$  m, medijan 3,15 m u rasponu od 2,57 do 4,30 m. Razlika između prvog i drugog testiranja pokazala se statistički značajnom ( $p < 0,001$ ). Ispitanici s prekomjernom tjelesnom masom prosječno su imali rezultat od  $7,12 \pm 3,01$  u prvom mjerenju, medijan 8,04 m, u rasponu od 3,76 do 9,57 m. U drugom  $3,35 \pm 0,86$  m, medijan 4,90 m, raspon

od 3,21 do 6,06 m. Razlika između prvog i drugog mjerenja nije se pokazala statistički značajnom razlikom ( $p=0,109$ ).

Razlika između ispitanika koji imaju normalnu i onih koji imaju prekomjernu tjelesnu masu nije pronađena u prvom ( $p=0,287$ ), ni u drugom mjerenju ( $p=0,076$ ).

Tablica 7 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih kategoriji uhranjenosti

	Posturo Cybernetics Test (m) – 1.mjerenje			Posturo Cybernetics Retest (m) – 2.mjerenje			
	<b>Aritmetička sredina ± stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspon (min- max)</b>	<b>Aritmetička sredina ± stdv</b>	<b>Medijan</b>	<b>Raspo n (min- max)</b>	<b>p*</b>
Normalna tjelesna masa	4,79 ± 1,02	4,72	3,25- 6,59	3,34 ± 0,51	3,15	2,57- 4,30	<0,001
Prekomjerna tjelesna masa	7,12 ± 3,01	8,04	3,76- 9,57	4,72 ± 1,44	4,90	3,21- 6,06	0,109
p**	0,287			0,076			
Ukupno	5,18 ± 1,65	4,79	3,25- 9,57	3,35 ± 0,86	3,35	2,57- 6,06	<0,001

\*Wilcoxon Matched Pairs Test (razlika testa i retesta)

\*\*Mann-Whitney U Test (razlika između kategorija uhranjenosti)

## 5.8. Usporedba provedenih testova s kategorijama ozljeđenosti

Ispitanici koji su doživjeli ozljedu prosječno su imali rezultat od  $6,47 \pm 2,27$  m, medijan 5,46 m u rasponu od 4,01 do 9,57 m u prvom mjerenju. U drugom mjerenju ostvarili su manji rezultat u iznosu od  $4,39 \pm 1,13$  m, medijan 4,00 m u rasponu od 3,15 do 6,06 m. Razlika između prvog i ponovnog testiranja pokazala se statistički značajnom ( $p=0,043$ ). Ispitanici nisu doživjeli ozljedu prosječno su imali rezultat od  $4,68 \pm 1,09$  u prvom mjerenju, medijan 4,60 m, raspona 3,25 do 6,59 m. U drugom mjerenju postigli su rezultat od  $3,26 \pm 0,49$  m, medijan 3,15 m, raspona 2,57 do 4,30 m. Razlika između prvog i ponovnog testiranja pokazala se statistički značajnom ( $p=0,001$ ).

Razlika između ispitanika koji su doživjeli ozljedu i onih koji nisu ozlijeđeni nije pronađena u prvom mjerenju ( $p=0,076$ ), ali je prisutna u drugom mjerenju ( $p=0,018$ ).

Tablica 8 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih prema ozlijeđenosti

	Posturo Cybernetics Test (m) – 1.mjerenje			Posturo Cybernetics Retest (m) – 2.mjerenje			
	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Raspon (min- max)	Aritmetička sredina $\pm$ stdv	Medijan	Raspo n (min- max)	p*
Doživjeli ozljedu	$6,47 \pm 2,27$	5,46	4,01- 9,57	$4,39 \pm 1,13$	4,00	3,15- 6,06	0,043
Nisu ozlijeđeni	$4,68 \pm 1,09$	4,60	3,25- 6,59	$3,26 \pm 0,49$	3,15	2,57- 4,30	0,001
p**	0,076			0,018			

---

Ukupno	5,18 ± 1,65	4,79	3,25- 9,57	3,35 ± 0,86	3,35	2,57- 6,06	<0,001
--------	-------------	------	---------------	-------------	------	---------------	--------

---

\*Wilcoxon Matched Pairs Test (razlika testa i retesta)

\*\*Mann-Whitney U Test (razlika između kategorija uhranjenosti)



## 6. RASPRAVA

Naše istraživanje pokazalo je da postoji bolji rezultat u mjerenju statičke ravnoteže nakon odrađenog izometričkog treninga (*Tablica 6*) u usporedbi s istraživanjem koje su proveli Barat i suradnici. Barati i suradnici u svome istraživanju ispitali su odnos izdržljivosti mišića trupa i statičke ravnoteže. Radilo se na uzorku od pedeset ispitanika muškog spola. Izdržljivost mišića trupa procijenjena je pomoću Sørensenovog testa izdržljivosti ekstenzora trupa. Uz ispitivanja izdržljivosti fleksora trupa, ispitanici su izvodili izdržaj test izdržaja u planku i bočnom planku i statičke ravnoteže izmjereni je testom stajanja na jednoj nozi. Prema višestrukoj regresijskoj analizi varijabli koje predviđaju statičku ravnotežu, linearna kombinacija mjera izdržljivosti mišića trupa bila je značajno povezana sa statičkom ravnotežom ( $p < 0,001$ ). Izdržljivost mišića fleksora trupa, ekstenzora i bočnih mišića bila je značajno povezana s razinom statičke ravnoteže (23).

