

# POVEZANOST DISTRIBUCIJE OPTEREĆENJA I DODIRNE POVRŠINE STOPALA S RAVNOTEŽOM KOD PROFESIONALNIH SPORTAŠA I STUDENATA

---

**Miletić, Marin**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:080606>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ FIZIOTERAPIJA

Marin Miletić

POVEZANOST DISTRIBUCIJE OPTEREĆENJA I DODIRNE POVRŠINE  
STOPALA S RAVNOTEŽOM KOD PROFESIONALNIH SPORTAŠA I  
STUDENATA

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

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

Marin Miletić

**CORRELATION OF FOOT LOAD DISTRIBUTION AND CONTACT  
SURFACE WITH BALANCE IN PROFESSIONAL ATHLETES AND  
STUDENTS**

Master thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: Doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.

Diplomski rad obranjen je 16. srpnja 2024. na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Mirela Vučković, mag. physioth.
2. Doc. dr. sc. Andrica Lekić, prof. mat. i fiz.
3. Doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.

## Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija Sveučilište u Rijeci
Studij	Sveučilišni diplomski studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Diplomski rad
Ime i prezime studenta	Marin Miletić
JMBAG	360000586

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	POVEZANOST DISTRIBUCIJE OPTEREĆENJA I DODIRNE POVRŠINE STOPALA S RAVNOTEŽOM KOD PROFESIONALNIH SPORTAŠA I STUDENATA
Ime i prezime mentora	Doc. dr. sc. Hrvoje Vlahović, prof. reh.
Datum predaje rada	04.07.2024.
Identifikacijski br. podneska	2412748086
Datum provjere rada	05-Jul-2024 10:08AM (UTC+0200)
Ime datoteke	Marin_Mileti_Diplomski_rad.docx
Veličina datoteke	3.81M
Broj znakova	72,391
Broj riječi	11,974
Broj stranica	51

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	2%
-----------------	----

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	05.07.2024.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	X
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum  
05.07.2024.

Potpis mentora



## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<i>1.1. Propriocepcija</i> .....	2
<i>1.2. Ravnoteža</i> .....	3
<i>1.3. Baropodometrija</i> .....	4
<i>1.3.1. Distribucija opterećenja</i> .....	6
<i>1.3.2. Plantarna dodirna površina</i> .....	7
<i>1.4. Posturomed</i> .....	10
<i>1.4.1. Stabilnost</i> .....	12
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	15
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	16
<i>3.1. Ispitanici</i> .....	16
<i>3.2. Postupak i instrumentarij</i> .....	16
<i>3.3. Statistička obrada podataka</i> .....	17
<i>3.4. Etički aspekti istraživanja</i> .....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	19
<b>5. RASPRAVA</b> .....	30
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	39
<b>LITERATURA</b> .....	40
<b>KRATAK ŽIVOTOPIS</b> .....	45

## SAŽETAK

**Uvod:** Pretpostavke da veće opterećenje cijelog stopala dovodi do bolje stimulacije proprioceptora te da veća osjetljivost plantarne površine srednjeg dijela stopala na taktilne i vibracijske stimulacije potencijalno može utjecati na mehanizam posturalne kontrole, dodatno su ispitane ovim istraživanjem. Glavni cilj istraživanja je utvrditi postoji li povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže. Drugi cilj je utvrditi postoji li povezanost između veće plantarne dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže. **Metode:** U istraživanju je sudjelovalo 57 ispitanika muškog spola podijeljenih u dvije skupine. Eksperimentalna skupina uključuje 27 profesionalnih sportaša nogometnog kluba, a kontrolna skupina uključuje 30 studenata. Dob ispitanika je u rasponu od 19 do 37 godina. Od mjernih parametara mjerene su distribucija opterećenja cijelog stopala između dva ekstremiteta (%), plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala (cm<sup>2</sup>) i stabilnost (%). Prva dva mjerna parametra su mjerena baropodometrom, a stabilnost je mjerena Posturomed uređajem. U svrhu statističke obrade podataka koristio se program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.). **Rezultati:** Postoji statistički značajna pozitivna korelacija između distribucije opterećenja i stabilnosti lijeve noge u skupini studenata. Između svih ostalih parametara uključenih u statističku obradu podataka, nema korelacije. Pronađena je veća vrijednost distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala na lijevoj nozi kod svih ispitanika kontrolne skupine te na desnoj nozi svih ispitanika eksperimentalne skupine. **Zaključak:** Posturalna stabilnost je vrlo kompleksna te na nju utječe kombinacija više čimbenika. Moguće je da upravo iz tog razloga rezultati nisu pokazali povezanost između određenih parametara i ravnoteže. Također je moguće da pojedinačni parametri poput distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala ne mogu dovoljno utjecati na nju i značajno ju promijeniti. Međutim, navedene tvrdnje je potrebno dodatno istražiti novim istraživanjem koje će uključivati veći broj ispitanika uz bolju kontrolu uvjeta testiranja kako bi se smanjio utjecaj čimbenika koji potencijalno mogu utjecati na pristranost rezultata.

Ključne riječi: distribucija opterećenja, dodirna površina, propriocepcija, ravnoteža, sport

## ABSTRACT

**Introduction:** The assumptions that the bigger load of the whole foot leads to a better stimulation of the proprioceptors and that the bigger sensibility of the plantar contact surface of the midfoot to tactile and vibration stimuli could potentially affect the postural control, are additionally tested during this research. The main aim of this study is to assess whether there is correlation between a bigger load on the right or left leg and better balance. Another aim is to assess whether there is a correlation between a bigger plantar contact surface of the midfoot of the right or left leg and better balance. **Methods:** The research contains 57 male participants divided in two groups. The experimental group contains 27 professional athletes from a football club and the control group contains 30 students. The age ranged from 19 to 37 years. The measured parameters were load distribution of the whole foot between two extremities (%), the plantar contact surface of the midfoot (cm<sup>2</sup>) and stability (%). The first two parameters were measured using a baropodometer and stability was measured using a Posturomed device. For the purpose of the statistical analysis, a program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.) was used. **Results:** There is a statistically significant positive correlation between the load distribution and stability of the left leg in the group of students. Between any other parameters included in the statistical analysis, there is no correlation. A bigger value of the load distribution and the plantar contact surface of the midfoot was found on the left leg in all of the participants of the control group and on the right leg in all of the participants of the experimental group. **Conclusion:** Postural stability is very complex and affected by many factors. It is possible that specifically for that reason, the results did not show any correlation between the certain parameters and balance. It is also possible that the isolated parameters like the load distribution or the plantar contact surface of the midfoot can not affect the balance sufficiently and significantly change it. However, the mentioned statements needs to be additionally studied with a new research that will include a bigger number of participants and better control of the conditions with the aim of lowering the impact of the factors that can potentially bias the results.

Keywords: balance, contact surface, load distribution, proprioception, sport



## 1. UVOD

Stopala su prilikom kontakta s podlogom konstantno izložena opterećenju, a upravo to opterećenje pruža senzorne informacije putem stimulacije raznih vrsta receptora u obliku osjeta propriocepcije (1). Opterećenje stopala je mjerljivo baropodometrom koji između ostalih parametara, pruža podatak o distribuciji opterećenja stopala između dva ekstremiteta označenom u postocima (2). Tijekom uspravnog položaja, tjelesno opterećenje je u idealnim uvjetima jednako raspoređeno na oba donja ekstremiteta. Međutim, idealni uvjeti su teško ostvarivi te pod utjecajem raznih unutarnjih i vanjskih čimbenika, većinu vremena je distribucija opterećenja dominantna na jednom od donjih ekstremiteta (3).

Osim distribucije opterećenja stopala između dva ekstremiteta, pruža se podatak i o plantarnoj dodirnoj površini stopala označenom u  $\text{cm}^2$  koju se primjenom baropodometra može podijeliti na prednji, srednji i stražnji dio stopala. Strukturalne promjene stopala koje također mogu nastati pod utjecajem raznih čimbenika, dovode do različite građe stopala između različitih osoba, ali i između dva stopala suprotnih ekstremiteta iste osobe. Iz tog razloga, nije rijetkost da ista osoba ima različitu dodirnu površinu na srednjem dijelu stopala jedne noge u usporedbi sa dodirnom površinom srednjeg dijela stopala druge noge (4).

Posturalna stabilnost ili ravnoteža je sposobnost održavanja uspravnog položaja tijela u odnosu na podlogu (5). Stopalo ima veliku ulogu pri održavanju posturalne stabilnosti putem sustava posturalne kontrole. U svrhu održavanja posturalne stabilnosti, sinergističkom aktivacijom mišićne mase nastoji minimizirati oscilacije težišta tijela (6). Kako bi se to moglo učinkovito izvesti, potrebne su informacije o položaju tijela koje se uz vestibularni i vizualni sustav dobivaju proprioceptivnim putem (7). Sposobnost održavanja ravnoteže je moguće kvantificirati korištenjem Posturomed uređaja sa kojim se istraživanje provelo nakon mjerenja baropodometrom (8).

Pretraživanjem literature došlo se do zaključka da nije provedeno istraživanje na ovu temu, no postoji pretpostavka da veće opterećenje cijelog stopala dovodi do bolje stimulacije proprioceptora (1). Također postoji i pretpostavka da veća osjetljivost srednjeg dijela stopala na taktilne i vibracijske stimulacije potencijalno može utjecati na mehanizam posturalne kontrole (6).

Svrha ovog istraživanja je ispitati postoji li povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge sa boljom ravnotežom. Uz navedeno, svrha ovog

istraživanja je ispitati i povezanost veće plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala desne, odnosno lijeve noge sa boljom ravnotežom. Na taj način će se pridonijeti saznanjima o važnosti navedenog pri održavanju posturalne kontrole te ujedno na taj način i pridonijeti znanosti.

### *1.1. Propriocepcija*

Održavanje uspravnog stojećeg položaja je uvjetovano multimodalnim senzornim informacijama. Te informacije se aferentnim putem šalju u središnji živčani sustav, a dobivaju se vestibularnim, vizualnim i proprioceptivnim putem (9). Iako se osjet kretanja tijela imenovao kinestezijom, pojam propriocepcije je širi te obuhvaća i nju. Stoga Héroux i suradnici propriocepciju definiraju kao svijest o mehaničkom i prostornom stanju tijela i njegovih muskuloskeletnih dijelova (10). Propriocepcija je, dakle, osjet položaja i kretanja tijela, a te informacije se prikupljaju putem posebnih receptora koji se nalaze u mišićima, tetivama, zglobnim čahurama i koži, a nazivaju se proprioceptori (11).

Najviše spoznaja o proprioceptorima proizlazi iz istraživanja vrste proprioceptora po imenu mišićno vreteno, no uz njega se navode i Golgijev tetivni aparat te Pacinijevo i Ruffinijevo tjelešce (12).

Mišićno vreteno je mehanoreceptor smješten u mišićima, a pruža informacije o statičkoj i dinamičkoj duljini mišića te o brzini promjene duljine mišića u dinamičkim uvjetima. Golgijev tetivni aparat se nalazi na spoju između mišića i tetive, a služi detekciji sile proizvedene od strane mišića (7). Pacinijevo tjelešce je mehanoreceptor koji se nalazi u subkutanom tkivu, a služi za detekciju vibracije i fine teksture. Ruffinijevo tjelešce se nalazi u dubokim slojevima kože, ligamentima i tetivama, a služi za detekciju pokreta, istežanja kože i položaja prstiju (13).

Henry i Baudry u radu navode da upravo mehanoreceptori lokalizirani u mišićima, odnosno mišićna vretena, pružaju primarni izvor informacija za održavanje posturalne kontrole. Navedeno objašnjavaju time da prilikom stajanja dolazi do promjene duljine mišića zbog malih pokreta uzrokovanih promjenama težišta tijela, a upravo te male promjene detektiraju proprioceptori koji se nazivaju mišićna vretena. Smatraju da Golgijev tetivni aparat ne može detektirati tako male promjene duljine mišića jer ga stimuliraju veće sile, a uz to navode rad iz 2016. godine u kojem se hlađenjem plantarnog dijela stopala nastojalo isključiti doprinos proprioceptora smještenih u koži na održavanje ravnoteže. Rad je pokazao slabi utjecaj na održavanje uspravnog položaja tijela bez statističke značajnosti. Upravo iz tog razloga, smatraju

da mišićna vretena pružaju primarni izvor proprioceptivnih informacija za održavanje posturalne kontrole (7).

Kröger se slaže sa tvrdnjom da mišićna vretena pružaju najvažniji izvor informacija pri održavanju posturalne kontrole. Navodi da iako je propriocepcija integrativni sustav koji obuhvaća informacije o duljini i napetosti mišića, položaju zglobova i kožnoj napetosti, ključne sastavnice su ipak mišićna vretena koja konstantno pružaju aferentne informacije o duljini mišića i mišićnom tonusu. Autor također navodi da upravo iz informacija detektiranih putem mišićnih vretena, središnji živčani sustav obrađuje informaciju o prostornoj orijentaciji i kretanju tijela u prostoru, što je ključno za motornu kontrolu, voljno kretanje, hod i posturu (14).

