

# POVEZANOST IZMEĐU VARIJABLI PLANTARNOGA PRITISKA STOPALA I REZULTATA U PLIVANJU 100 METARA KRAUL

---

**Sambrailo, Ivan Iv**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:557645>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Ivan Sambrailo**

**POVEZANOST IZMEĐU VARIJABLI  
PLANTARNOGA PRITISKA STOPALA I  
REZULTATA U PLIVANJU 100 METARA KRAUL**

diplomski rad

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Klara Šiljeg**

Zagreb, lipanj 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskoga rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

doc. dr. sc. Klara Šiljeg

Student:

Ivan Sambrailo

# POVEZANOST IZMEĐU VARIJABLI PLANTARNOGA PRITISKA STOPALA I REZULTATA U PLIVANJU 100 METARA KRAUL

## Sažetak

Hodanje i stajanje spadaju u najzastupljenije aktivnosti koje čovjek provodi veći dio svojega života iako u posljednje vrijeme sve više svjedočimo novom, sedentarnom načinu života. Samim time proveli smo studiju kako bismo utvrdili povezanost između hoda, odnosno stajanja i varijabli dobivenih analizom tih dviju aktivnosti uz pomoć pedobarografske platforme *Zebris* tipa FDM 1.5. te rezultata u plivanju, točnije disciplini 100 metara kraul u 25-metarskom bazenu. Hod i stajanje te praćenje plantarnoga centra pritiska stopala predstavnici su dinamičke i statičke ravnoteže te su iz njih korelirane varijable s rezultatom 100 metara kraul izraženim u stotinkama sekunde. Uzorak ispitanika predstavlja 15 aktivnih plivača starijih od 18 godina, prosječne dobi (20,27±2,19) godina iz zagrebačkih plivačkih klubova. Za metodu obrade podataka korišten je Spearmanov koeficijent korelacije. Normalnost distribucije dobivenih varijabli u studiji procijenjena je Kolmogorov-Smirnovljevim (K-S) testom i Lilliefors testom normalnosti distribucije na razini pogreške zaključivanja  $p \leq 0,05$  %. Od ukupno 11 analiziranih varijabli (duljina centra pritiska stopala, prosječna brzina centra pritiska stopala, devijacija stopala X, devijacija stopala Y, duljina pritiska lijevoga stopala na podlogu, duljina pritiska desnoga stopala na podlogu, opterećenje preko lijevoga stopala, opterećenje preko desnoga stopala, antero-posteriorna pozicija stopala, lateralna simetrija stopala, maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza), tri od navedenih pokazale su se kao statistički značajne uz statističku sigurnost  $\geq 95$  %. Pod skupinu statistički značajnih varijabli spadaju duljina pritiska desnoga stopala na podlogu, lateralna simetrija stopala i maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza. Autor sugerira proširivanje uzorka ispitanika te detaljnije analize triju statistički značajnijih varijabli u odnosu na plivačku disciplinu 100 metara kraul.

**Ključne riječi:** plivanje, 100 metara kraul, ravnoteža, *Zebris* platforma

## **CORRELATION BETWEEN PLANTAR FOOT PRESSURE VARIABLES AND SWIMMING RESULTS IN 100 METERS CRAWL**

### **Abstract**

Walking and standing are among the most common activities in which a person spends most of his life, although lately we are increasingly witnessing a new sedentary way of life. Thus, we encouraged the study to determine the relationship between gait, standing and variables obtained by analyzing these two activities using the pedobarographic platform Zebris type FDM 1.5. and results in swimming, more precisely the discipline of 100 meters freestyle in a 25-meter pool. Walking and standing, monitoring the plantar center of pressure in these actions are representatives of dynamic and static balance, and the variables from static and dynamic balance are correlated with the result of 100 meters freestyle expressed in hundredths of a second. The sample of respondents represents 15 active swimmers over the age of 18 years, with an average age ( $20.27 \pm 2.19$ ) years from swimming clubs in Zagreb. Spearman's correlation coefficient was used for the data processing method. The normality of the distribution of the obtained variables in the study was assessed by the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test and the Lilliefors test of the normality of the distribution at the level of inference error  $p \leq 0.05$ . Out of a total of 11 analyzed variables (center of pressure path length, center of pressure average velocity, deviation X, deviation Y, length of gait line left, length of gait line right, single support line left, single support line right, antero-posterior position, lateral symmetry, maximal gait line velocity) three proved to be statistically significant with statistical safety  $\geq 95\%$ . The group of statistically significant variables includes: the length of gait line right, lateral symmetry, the maximal gait line velocity. The author suggests expanding the sample of respondents and a more detailed analysis of 3 statistically significant variables in relation to the swimming discipline 100 meters freestyle.

**Key words:** swimming, 100 meters freestyle, balance, platform Zebris

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	3
3. METODE ISTRAŽIVANJA .....	4
4. REZULTATI .....	16
4. RASPRAVA .....	23
5. ZAKLJUČAK.....	27
ZAHVALA .....	28
LITERATURA .....	29
PRILOZI.....	32

## 1. UVOD

Natjecateljsko plivanje spada u jedno od bolje istraženih sportskih područja (Mooney i sur., 2015), što ne čudi s obzirom na to da je plivanje na Olimpijskim igrama bio drugi najzastupljeniji sport (Mountjoy i sur., 2016). Uspješnost u plivanju definirana je različitim parametrima od kojih neki još nisu detaljno istraženi iako je njihov utjecaj neupitan. Stabilnost i ravnoteža dva su parametra koja još uvijek intrigiraju znanstvenu i praktičnu plivačku elitu. Još se uvijek istražuju najrelevantniji testovi ravnoteže i stabilnosti čija bi primjena najbolje opisivala uspješnost u plivanju, osobito kod seniorske populacije.