U istraživanju Bednarczuka je sudjelovalo pedeset i sedam ispitanika muškog spola s oštećenjima vida. Korištena je AMTI stabilografska platforma za mjerenje statičke ravnoteže. Ispitanici su izvodili stajanje na obje noge s zatvorenim i otvorenim očima i stav s jednom nogom s otvorenim i zatvorenim očima. Bolja ravnoteža zabilježena je u testovima otvorenih očiju. Uzimajući u obzir sportske discipline koje su trenirali sportaši, uočene su značajne razlike u ravnoteži u testovima pojedinačne noge s otvorenim i zatvorenim očima. Sportaši koji treniraju više od pet sati tjedno pokazali su bolju ravnotežu u odnosu na one koji su vježbali manje od pet sati tjedno. Evaluirajući podatke zaključili su da sportaši s većim brojem treninga imaju razvijeniju propriocepciju. Također rezultati analize balansa s obzirom na duljinu iskustva u treningu mogu sugerirati da nije taj čimbenik već kvaliteta treninga ta koja može utjecati sposobnost razvijanja ravnoteže (24). U našem istraživanju, iako se radilo o malom uzorku ( $n=18$ ), njih osam sudjeluje u sportskim aktivnostima koje kombiniraju s funkcionalnim treningom (*Slika 4*).

Halabashin i suradnici u svome istraživanju htjeli su usporediti statičku i dinamičku ravnotežu među profesionalnim sportašima u nogometu i košarci. Radilo se na uzorku od ispitanika muškog spola nogometaša i košarkaša iz Pro lige u Iranu. Podijeljeni su u 3 skupine. Prva skupina uključivala je šesnaest ispitanika s poviješću prvog ili drugog uganuća gležnja u posljednjih šest mjeseci. Druga skupina obuhvaćala je sedamnaest sudionika s distorzijom gležnja. Treća skupina uključivala je četrnaest sudionika i bila je kontrolna skupina. Statička i dinamička ravnoteža izmjereni su sustavom bodovanja pogrešaka ravnoteže (BESS), odnosno

modificiranim testom ravnoteže zvjezdanog izleta (SEBT). Rezultati. Za stav nogu na čvrstoj površini, druga skupina postigla je pogreške s visokom srednjom vrijednošću od 3,94 u usporedbi s druge dvije skupine, a razlika je bila statistički značajna ( $p=0.03$ ). Značajne razlike u BESS rezultatima uočene su na obje površine preko tandemskog ekstremiteta između druge i treće skupine. Autori su zaključili da mjere iz SEBT-a možda neće odražavati performanse ravnoteže, posebno kod dobro treniranih sportaša koji imaju bolju ravnotežu u izvođenju sportskih vještina. Međutim, BESS uključuje statično držanje tijela i može odražavati posturalni deficit bolje od dinamičkih testova kod iskusnijih sportaša (25). U ovom istraživanju muški ispitanici u većem postotku navode pojavu ozljeda, čak njih četiri u usporedbi s ispitanicima ženskog spola, koji navode ozljedu ( $n=1$ ) slučajeva što nije predstavljalo statistički značajnu razliku ( $p=0,114$ ). Koljeno je ozlijedilo dvoje ispitanika, a gležanj, kuk i rame po jedan ispitanik. Jedini ozlijeđeni ispitanik ženskog spola je ozlijedio kuk.

Jadzak i suradnici pretpostavili su da igračka pozicija u nogometu utječe na kvalitetu statičke ravnoteže. Ova studija je obuhvaćala je uzorak od sto i jedan elitnih profesionalnih nogometaša koji su bili razvrstani u šest podskupina prema igračkim pozicijama i to: vratari ( $n=10$ ), centralni braniči ( $n=5$ ), bekovi ( $n=15$ ), centralni vezni ( $n=23$ ), krilni napadači ( $n=15$ ) i napadači ( $n=23$ ). Svi su sudionici završili test posturalnog sustava Delos koristeći standardni protokol. Ispitivanja su provedena jednostrano na nedominantnoj i dominantnoj u statičkim uvjetima s otvorenim i zatvorenim očima koji stoje na stabilnoj platformi i pod dinamičkim uvjetima na nestabilnoj osnovi. Rezultati su pokazali da u statičkom testu otvorenih očiju nije bilo statistički značajnih razlika između nogu i položaja. U statičkom testu zatvorenih očiju razlike su statistički značajne samo između položaja. Postoji statistički značajna razlika u statičkoj ravnoteži između centralnih veznih i vratara. Učinak statičke ravnoteže i posturalni prioritet varirali su s igračkom pozicijom u elitnim nogometašima. Vezni igrači imaju bolji posturalni prioritet od igrača na drugim pozicijama. Profesionalni nogometaši predstavljaju veći ravnotežni posturalni prioritet na nedominantnoj nozi (26). U našem istraživanju ispitanici muškog spola u prosjeku su ostvarili rezultat manji za 1,81 m, imali su rezultat od  $3,94 \pm 0,97$  m, medijan 4,60 m u rasponu 3,25 do 6,25 m. Ispitanici ženskog spola, nakon izometričkog treninga su u prosjeku ostvarili rezultat manji za 1,49 m, odnosno prosječan ostvareni rezultat iznosio je  $3,21 \pm 0,57$  m, medijan 3,04 m u rasponu od 2,57 do 4,30 m. Nije pronađena statistički značajna razlika između spola i rezultata testa ( $p=0,052$ ). Iako ne postoji razlika između spolova, obje skupine su doživjele poboljšanje, odnosno smanjenje potrebnih metara za