Ballardini i suradnici se također slažu sa činjenicom da proprioceptori pružaju glavni izvor aferentnih informacija u svrhu održavanja posturalne kontrole te navode da se prilikom mirnog uspravnog položaja, posturalna nestabilnost najviše javlja prilikom odsustva somatosenzornih informacija, u usporedbi sa odsustvom vizualnih ili vestibularnih informacija (9).

Usprkos tome što Henry i Baudry navode slabi utjecaj hlađenja stopala na posturalnu stabilnost, Beelen i suradnici u radu iz 2022. godine su također ispitali utjecaj krioterapije na posturalnu stabilnost. Rezultati su pokazali da je primjena krioterapije uranjanjem stopala u vodu temperature između  $10^{\circ}$  i  $12^{\circ}$  celzijevih u trajanju od 20 minuta, doprinijela slabijoj posturalnoj stabilnosti, a navedeno objašnjavaju smanjenim osjetom propriocepcije (15).

Upravo iz razloga što proprioceptori iz područja stopala dokazano utječu na posturalnu stabilnost i s obzirom na činjenicu da propriocepcija ne obuhvaća samo receptore, već i njihovu obradu te da ju je moguće trenirati, ovim istraživanjem se nastojalo istražiti ima li povezanosti između veće distribucije opterećenja i veće plantarne dodirne površine stopala sa sa boljom ravnotežom (16).

## *1.2. Ravnoteža*

Posturalna stabilnost ili ravnoteža je sposobnost sustava posturalne kontrole da održi vertikalnu projekciju centra težišta tijela unutar baze oslonca. Kako bi se suprotstavilo sili gravitacije i održalo ravnotežu, tijelo upotrebljava razne biomehaničke i neuromuskularne strategije. Uspravan položaj na dvije noge je okarakteriziran sinergističkom aktivacijom muskulature čija je svrha osiguravanje minimalnih oscilacija težišta tijela uz minimalnu potrošnju energije (6).

Na ravnotežu pojedinca utječu razni unutarnji i vanjski čimbenici, no najviše ju kontroliraju vestibularni, vizualni i somatosenzorni sustav u kojeg spada osjet propriocepcije opisan u prethodnom poglavlju. Sposobnost održavanja ravnoteže je neophodna pri svim svakodnevnim aktivnostima. Bez nje bi razne aktivnosti poput sjedenja, hodanja, trčanja, nošenja predmeta ili bavljenja sportom bile onemogućene jer je stabilnost preduvjet kvalitetno i svrsishodno izvedene radnje (17).

Ravnoteža se može podijeliti u tri kategorije, a to su statička, dinamička i reaktivna ravnoteža. Sposobnost održavanja svake od navedenih vrsta ravnoteže uključuje kompleksnu interakciju između senzornih i motoričkih procesa, no kod svake vrste se to odvija na pojedinačan način zbog pojedinačnih zahtjeva situacije. Statička ravnoteža zahtjeva detekciju promjene duljine posturalnih mišića koji su zaduženi za održavanje centra težišta tijela unutar baze oslonca te njihovu aktivaciju. Primjer takvog oblika održavanja ravnoteže je održavanje mirnog uspravnog položaja tijela (18).

Pri održavanju dinamičke ravnoteže, potrebno je anticipatorno aktivirati određenu muskulaturu te prilagoditi položaj dijelova tijela na predstojeće aktivnosti pri kojima će biti narušena ravnoteža (19). Tome služi planiranje pokreta koje se događa u središnjem živčanom sustavu prije nego se sam pokret manifestira. Uz anticipatorne posturalne prilagodbe, povratna informacija dobivena iz vestibularnog, vizualnog ili somatosenzornog sustava, služi pri korekciji pokreta. Takav primjer pronalazi se primjerice tijekom hodanja (18).

Zadnja od navedenih vrsta ravnoteže je reaktivna ravnoteža. Ova vrsta je prisutna pri neočekivanim vanjskim podražajima koji narušavaju ravnotežu. Primjer toga je nagla akceleracija ili deceleracija autobusa u kojem se putnici prevoze u stojećem položaju ili guranje protivnika pri kontaktnim sportovima. U takvim situacijama nema vremena za planiranje pokreta i analiziranje povratnih informacija, već se odgovor na te podražaje odvija putem brzih automatskih posturalnih reakcija (18). Reaktivnu ravnotežu je moguće mjeriti Posturomed uređajem, no za potrebe ovog istraživanja, mjerena je dinamička ravnoteža (17).

### *1.3. Baropodometrija*

Baropodometrija (pedobarografija) je standardizirana objektivna metoda koji služi pri procjeni različitih parametara u statičkim i dinamičkim uvjetima putem posebne platforme (20). Uređaj kojim se vrši mjerenje zove se baropodometar ili pedobarograf. Uloga tog uređaja je detekcija pritisaka koji djeluju između plantarnog dijela stopala i podloge, a pružaju se rezultati za svaki

pojedini kvadratni centimetar stopala. Na taj način uređaj omogućuje kvalitativnu i kvantitativnu analizu plantarnog pritiska stopala koji je ujedno i među najčešće mjerenim parametrima ovim uređajem (21).

Uređaj dakle mjeri opterećenje stopala prilikom različitih aktivnosti i položaja, stoga se često koristi kao metoda biomehaničke analize u području sporta i medicine (22). Tako se njegova primjena pronalazi u istraživanjima sa zdravim ispitanicima različite dobi, ali i sa ispitanicima sa određenim muskuloskeletnim, neurološkim ili patologijama drugih tjelesnih sustava (20).

Pretraživanjem literature, može se zaključiti da je spektar primjene baropodometrije vrlo širok, no trenutno se ne može reći isto za njezinu primjenu u praksi. Iako ova metoda može biti vrlo korisna u raznim područjima medicine, pa tako i u fizioterapiji, rijetko se koristi. Činjenica je da je potrebno provesti puno više istraživanja koja bi bila usmjerena na njezinu primjenu u praksi i da je primjena te metode još u počecima istraživanja medicine temeljene na dokazima, no možda u budućnosti postane dio svakodnevne procjene fizioterapeuta te bude pomagala u donošenju ključnih odluka. Dostupnost baropodometra i količina kvalitetnih dokaza, trenutne su prepreke integracije baropodometrije u svakodnevnu praksu (21).

Iako je plantarni pritisak stopala, jedan od češćih parametara mjerenih baropodometrom, nije jedini. Pružaju se i grafički i broječni podaci o distribuciji opterećenja tjelesne težine, plantarnoj dodirnoj površini stopala i brojni drugi, no prilikom ovog istraživanja, od mjernih parametara su korišteni samo distribucija opterećenja i plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala (23).

Postoje razni proizvođači ovih uređaja, no za potrebe ovog istraživanja, upotrijebljen je baropodometar tvrtke LetSense (slika 1.) koji uz mjerenje u dinamičkim uvjetima pruža mogućnost mjerenja i u statičkim uvjetima.

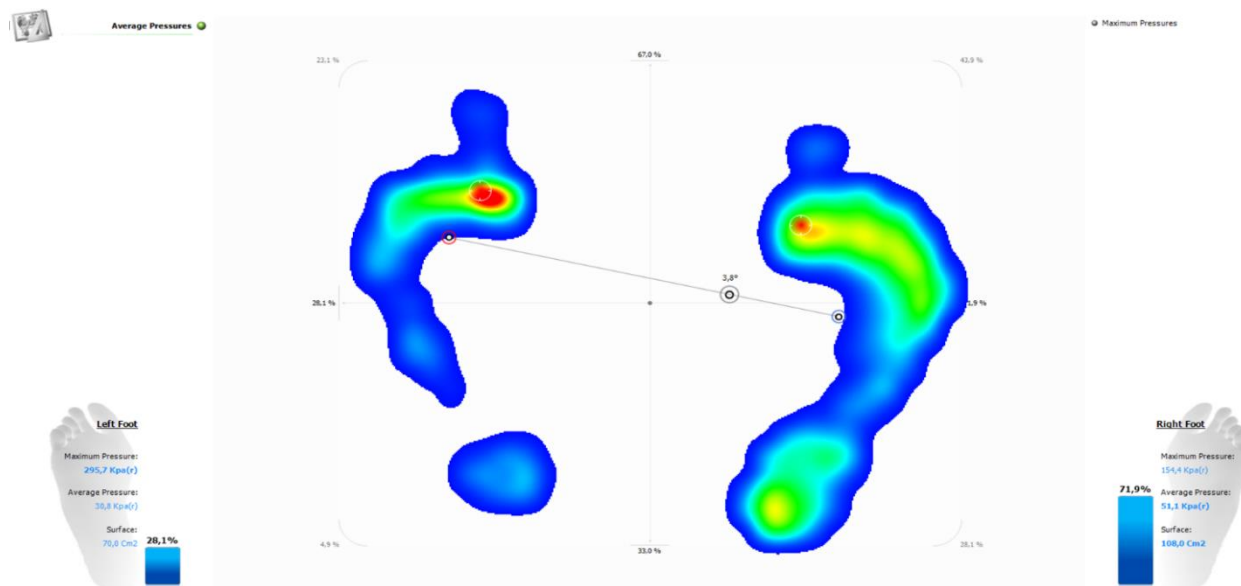


*Slika 1. Baropodometar LetSense*

*Izvor: osobni izvor*

### *1.3.1. Distribucija opterećenja*

Mjerenjem baropodometrijom, uz ostale podatke, dobije se i podatak o distribuciji opterećenja tjelesne težine. Prikazuje se u postocima (%), iznad plavog stupca u donjem lijevom i desnom uglu (slika 2.). U ovom slučaju prikazano je opterećenje lijevog stopala u iznosu od 28,1% i desnog u iznosu od 71,9%. Uz podatak o postotku opterećenja, sa strane se prikazuje podatak o ukupnom i prosječnom pritisku izraženom u kilopaskalima (Kpa) i dodirna površina plantarnog dijela stopala izražena u kvadratnim centimetrima (cm<sup>2</sup>). Pritisak stopala na podlogu je na slici prikazan spektrom boja, pri čemu tamno plava označuje područje najmanjeg pritiska, dok crvena označuje područje najvećeg pritiska.

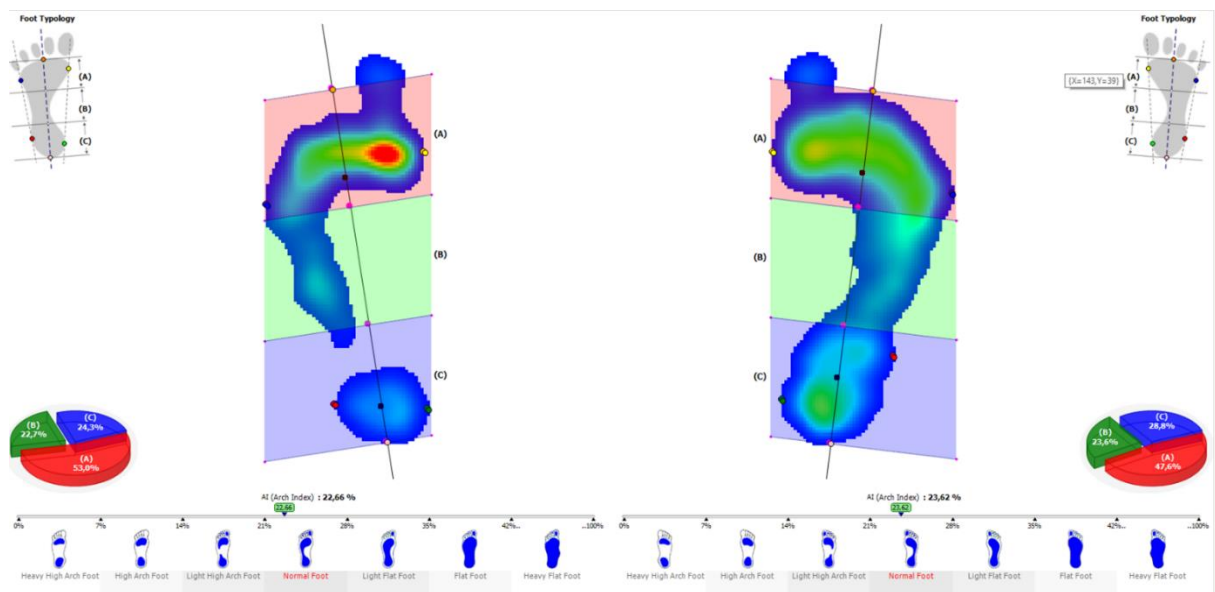


*Slika 2. Prikaz distribucije opterećenja*

*Izvor: osobni izvor*

### *1.3.2. Plantarna dodirna površina*

Uz prethodno navedene parametre, mjerenjem se dobije i slikoviti prikaz podjele plantarne dodirne površine stopala (slika 3.). Program stopala podijeli na tri dijela, a svaki označi drugom bojom. Pritom je crvenom bojom označen prednji dio stopala, zelenom srednji, a plavom stražnji dio stopala. Podatak o plantarnoj dodirnoj površini brojčano je prikazan u postocima (%), u sklopu kružnog dijagrama prikazanog u lijevom i desnom donjem kutu slike. Uz donji rub slike, prikazani su različiti tipovi stopala, a crvenom bojom je označen tip mjenog stopala koji je u ovom slučaju normalan.