Ravnoteža je jedna od ključnih komponenti motoričkih sposobnosti počevši od održavanja posture protiv sile gravitacije do provođenja kompleksnih motoričkih vještina. Ravnotežu uobičajeno dijelimo na dvije vrste, statičku i dinamičku. Kada se centar težišta tijela, odnosno ravnoteža zadržava unutar jedne zadane pozicije tijela, tada govorimo o statičkoj ravnoteži. Dinamička ravnoteža odgovara zadržavanju ravnoteže tijela kroz pokret ili uspostavljanje ravnoteže kroz brze i sukcesivne promjene pozicije i centra mase tijela.

Neljak (2013) opisuje ravnotežu kao sposobnost održavanja stabilnoga položaja na temelju informacija iz vidnoga i kinestetičkih analizatora te vestibularnoga sustava. Ravnoteža je sposobnost sportaša koja se očituje u zadržavanju ravnotežnoga položaja i time uspješnom suprotstavljanju silama koje narušavaju ravnotežu (Milanović, 2009).

Statička ravnoteža definira se kao zadržavanje posturalne ravnoteže dok se tijelo drži u nepromjenljivu položaju, a dinamička ravnoteža znači zadržavanje posturalne ravnoteže dok se proksimalni i distalni dijelovi tijela pomiču (Varma i Gokhale, 2021).

Dobra ravnoteža tijela ključna je za učinkovito plivanje jer se sile otpora jako smanjuju (Bächlin i Tröster, 2012). Kvalitetna ravnoteža ključna je za većinu svakodnevnih aktivnosti u životu, kao i za uspješnost u brojnim sportovima (Hrysomallis, 2007). Dodatno se u literaturi spominje kako trening ravnoteže znatno utječe na smanjenje faktora rizičnosti i stope ozljede (Hrysomallis, 2007;

McGuine i Keene, 2006; Verhagen i sur., 2004; Winter, 1995) te pomaže u poboljšanju sportske izvedbe, a time i rezultata (Hrysomallis, 2011).

Plivanje je sport s najmanjom mogućnosti ozljeda (Radzimińska, 2013), a Šiljeg (2018) navodi kako svjedočimo tipičnim učestalim ozljedama kod plivača, većinom mišićno-skeletnog karaktera. Posturalna stabilnost je kontrola položaja tijela u prostoru s ciljem stabilnosti i usmjerenosti tijela (Palmieri i sur., 2002), a promatramo je kao kombinaciju sposobnosti ravnoteže, snage i mišićne izdržljivosti (Jurko i sur., 2015). Poznata je njezina važnost u učinkovitoj i brznoj plivačkoj izvedbi (Marani, 2020; Mu-Yeop, 2021) te u sprječavanju ozljeda za vrijeme plivačkoga trenažnog procesa (McGill, 2010). Povezanost između ravnoteže i mogućnosti nastanka sportskih ozljeda, kao i uspješnosti u određenim sportovima, dokazana je u mnogim istraživanjima, ali povezanost između ravnoteže i plivačke sportske izvedbe još nam je uvijek nedovoljno poznata. Ovim ćemo radom izračunati povezanost između rezultata u statičkoj i dinamičkoj ravnoteži s izmjerenim rezultatom na 100 metara (u daljnjem tekstu: 100 m) kraul. Uzorak ispitanika bit će punoljetni plivači, muškarci, seniori stariji od 18 godina koji se aktivno bave plivanjem.

Dostupna literatura ukazuje na nedostatak istraživanja na plivačima seniorima, odnosno povezanosti između parametara statičke, dinamičke ravnoteže i stabilnosti tijela (parametara dobivenih analizom plantarnoga pritiska stopala) i rezultata plivanja 100 m kraul. Autor je pokušao pronaći istraživanja na platformi za mjerenje plantarnoga pritiska stopala kod plivača, međutim bez uspjeha.



## **2. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**

Cilj rada je ustanoviti povezanost mjera plantarnoga centra pritiska stopala kao jednog od pokazatelja mjera statičke, dinamičke ravnoteže i stabilnosti tijela s uspješnosti pri plivanju 100 m kraul tehnikom kod plivača seniora.

### **HIPOTEZA:**

#### ***H1***

Pretpostavlja se da postoji povezanost između parametara statičke ravnoteže, odnosno stabilnosti tijela i rezultata u plivanju u disciplini 100 m kraul.

#### ***H2***

Pretpostavlja se da postoji povezanost između parametara dinamičke ravnoteže, odnosno stabilnosti tijela i rezultata u plivanju u disciplini 100 m kraul.

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

Metode istraživanja predstavljaju skup postupaka i podataka koji će nam pomoći pri obavljanju studije, a glavne sastavnice su uzorak ispitanika, opis varijabli, opis mjernog instrumenta, opis protokola i metode obrade podataka.