izvođenje testa. Postoji statistički značajna razlika između testa i retesta u pojedinoj skupini ( $p=0,008$ ) (*Tablica 6*).

Kibar i suradnici u svom studiju imali su za cilj utvrditi učinak vježbi pilates prostirki na dinamičku i statičku ravnotežu, fleksibilnost tetiva, aktivnost trbušnih mišića i izdržljivost kod zdravih odraslih osoba. Uzorak su bile ženska populacija koja je bila nasumično raspoređena u dvije skupine. Prva skupina ( $n=23$ ) pohađala je pilates program po sat vremena dva puta tjedno. Druga skupina ( $n=24$ ) nastavila je svakodnevne aktivnosti kao kontrolna skupina. Dinamičku i statičku ravnotežu procijenio je uređaj Sport Kinesthetic Ability Trainer (KAT) 4000. Fleksibilnost tetive i trbušna izdržljivost određene su testom sjedi i dohvati, odnosno testom savijanja. Tlačna biofeedback jedinica (PBU) korištena je za mjerenje aktivnosti transversus abdominis i lumbalnih mišića. Tjelesnu aktivnost sudionika pratio je međunarodni upitnik za tjelesnu aktivnost. U prvoj grupi pilatesa zabilježena su statistički značajna poboljšanja u testovima savijanja, sjedenja i dosega, PBU rezultati u šestom tjednu ( $P < 0,001$ ) i KAT-ovi rezultati statičke i dinamičke ravnoteže ( $P < 0,001$ ), opseg struka ( $P = 0,007$ ) u osmom tjednu. U usporedbi između dvije skupine, zabilježena su značajna poboljšanja u skupini pilatesa za test sjedi i posegni ( $P = 0,01$ ) i PBU rezultati ( $P < 0,001$ ) u šestom tjednu, dodatno savijanje i statički KAT rezultati su napredovali u osmom tjednu ( $P < 0,001$ ). Nije pronađena korelacija između fleksibilnosti, izdržljivosti, aktivnosti mišića trupa i parametara ravnoteže. Autori su zaključili da je osmotjedni program treninga pilatesa povoljno utječe na statičku ravnotežu, fleksibilnost, izdržljivost trbušnih mišića, aktivnost trbušnih i lumbalnih mišića (27). U našem istraživanju ispitanici su nakon izometričkog treninga prosječno ostvarivali bolje rezultate. Obje skupine su doživjele poboljšanje, odnosno smanjenje potrebnih metara za izvođenje testa. Postoji statistički značajna razlika između testa i retesta u pojedinoj skupini ( $p=0,008$ ) (*Tablica 6*).

Trindade i suradnici u svojoj studiji imali su zadaću usporediti mjere statičke ravnoteže u stabilnim i nestabilnim uvjetima između različitih skupina podijeljenih s ocjenama FMS. Specifični cilj je bio utvrditi razlikuju li indeksi ravnoteže skupine podijeljene rezultatima FMS. Radilo se na uzorku od 5 fizički aktivnih koji su odijeljeni u dvije skupine. Prva skupina su bili muškarci ( $n=27$ ), druga skupina su bile žene ( $n=32$ ). Ishod testiranja bili su jednostrani indeksi ravnoteže stava, sastavljeni od anteroposteriornog indeksa, latero-lateralnog indeksa i ukupni indeks ravnoteže u stabilnim i nestabilnim uvjetima koje osigurava platforma Biodex za ravnotežu (28). Nisu pronađene statistički značajne razlike između dviju ispitanih skupina, ali

postoji statistički značajna razlika u skupini u rezultatima statičke ravnoteže između stabilne i nestabilne platforme. U našem istraživanju ispitanici muškog spola imali su rezultat od  $5,75 \pm 1,97$  m, medijan 5,26 m u rasponu 3,76 do 9,56 m. Ispitanici ženskog spola su u prosjeku prošli manje metara,  $4,60 \pm 1,09$  m, medijan 4,60 u rasponu od 3,25 do 6,25 m. Također nije pronađena statistički značajna razlika između spola i rezultata testa ( $p=0,216$ ) (Tablica 6). Iako ne postoji razlika između spolova, obje skupine su doživjele poboljšanje.