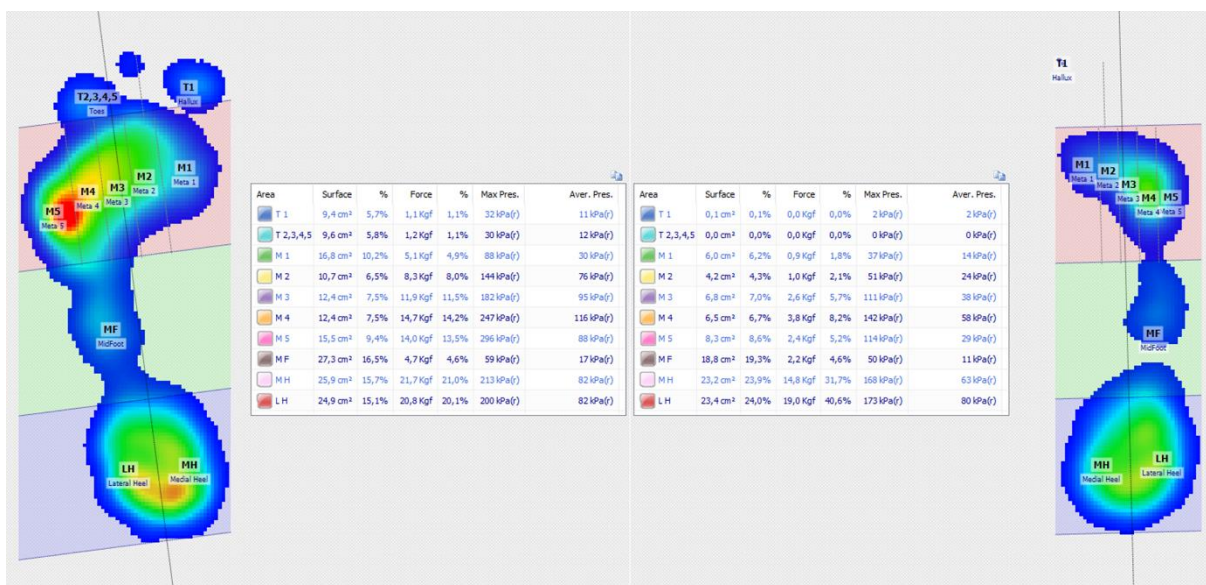


Slika 3. Prikaz podjele plantarne dodirne površine stopala na tri zone

Izvor: osobni izvor

Iako prethodna slika prikazuje podjelu dodirne površine plantarnog dijela stopala na tri dijela u postocima, za potrebe ovog istraživanja, analiziran je podatak dodirne površine u kvadratnim centimetrima. Sljedeći prikaz (slika 4.) jasno ističe podjelu plantarne dodirne površine stopala na dijelove. Pritom su označeni medijalni dio pete (MH), lateralni dio pete (LH), srednji dio stopala (MF), dodirna površina od prve do pete distalne glave metatarzalnih kostiju (M1, M2, M3, M4, M5), dodirna površina palca (T1) i dodirna površina od drugog do petog nožnog prsta (T2, T3, T4, T5). Za potrebe ovog istraživanja, korišteni su rezultati pod oznakom MF.





Slika 4. Prikaz podjele plantarne dodirne površine stopala na djelove

Izvor: osobni izvor

Za svaki navedeni dio stopala, uređaj izračuna dodirnu površinu plantarnog dijela stopala (Surface) izraženu u kvadratnim centimetrima (cm<sup>2</sup>) i u postocima (%), silu (Force) izraženu u kilogramima sile (Kgf) i postocima (%) te maksimalan (Max. Pres.) i prosječni (Aver. Pres.) pritisak izražen u kilopaskalima (kPa). Uz slikoviti prikaz podjele stopala na dijelove, prilaže se i tablica sa prethodno opisanim parametrima za svaku nogu. Za potrebe ovog istraživanja, korištena je plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala koja je na primjeru obrubljena crvenim pravokutnikom (slika 5.).

Area	Surface	%	Force	%	Max Pres.	Aver. Pres.
T 1	9,4 cm <sup>2</sup>	5,7%	1,1 Kgf	1,1%	32 kPa(r)	11 kPa(r)
T 2,3,4,5	9,6 cm <sup>2</sup>	5,8%	1,2 Kgf	1,1%	30 kPa(r)	12 kPa(r)
M 1	16,8 cm <sup>2</sup>	10,2%	5,1 Kgf	4,9%	88 kPa(r)	30 kPa(r)
M 2	10,7 cm <sup>2</sup>	6,5%	8,3 Kgf	8,0%	144 kPa(r)	76 kPa(r)
M 3	12,4 cm <sup>2</sup>	7,5%	11,9 Kgf	11,5%	182 kPa(r)	95 kPa(r)
M 4	12,4 cm <sup>2</sup>	7,5%	14,7 Kgf	14,2%	247 kPa(r)	116 kPa(r)
M 5	15,5 cm <sup>2</sup>	9,4%	14,0 Kgf	13,5%	296 kPa(r)	88 kPa(r)
M F	27,3 cm <sup>2</sup>	16,5%	4,7 Kgf	4,6%	59 kPa(r)	17 kPa(r)
M H	25,9 cm <sup>2</sup>	15,7%	21,7 Kgf	21,0%	213 kPa(r)	82 kPa(r)
L H	24,9 cm <sup>2</sup>	15,1%	20,8 Kgf	20,1%	200 kPa(r)	82 kPa(r)

Slika 5. Prikaz tablice sa opisanim parametrima

Izvor: osobni izvor

#### 1.4. Posturomed

U sportu, ali i u općoj populaciji, posturalna stabilnost ili ravnoteža se procjenjuje ispitivanjem stajanja na jednoj nozi na čvrstoj ili nestabilnoj podlozi. Ispitanik pritom mora stajati što mirnije, a manje pomaka centra težišta tijela se povezuje sa boljom ravnotežom. Navedeno se povezuje i sa boljom sportskom izvedbom i manjim rizikom od uganuća gležnja (24).

Međutim, statički test stajanja na jednoj nozi ne imitira dobro uvjete u kojima se nalazi osoba prilikom sudjelovanja u određenom sportu. Iz tog razloga se koriste dinamički testovi koji su zahtjevniji. Tijekom takvih testova, posturalna stabilnost se ispituje u prijelazu između dinamičkog u statičko stanje. Primjer toga je skok i slijetanje na jednu nogu uz održavanje ravnoteže dok je težište na njoj. Ograničenje takvog testiranja je varijabilnost rezultata koja nije povezana sa ravnotežom. Iz tog razloga, potrebno je koristiti standardizirane uređaje koji mogu kvantificirati ravnotežu (15).

Jedan od takvih uređaja je Posturomed (Haider Bioswing) koji je standardiziran za kvantifikaciju dinamičke ravnoteže (slika 6.). Uz navedenu mogućnost, može se upotrijebiti

i za trening ravnoteže pri kojem trenirane osobe mogu stajati na jednoj ili dvije noge uz obavljanje različitih dodatnih zadataka (17).

Posturomed se sastoji od platforme dimenzija 60 x 60 cm koja se slobodno može pomicati u svim smjerovima horizontalne ravnine. Platforma je spojena na osam opruga kojima se može podesiti veća ili manja nestabilnost platforme, a iz sigurnosnih razloga, uređaj je okružen zaštitnom ogradom (25). Ispod platforme, priključen je senzor koji detektira dvodimenzionalne oscilacije platforme u horizontalnoj ravnini. Senzor je putem kabla spojen na računalo te direktno prikazuje pomake platforme na monitoru prilikom izvođenja testa (26). Platforma je s gornje strane označena s pet koncentričnih krugova i dvije okomito postavljene linije koje se spajaju u središtu unutarnjeg kruga. To prikazuje središte platforme na kojeg se stane prilikom testiranja, a dvije navedene linije predstavljaju x os koja prikazuje medio-lateralni pomak i y os koja prikazuje antero-posteriorni pomak platforme (27).

Rüger i suradnici su u svom istraživanju upotrijebili Posturomed uređaj za trening osoba sa kroničnom boli u leđima. Cilj treninga je bio poboljšati ravnotežu adaptacijom na oscilacije platforme. Pri stabiliziranju platforme, organizam anticipatornim posturalnim prilagodbama koje su opisane u poglavlju o ravnoteži, nastoji predvidjeti kretanje platforme i na taj način stabilizirati tijelo i platformu (28). Uz mogućnost dinamičkog treninga i testiranja dinamičke ravnoteže, uređajem je moguće testiranje i treniranje reaktivne ravnoteže. Posturomed je opremljen kukom za koju se može zakačiti konop te povlačenjem ili otpuštanjem istog, izazvati neočekivane pomake platforme na kojoj osoba stoji. Na taj način se izazovu automatske posturalne reakcije kojima se nastoji uspostaviti ravnoteža i spriječiti pad (29).



*Slika 6. Posturomed uređaj  
Izvor: osobni izvor*

#### *1.4.1. Stabilnost*

Za mjerenje stabilnosti Posturomed uređajem (slika 7.), primjenjuje se standardizirani PosturoCyberneticsTest (30).

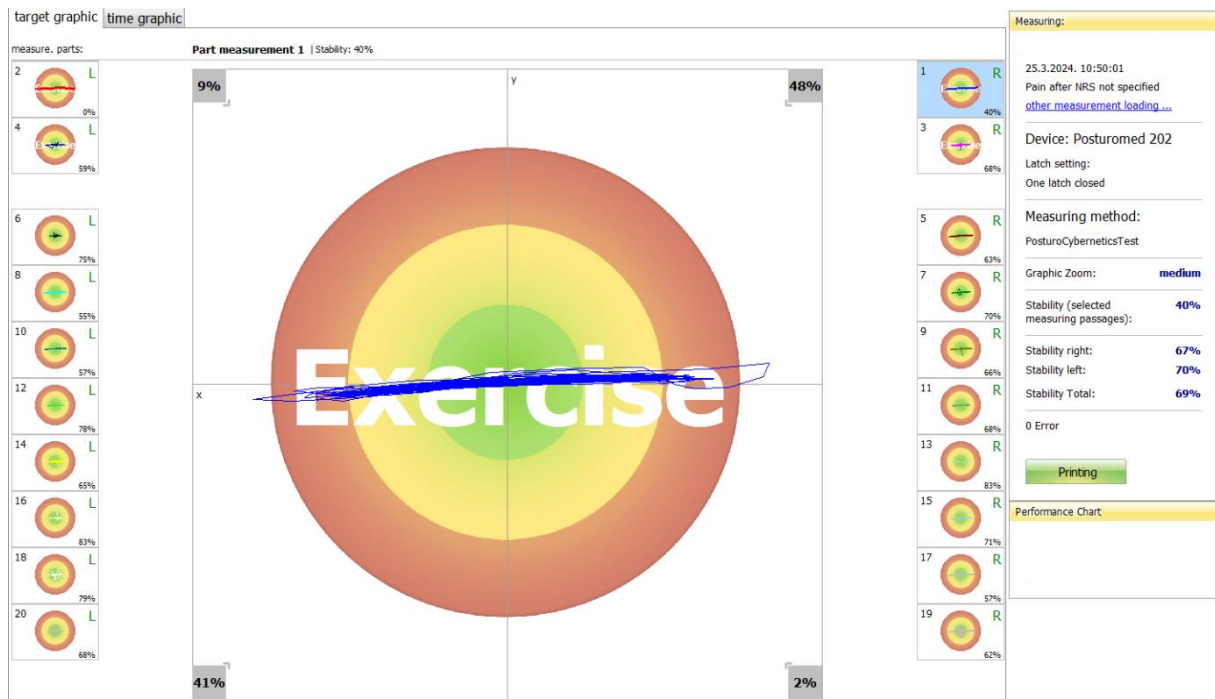


*Slika 7 . Primjer mjerenja stabilnosti Posturomed uređajem*

*Izvor: <https://www.kuebler-sport.com/bioswing-posturomed-202-en-gb-t3483.html>*

Izvodi se na način da ispitanik bez obuće jednom nogom zakorači na sredinu platforme. Peta noge koja se ne mjeri, podigne se u razinu koljena suprotne noge bez međusobnog dodirivanja te se pokuša biti što stabilniji unatoč horizontalnim oscilacijama platforme. Mjerenje traje deset sekundi, a stanka između mjerenja također traje deset sekundi. Ukupno se provodi deset mjerenja za svaku nogu, no računaju se rezultati samo posljednjih osam mjerenja pojedine noge zbog smanjivanja pristranosti. Redoslijed mjerenja je nepravilan te na primjer ne slijedi uvijek mjerenje desne noge nakon mjerenja lijeve nego je moguće redanje više mjerenja iste noge. Prilikom mjerenja, ne smije se rukom uhvatiti zaštitna ograda, spustiti podignuta noga na podlogu ili sići s uređaja prije zadanog vremena. U tom slučaju se označava greška te se mjerenje ponavlja. Posturomed uređaj je direktno spojen sa računalom, a Mycroswing softver omogućuje praćenje rezultata prilikom trajanja mjerenja. Rezultati se automatski računaju na temelju pomaka platforme u medio-lateralnom ili antero-posteriornom smjeru horizontalne

ravnine te se prezentiraju na zaslonu u obliku postotka (slika 8.). Pri završetku mjerenja, prikažu se konačni podaci o zasebnoj stabilnosti lijeve i desne noge te ukupnoj stabilnosti (31). Za potrebe ovog istraživanja, u svrhu obrade podataka je korištena samo pojedinačna stabilnost lijeve i desne noge.