#### **Uzorak ispitanika**

Uzorak ispitanika predstavlja 16 punoljetnih i zdravih plivača muškoga spola (seniori) starijih od 18 godina koji se aktivno bave plivanjem. Ispitanici su članovi zagrebačkih plivačkih klubova.

Konačni uzorak bio je 15 ispitanika dobi ( $20,27 \pm 2,19$ ) godina, tjelesne visine ( $1,86 \pm 0,06$ ) metara te tjelesne mase ( $84,33 \pm 6,25$ ) kilograma.

Važno je napomenuti da je tijekom provođenja mjerenja jedan ispitanik imao evidentne abnormalnosti prilikom izvođenja hoda uzrokovane ozljedom te je odlučeno da ti podaci neće biti korišteni za istraživanje. Ostali su ispitanici zdravi pristupili istraživanju, bez ozljeda te patološke abnormalnosti stopala koje bi mogle utjecati na dobiveni rezultat. Od ispitanika se zahtijevalo da donesu sportsku opremu, kratke sportske hlače i kratku majicu te su evaluaciju hoda prolazili bosi.

Prije istraživanja ispitanici su upoznati s protokolom mjerenja, potencijalnim doprinosom istraživanja i mogućim nelagodnostima tijekom njegova provođenja. Prilikom istraživanja poštovani su svi etički principi.

#### **Opis mjernih instrumenata i varijabli:**

##### **a) Prenosivi antropometar**

Ovaj uređaj služi za jednostavno obavljanje antropometrijskih mjerenja na terenu i dobivanje adekvatnih antropometrijskih mjera. Prema međunarodnoj klasifikaciji svrstava se u područje za mjerenje u dijagnostičke svrhe, odnosno sprave za mjerenje fizičkih veličina poput tjelesne visine i ostalih tjelesnih duljina.

##### **b) Digitalna vaga marke *Beurer***

Osobna digitalna vaga s kapacitetom vaganja do 180 kilograma, razlučivosti i preciznosti od 100 grama. Sadrži indikator preopterećenosti, prikaz mjera na modernome *matrix*

*displayu* koji je vidljiv samo tijekom mjerenja i rada vage. Površina vage pokrivena je sigurnosnim staklom te ima svojstvo automatskog gašenja uslijed daljnjeg nekorištenja. Rezultati se mogu izraziti uz podešavanje u kg/ lb/ s.

**c) Upitnik**

Potpisani upitnik za dobrovoljno ustupanje prikupljenih podataka u znanstvene svrhe sastojao se od upita o starosnoj dobi ispitanika, strani na koju ispitanik diše prilikom izvođenja discipline 100 m kraul, o eventualno zadobivenim ozljedama tijekom karijere, odnosno aktualnim ozljedama ili smetnjama tijekom testiranja, o minutama trajanja treninga na tjednoj osnovi na suhom i u vodi, odnosno bazenu.

**d) Plivačka štoperica marke *Onstart 710***

Štoperica, koja je klasificirana kao štoperica s 300 prolaznih vremena, omogućuje tri odbrojavanja, mjeri ritam, zamah i brzinu, odnosno frekvencije zaveslaja. Vrijeme se prikazivalo i uzimalo za računanje u stotinkama sekunde.

**e) *Zebris medical* platforma tipa FDM 1.5**

Za procjenu količine plantarnoga pritiska, točnije COP, odnosno *Center of pressure* u statičkim i dinamičkim uvjetima koristila se platforma za mjerenje pritiska *Zebris FDM*, GmbH München, Njemačka, broj senzora 11,264. Brzina uzrokovanja iznosila je 100 Hz, a površina senzora iznosi 149 x 54,2 cm (*Slika 1*). Kalibrirana platforma bila je spojena s računalom putem USB kabela te je postavljena između dviju drvenih ploča koje su učvršćene radi smanjenja oscilacija platforme prilikom hoda. Prema prethodnim studijama, kalibrirana platforma bila je postavljena na čvrstoj, ravnoj površini s prilagođenim dizajnom guste šetnice koja okružuje ploču kako bi se osigurala ravna površina hoda (Mickle i sur., 2010). Svaki je ispitanik dobio upute da hoda ravno preko postave od drvenih ploča i platforme, uspravno, opušteno te vlastitom brzinom, s naglaskom na ignoriranje položaja platforme, odnosno da ne cilja ugaziti svakim korakom točno na platformu. Kada bi započeli kretnju s jedne strane, nakon prijeđenih 10 metara okrenuli bi se za 180 stupnjeva te bi izveli hod u suprotnome smjeru uz iste upute. Aktivnost hoda

uzastopno se provodila sveukupno osam puta radi što preciznijih podataka mjerenja i svođenja pogreške na minimum. Nakon svakog mjerenja obavila se detaljna analiza dobivenih varijabli kako bi se ustanovilo je li sve valjano, a u slučaju da rezultati nisu bili evidentirani u sustavu ispitanika ili je došlo do pogreške, zamolilo bi se ispitanika da se mjerenje ponovi kako bi se dobili valjani podaci.