Svrha studije Verdana i suradnika bila je utvrditi učinak Power Balance traka na snagu, fleksibilnost i ravnotežu. Snaga i fleksibilnost izmjerene su sustavom MicroFit. Snaga je izmjerena savijanjem bicepsa, a fleksibilnost metodom sjedi i dohvati. Stanje je izmjereno sustavom BIODEX System SD. Bila su četiri različita uvjeta za test ravnoteže: oči otvorene na čvrstoj površini (EOFS), oči zatvorene na čvrstoj površini, oči otvorene na površini pjene i oči zatvorene na površini pjene. Radilo se na uzorku od dvadeset i četiri ispitanika koji su podijeljeni u dvije skupine. Prvu skupinu su činili muškarci ( $n=10$ ), a drugu skupinu su činile žene ( $n=14$ ). Svaki od ispitanika sudjelovao je u 3 tretmana koji su se sastojali od Power Balance, placebo trake i nijedne trake. Nije bilo značajnih razlika u snazi, fleksibilnosti ili ravnoteži s obzirom na korištene tretmane. Postojala je značajna razlika između uvjeta u testu ravnoteže ( $p = 0,000$ ). Rezultati pokazuju da Power Balance trake nisu imale utjecaja na snagu i fleksibilnost, ali jesu na ravnotežu (29).

Hartley i suradnici u svom istraživanju htjeli su dokazati da li prekomjerna tjelesna masa uzrokuje narušavanje statičke ravnoteže. Radilo se na uzorku od petsto pedeset i jedan ispitanika koji su podijeljeni u dvije skupine. Prvu skupinu su činili muškarci ( $n=387$ ), a drugu skupinu su činile žene ( $n=167$ ). Zabilježene su mjere visine, tjelesne mase te je izračunat BMI. Ispitanici su pristuili testu oslonca na jednoj nozi. Rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika između ispitanika s prekomjernom tjelesnom masom i onih s normalnom tjelesnom masom. Ispitanici s prekomjernom tjelesnom masom su imali znatno slabije rezultate. Autori su na temelju dobivenih rezultata zaključili da ispitanici s prekomjernom tjelesnom masom su podložniji ozljedama uganuća gležnja (30). U ovom istraživanju ispitanici s prekomjernom tjelesnom masom prosječno su imali rezultat od  $7,12 \pm 3,01$  u prvom mjerenju, medijan 8,04 m, u rasponu od 3,76 do 9,57 m. U drugom  $3,35 \pm 0,86$  m, medijan 4,90 m, raspon od 3,21 do 6,06 m. Razlika između prvog i drugog mjerenja nije se pokazala statistički značajnom razlikom ( $p=0,109$ ). Razlika između ispitanika koji imaju normalnu i onih koji imaju prekomjernu tjelesnu masu nije pronađena u prvom ni u drugom mjerenju (Tablica 7).

Guzman-Munoz i suradnici u svome istraživanju imali su za cilj utvrditi odnos između antropometrijskog profila i statičke i dinamičke ravnoteže u djece od šest do devet godina. Uzorak je obuhvaćao sto pedeset i osam školaraca koji su podijeljeni u dvije skupine. Prvu skupinu su činili muškarci (n=88), a drugu skupinu su činile žene (n=70) koji su imali između i šest i devet godina. Statička i dinamička posturalna ravnoteža izmjerena su posturografijom i Y-Balance testom. Antropometrijska mjerenja korelirana su s rezultatima testova posturalne ravnoteže. U rezultatima primijećene su primijećene su umjerene negativne korelacije između izvedbe Y-Balance testa i tjelesne mase i BMI-a (31).

Bashir i suradnici istraživali su učinak treninga na dinamičku ravnotežu i agilnost indijskih juniorskih tenisača. Radilo se na uzorku od trideset tenisača muškog spola. Ispitanici su podijeljeni u eksperimentalnu (n=15) i kontrolnu (n=15) skupinu. Kontrolna skupina izvodila je redoviti trening, a eksperimentalna skupina slijedila je petotjedni osnovni program treninga zajedno s redovitim treningom. Ispitanici su evaluirani t-testom agilnosti i Star Excursion Balance Test (SEBT) za dinamičku stabilnost. Pronađena je značajna razlika u post-testnim vrijednostima agilnosti i dinamičke ravnoteže pomoću SEBT-a između eksperimentalne i kontrolne skupine. Autori su zaključili da osnovni treninzi u tenisu utječu na poboljšanje ravnoteže i agilnosti (32).

Tsigkanos i suradnici u svom istraživanju uspoređivali su statičku i dinamičku ravnotežu između kronične boli u leđima i zdravih ispitanika. Eksperimentalna skupina imala je sedamnaest ispitanika, a kontrolna skupina imala je šesnaest ispitanika. Sami protokol testiranja uspoređivao je sposobnost ravnoteže prilikom izvođenja testova ravnoteže SEBT-a i statičnog položaja stopala s jednom nogom. Eksperimentalna skupina imala je značajno smanjene performanse u SEBT-u. BMI također ima značajan utjecaj na izvršenje SEBT-a. Autori su zaključili osobe s kroničnom križoboljom imaju narušenu ravnotežu (33). U ovom istraživanju razlika između prvog i ponovnog testiranja pokazala se statistički značajnom ( $p=0,043$ ) (Tablica 8). Razlika između prvog i ponovnog testiranja pokazala se statistički značajnom ( $p=0,001$ ). Razlika između ispitanika koji su doživjeli ozljedu i onih koji nisu ozlijeđeni nije pronađena u prvom mjerenju ( $p=0,076$ ), ali je prisutna u drugom mjerenju ( $p=0,018$ ) (Tablica 8).