Slika 8. Primjer rezultata PosturoCyberneticsTest-a

Izvor: osobni izvor

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže. Drugi cilj je utvrditi postoji li povezanost između veće dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže. Na temelju glavnog cilja proizlaze specifični ciljevi:

C1: Utvrditi postoji li povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod profesionalnih sportaša.

C2: Utvrditi postoji li povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata.

C3: Utvrditi postoji li povezanost između veće dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod profesionalnih sportaša.

C4: Utvrditi postoji li povezanost između veće dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata.

H1: Postoji povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod profesionalnih sportaša.

H2: Postoji povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata.

H3: Postoji povezanost između veće dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod profesionalnih sportaša.

H4: Postoji povezanost između veće dodirne površine na srednjem dijelu stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata.

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. *Ispitanici*

Istraživanje se provelo na prigodnom uzorku koji uključuje skupinu profesionalnih sportaša nogometnog kluba te skupinu studenata Prijediplomskog studija pri Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci. Profesionalni sportaši spadaju u eksperimentalnu skupinu dok studenti spadaju u kontrolnu skupinu.

Kriterij uključenja za obje skupine ispitanika je muški spol, sposobnost održavanja ravnoteže od minimalno deset sekundi na uređaju Posturomed pri najvećoj razini nestabilnosti platforme, izostanak neurološkog oštećenja, izostanak oštećenja vizualnog sustava osim uz upotrebu pomagala za vid te izostanak većih oštećenja plantarnog dijela stopala.

Kriterij isključenja za obje skupine ispitanika je izostanak navedenih kriterija uključenja, akutna ozljeda, sudjelovanje u rehabilitacijskom procesu i ženski spol.

U istraživanje je uključeno 57 ispitanika muškog spola (27 profesionalnih nogometaša i 30 studenata). Aritmetička sredina dobi u eksperimentalnoj skupini iznosi  $25,19 \pm 3,96$  godina. U kontrolnoj skupini je vrijednost prikazana medijanom zbog normalnosti raspodjele podataka ( $p < 0,05$ ) ispitane Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Stoga medijan dobi u kontrolnoj skupini iznosi 20 godina uz raspon od 19 do 37 godina. Aritmetička sredina visine u eksperimentalnoj skupini iznosi  $180,89 \pm 6,31$  cm, a u kontrolnoj skupini  $184,03 \pm 5,79$  cm. Aritmetička sredina mase u eksperimentalnoj skupini iznosi  $78,15 \pm 6,65$  kg, a u kontrolnoj skupini  $79,53 \pm 8,87$  kg.

Mjerenje na baropodometru i Posturomedu se provelo u travnju 2024. godine, u kabinetu za biomehaniku i u biomehaničkom laboratoriju Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci.

#### 3.2. *Postupak i instrumentarij*

Od mjernih instrumenata koristio se baropodometar tvrtke LetSense, na Biomech platformi koja se sastoji od četiri povezana modula od kojih je svaki dimenzije 49 cm x 54 cm. Baropodometar služi za mjerenje distribucije plantarnog pritiska stopala, a prilikom ovog istraživanja je primijenjen u svrhu mjerenja distribucije opterećenja cijelog stopala između dva ekstremiteta u postotcima te određivanja plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala pojedinačnih



ekstremiteta mjerene u  $\text{cm}^2$  (32). Testiranje na baropodometru se provelo na način da je testirana osoba na znak ispitivača s obje noge morala zakoračiti na platformu te zadržati statičan uspravan položaj dok joj se nije uputila informacija da može sići s platforme. Mjerenje je trajalo deset sekundi, a rezultate je izračunao softver Biomech.

Drugi mjerni instrument bio je Posturomed uređaj tvrtke Haider Bioswing sa platformom dimenzija 60 cm x 60 cm (33). Proveo se PosturoCyberneticsTest koji služi za dijagnostiku ravnoteže (8). Kod svakog ispitanika, u obje skupine se provelo deset mjerenja svake noge u trajanju od deset sekundi u podešenim uvjetima najveće moguće nestabilnosti platforme. Između mjerenja je bila pauza u trajanju od također deset sekundi. Kako bi se smanjila pristranost, u izračun rezultata je uključeno samo posljednjih osam mjerenja svake noge.

Pri mjerenju Posturomedom ispitanik je trebao stati na posebnu podlogu prethodno postavljenu ispred uređaja na udaljenost od platforme označenu tjelesnom visinom mjerene osobe. Nakon zvučnog signala kojeg je uputilo računalo, ispitanik je mjerenom nogom trebao zakoračiti na sredinu platforme te zauzeti položaj fleksije kuka u iznosu od  $90^\circ$  uz poravnanje maleola gornjeg nožnog zgloba podignute noge s razinom koljena stajne noge bez međusobnog dodirivanja. Tijekom mjerenja ispitanik je trebao biti što stabilniji, odnosno pokušati postići što manje oscilacija centra težišta tijela. Ukoliko se dogodilo da je tijekom mjerenja ispitanik spustio podignutu nogu na podlogu, sišao s platforme ili se uhvatio za ogradu uređaja, označila se greška pri mjerenju te se mjerenje ponovilo. Sve parametre mjerene Posturomedom izračunao je softver Mycroswing, a rezultate se naknadno koreliralo sa podatcima dobivenim mjerenjem na baropodometru u svrhu testiranja različitih hipoteza.

Prije mjerenja na oba uređaja, napravila se kalibracija pri kojoj su se unijeli podaci o spolu, dobi te prethodno izmjerenoj visini i tjelesnoj masi ispitanika. Od mjernih parametara za mjerenje kvalitete ravnoteže Posturomedom, koristila se stabilnost lijeve i desne noge, a svi navedeni parametri su izraženi u postocima. Sve podatke prikupljao je ispitivač.

Ograničenje istraživanja je produljeno vrijeme mjerenja zbog većeg broja grešaka pri mjerenju Posturomed uređajem.

### *3.3. Statistička obrada podataka*

U svrhu statističke obrade podataka koristio se program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.). Ukupno opterećenje stopala desne, odnosno lijeve noge i plantarna dodirna površina

srednjeg dijela stopala desne, odnosno lijeve noge izmjereni baropodometrom četiri su nezavisne varijable, a mjerile su se kod dvije različite skupine ljudi. Na taj način dobilo se ukupno osam različitih nezavisnih varijabli. Za svaku nezavisnu varijablu, napravila se pojedinačna korelacija sa vrijednostima stabilnosti lijeve ili desne noge izmjerene Posturomedom koje čine zavisne varijable. S obzirom da se stabilnost lijeve i desne noge mjerila u obje skupine ispitanika, dobilo se ukupno četiri zavisne varijable. Sve varijable izražene su na omjernoj ljestvici.

S obzirom da se ispitivao koeficijent korelacije ( $r$ ), potrebno je bilo prvo utvrditi hoće li se pri računanju upotrijebiti Pearsonov ili Spearmanov koeficijent korelacije. S obzirom da je broj ispitanika relativno velik, ukoliko je Kolmogorov-Smirnovljevim testom utvrđena normalna raspodjela podataka ( $p > 0,05$ ), primijenio se Pearsonov koeficijent korelacije. Ukoliko Kolmogorov-Smirnovljevim testom nije utvrđena normalna raspodjela podataka ( $p < 0,05$ ), primijenio se Spearmanov koeficijent korelacije.

#### *3.4. Etički aspekti istraživanja*

Prije početka istraživanja svi ispitanici su upoznati sa ciljevima i svrhom istraživanja te su potpisali „Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju“. Sudjelovanje ispitanika u istraživanju bilo je dobrovoljno i anonimno. Anonimnost ispitanika osigurana je na način da se nisu bilježili identifikacijski podaci nego se svakom ispitaniku dodijelio broj. Također se ispitanicima dalo do znanja da u bilo kojem trenutku mogu odustati od istraživanja, bez navođenja razloga. Kako bi se osigurala etičnost istraživanja, zatražila se dozvola Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci.

## 4. REZULTATI

Tablica 1. Karakteristike ispitanika

Varijable	Skupina	Spol	N	$\bar{x}$	C	Min	Max	R	SD	K-S test (p)
Dob* (studenti)	1	M	30	-	20,00	19,00	37,00	18,00	-	P<,01*
Visina/cm (studenti)	1	M	30	184,03	-	-	-	-	5,79	p>,20
Masa/kg (studenti)	1	M	30	79,53	-	-	-	-	8,87	p>,20
Dob (sportaši)	0	M	27	25,19	-	-	-	-	3,96	P<,15
Visina/cm (sportaši)	0	M	27	180,89	-	-	-	-	6,31	p>,20
Masa/kg (sportaši)	0	M	27	78,15	-	-	-	-	6,65	p>,20

Legenda: 1 – skupina studenata; 2 – skupina profesionalnih sportaša; M – muški spol; N – broj ispitanika;  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; C – medijan; Min – minimalna vrijednost; Max – maksimalna vrijednost; R – raspon; SD – standardna devijacija; K-S test – Kolmogorov Smirnovljevi test; p – normalnost raspodjele podataka

Tablica 1. prikazuje karakteristike 57 ispitanika muškog spola koji su sudjelovali u istraživanju. U skupini studenata, Kolmogorov-Smirnovljevim testom se dokazalo odstupanje od normalne raspodjele podataka ( $p < 0,05$ ) kod varijable dobi. Iz tog razloga su navedeni podaci prikazani pomoću medijana (C) i raspona (R). U ostalim slučajevima se Kolmogorov-Smirnovljevim testom dokazala normalna distribucija podataka ( $p > 0,05$ ), stoga su podaci prikazani pomoću aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije (SD). Iz tablice je vidljivo kako nema velike razlike u aritmetičkim sredinama varijabli uspoređujući dvije skupine ispitanika. To ukazuje na relativnu sličnost u dobi, tjelesnoj visini i masi skupine profesionalnih sportaša (0) i skupine studenata (1) koje su sudjelovale u istraživanju. Iako rezultati dobi skupine studenata nisu prikazani aritmetičkom sredinom, medijan ukazuje na iznos starosti od 20 godina, dok aritmetička sredina dobi skupine profesionalnih sportaša ukazuje na iznos od 25 godina, što bez obzira na različit način prikazivanja rezultata ipak ukazuje na nešto veću starost eksperimentalne skupine. Aritmetička sredina tjelesne visine skupine studenata iznosi 184 cm,

dok aritmetička sredina iste varijable kod skupine profesionalnih sportaša iznosi 181 cm. Navedeno ukazuje na nešto veću tjelesnu visinu skupine studenata u iznosu od 3 cm. Aritmetička sredina tjelesne mase skupine studenata iznosi 80 kg, dok aritmetička sredina tjelesne mase skupine profesionalnih sportaša iznosi 78 kg. Navedeno, kao i u slučaju visine, ukazuje na veću vrijednost kod skupine studenata, no u ovom slučaju u iznosu od 2 kg.

*Tablica 2. Prikaz dobivenih vrijednosti distribucije opterećenja na lijevoj i desnoj nozi u postocima za eksperimentalnu skupinu*

Ispitanici	Distribucija opterećenja lijeva noga (%)	Distribucija opterećenja desna noga (%)
1	37,3	62,7
2	37,3	62,7
3	39	61
4	37,6	62,4
5	37,5	62,5
6	44,6	55,4
7	31,7	68,3
8	26,4	73,6
9	39,1	60,9
10	47,5	52,5
11	42,5	57,5
12	39,7	60,3
13	42,9	57,1
14	34,9	65,1
15	42,6	57,4
16	28,1	71,9
17	36,3	63,7
18	44,6	55,4
19	39,8	60,2
20	45	55
21	29,2	70,8
22	40,1	59,9
23	31,3	68,7
24	35,3	64,7
25	38,2	61,8
26	30,5	69,5
27	44,1	55,9

Tablica 2. prikazuje distribuciju opterećenja stopala u eksperimentalnoj skupini izraženu u postocima. Mjerena je baropodometrom prilikom mirnog uspravnog položaja ispitanika, a prikazuje kojim postotkom je opterećena pojedina noga prilikom mirnog uspravnog položaja te na kojoj nozi je veće opterećenje. Iz priloženih rezultata je vidljivo kako je distribucija

opterećenja u eksperimentalnoj skupini, kod svakog ispitanika veća na desnoj nozi. To znači da prilikom mirnog uspravnog položaja, desna noga svakog ispitanika te skupine mora podnijeti veće opterećenje u odnosu na lijevu nogu. Najveća izmjerena distribucije opterećenja lijeve noge iznosi 47,5 %, a najmanja 26,4 %. U slučaju desne noge, najveća izmjerena vrijednost iznosi 73,6 %, a najmanja 52,5 %.