*Slika 1. Platforma Zebris*

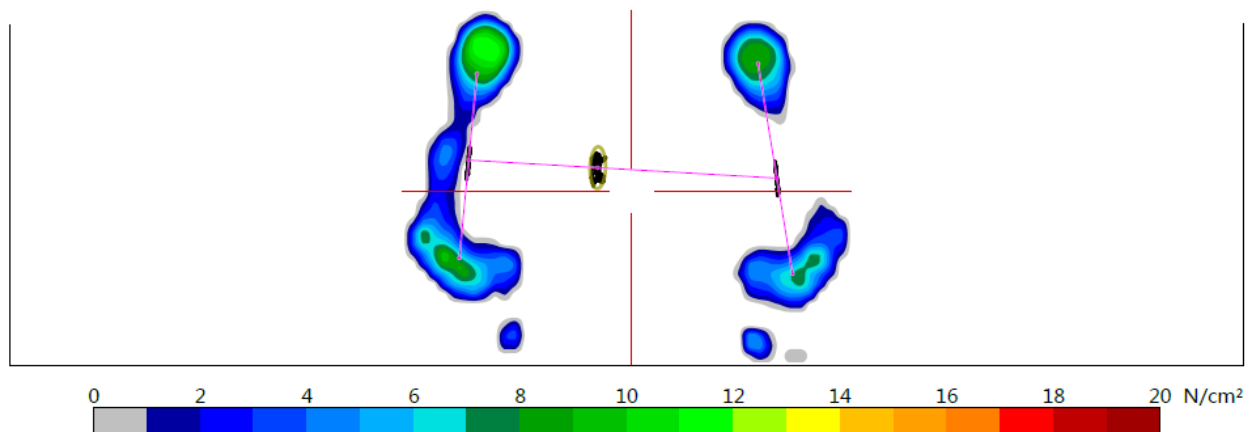
## **OPIS VARIJABLI**

*Slika 2* prikazuje raspodjelu sila plantarnoga pritiska stopala kod ispitanika u raskoračnom stavu zabilježenog na platformi *Zebris*. Evidentan je veći pritisak na desnome stopalu te nedostatak lateralnoga svoda na lijevome stopalu. Središnja crna točka, koja je smještena nešto bliže desnome stopalu, pokazuje centar pritiska, odnosno *center of pressure* tijekom vremena. Lijeva i desna linija stopala pokazuju odgovarajuće točke centra pritiska za kontaktne linije obaju stopala.

U daljnjem su tekstu detaljno opisane izmjerene varijable: duljina puta centra pritiska (*COP path length*), prosječna brzina centra pritiska stopala (*COP average velocity*), devijacija stopala X (*Deviation X*), devijacija stopala Y (*Deviation Y*), duljina lijevoga i desnoga pritiska stopala na

podlogu (*Length of gait line*), opterećenje preko lijevoga i desnoga stopala (*Single support line*), antero-posteriorna pozicija stopala (*Ant/post position*), lateralna simetrija stopala (*Lateral symmetry*), maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza (*Max gait line velocity*).

U dijagramu s parametrima stava i prikazom raspodjele sila tijekom stava prosječna raspodjela sila stopala prikazana je u boji. Ljestvica boja omogućuje nam da plantarni pritisak brojčano prikazemo. Siva boja unutar ljestvice prikazuje 0 do 1 N/cm<sup>2</sup>, dok tamnocrvena označava krajnost, odnosno 19 do 20 N/cm<sup>2</sup> (*Slika 2*).



*Slika 2. Slikovni prikaz plantarnoga pritiska u statičkim uvjetima te raspodjela sila*

- Duljina puta centra pritiska (*COP path length*) – COP, odnosno *Centre of pressure* je naziv za vektor sile reakcije podloge, u ovome slučaju vektor plantarnoga pritiska i platforme *Zebri*. Vektor sile reakcije podloge predstavlja zbroj svih sila koje djeluju između fizičkog objekta, u ovome slučaju stopala i podloge na kojoj je oslonac, pritisak (*Slika 3*).
- Prosječna brzina centra pritiska stopala (*COP average velocity*) - brzina centra plantarnoga pritiska govori nam koliko je tijelo stabilno, odnosno u ravnoteži. Što su oscilacije veće i brže, to znači da je tijelo nestabilnije (*Slika 3*).

COP path length, mm	109	140 mm
COP average velocity, mm/sec	7	9 mm/sec

*Slika 3. Duljina puta centra pritiska (COP path length), prosječna brzina centra pritiska stopala (COP average velocity)*

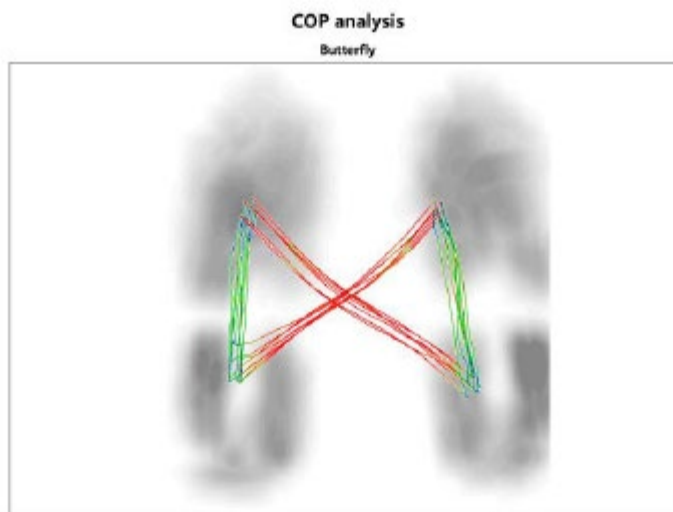
- c) Devijacija stopala X (*Deviation X*) – medio-lateralna pozicija stopala, gdje stopala prema van obilježavaju pozitivni rezultati, a stopala prema unutra negativno dobiveni rezultati (*Slika 4*).
- d) Devijacija stopala Y (*Deviation Y*) – antero-posteriorna pozicija stopala, odnosno pritisak na prednjemu ili stražnjemu dijelu stopala (*Slika 4*).