Lara i suradnici u svom istraživanju analizirali su povezanost posturalne ravnoteže i antropometrijskih pokazatelja kod učenika osnovne škole. Istraživanje se provodilo na uzorku od osamdeset ispitanika i to četrdeset i sedam ispitanika ženskog spola i trideset i tri ispitanika

muškog spola. Utvrđeno je da je 26,3% učenika imalo prekomjernu tjelesnu težinu, a 15% pretilo. Rezultati su pokazali da prekomjerna tjelesna masa utječe na narušavanje statičke ravnoteže (34). U našem istraživanju ispitanici s prekomjernom tjelesnom masom prosječno su imali rezultat od  $7,12 \pm 3,01$  u prvom mjerenju, medijan 8,04 m, u rasponu od 3,76 do 9,57 m. U drugom  $3,35 \pm 0,86$  m, medijan 4,90 m, raspon od 3,21 do 6,06 m. Razlika između prvog i drugog mjerenja nije se pokazala statistički značajnom razlikom ( $p=0,109$ ). Razlika između ispitanika koji imaju normalnu i onih koji imaju prekomjernu tjelesnu masu nije pronađena u prvom ni u drugom mjerenju (*Tablica 7*).

Ercan je ispitao učinak razine umora na funkcionalnu pokretljivost i ravnotežu u pretilih žena. Studija je obuhvatila devedeset i osam zdravih žena u dobi od 40-60 godina s  $BMI \geq 30$  kg / m<sup>2</sup>. Umor koji su sami primijetili procijenjen je samoinicijativnim upitnikom, Kontrolnim popisom individualne snage na turskom jeziku (CIS-T), na kojem se 62,3% ispitanika izjasnilo da su umorni. Utvrđeno je da su vrijednosti tjelesne težine i BMI umornih ispitanika veće od onih u skupini koja nije umorna ( $p < 0,05$ ). Utvrđeno je da su prijavljene navike vježbanja umorne skupine značajno niže od njihovih nesmotrenih vršnjaka ( $p < 0,05$ ). Izmjerena je razina funkcionalne pokretljivosti (Timed Up and Go Test), statička ravnoteža (One-Leigh Station Test s otvorenim očima) i dinamička ravnoteža (Functional Reach Test i trometarski Tind Tandem Walk Test), a statistički značajne razlike su pronađene između skupina umora i neumornosti na svim ( $p < 0,05$ ) (35).

Baierle i suradnici u svom istraživanju imali su tri cilja, a to su: dokazati da li postoji povezanost između boli u ramenu i nedostataka u ravnoteži i posturalnoj stabilnosti, je li intenzitet boli povezanost s ravnotežnom sposobnošću i posturalnom stabilnost i postoji li povezanost između BMI i statičke ravnoteže. Radilo se na uzorku od osamdeset ispitanika koji su podijeljeni u dvije skupine. Prvu skupinu činila je eksperimentalna skupina ( $n=40$ ), a druga skupina bila je kontrolna ( $n=40$ ). Parametri ishoda bili su posturalna stabilnost, sposobnost ravnoteže i indeks simetrije koji su mjereni sustavom S3-Check. Uz to je analiziran utjecaj intenziteta boli u ramenu i BMI na parametre ishoda. Eksperimentalna skupina s bolovima u ramenu pokazali su značajno lošije rezultate u mjerenjima posturalne stabilnosti. Nije bilo korelacije između intenziteta boli i mjerenja sposobnosti ravnoteže ili posturalne stabilnosti. Isto tako, nije utvrđena povezanost između BMI i nedostataka u ravnoteži i posturalnoj stabilnosti (36).



## 7. ZAKLJUČAK

U našem istraživanju prikazan je proprioceptivni sustav te njegova povijest i osnovna podjela. Navedena je anatomska i fiziološka građa mišića te su opisane vrste kontrakcija. Također, u našem istraživanju govori se o neuromuskularnoj vezi koja je neizostavan čin ukoliko se radi ravnoteže. Isto tako, pojam ravnoteža i balans je raščlanjen. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno uz opis svake pojedine tablice i grafa. U raspravi su navedeni radovi autora koji su u svojim istraživanjima mjerili statičku ravnotežu sa sličnim parametrima te su dobili rezultate s kojima se naše istraživanje može usporediti.