*Tablica 3. Prikaz dobivenih vrijednosti plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala lijeve i desne noge u kvadratnim centimetrima za eksperimentalnu skupinu*

Ispitanici	Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala lijeve noge (cm <sup>2</sup> )	Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala desne noge (cm <sup>2</sup> )
1	16,9	33,3
2	7,1	27,8
3	4	18,8
4	2,7	18
5	30,6	46,4
6	3,9	27,3
7	14,2	63,6
8	0	33,1
9	0,3	46,4
10	1,7	7,3
11	1	15,5
12	8	32,2
13	1,2	3,7
14	12,7	18,6
15	30,2	33,2
16	23,7	35,9
17	0	32,4
18	3,9	27,3
19	3,4	27,8
20	14,2	38,5
21	7,9	44,9
22	7,6	27,4
23	0,2	42,3
24	12,1	36,1
25	5,3	32,8
26	21,1	37,4
27	15,5	34,6

Tablica 3. prikazuje plantarnu dodirnu površinu srednjeg dijela stopala obje noge ispitanika eksperimentalne skupine. Mjerena je baropodometrom tijekom mirnog uspravnog položaja

ispitanika, a izražena u kvadratnim centimetrima. Iz rezultata dobivenih mjerenjem, može se uočiti da je kod svih ispitanika eksperimentalne skupine, veća plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala na desnoj nozi u usporedbi sa lijevom. Najveća izmjerena vrijednost plantarne dodirne površine lijeve noge iznosi 30,6 cm<sup>2</sup>, a najmanja 0 cm<sup>2</sup>. U slučaju desne noge, najveća izmjerena vrijednost iznosi 63,6 cm<sup>2</sup>, a najmanja 3,7 cm<sup>2</sup>.

*Tablica 4. Prikaz dobivenih vrijednosti stabilnosti lijeve i desne noge u postocima za eksperimentalnu skupinu*

Ispitanici	Stabilnost lijeve noge (%)	Stabilnost desne noge (%)
1	72	76
2	14	30
3	60	67
4	30	7
5	6	17
6	0	0
7	3	0
8	46	47
9	59	44
10	68	60
11	40	14
12	67	56
13	8	38
14	44	16
15	56	70
16	34	38
17	27	0
18	0	6
19	0	10
20	64	70
21	55	63
22	25	34
23	53	67
24	41	54
25	45	46
26	23	15
27	24	13

Tablica 4. prikazuje stabilnost lijeve i desne noge ispitanika eksperimentalne skupine. Stabilnost je mjerena Posturomed uređajem, a izražena je u postocima. Iz rezultata je vidljivo kako je u 16/27 ispitanika, stabilnost desne noge bolja u odnosu na stabilnost lijeve noge.

Najveća izmjerena vrijednost stabilnosti lijeve noge iznosi 72 %, a najmanja 0 %. Za desnu nogu najveća vrijednost iznosi 76 %, a najmanja 0 %.

*Tablica 5. Prikaz dobivenih vrijednosti distribucije opterećenja na lijevoj i desnoj nozi u postocima za kontrolnu skupinu*

Ispitanici	Distribucija opterećenja lijeva noga (%)	Distribucija opterećenja desna noga (%)
1	61,9	38,1
2	84,3	15,7
3	55,2	44,8
4	64,8	35,2
5	62,4	37,6
6	67,4	32,6
7	57,8	42,2
8	77,5	22,5
9	61,8	38,2
10	56,9	43,1
11	57,9	42,1
12	68,1	31,9
13	64,9	35,1
14	61,2	38,8
15	66,2	33,8
16	73,9	26,1
17	65,9	34,1
18	83,8	16,2
19	74,1	25,9
20	70,8	29,2
21	63,2	36,8
22	76,9	23,1
23	52,7	47,3
24	66,1	33,9
25	69,3	30,7
26	76,7	23,3
27	66,7	33,3
28	64,2	35,8
29	56,7	43,3
30	58	42

Tablica 5. prikazuje distribuciju opterećenja stopala u kontrolnoj skupini. Mjerena je baropodometrom u mirnom uspravnom položaju, a izražena u postocima. Najveća izmjerena vrijednost distribucije opterećenja na lijevoj nozi iznosi 84,3 %, a najmanja 52,7 %. U slučaju desne noge, najveća izmjerena vrijednost iznosi 47,3 %, a najmanja 15,7 %. Iz rezultata je

vidljivo kako je distribucija opterećenja kod svakog ispitanika veća na lijevoj nozi, što u usporedbi sa rezultatima mjerenja iste varijable kod eksperimentalne skupine ukazuje na potpunu suprotnost.

*Tablica 6. Prikaz dobivenih vrijednosti plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala lijeve i desne noge u kvadratnim centimetrima za kontrolnu skupinu*

Ispitanici	Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala lijeve noge (cm <sup>2</sup> )	Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala desne noge (cm <sup>2</sup> )
1	29,6	0
2	28,9	14,2
3	29,5	6,4
4	17,2	1,4
5	27,3	18,8
6	32,2	0
7	31,7	0
8	35,8	2
9	33,8	15,4
10	21,5	0,1
11	31,7	6,2
12	6	0
13	14,5	0
14	15,8	5
15	31,8	8,9
16	28,2	6,4
17	4,4	0
18	27	0
19	34,7	2,6
20	1,6	0,2
21	27,1	2,3
22	24,8	1,6
23	24	17,6
24	25,3	0,8
25	39,4	23,6
26	22,8	0
27	17	2,1
28	31,2	25,6
29	11,4	2,7
30	32,2	5,3

Tablica 6. prikazuje podatke o plantarnoj dodirnoj površinu srednjeg dijela stopala obje noge ispitanika kontrolne skupine. Mjerena je baropodometrom tijekom mirnog uspravnog položaja



ispitanika, a izražena je u kvadratnim centimetrima. Najveća izmjerena vrijednost plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala lijeve noge iznosi 39,4 cm<sup>2</sup>, a najmanja 6 cm<sup>2</sup>. U slučaju desne noge, najveća izmjerena vrijednost iznosi 25,6 cm<sup>2</sup>, a najmanja 0 cm<sup>2</sup>. Iz rezultata je vidljivo da je u svim slučajevima, plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala veća na lijevoj nozi u usporedbi sa desnom, što u usporedbi sa rezultatima mjerenja iste varijable kod eksperimentalne skupine također ukazuje na potpunu suprotnost.

*Tablica 7. Prikaz dobivenih vrijednosti stabilnosti lijeve i desne noge u postocima za kontrolnu skupinu*

Ispitanici	Stabilnost lijeve noge (%)	Stabilnost desne noge (%)
1	47	53
2	68	57
3	40	47
4	25	28
5	50	57
6	10	5
7	42	48
8	44	33
9	1	9
10	19	13
11	62	59
12	51	32
13	55	65
14	68	68
15	44	46
16	59	58
17	63	68
18	70	67
19	66	51
20	1	3
21	28	50
22	47	34
23	21	53
24	22	52
25	38	37
26	65	64
27	41	38
28	16	28
29	57	54
30	10	16

Tablica 7. prikazuje stabilnost lijeve i desne noge ispitanika kontrolne skupine. Vrijednost je mjerena Posturomed uređajem, a izražena je u postocima. Iz rezultata je vidljivo kako je u 15/30 ispitanika, stabilnost bolja na desnoj nozi. U 14/30 ispitanika, stabilnost je bolja na lijevoj nozi, dok je kod jednog ispitanika vrijednost stabilnosti jednaka na obje noge. Najveća izmjerena vrijednost stabilnosti lijeve noge iznosi 70 %, a najmanja 1 %. U slučaju desne noge, najveća vrijednost iznosi 68 %, a najmanja 3 %.

*Tablica 8. Normalnost raspodjele podataka u eksperimentalnoj skupini*

Varijable	N	$\bar{x}$	SD	K-S test (p)
Distribucija opterećenja na lijevoj nozi (%)	27	39,89	5,59	p>,20
Distribucija opterećenja na desnoj nozi (%)	27	62,11	5,59	p>,20
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala lijeve noge (cm <sup>2</sup> )	27	9,24	9,03	p>,20
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala desne noge (cm <sup>2</sup> )	27	31,21	12,58	p>,20
Stabilnost lijeve noge (%)	27	35,70	23,37	p>,20
Stabilnost desne noge (%)	27	35,48	25,35	p>,20

Legenda: N – broj ispitanika;  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; K-S test – Kolmogorov Smirnovljev test; p – normalnost raspodjele podataka

Tablica 8. prikazuje normalnu raspodjelu podataka kod eksperimentalne skupine, dokazanu Kolmogorov-Smirnovljevim testom (p>0,05). S obzirom da se podaci u tom slučaju mogu prikazati aritmetičkom sredinom ( $\bar{x}$ ), iz rezultata se može zaključiti kako je aritmetička sredina distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala, kod eksperimentalne skupine veća na desnoj nozi. Promatrajući vrijednost aritmetičke sredine stabilnosti, zamjetna je minimalna razlika između dva ekstremiteta.

Tablica 9. Normalnost raspodjele podataka u kontrolnoj skupini

Varijable	N	$\bar{x}$	C	Min	Max	R	SD	K-S test (p)
Distribucija opterećenja na lijevoj nozi (%)	30	66,24	-	-	-	-	8,15	p>,20
Distribucija opterećenja na desnoj nozi (%)	30	33,76	-	-	-	-	8,15	p>,20
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala lijeve noge (cm <sup>2</sup> )	30	24,61	-	-	-	-	9,66	p>,20
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala desne noge (cm <sup>2</sup> )	30	-	2,20	0,00	25,60	25,60	-	P<,05
Stabilnost lijeve noge (%)	30	41,00	-	-	-	-	21,09	p>,20
Stabilnost desne noge (%)	30	43,10	-	-	-	-	19,33	p>,20

Legenda: N – broj ispitanika;  $\bar{x}$  – aritmetička sredina; C – medijan; Min – minimalna vrijednost; Max – maksimalna vrijednost; R – raspon; SD – standardna devijacija; K-S test – Kolmogorov Smirnovljev test; p – normalnost raspodjele podataka

Tablica 9. prikazuje normalnost raspodjele podataka u kontrolnoj skupini, dokazanu Kolmogorov-Smirnovljevom testom. Može se zamijetiti normalna raspodjela ( $p>0,05$ ) svih podataka osim kod parametra plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala desne noge ( $p<0,05$ ). Iz tog razloga je u kontrolnoj skupini moguće prikazati sve podatke aritmetičkom sredinom ( $\bar{x}$ ) i standardnom devijacijom (SD), osim u slučaju podataka plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala desne noge pri čemu se rezultati prikazuju medijanom (C),

minimalnom (Min) i maksimalnom (Max) vrijednošću i rasponom (R). Iz rezultata je vidljiva veća vrijednost aritmetičke sredine distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine na lijevoj nozi, za razliku od eksperimentalne skupine kod koje su veće vrijednosti aritmetičke sredine za te varijable na desnoj nozi. Aritmetička sredina stabilnosti ukazuje na nešto veću vrijednost desne noge.

*Tablica 10. Pearsonova korelacija parametara u eksperimentalnoj skupini*

Parametri	r	p
Distribucija opterećenja i stabilnost lijeve noge	-0,043	0,829
Distribucija opterećenja i stabilnost desne noge	0,042	0,834
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala i stabilnost lijeve noge	-0,024	0,906
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala i stabilnost desne noge	0,003	0,988

Legenda: r – Pearsonov koeficijent korelacije; p – razina statističke značajnosti

Tablica 10. prikazuje Pearsonovu korelaciju mjerenih parametara u eksperimentalnoj skupini. Koeficijent korelacije (r) i p-vrijednost (p) ukazuju da nema statistički značajne korelacije između navedenih parametara u eksperimentalnoj skupini.

*Tablica 11. Pearsonova korelacija parametara u kontrolnoj skupini*

Parametri	r	p
Distribucija opterećenja i stabilnost lijeve noge	0,391*	0,033*
Distribucija opterećenja i stabilnost desne noge	-0,122	0,521
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala i stabilnost lijeve noge	-0,080	0,673

Legenda: r – Pearsonov koeficijent korelacije; p – razina statističke značajnosti

Tablica 11. prikazuje Pearsonovu korelaciju mjerenih parametara u kontrolnoj skupini. Vrijednosti označene crvenom bojom i zvjezdicom ukazuju na slabu pozitivnu statistički značajnu korelaciju između distribucije opterećenja i stabilnosti lijeve noge. Između svih ostalih parametara prikazanih u tablici nema statistički značajne korelacije.

*Tablica 12. Spearmanova korelacija parametara u kontrolnoj skupini*

Parametri	Spearman R	p
Plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala i stabilnost desne noge	-0,074	0,696

Legenda: Spearman R – Spearmanov koeficijent korelacije; p – razina statističke značajnosti

Tablica 12. prikazuje Spearmanovu korelaciju plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala i stabilnosti desne noge u kontrolnoj skupini. Rezultati prikazuju da nema statistički značajne korelacije između ta dva parametra.

## 5. RASPRAVA

Iako pretraživanjem literature nije zamijećeno niti jedno istraživanje koje specifično obuhvaća temu trenutnog istraživanja, ipak postoje istraživanja kod kojih se može uočiti određena sličnost.