Deviation X, mm	0,3	40 mm
Deviation Y, mm	4,0	40 mm

*Slika 4. Devijacija stopala X (Deviation X), devijacija stopala Y (Deviation Y)*

**Leptir dijagram** (*Butterfly diagram*) – (*Slika 5*) prikazuje podatke plantarnoga centra pritiska tijekom obavljenih koraka, cikličnih kretnji. Ovisno o brzini pritiska, parametri mogu biti prikazani u tri boje, a to su:

1. Crvena - označava brzu kretanju centra pritiska
2. Zelena - označava umjereno brzu kretanju centra pritiska
3. Plava - označava sporu kretanju centra pritiska










*Slika 5. Leptir dijagram - prikaz plantarnoga centra pritiska stopala - preuzeto s:*

[https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte\\_Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)

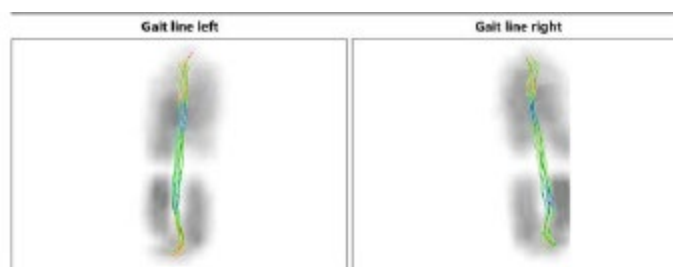
Leptir dijagram - prikaz parametara tijekom analize hoda

*Length of gait line* - duljina lijevoga i desnoga pritiska stopala na podlogu, *Single support line* - opterećenje preko lijevoga i desnoga stopala, *Ant/post position* – antero-posteriorna pozicija stopala, *Lateral symmetry* - lateralna simetrija stopala, *Max gait line velocity* - maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza (*Slika 6*).

Butterfly parameters			
Length of gait line, mm	L	261,7±1,2	 400 mm
	R	265,3±0,0	
Single support line, mm	L	140,6	
	R	147,2	
Ant/post position, mm		158,8±1,3	
Lateral symmetry, mm		-5,6±0,8	 -200 mm 200 mm
Max gait line velocity, cm/sec		192,2	

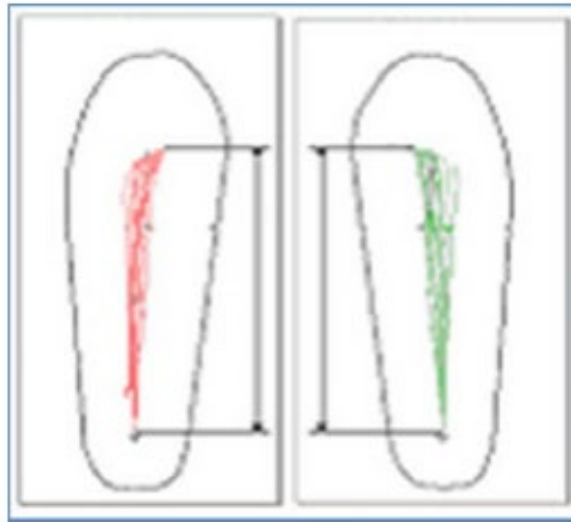
*Slika 6. Leptir dijagram - prikaz parametara tijekom analize hoda*

- a) Duljina lijevoga i desnoga pritiska stopala na podlogu, mm (*Length of gait line*)
- prikazane su odvojeno za lijevo i desno stopalo - linije pokazuju aplicirane sile o podlogu tijekom analize zabilježenih ponavljanja hoda, počevši od pete do prstiju. Podaci su odvojeni pojedinačno za svako stopalo, odnosno svaku nogu. Također kao gore navedeno, tri različite boje predstavljaju tri različite brzine plantarnoga centra pritiska o podlogu prilikom izvedbe hoda (*Slika 7*).



*Slika 7. Prikaz linije centra pritiska za lijevo i desno stopalo - preuzeto s: [https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)*

- b) Opterećenje preko lijevoga i desnoga stopala, mm (*Single support line*)
- karakterizira ga pozicija plantarnoga centra pritiska. Za izračun su uzeti samo kontakti s platformom jedne strane tijela. Ovaj parametar pokriva progresiju centra pritiska svih koraka evidentiranih od jedne strane tijela (*Slika 8*).