Ovim istraživanja nastojala se utvrditi moguća razlika u ravnoteži između spolova te ispitati povezanost rezultata izometričkih vježbi snage i statičke ravnoteže. Prema dobivenim rezultatima potvrđena je hipoteza da ne postoji značajna razlika u ravnoteži između muškaraca i žena. Kako su u rezultatima obrađeni mnogi parametri, može se zaključiti da ispitanici imaju zadovoljavajuće rezultate s obzirom na svoju dob te da u svojim trenažnim procesima provode povremeno vježbe statičke i dinamičke ravnoteže. Također, izometričke vježbe u našem istraživanju dale su svoj doprinos te su obje skupine imale statistički značajnu razliku između testa i retesta na Posturomedu. Ovim rezultatom potvrđuje se druga hipoteza da izometričke vježbe koje su provođene momentno između prvog i drugog mjerenja utječu na poboljšanje statičke ravnoteže.

Iako su obje hipoteze potvrđene, treba naglasiti da se radi o malom uzorku ispitanika te da su potrebna daljnja istraživanja koja će obuhvatiti veći uzorak odnosno populaciju te kontrolnu skupinu kako bi se dobili kvalitetniji rezultati. Isto tako, iako je balans popularan u svijetu trenera i fizioterapeuta, postoji vrlo mali broj objavljenih radova na balansnim platformama kao što je Posturomed.



## 8. SAŽETAK

**Uvod:** Statička ravnoteža je sposobnost tijela da održi određeni položaj iznad baze oslonca. Cilj ovog istraživanja je bio ispitati da izometričke vježbe snage trupa i donjih ekstremiteta imaju utjecaj na ravnotežu te da li postoji razlika u statičkoj ravnoteži između muškaraca i žena.

**Materijali i metode:** Istraživanje je provedeno na 18 rekreativnih vježbača funkcionalnog treninga. Svi ispitanici aktivni su članovi „Fit Beat Kastav“. Istraživanje je imalo protokol zagrijavanja prije i protokol istežanja nakon testiranja koji je bio isti za svakog ispitanika. Na Posturomedu testirana je statička ravnoteža u stojećem položaju na jednoj nozi posebno za lijevu i desnu nogu na elektroničkom uređaju za mjerenje ravnoteže kroz dvije ravnine („Posturomed 2000“ tvrtke „Bioswing“ iz Njemačke, dimenzija 60x60 cm s pripadajućom programskom podrškom „Microswing 6“). Nakon prvog testiranja ispitanici su izvodili četiri vježbe izometričke snage, svaku su držali u izdržaju po 30 sekundi te su odmah nakon pristupili drugom testu.

**Rezultati:** Od 18 ispitanika svi su zadovoljili uvjete i kriterije testiranja. Dobiveni rezultati pokazuju da ne postoji značajna razlika u statičkoj ravnoteži između dvije ispitane skupine. Dobiveni rezultati testa i retesta pokazuju značajnu razliku u obje skupine.

**Zaključak:** Može se zaključiti da su vježbe izometričke snage dale svoj doprinos u poboljšanju statičke ravnoteže.

Ključne riječi: izometričke vježbe, Posturomed, propiocepcija, statička ravnoteža

## 9. SUMMARY

**Introduction:** Static balance is the ability of the body to maintain a certain position above the base of the support.

**Aim:** The objective of this study was to examine that isometric torso exercises and lower extremity have an impact on balance and is there a difference in static balance between men and women.

**Materials and Methods:** 18 recreational exercisers was included in study. All participants are active members of „Fit Beat Kastav“. The study had a warm-up protocol before and a stretch protocol after testing. On Posturomed static balance was tested in a standing position on one leg, separately for left and right leg on an electronic device for measuring balance through two planes. After the first test, the subjects performed four isometric strength exercises, each held for 30 seconds and immediately approached the second testing.

**Results:** Of the 18 participants, everyone met the test conditions and criteria. The obtained results show that there is no significant difference in static balance between the two examined groups. The obtained test and re-test results show a significant difference in both groups.

**Conclusion:** Isometric strength exercises have benefits to the improvement of static balance.

Key words: isometric exercises, Posturomed, proprioception, static balance

## 10. LITERATURA

1. Feryal Subasi. Historical Background of Proprioception. Ur: Kaya D. Proprioception: The Forgotten Sixth Sense [Internet]. Foster City: OMICS Group eBooks; 2014. Dostupno: [www.esciencecentral.org/ebooks](http://www.esciencecentral.org/ebooks) Edited
2. Grozdek Gordana, Maček Z. Senzorički putevi pokreta. Ur.: Keros P. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište Zagreb; 2011., 33–35 str.
3. Chrysty C. Proprioception. Ur: GoucherJohn. Functional anatomy : musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists. Baltimore, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010., 65–68 str.
4. Subasi F. Neuroanatomical Components of Proprioception System. Ur: Kaya D. Proprioception: The Forgotten Sixth Sense [Internet]. Foster City: OMICS Group eBooks; 2014. 7. str. Dostupno: <http://www.esciencecentral.org/ebooks/>
5. Subasi F. Historical Background of Proprioception. Ur.: Kaya D. Proprioception: The Forgotten Sixth Sense [Internet]. Foster City: OMICS Group eBooks; 2014., 3–4 str. Dostupno: <http://www.esciencecentral.org/ebooks>
6. Grozdek Čovčić Gordana MZ. Funkcija proprioceptora i ostalih receptora. Ur: Keros P. Neurofacilitacijska terapija. 2011., 29–33 str.
7. Grozdek G., Maček Z. Funkcija mišićnog vretena. Ur. Keros P. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište Zagreb; 2011., 30–33 str.
8. Guyton C. A., Hall E. J. Nadzor moždane kore i moždanog debla nad motoričkim funkcijama. Ur.: Taradi K. S., Andreis I. Medicinska fiziologija. 11. izd. Zagreb
9. Grozdek G., Maček Z. Funkcija Golgijeva tetivnog aparata. Ur.: Keros P. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište Zagreb; 2011., 33 str.
10. Bobinac D., Dujmović M. Miologija. Osnove anatomije. 2. izd., Rijeka; 2011.
11. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. Mechanoreceptors Specialized to Receive Tactile Information [Internet]. Sinauer Associates, Inc. Dostupno: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10895/>
12. Guyton C. A., Hall E. J. Organizacija kralježnične moždine za motoričke funkcije. Ur.: Taradi K.S., Andreis I. Medicinska fiziologija. 11. izd. Zagreb: Medicinska naklada d.o.o.; 637–674 str
13. Kostović M., Judaš I. Uloga motoričke moždane kore u voljnim pokretima. Temelji neuroznanosti e-knjiga [Internet]. Zagreb: Naklada MD.; 1997.. 348–355 str. Dostupno: <http://www.hiim.unizg.hr/images/knjiga/CNS34.pdf>