Hawrylak i suradnici su proveli istraživanje sa 18 nogometaša prve Poljske nogometne lige i 30 studenata s fakulteta za fizikalnu terapiju u Wroclawu koji se ne bave sportom. To je po sličnosti ispitanika najbliže istraživanje pronađeno pretraživanjem literature s obzirom da i trenutno istraživanje uključuje profesionalne nogometaše koji sačinjavaju eksperimentalnu skupinu i studente fizikalne terapije koji sačinjavaju kontrolnu skupinu od točno 30 ispitanika kao i navedeno istraživanje. Međutim istraživanje navedenih autora ne uključuje Posturomed uređaj, već isključivo FreeMed baropodometar. Cilj njihovog istraživanja bio je procijeniti razlike u statičkoj i dinamičkoj distribuciji plantarnog pritiska te istražiti povezanost između indeksa tjelesne mase i prosječnog plantarnog pritiska kod skupine nogometaša i studenata. Iako trenutno istraživanje također uključuje primjenu baropodometra kao i rad navedenih autora, u ovom istraživanju se ne koristi parametar plantarnog pritiska te se stoga ne mogu napraviti usporedbe između dva istraživanja (22).

De Blasiis i suradnici u svom su istraživanju procijenili učinak vizualnih informacija i parametara plantarnog pritiska na ravnotežu. U istraživanju je sudjelovalo 20 mladih, zdravih, odraslih osoba, što odgovara karakteristikama ispitanika u ovom istraživanju, iako je 13 ispitanika ženskog spola. Mjerenje je provedeno u Napulju, u laboratoriju za analizu pokreta korištenjem baropodometra P-Walk. Kao i u ovom istraživanju, mjerenje je provedeno u anatomskom uspravnom položaju na dvije noge sa glavom u neutralnom položaju. Kao i u slučaju mjerenja provedenog prilikom ovog istraživanja, u navedenom je radu udaljenost između stopala bila proizvoljno odabrana, uz uputu da se pronađe udoban položaj stopala postavljenih jedno uz drugo, ali bez međusobnog dodirivanja (6). Navedeno može biti potencijalan izvor pristranosti iz razloga što različita udaljenost između stopala prilikom mjerenja baropodometrom može dovesti do različitih rezultata (34). Prije mjerenja se također napravila kalibracija kako bi se mjerenje prilagodilo antropološkim karakteristikama ispitanika, a od zajedničkih mjernih parametara, mjerila se distribucija opterećenja i plantarna dodirna površina. Medijan rezultata distribucije opterećenja dobivenih mjerenjem u uvjetima otvorenih očiju je veći na desnoj nozi (53,54 %) u usporedbi sa istim parametrom lijeve noge (46,46 %). To ukazuje na suprotnost u smislu činjenice da je veća vrijednost u kontrolnoj skupini ovog

istraživanja na lijevoj nozi, no u ovom istraživanju je vrijednost izražena aritmetičkom sredinom, sudjelovalo je deset ispitanika više, svi su muškog spola i različite dobi. Autori navode da njihovi rezultati ukazuju na veću plantarnu dodirnu površinu srednjeg dijela stopala dominantne noge koja je u svim slučajevima desna. Navode da je plantarni srednji dio stopala najosjetljivije područje na taktilne i vibracijske stimulacije te da se može pretpostaviti da plantarni srednji dio stopala ima veliku ulogu pri mehanizmima održavanja ravnoteže. Navedeno povezuju sa činjenicom da bi veća plantarna dodirna površina srednjeg dijela stopala aktivirala više proprioceptora koji bi upućivali informacije o položaju tog tjelesnog segmenta te posljedično utjecala na poboljšanje ravnoteže. Međutim, rezultati trenutnog istraživanja ne podržavaju navedenu teoriju. U kontrolnoj skupini je vrijednost plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala kod svih ispitanika veća na lijevoj nozi, a stabilnost je veća na lijevoj nozi u 14/30 ispitanika. To znači da je u samo 14/30 ispitanika veća vrijednost plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala i veća vrijednost stabilnosti na istoj nozi. Statistička obrada podataka je pokazala da između ta dva navedena parametra nema korelacije te time opovrgava izjavu De Blasiis i suradnika. U eksperimentalnoj skupini je veća vrijednost plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala u svim slučajevima na desnoj nozi, što ukazuje na suprotnost u usporedbi sa kontrolnom skupinom trenutnog istraživanja, ali podudaranje sa rezultatima navedenih autora. Rezultati trenutnog istraživanja pokazuju da je u 16/27 slučajeva stabilnost veća na desnoj nozi. To znači da je u 16/27 slučajeva veća vrijednost oba parametra na istoj nozi. Međutim, bez obzira što se podudarnost dogodila u 59 % slučajeva, što iako neznatnu, ipak čini većinu, statistička obrada podataka je pokazala da korelacije nema ni u eksperimentalnoj skupini. Na taj način i rezultati eksperimentalne skupine, uz rezultate kontrolne, opovrgavaju teoriju De Blasiis i suradnika (6).

Ohlendorf i suradnici u svom su radu iz 2020. godine također ispitivali distribuciju opterećenja. Cilj istraživanja je bio prikupiti standardne referentne vrijednosti distribucije opterećenja i plantarnog pritiska kod zdravih odraslih osoba u dobi između 18 i 65 godina. Istraživanje je obuhvatilo oba spola, a s obzirom na široki raspon dobi, ispitanici su na temelju toga podijeljeni u skupine. Od mjernih uređaja se koristio baropodometar, a mjerenje se provodilo pet puta te se na temelju tih rezultata izračunala aritmetička sredina. Prilikom mjerenja, ispitanici su morali stajati u uspravnom položaju sa obje noge na platformi, rukama uz tijelo te glavom u neutralnom položaju sa pogledom usmjerenim na zid ispred njih. Upravo se tako provodilo i mjerenje tijekom trenutnog istraživanja. Razmak između stopala i rotacija stopala nisu bili definirani, kao ni u ovom istraživanju. Iako su autori podijelili ispitanike po dobnim skupinama i napisali

da dobni raspon prve skupine iznosi od 18 do 35 godina, što bi bilo idealno za usporedbu sa trenutnim istraživanjem, u tablici rezultata nisu prikazali odvojene rezultate za svaku dobnu skupinu. Ukupna aritmetička sredina distribucije opterećenja za lijevu nogu iznosi 50,07 %, za desnu nogu 50,12 %. Iz navedenog se može zaključiti da je distribucija opterećenja u njihovom istraživanju uravnotežena, no iako istraživanje uključuje mlade i zdrave osobe, zbog nedostupnosti specifičnih informacija o iznosu distribucije opterećenja za osobe muškog spola u ranoj odrasloj dobi, ne može se napraviti kvalitetna usporedba između rezultata dvaju istraživanja (1).

Ohlendorf i suradnici u radu iz 2019. godine su istraživali standardne vrijednosti posturalne kontrole kod mladih i zdravih žena. U istraživanju je sudjelovalo 106 žena u dobi između 21 i 30 godina. 72,6 % ispitanica bile su studentice, a ostalih 27,4 % je obuhvatilo zaposlene žene. Posturalna kontrola se mjerila baropodometrom u mirnom uspravnom položaju sa obje noge na podlozi, a važan parametar koji se također zabilježio je bila upravo distribucija opterećenja između dva ekstremiteta. Iznos aritmetičke sredine rezultata mjerenja distribucije opterećenja za lijevu nogu iznosi 50,09 %, a za desnu 49,91 %. Navedeno ukazuje na blagu dominaciju opterećenja lijeve noge, no u manjem iznosu u odnosu na rezultate trenutnog istraživanja (35). Navode kako rezultati istraživanja Scharnweber i suradnika koje uključuje mlade odrasle muške osobe u dobi od 18 do 35 godina, pokazuju distribuciju opterećenja lijeve noge u iznosu od 56 %, a desne u iznosu od 44 % (36). Također navode da su rezultati muških ispitanika tog istraživanja pokazali veću nestabilnost u odnosu na njihove ispitanice iste dobi. Je li to posljedica veće razlike u distribuciji opterećenja između dva ekstremiteta ili nekih drugih čimbenika poput razlike u spolu, potrebno je dodatno istražiti. Iako su u radu Ohlendorf i suradnika sudjelovale žene, a u trenutnom istraživanju su ispitanici muškog spola, činjenica da se u velikom postotku radi o studenticama i da je dob ispitanika ista kao u ovom istraživanju, potencijalno dovodi do sličnih rezultata u smislu veće vrijednosti distribucije opterećenja na lijevoj nozi bez obzira na razliku u spolu. Iz istog istraživanja može se saznati da je kod muških ispitanika iste dobi veća vrijednost aritmetičke sredine distribucije opterećenja također na lijevoj nozi, što se podudara s rezultatima kontrolne skupine ovog istraživanja koja također uključuje muške ispitanike iste dobi bez statusa profesionalnog sportaša (35)

Zanimljivost rezultata trenutnog istraživanja je činjenica da je kod svih ispitanika kontrolne skupine, veća vrijednost plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala na lijevoj nozi, a kod svih ispitanika eksperimentalne skupine na desnoj nozi. Uz navedeno, veća vrijednost distribucije opterećenja je također u svim slučajevima kontrolne skupine veća na lijevoj nozi, a



u svim slučajevima eksperimentalne skupine na desnoj nozi. Prilikom analiziranja rezultata se javila sumnja o mogućoj neispravnosti baropodometra kojim je provedeno istraživanje zbog stopostotne pojave veće vrijednosti kod jednog ekstremiteta i činjenice da je u dvije različite skupine ispitanika stopostotna pojava veće vrijednosti prisutna na suprotnim ekstremitetima. Međutim, ta teorija je odbačena zbog činjenice da se medio-lateralno prebacivanje tjelesne težine precizno i kontinuirano prikazuje na monitoru u vidu promjene brojčanih vrijednosti mjerenih parametara. Uz to, raspon od minimalne do maksimalne vrijednosti navedenih mjernih parametara je velik, što je opisano u poglavlju rezultata. Stoga ta činjenica ukazuje na veliku osjetljivost uređaja na promjene distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala. Time se dodatno odbacuje teorija o potencijalnoj neispravnosti mjernog uređaja. Pri odbacivanju te teorije, dodatno pridonose istraživanja Hébert-Losier i Murray te Fullin i suradnika. Hébert-Losier i Murray su u svojem sustavnom pregledu literature, pretraživanjem baza podataka poput PubMed-a i Scopus-a, nastojali utvrditi pouzdanost parametara mjerenih baropodometrom. Došli su do zaključka da su postotak distribucije opterećenja i plantarna dodirna površina među najpouzdanijim parametrima mjerenih u statičkim uvjetima (37). Cilj istraživanja Fullin i suradnika bio je istražiti preciznost i ponovljivost mjerenja baropodometrom te utvrditi koji su najpouzdaniji baropodometrijski parametri. U istraživanju je sudjelovalo 20 mladih, zdravih osoba, a mjerenje je kao i tijekom ovog istraživanja, provedeno na baropodometru u statičnom uspravnom položaju. Kako bi se izbjegao prethodno opisan učinak različitog pozicioniranja stopala, između različitih mjerenja je osigurana ista udaljenost između peta i prstiju kontralateralnih ekstremiteta. Četiri mjerenja su provedena ujutro i četiri popodne, a proučavana je varijabilnost između mjerenja ujutro i popodne te varijabilnost rezultata pojedinog ispitanika. Postotak distribucije opterećenja između lijeve i desne noge te između prednjeg i stražnjeg dijela stopala iste noge su pokazali najmanju varijabilnost sa koeficijentom varijacije manjim od pet posto. Međutim, Pearsonov koeficijent korelacije je pokazao da nema statistički značajne povezanosti između rezultata dobivenih mjerenjem ujutro i popodne u vidu distribucije opterećenja između lijeve i desne noge. Stoga, iako se među mjerenjima distribucije opterećenja iste osobe pokazala najmanja varijabilnost rezultata, ipak treba obratiti pozornost na činjenicu da je u različitim periodima dana postignut različit rezultat. Bez obzira na to, može se zaključiti da je u pogledu vjerodostojnosti rezultata distribucije opterećenja, mjerenje navedenog parametra pouzdano te da stopostotna pojava veće vrijednosti na jednom ekstremitetu kod svih ispitanika ovog istraživanja, vrlo vjerojatno nije posljedica disfunkcije uređaja (3).

Činjenica je da rezultati pokazuju kako nema korelacije između distribucije opterećenja i stabilnosti te plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala i stabilnosti, osim u kontrolnoj skupini u slučaju korelacije između distribucije opterećenja i stabilnosti lijeve noge. Prvi razlog tome može biti u činjenici da je posturalna stabilnost multifaktorijalna te samo jedan čimbenik poput distribucije opterećenja ili plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala potencijalno nije dovoljan za predviđanje kvalitete ravnoteže (38). Drugi razlog dobivenih rezultata može biti u činjenici da proprioceptori u ljudskom tijelu nisu stimulirani isključivo pri stajanju u mirnom uspravnom položaju kao što je bio slučaj u uvjetima mjerenja baropodometrom. Oni su stimulirani i prilikom bilo kojeg drugog položaja i aktivnosti poput sjedenja ili hodanja (39). Treći razlog kojeg se može primijetiti je taj da ljudi tijekom dana rijetko stoje u mirnom uspravnom položaju bez promjene težišta tijela s jedne strane na drugu (7). To posljedično mijenja i stranu na kojoj je veća distribucija opterećenja. Prema tome, činjenica da je distribucija opterećenja tijekom položaja u kojem su ispitanici mjereni tijekom ovog istraživanja, veća na jednoj nozi, potencijalno nema velikog utjecaja na kvalitetu ravnoteže. Stoga činjenica da rezultati prikazuju slabu statistički značajnu pozitivnu korelaciju između distribucije opterećenja i stabilnosti lijeve noge u kontrolnoj skupini, može biti slučajnost, no tu pretpostavku je potrebno dodatno ispitati novim istraživanjem sa većim brojem ispitanika.