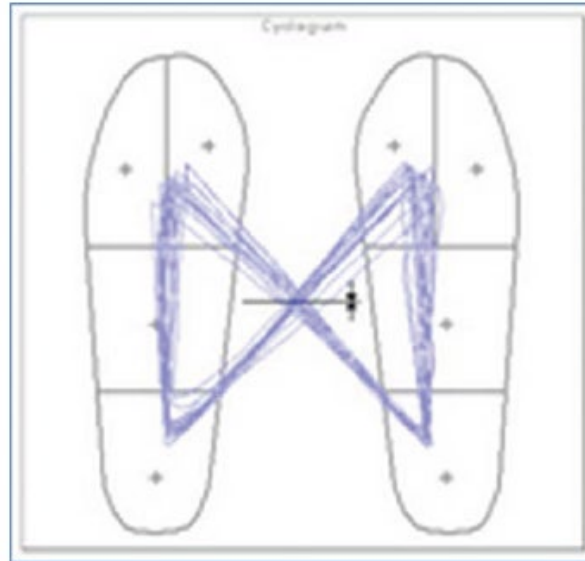


Slika 8. Prikaz opterećenja preko lijevoga i desnoga stopala (Single support line) - preuzeto s: [https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte\\_Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)

c) Antero-posteriorna pozicija stopala, mm (*Ant/post position*)

- varijabla opisuje prebacivanje centra pritiska na prednji ili stražnji dio stopala, odnosno točku sjecišta uzetu od svih izmjerenih koraka. Inicijalna, odnosno nulta pozicija predstavlja stražnji krajnji dio gdje peta dolazi u kontakt s podlogom, odnosno platformom (Slika 9).

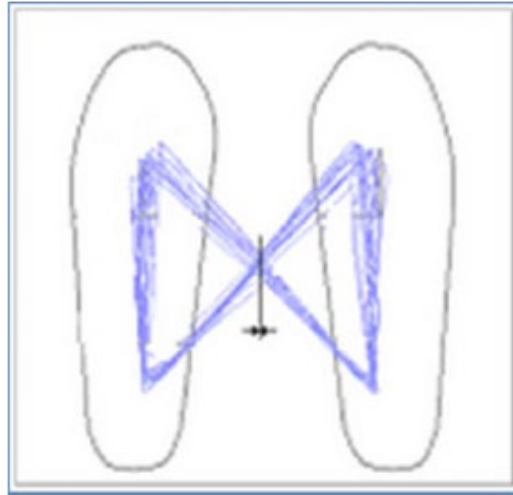




Slika 9. Antero-posteriorna pozicija stopala (Ant/post position) - preuzeto s:  
[https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte\\_Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)

d) Lateralna simetrija stopala, mm (*Lateral symmetry*)

- parametar koji nam opisuje lijevo, odnosno desno prebacivanje centra pritiska u kronološkim sekvencama uzimajući sve korake u obzir. Negativna vrijednost označava prebacivanje centra pritiska u lijevo, a pozitivna prebacivanje u desno. Početna ili nulta pozicija karakterizira centar pritiska koji se nalazi točno u sredini (*Slika 10*).



Slika 10. Lateralna simetrija stopala (*Lateral symmetry*) - preuzeto s:  
[https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte\\_Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)

- e) Maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza izražena u cm/s (*Max gait line velocity*)
  - Varijabla nam govori o najvećoj brzini postignutoj pri obavljanju jednoga nagaza od pete prema prstima.
  
- f) 100 metara kraul, odnosno kraul tehnika je varijabla kojom se definirala uspješnost plivača, a pretpostavlja vrijeme potrebno za isplivati dionicu od 100 m od početka zvučnoga signala za start (*Slika 11*) do ulaska u cilj. Rezultat isplivan u 25-metarskom bazenu izražen je u stotinkama sekunde. Također važno je napomenuti da je rezultat u plivanju negativno skaliran, odnosno što je kraće vrijeme, to je rezultat u plivanju bolji.



*Slika 11. Prikaz starta na mjerenju 100 metara kraul*

### **Opis protokola**

Sva mjerenja obavljala su se u ustanovi Kineziološkog fakulteta u Zagrebu te na ŠRC Mladost uz nazočnost profesora i asistenata kako bi se mogućnost pogreške pri mjerenju svela na minimalnu. Mjerenja su se provodila u jutarnjim satima tijekom radnih dana od ponedjeljka do petka u skladu s obvezama sportaša. Svi su ispitanici ispitani u roku 5 dana. Prva tri dana, od ponedjeljka do srijede, provodila se biomehanička analiza stava i hoda, a u četvrtak i petak je mjereno plivanje na 100 m kraul. Biomehaničku analizu hoda provodile su stručne osobe dok su antropometrijska mjerenja poput visine tijela, mase tijela prema Međunarodnom biološkom programu (Mišigoj-Duraković, 2008) provedena od strane autora. Prema izmjerenim podacima visine i mase tijela izračunat je BMI te su ispitanici ispunili upitnik o sportskim ozljedama tijekom karijere. Od ukupnog broja ispitanika ( $n = 15$ ), 7 je imalo ozljedu tijekom sportske karijere, dok je njih 8 zaniijekalo ozljedu. Također 6 ispitanika tijekom plivanja 100 m kraul disalo je na desnu stranu, 6 na lijevu stranu, a obostrano njih troje. Ostali podaci iz upitnika bit će detaljnije obrađeni u poglavlju Rezultati. Za potrebe istraživanja korištena je *Zebris medical* platforma tipa FDM 1.5.

Protokol za statičko mjerenje provodio se tako da se ispitanike na dogovoreni znak postavilo na sredinu platforme, u relaksiranu poziciju sunožno s rukama postavljenima uz tijelo i glavom u položaju frankfurtske horizontale (*Slika 13*).