14. Gojković S. Pregledna neuroanatomija – mikroskopska građa kralješnične moždine (2.dio). Studentska sekcija za neuroznanost [Internet]. Zagreb; 2014;188–197 str. Dostupno: [http://gyrus.hiim.hr/images/gyrus4/Gyrus4\\_Part7.pdf](http://gyrus.hiim.hr/images/gyrus4/Gyrus4_Part7.pdf)
15. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clinical Rehabilitation*. 2000;14(4):402-406. doi:10.1191/0269215500cr342oa
16. Grozdek G. Maček Z. Normalne automatske posturalne reakcije. Ur.: Keros P. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Medicinska naklada d.o.o.; 2011. 62–65 str.
17. K. Sembulingarh. *Essentials of medical physiology*. 6th edition. Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd. New Delhi. 2012.
18. M. Pećina i suradnici. Športska medicina. Medicinska naklada. Zagreb.2004.txt.
19. Hettinger T, Muller EA. Muskelleistung und Muskeltraining. *Arbeitsphysiologie*. 1953.;15:111–26.
20. Ikai M, Fukunaga T. A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int Z Fur Angew Physiol Einschließlich Arbeitsphysiologie*. 1970.;28(3):173–80.
21. Knapik JJ, Mawdsley RH, Ramos MU. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1983; 5:58-65.
22. Uputstva MicroSwing 6 ®. 2007;1–58. Dostupno: [http://www.bioswing.de/sites/bioswing.de/files/pages/downloads/user\\_manual\\_microswing\\_6.03\\_2nd\\_edition\\_2.pdf](http://www.bioswing.de/sites/bioswing.de/files/pages/downloads/user_manual_microswing_6.03_2nd_edition_2.pdf)
23. Barati A, Safarcherati A, Aghayari A, Azizi F, Abbasi H. Evaluation of Relationship between Trunk Muscle Endurance and Static Balance in Male Students. *Asian J Sports Med*. 2013 Dec;4(4):289-94. doi: 10.5812/asjasm.34250. Epub 2013 Nov 15. PMID: 24800004; PMCID: PMC3977213.
24. Bednarczuk G, Wiszomirska I, Rutkowska I, Skowroński W. Effects of sport on static balance in athletes with visual impairments. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Aug;59(8):1319-1327. doi: 10.23736/S0022-4707.18.09089-8. Epub 2018 Nov 8. PMID: 30421870.
25. Halabchi F, Abbasian L, Mirshahi M, Mazaheri R, Pourgharib Shahi MH, Mansournia MA. Comparison of Static and Dynamic Balance in Male Football and Basketball Players. *Foot Ankle Spec*. 2020 Jun;13(3):228-235. doi: 10.1177/1938640019850618. Epub 2019 May 23. PMID: 31122066.
26. Jadczyk Ł, Grygorowicz M, Wieczorek A, Śliwowski R. Analysis of static balance