Razlog za uvrštavanje dvije različite skupine ispitanika u istraživanje koje uključuju profesionalne sportaše i studente je usporedba mjerenih parametara između skupine koja se bavi profesionalnim sportom i skupine koja se ne bavi profesionalnim sportom, pod pretpostavkom da bi skupina koja se profesionalno bavi sportom trebala imati razvijenije motoričke sposobnosti poput ravnoteže. U longitudinalnom istraživanju, Marencakova i suradnici su pratili promjene morfoloških karakteristika stopala, distribucije opterećenja i posturalne stabilnosti kroz tri uzastopne godine. U istraživanju je sudjelovalo 35 adolescentnih elitnih nogometaša u dobi od 15 godina. Rezultati njihovog istraživanja su pokazali povećanje asimetrije distribucije opterećenja između dva ekstremiteta u periodu od tri uzastopne godine. Navode kako je u prethodnim istraživanjima asimetrija distribucije opterećenja opisivana samo kod osoba sa moždanim udarom pri čemu je iznosila čak 49 %, a terapijom vježbanjem se uspjela smanjiti na 38 %. Takva asimetrija je povezana sa povećanim rizikom od pada, no prilikom njihovog istraživanja je suprotno očekivanjima došlo do poboljšanja posturalne stabilnosti svake godine. Pretpostavljaju da je zabilježena asimetrija distribucije opterećenja posljedica unilateralne prirode nogometa kao sporta, a navode kako je upravo ta asimetrija povezana sa ozljedama prenaprezanja u sportu. Također, navode da su tijekom uzastopne tri

godine, zabilježene konstantne promjene longitudinalnog svoda stopala u vidu povećanja incidencije ravnog stopala u mjerenoj skupini. U prvoj godini je incidencija iznosila 17 %, u drugoj 20 % i u trećoj 36 %. Pretpostavljaju da se to događa pod utjecajem različitih unutarnjih i vanjskih čimbenika, a jedan od njih je prenaprezanje mekih tkiva dugoročnim sudjelovanjem u aktivnostima visokog intenziteta (40). Poznato je da spuštanje svodova stopala dovodi do povećanja plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala, a upravo se u rezultatima trenutnog istraživanja može vidjeti veća aritmetička sredina plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala u skupini profesionalnih sportaša (4). Autori također navode da nogometaši koji sudjeluju u višem rangu natjecanja imaju goru posturalnu stabilnost od onih koji sudjeluju u nižem rangu (40). Rezultati trenutnog istraživanja se slažu s tom činjenicom te ukazuju na veću stabilnost kontrolne skupine u odnosu na eksperimentalnu skupinu. Aritmetička sredina stabilnosti lijeve noge u eksperimentalnoj skupini iznosi 35,70 %, a desne noge 35,48 %. U kontrolnoj skupini, aritmetička sredina stabilnosti lijeve noge iznosi 41 %, a desne 43,10 %. Iako eksperimentalna skupina skupina sadrži tri ispitanika manje od kontrolne skupine, svejedno je prisutna razlika aritmetičke sredine u iznosu od 5,3 % za lijevu nogu te 7,62 % za desnu nogu. To ukazuje da je generalno promatrajući, skupina studenata stabilnija od skupine profesionalnih sportaša. Međutim, istraživanje Merencakova i suradnika sadrži ispitanike u dobi od 15 godina, a trenutno istraživanje obuhvaća ispitanike odrasle dobi. Mala i suradnici u svom istraživanju ističu da profesionalni nogometaši seniorske kategorije imaju bolju posturalnu stabilnost u odnosu na juniorsku i mlađe kategorije (41). Prema tome, usporedba bi se ipak trebala napraviti sa rezultatima dobivenih kod ispitanika iste ili slične dobi.

Međutim, u radu Mala i suradnika, ali i u drugim radovima poput onih od Ohlendorf i suradnika ili De Blasiis i suradnika, za mjerenje posturalne stabilnosti se ne koristi Posturomed uređaj, već isključivo baropodometar. Kako bi se mogla napraviti usporedba sa rezultatima stabilnosti dobivenih ovim istraživanjem, potrebni su radovi koji uključuju Posturomed uređaj. Problem je u tome što nema dostupnih radova koji prikazuju rezultate mjerenja stabilnosti Posturomedom kao što je prikazano u ovom radu. Također, nema dostupnih radova u kojima se stabilnost profesionalnih nogometaša mjeri tim uređajem.

Beelen i suradnici u svojem su istraživanju ispitivali pouzdanost i efekt učenja prilikom stajanja na jednoj nozi na platformi za mjerenje sile. U istraživanju su sudjelovali nogometaši u dobi između 19 i 36 godina, što odgovara dobi ispitanika ovog istraživanja, no nisu svi bili profesionalni sportaši te su uz navedeno, u istraživanje uključene i žene. Također, nije se provodilo testiranje dinamičke ravnoteže kao u trenutnom istraživanju, već su autori ispitivali

reaktivnu ravnotežu putem neočekivanih perturbacija ravnoteže. Iako je platforma omogućila horizontalne pomake, rezultati se ne mogu usporediti sa onima dobivenih mjerenjem Posturomed uređajem (24).

Mierau i suradnici u svojem su istraživanju ispitali promjene u kortikalnoj aktivnosti tijekom nepredvidivih perturbacija ravnoteže. U istraživanju je sudjelovalo 37 mladih i zdravih, muških studenata u dvadesetim godinama života. To se poklapa sa uzorkom ispitanika kontrolne skupine ovog istraživanja, a od mjernih instrumenata za mjerenje ravnoteže se koristio upravo Posturomed uređaj. Međutim, tijekom testiranja se mjerila reaktivna ravnoteža putem naglog i neočekivanog otpuštanja platforme. Iz tog razloga se ne mogu usporediti rezultati njihovog i trenutnog istraživanja bez obzira na kompatibilnost uređaja i karakteristika ispitanika (42).

Schmidt i suradnici su istraživali pouzdanost dinamičkih ravnotežnih odgovora mjerenih Posturomed uređajem unutar jednog te između različitih dana. U istraživanju je sudjelovalo 15 muškaraca i 15 žena u dvadesetim godinama života, što bi odgovaralo dobi ispitanika u trenutnom istraživanju, no također je testirana reaktivna ravnoteža putem neočekivanih pomaka platforme (17).

Istraživanje koje najbliže trenutnom istraživanju opisuje postupak mjerenja dinamičke stabilnosti Posturomed uređajem je ono Mikete i suradnika. Istraživanje je provedeno 2017. godine na Kineziološkom Fakultetu Sveučilišta u Splitu, a uključuje mali broj ispitanika od 16 muških i ženskih osoba u dobi između 30 i 40 godina. Istražila se povezanost vježbi disanja sa poboljšanjem posturalne stabilnosti, a mjerenje se provodilo upravo Posturomed uređajem. Od ispitanika je zatraženo da bosom nogom zakorače na platformu te da pozicioniraju petu podignute noge u razini koljena stajne noge, ali bez međusobnog dodirivanja. Takav položaj su ispitanici trebali zadržati 10 sekundi, što je u usporedbi sa trajanjem mjerenja ovog istraživanja jednako. Ispitanici nisu smjeli žvakati i stiskati zube ili šake. Zatraženo je od njih da normalno dišu, a pogled da usmjere ravno ispred sebe. Ukoliko se nešto od navedenog prekršilo tijekom mjerenja u trajanju od tri sekunde ili više, označila se greška i mjerenje se ponovilo. Kao i u slučaju mjerenja tijekom ovog istraživanja, ispitivač je direktno mogao pratiti rezultate mjerenja jer je Posturomed uređaj bio spojen na računalo, a softver Mycroswing je pretvarao rezultate u postotak stabilnosti. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine po 8 ispitanika uključujući eksperimentalnu i kontrolnu skupinu. Prije mjerenja Posturomed uređajem je prethodilo zagrijavanje u trajanju od 5 minuta. Kao i kod mjerenja trenutnog istraživanja, autori su ispitanike mjerili jednom, u obliku deset mjerenja svake noge. Međutim, navode da je ukupno trajanje njihovog mjerenja iznosilo između 10 i 20 minuta, što je duže u usporedbi s trajanjem

mjerenja ovog istraživanja. To može biti posljedica ponavljanja mjerenja zbog prisutnih grešaka, što je navedeno kao ograničenje u poglavlju postupka i instrumentarija. Eksperimentalna skupina je ponovila mjerenje nakon perioda od 25 dana u kojem su provedene vježbe disanja, a kontrolna skupina je također tada ponovila mjerenje, no bez prethodne primjene vježbi. Iako su autori naveli da je prilikom mjerenja prikazivan postotak stabilnosti, rezultate nisu prikazali na taj način, već putem ukupnog prijednog puta u milimetrima. Stoga iako je mjerenje Posturomed uređajem provedeno na sličan način kao i u ovom istraživanju, rezultate opet nije moguće usporediti. Uz navedeno, nailazi se i na razlike u spolu i dobi mjerene skupine te bi u slučaju da je moguće napraviti usporedbu, navedeno dodatno utjecalo na kvalitetu usporedbe podataka (31).

Ograničenje ovog istraživanja je mali broj ispitanika koji je direktno povezan sa brojem igrača u nogometnom klubu. Na temelju njega je prilagođen broj studenata koji moraju biti muškog spola kako bi se mogla napraviti kvalitetna usporedba između eksperimentalne i kontrolne skupine. Limitiranost na muški spol ispitanika kontrolne skupine dodatno ograničava izbor te je na taj način teže utjecati na raspon dobi u skupini.

Kao ograničenje prilikom mjerenja baropodometrom navodi se proizvoljna udaljenost između stopala što se proučavanjem literature ustanovilo kao potencijalan izvor pristranosti (34). Svakako bi se prilikom mjerenja trebalo obratiti pozornost na udaljenost između peta i prstiju kontralateralnih ekstremiteta te na pozicioniranje stopala u sredinu platforme. Prilikom mjerenja Posturomed uređajem, kao potencijalno ograničenje se primjećuje činjenica da nije bilo moguće kod svih ispitanika održati planirani položaj. Iako su iznesene upute da maleol podignute noge mora biti u razini koljena stajne noge blizu, ali bez međusobnog dodirivanja te da ruke moraju biti uz tijelo, velika nestabilnost podloge koja je prilagođena profesionalnim sportašima, dovela je do reakcija uspravljanja i zaštitnih reakcija kao odgovor na nemogućnost održavanja ravnoteže. Iz tog razloga su određeni ispitanici širili ruke i pomicali trup u svrhu održavanja uspravnog položaja te na taj način nisu svi ispitanici mjereni u istim uvjetima. Stoga, iako je bilo potrebno uskladiti uvjete mjerenja u obje skupine ispitanika, pokazalo se da je to učinilo suprotan učinak jer se na taj način postiglo da nisu svi ispitanici mjereni u istom položaju.

Iako nije utvrđena korelacija između parametara plantarne dodirne površine i stabilnosti, niti između distribucije opterećenja i stabilnosti u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, osim u slučaju distribucije opterećenja i stabilnosti lijeve noge u kontrolnoj skupini gdje je zamijećena slaba, statistički značajna pozitivna korelacija, određene razlike u rezultatima među skupinama

ipak postoje i očite su. Međutim, broj ispitanika kao ograničenje ovog istraživanja onemogućuje donošenje konkretnih zaključaka te je za to potrebno provesti nova istraživanja na tu temu koja će uključivati veći broj ispitanika te omogućiti usporedbu rezultata koja je tijekom ovog istraživanja zbog navedenih razloga bila limitirana.

## 6. ZAKLJUČAK

Provedbom istraživanja i obradom rezultata došlo se do zaključka da se sve hipoteze odbacuju osim H2 koja se djelomično prihvaća. H2 glasi: „Postoji povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala desne, odnosno lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata.“, a prihvaća se samo djelomično iz razloga što postoji slaba statistički značajna pozitivna povezanost između većeg opterećenja cijelog stopala lijeve noge i bolje ravnoteže kod studenata, ali nema povezanosti između većeg opterećenja cijelog stopala desne noge i bolje ravnoteže u istoj skupini ispitanika.

Može se zaključiti da je posturalna stabilnost vrlo kompleksna te da na nju utječe više čimbenika. Smatram da upravo iz tog razloga rezultati nisu pokazali povezanost između određenih parametara i ravnoteže te da pojedinačni parametri poput distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala ne mogu dovoljno utjecati na nju i značajno ju promijeniti. Međutim tu tvrdnju je potrebno dodatno istražiti novim istraživanjem koje će uključivati veći broj ispitanika uz bolju kontrolu uvjeta testiranja kako bi se smanjio utjecaj određenih čimbenika koji potencijalno mogu utjecati na pristranost rezultata.