Protokol za dinamičko mjerenje (*Slika 12*) provodio se uz upute ispitanicima da hodaju opuštено, kako to i uobičajeno rade i ne razmišljaju o položaju platforme na tlu i o tome kako će nagaziti na nju. Mjerenje se sastojalo od 8 uzastopnih ponavljanja na udaljenosti od 10 metara, odnosno 4 puta prema dolje te 4 puta prema gore kako bismo postigli što više kvalitetnih plantarnih pritisaka o platformu te valjane varijable prilikom mjerenja. Nakon završenog dinamičkog mjerenja, ispitanici su obavili statičko mjerenje na platformi te nakon provjere dobivenih parametara ispitanici su završili s mjerenjem.

Protokol dolaska na bazen i mjerenja rezultata u 100 m kraul izgledao je ovako: plivači su zamoljeni da prema dogovoru dođu u jutarnjim satima 2 dana zaredom unaprijed podijeljeni, s obzirom na obveze, u dvije grupe. Prva grupa od 8 ispitanika plivala je u četvrtak, a druga, od 7 ispitanika, u petak. Plivanje se provodilo po standardnim pravilima FINE.

Na karakterističan dulji zvižduk ispitanici su se popeli na startni blok. Na znak su zauzeli startnu poziciju i na zvižduk startali. Plivali su 100 metara kraul u 25-metarskom bazenu s trima okretima. U proceduru mjerenja vremena isplivanih izvedbi ispitanika bila su uključena tri trenera. Na kraju je razmatran prosjek svih triju mjerenja i odabran je srednji rezultat, odnosno aritmetička sredina svih triju rezultata. Nakon isplivanih 100 metara, plivač bi rukom dodirnuo zid, odnosno ploču na bazenu, što bi značilo da je uspješno isplivao zadanu dionicu.



*Slika 12. Analiza hoda na platformi Zebris*



*Slika 13. Analiza stava na platformi Zebris*

## Metode obrade podataka

Podaci prikupljeni ovim istraživanjem upisani su i obrađeni Spearmanovim koeficijentom korelacije s razinom statističke značajnosti  $p \leq 0,05$  u programskom softveru pod nazivom *Statistica 13.0* (Statsoft, Tulsa, SAD) s licencom na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Za potrebe ovog istraživanja prvo su izračunati deskriptivni pokazatelji uzorka ispitanika te detaljniji opis varijabli (aritmetička sredina, medijan, standardna devijacija, varijanca, minimalna i maksimalna vrijednost). Normalnost distribucije dobivenih varijabli u studiji procijenjena je Kolmogorov-Smirnovljevim (K-S) testom i Lilliefors testom normalnosti distribucije na razini pogreške zaključivanja  $p \leq 0,05$ .

## 4. REZULTATI

U ovome dijelu diplomskoga rada bit će prikazani dobiveni rezultati deskriptivnih parametara upitnika, antropometrijskih mjera i varijabli koje su dobivene mjerenjem uz pomoć platforme *Zebris*, rezultata u disciplini 100 metara kraul; grafički prikaz korelacija između duljine pritiska desnoga stopala na podlogu i kraul 100 m; grafički prikaz korelacije između lateralne simetrije stopala i rezultata u kraul 100 m; grafički prikaz dobivenih korelacija između maksimalne brzine linije hoda, odnosno nagaza i rezultata u kraul 100 m. Prikazani su i rezultati dobivenih koeficijenata korelacije između dobivenih varijabli statike i dinamike s rezultatom u disciplini 100 m kraul; grafički prikaz distribucije sila plantarnoga pritiska tijekom hoda (*Slika 17*); grafički prikaz sila u stavu prosječno (*Slika 18*); grafički prikaz sila u stavu maksimalno (*Slika 19*).

*Tablica 1. Prikaz deskriptivnih varijabli i rezultata u 100 metara kraul (UPITNIK)*

Varijabla	Mean $\pm$ SD	Median	Variance	Minimum	Maximum
Dob	20,27 $\pm$ 2,19	19,00	4,78	18,00	26,00
Visina tijela	1,86 $\pm$ 0,06	1,86	0,00	1,78	1,95
Masa tijela	84,33 $\pm$ 6,25	85,00	39,10	74,00	94,00
Godine bavljenja sportom	13,47 $\pm$ 2,30	13,00	8,98	9,00	20,00
Trening na suhom	202,67 $\pm$ 128,92	180,00	16620,95	0,00	600,00

Trening u bazenu	585,33±275,21	600,00	75740,95	200,00	1200,00
BMI ( <i>Body mass index</i> )	24,32±1,81	24,62	3,27	21,88	29,01
Kraul 100 m	56,23±2,75	56,36	7,56	50,99	62,16

Konačni uzorak činilo je 15 ispitanika dobi ( $20,27 \pm 2,19$ ) godina, tjelesne visine ( $1,86 \pm 0,06$ ) metara te tjelesne mase ( $84,33 \pm 6,25$ ) kilograma. Godine bavljenja sportom ispitanika su ( $13,47 \pm 2,30$ ). Trening na suhom provodio se prosječno ( $202,67 \pm 128,92$ ), a u bazenu ( $585,33 \pm 275,21$ ). Izračunat BMI (*Body mass index*) iznosi ( $24,32 \pm 1,81$ ) te izmjereno vrijeme ispitanika ( $56,23 \pm 2,75$ ), kao što je numerički prikazano (*Tablica 1*).