- performance and dynamic postural priority according to playing position in elite soccer players. *Gait Posture*. 2019 Oct;74:148-153. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.09.008. Epub 2019 Sep 5. PMID: 31525652.
27. Kibar S, Yardimci FÖ, Evcik D, Ay S, Alhan A, Manço M, Ergin ES. Can a pilates exercise program be effective on balance, flexibility and muscle endurance? A randomized controlled trial. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016 Oct;56(10):1139-1146. Epub 2015 Oct 16. PMID: 26473443.
  28. Trindade MA, de Toledo AM, Cardoso JR, Souza IE, Dos Santos Mendes FA, Santana LA, Carregaro RL. STATIC BALANCE MEASUREMENTS IN STABLE AND UNSTABLE CONDITIONS DO NOT DISCRIMINATE GROUPS OF YOUNG ADULTS ASSESSED BY THE FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN™ (FMS™). *Int J Sports Phys Ther*. 2017 Nov;12(6):858-861. PMID: 29158947; PMCID: PMC5675372.
  29. Verdán PJ, Marzilli TS, Barna GI, Roquemore AN, Fenter BA, Blujus B, Gosselin KP. Effect of the Power Balance® band on static balance, hamstring flexibility, and arm strength in adults. *J Strength Cond Res*. 2012 Aug;26(8):2113-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a43ce. PMID: 22027848.
  30. Hartley EM, Hoch MC, Boling MC. Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes. *J Sci Med Sport*. 2018 Jul;21(7):676-680. doi: 10.1016/j.jsams.2017.10.014. Epub 2017 Nov 6. PMID: 29102301.
  31. Guzmán-Muñoz E, Valdes Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas YF, Castillo Retamal M. Relación entre el perfil antropométrico y el balance postural estático y dinámico en niños de 6 a 9 años [Relationship between anthropometry and balance of postural control in children 6-9 years old]. *Nutr Hosp*. 2019 Mar 7;36(1):32-38. Spanish. doi: 10.20960/nh.02072. PMID: 30821164.
  32. Bashir SF, Nuhmani S, Dhall R, Muaidi QI. Effect of core training on dynamic balance and agility among Indian junior tennis players. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2019;32(2):245-252. doi: 10.3233/BMR-170853. PMID: 30248028.
  33. Tsigkanos C, Gaskell L, Smirniotou A, Tsigkanos G. Static and dynamic balance deficiencies in chronic low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016 Nov 21;29(4):887-893. doi: 10.3233/BMR-160721. PMID: 27341640.
  34. Lara S, Graup S, Balk RS, Teixeira LP, Farias AD, Alves GB, Leiria VB. ASSOCIATION BETWEEN POSTURAL BALANCE AND ANTHROPOMETRIC

INDEXES IN ELEMENTARY SCHOOLCHILDREN. *Rev Paul Pediatr.* 2017 Nov 13;36(1):7. doi: 10.1590/1984-0462/2018;36;1;00011. PMID: 29160409; PMCID: PMC5849375.

35. Ercan S, Başkurt F, Başkurt Z, Çetin C. Effect of Self-perceived Fatigue on Balance and Functional Mobility in Middle-Aged Obese Women. *Acta Med Okayama.* 2019 Apr;73(2):95-100. doi: 10.18926/AMO/56644. PMID: 31015743.

## 11. PRILOZI

### PRILOG A: Prikaz ilustracija i tablica

Slika 1. Funkcioniranje balansa. Preuzeto s: <a href="http://vestibular.org/understanding-vestibular-disorder/human-balance-system">http://vestibular.org/understanding-vestibular-disorder/human-balance-system</a> ).....	14
Tablica 1 – prikaz rezultata istraživanja dobi ispitanika podijeljenih prema spolu .....	21
Tablica 2 – prikaz rezultata istraživanja tjelesne mase ispitanika podijeljenih prema spolu ...	22
Tablica 3 – prikaz rezultata istraživanja Indeksa tjelesne mase ispitanika podijeljenih prema spolu.....	23
Slika 2 – prikaz podjele ispitanika na kategorije uhranjenosti prema Indeksu tjelesne mase (%) .....	23
Tablica 4 – prikaz aritmetičke sredine, standardne devijacije, medijana i moda sati kojih ispitanici provode trenirajući u jednom tjednu podijeljenih prema spolu .....	24
Slika 3 – prikaz rezultata istraživanja provedenog vremena na treningu u jednom tjednu ..	25
Slika 4 – prikaz rezultata istraživanja sportskih aktivnosti u kojima sudjeluju ispitanici podijeljeni prema spolu.....	25
Slika 5 – Prikaz rezultata istraživanja odgovora na pitanje " <i>Jeste li se ikad ozlijedili za vrijeme treninga ili natjecanja?</i> " podijeljeno prema spolu ispitanika.....	26
Tablica 5 – prikaz rezultata istraživanja vremena proteklog od ozljede ispitanika podijeljenih prema spolu .....	27
Tablica 6 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem pomoću Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih prema spolu .....	28
Tablica 7 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih kategoriji uhranjenosti.....	29
Tablica 8 – prikaz rezultata istraživanja dobivenih testiranjem Posturo Cybernetics Test-a podijeljenih prema ozlijeđenosti .....	30

## **12. KRATKI ŽIVOTOPIS**

Rođen sam 15. svibnja 1997. godine u Rijeci. Osnovnu školu Srdoči pohađao sam u periodu od 2004. do 2012. godine. Završio sam Medicinsku školu u Rijeci u periodu od 2012. do 2016. godine te stekao zvanje dentalnog tehničara. Nakon završetka srednje škole upisujem preddiplomski stručni studij fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Moje obrazovanje za prvostupnika je u periodu od 2016. do 2019. godine. Dana 09.07.2019. stekao sam prvostupnika fizioterapije. Odmah nakon završetka studija 2019. godine upisujem diplomski sveučilišni studij fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Moje obrazovanje na diplomskom studiju traju u periodu od 2019. do 2021. godine. Po završetku studija stječem zvanje magistra fizioterapije.