Kao zanimljiv, neočekivan rezultat ovog istraživanja nalazi se u činjenici da je brojčana vrijednost parametra distribucije opterećenja i plantarne dodirne površine srednjeg dijela stopala kod svih ispitanika eksperimentalne skupine pronađena na desnoj nozi, a u kontrolnoj skupini je kod svih ispitanika pronađena na lijevoj nozi. Tijekom diskusije se objasnilo zašto se smatra da navedena pojava nije posljedica disfunkcije mjernog uređaja te upravo iz tog razloga predlažem novo istraživanje koje će dodatno ispitati radi li se o slučajnosti, disfunkciji mjernog uređaja ili novo opisanoj pojavi.

## LITERATURA

1. Ohlendorf D, Kerth K, Osiander W, Holzgreve F, Fraeulin L, Ackermann H, et al. Standard reference values of weight and maximum pressure distribution in healthy adults aged 18-65 years in Germany. *J Physiol Anthropol*. 2020 Nov 30;39(1):39. Dostupno na: 10.1186/s40101-020-00246-6
2. Morasiewicz P, Konieczny G, Dejnek M, Morasiewicz L, Urbański W, Kulej M, et al. Pedobarographic analysis of body weight distribution on the lower limbs and balance after ankle arthrodesis with Ilizarov fixation and internal fixation. *Biomed Eng Online*. 2018 Nov 26;17(1):174. Dostupno na: 10.1186/s12938-018-0608-z
3. Fullin A, Caravaggi P, Picerno P, Mosca M, Caravelli S, De Luca A, et al. Variability of Postural Stability and Plantar Pressure Parameters in Healthy Subjects Evaluated by a Novel Pressure Plate. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar 2;19(5):2913. Dostupno na: 10.3390/ijerph19052913
4. Kramer PA, Lautzenheiser SG. Foot morphology influences the change in arch index between standing and walking conditions. *Anat Rec (Hoboken)*. 2022 Nov;305(11):3254-3262. Dostupno na: 10.1002/ar.24890
5. Onofrei RR, Amaricai E. Postural Balance in Relation with Vision and Physical Activity in Healthy Young Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Apr 20;19(9):5021. Dostupno na: 10.3390/ijerph19095021
6. De Blasiis P, Caravaggi P, Fullin A, Leardini A, Lucariello A, et al. Postural stability and plantar pressure parameters in healthy subjects: variability, correlation analysis and differences under open and closed eye conditions. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023 Jul 20;11:1198120. Dostupno na: 10.3389/fbioe.2023.1198120
7. Henry M, Baudry S. Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. *J Neurophysiol*. 2019 Aug 1;122(2):525-538. Dostupno na: 10.1152/jn.00067.2019
8. Petró B, T Nagy J, Kiss RM. Effectiveness and recovery action of a perturbation balance test - a comparison of single-leg and bipedal stances. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2018 Aug;21(10):593-600. Dostupno na: 10.1080/10255842.2018.1502278
9. Ballardini G, Florio V, Canessa A, Carlini G, Morasso P, Casadio M. Vibrotactile Feedback for Improving Standing Balance. *Front Bioeng Biotechnol*. 2020 Feb 21;8:94. Dostupno na: 10.3389/fbioe.2020.00094



10. Héroux ME, Butler AA, Robertson LS, Fisher G, Gandevia SC. Proprioception: a new look at an old concept. *J Appl Physiol* (1985). 2022 Mar 1;132(3):811-814. Dostupno na: 10.1152/jappphysiol.00809.2021
11. Tuthill JC, Azim E. Proprioception. *Curr Biol*. 2018 Mar 5;28(5):R194-R203. Dostupno na: 10.1016/j.cub.2018.01.064
12. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE. *Neuroznanost*. 5th ed. Heffer M, Puljak L, Kostić S, Imširović A, Balog M, editors. Zagreb: Medicinska naklada; 2016.
13. Iheanacho F, Vellipuram AR. Physiology, Mechanoreceptors. 2023 Sep 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541068/>
14. Kröger S. Experimental Physiology special issue: 'Mechanotransduction, muscle spindles and proprioception'. *Exp Physiol*. 2024 Jan;109(1):1-5. Dostupno na: 10.1113/EP091431
15. Beelen PE, van Dieën JH, Prins MR, Nolte PA, Kingma I. The effect of cryotherapy on postural stabilization assessed by standardized horizontal perturbations of a movable platform. *Gait Posture*. 2022 May;94:32-38. Dostupno na: 10.1016/j.gaitpost.2022.02.022
16. Yu N. Effect of Ankle Proprioception Training on Preventing Ankle Injury of Martial Arts Athletes. *Biomed Res Int*. 2022 Oct 7;2022:8867724. Dostupno na: 10.1155/2022/8867724
17. Schmidt D, Germano AM, Milani TL. Aspects of Dynamic Balance Responses: Inter- and Intra-Day Reliability. *PLoS One*. 2015 Sep 4;10(9):e0136551. Dostupno na: 10.1371/journal.pone.0136551
18. Morris A, Casucci T, McFarland MM, Cassidy B, Pelo R, Kreter N, et al. Reactive Balance Responses After Mild Traumatic Brain Injury: A Scoping Review. *J Head Trauma Rehabil*. 2022 Sep-Oct 01;37(5):311-317. Dostupno na: 10.1097/HTR.0000000000000761
19. Duarte MB, da Silva Almeida GC, Costa KHA, Garcez DR, de Athayde Costa E Silva A, da Silva Souza G, et al. Anticipatory postural adjustments in older versus young adults: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2022 Nov 23;11(1):251. Dostupno na: 10.1186/s13643-022-02116-x
20. Pelc M, Kazubski K, Urbański W, Leyko P, Kochańska-Bieri J, Tomeczyk Ł, et al. Balance and Weight Distribution over the Lower Limbs Following Calcaneal Fracture

- Treatment with the Ilizarov Method. *J Clin Med.* 2024 Mar 14;13(6):1676. doi: 10.3390/jcm13061676. Dostupno na: 10.3390/jcm13061676
21. Baumfeld T, Baumfeld D, Prats Dias CG, Nery C. Advances of Baropodometry in Human Health. *Ann Musc Disord.* 2018; 2(2): 1011. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/328146528\\_Advances\\_of\\_Baropodometry\\_in\\_Human\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/328146528_Advances_of_Baropodometry_in_Human_Health)
  22. Hawrylak A, Brzeźna A, Chromik K. Distribution of Plantar Pressure in Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Apr 15;18(8):4173. Dostupno na: 10.3390/ijerph18084173
  23. Lorkowski J, Gawronska K, Pokorski M. Pedobarography: A Review on Methods and Practical Use in Foot Disorders. *Appl Sci.* 2021;11;11020. Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/app112211020>
  24. Beelen PE, Okhuijsen R, Prins MR, Huurnink A, Hordijk T, Kruiswijk C, et al. Reliability of a novel dynamic test of postural stability in high-level soccer players. *Heliyon.* 2021 Apr 21;7(4):e06647. Dostupno na: 10.1016/j.heliyon.2021.e06647
  25. Ringhof S, Patzer I, Beil J, Asfour T and Stein T. Does a Passive Unilateral Lower Limb Exoskeleton Affect Human Static and Dynamic Balance Control? *Front. Sports Act. Living.* 2019; 1:22. Dostupno na: 10.3389/fspor.2019.00022
  26. Kurpiers N, Rovelli T, Bormann C, Tim V. Investigating the Effects of a Slashpipe Training Intervention on Postural Control Compared to Conventional Barbell Power Fitness. U: Elshimali JYI, ur. *Current Practice in Medical Science Vol. 2.* Kolkata; B P International: 2022. Str. 113-121.
  27. Legerlotz K, Bey ME, Götz S, Böhlke N. Constant performance in balance and proprioception tests across the menstrual cycle – a pilot study in well trained female ice hockey players on hormonal contraception. *Health Sci Rep.* 2018;1:e18. Dostupno na: <https://doi.org/10.1002/hsr2.18>
  28. Rürger A, Laudner K, Delank K-S, Schwesig R, Steinmetz A. Effects of Different Forms of Sensorimotor Training on Postural Control and Functional Status in Patients with Chronic Low Back Pain. *J. Pers. Med.* 2023; 13(4):634. Dostupno na: <https://doi.org/10.3390/jpm13040634>
  29. Fadillioglu C, Kanus L, Möhler F, Ringhof S, Hellmann D, Stein T. Effects of jaw clenching on dynamic reactive balance task performance after 1-week of jaw clenching training. *Front Neurol.* 2023 Jun 23;14:1140712. Dostupno na: 10.3389/fneur.2023.1140712

30. HAIDER BIOSWING GmbH. Bioswing Posturomed: The sensorimotor prevention and therapy system – User Guide [Internet]. Pullenreuth: HAIDER BIOSWING GmbH; 2021 [citirano 6.5.2024]. Dostupno na: <https://bioswing.de/fr/wp-content/uploads/sites/8/2022/01/User-guide-BIOSWING-Posturomed-MDR-2017.pdf>
31. Miketa T, Ivančić N, Kuzmanić B. Relationship of breathing exercises with improvement of postural stability in healthy adults. *Acta Kinesiologica*. 2017;2;59-62. Dostupno na: <https://www.actakin.com/PDFS/BR1102/04%20CL%2010%20TM.pdf>
32. Hawrylak A, Gronowska H. Plantar Pressure Distribution in Female Olympic-Style Weightlifters. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Apr 13;17(8):2669. Dostupno na: 10.3390/ijerph17082669
33. Munoz-Martel V, Santuz A, Ekizos A, Arampatzis A. Neuromuscular organisation and robustness of postural control in the presence of perturbations. *Sci Rep*. 2019 Aug 22;9(1):12273. Dostupno na: 10.1038/s41598-019-47613-7
34. Chiari L, Rocchi L, Cappello A. Stabilometric parameters are affected by anthropometry and foot placement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002 Nov-Dec;17(9-10):666-77. Dostupno na: 10.1016/s0268-0033(02)00107-9
35. Ohlendorf D, Doerry C, Fisch V, Schamberger S, Erbe C, Wanke EM, et al. Standard reference values of the postural control in healthy young female adults in Germany: an observational study. *BMJ Open*. 2019 Jun 7;9(6):e026833. Dostupno na: 10.1136/bmjopen-2018-026833
36. Scharnweber B, Adjami F, Schuster G, Kopp S, Natrup J, Erbe C, et al. Influence of dental occlusion on postural control and plantar pressure distribution. *Cranio*. 2017 Nov;35(6):358-366. Dostupno na: 10.1080/08869634.2016.1244971
37. Hébert-Losier K, Murray L. Reliability of centre of pressure, plantar pressure, and plantar-flexion isometric strength measures: A systematic review. *Gait Posture*. 2020 Jan;75:46-62. Dostupno na: 10.1016/j.gaitpost.2019.09.027
38. Yamamoto M, Shimatani K, Yoshikawa D, Washida T, Takemura H. Perturbation-Based Balance Exercise Using a Wearable Device to Improve Reactive Postural Control. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2023 Aug 31;11:515-522. Dostupno na: 10.1109/JTEHM.2023.3310503
39. Ferlinc A, Fabiani E, Velnar T, Gradisnik L. The Importance and Role of Proprioception in the Elderly: a Short Review. *Mater Sociomed*. 2019 Sep;31(3):219-221. Dostupno na: 10.5455/msm.2019.31.219-221

40. Marenčáková J, Maly T, Sugimoto D, Gryc T, Zahalka F. Foot typology, body weight distribution, and postural stability of adolescent elite soccer players: A 3-year longitudinal study. *PLoS One*. 2018 Sep 28;13(9):e0204578. Dostupno na: 10.1371/journal.pone.0204578
41. Mala L, Maly T, Zahalka F. Postural performance in the bipedal and unipedal stance of elite soccer players in different age categories. *Acta Kinesiol*. 2017; 11: 101–105. Dostupno na: [https://web.archive.org/web/20180410005158id\\_/http://www.actakin.com/PDFS/BR11S1/SVEE/04%20CL%2017%20LM.pdf](https://web.archive.org/web/20180410005158id_/http://www.actakin.com/PDFS/BR11S1/SVEE/04%20CL%2017%20LM.pdf)
42. Mierau A, Hülsdünker T, Strüder HK. Changes in cortical activity associated with adaptive behavior during repeated balance perturbation of unpredictable timing. *Front Behav Neurosci*. 2015 Oct 14;9:272. Dostupno na: 10.3389/fnbeh.2015.00272

## **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Rođen sam u Puli, 10.3.2001. Odrastao sam u Rovinju gdje sam završio Osnovnu školu Jurja Dobrile, a zatim upisao opću gimnaziju Zvane Črnje. 2019. godine sam upisao prijediplomski stručni studij Fizioterapija na Veleučilištu Ivanić-Grad. 2022. godine sam završio studij sa odličnim uspjehom te iste godine upisao Sveučilišni diplomski studij Fizioterapija na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. 31.5.2024. godine, sudjelovao sam na znanstvenoj konferenciji „4 Healthy Academic Society“ u Poreču, gdje sam izložio istraživački rad. Od stranih jezika govorim engleski, talijanski i njemački.