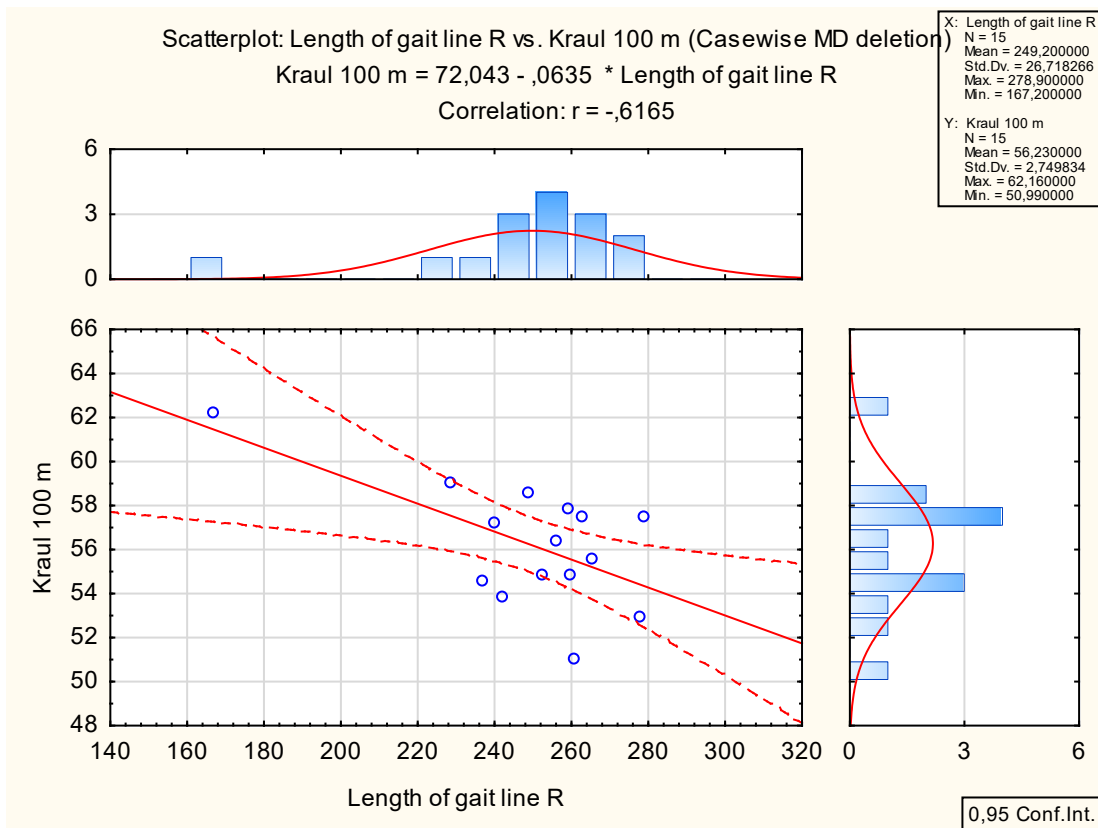
Rezultati zabilježeni u *Tablici 2* dobiveni provedenom studijom govore da varijable izmjerene u statičkim uvjetima: duljina centra pritiska izražena u milimetrima s koeficijentom korelacije ( $r = -0,358$  uz pogrešku  $p = 0,190$ ), prosječna brzina centra pritiska stopala izražena u milimetrima sekunde ( $r = -0,351$  uz pogrešku  $p = 0,200$ ), medio-lateralna ( $r = 0,500$  uz pogrešku  $p = 0,060$ ) te antero-posteriorna devijacija stopala ( $r = -0,225$  uz pogrešku  $p = 0,421$ ) nisu uputile na statistički značajnu korelaciju uz pogrešku  $p \leq 0,05$ . Možemo uzeti u detaljniji pregled varijablu medio-lateralna pozicija stopala zbog pogreške od  $p = 0,06$  te uz statističku sigurnost od 94 % možemo ustvrditi da varijabla ima koeficijent korelacije koji iznosi  $r = 0,50$ , što nam također može biti korisno za uputu daljnjim istraživanjima te usmjeravanja trenažnih procesa i procesa pripreme za sportska natjecanja.

Dobiveni rezultati detaljnom obradom hoda, odnosno varijable dobivene u dinamičkim uvjetima pokazuju nam da od izmjerenih sedam varijabli njih četiri: duljina pritiska lijevoga stopala na podlogu ( $r = -0,344$  uz pogrešku  $p = 0,210$ ), opterećenje preko lijevoga stopala ( $r = -0,192$  uz pogrešku  $p = 0,492$ ), opterećenje preko desnoga stopala ( $r = -0,172$  uz pogrešku  $p = 0,541$ ) te antero-posteriorna pozicija stopala ( $r = -0,076$  uz pogrešku  $p = 0,788$ ) ne potvrđuju navedene hipoteze i očekivanja istraživanja uz pogrešku  $p \leq 0,05$ .

Ostale tri varijable korištene za korelaciju s plivanjem discipline 100 metara kraul smatramo statistički značajnima jer je pogreška  $p \leq 0,05$ . Pod tri statistički značajne varijable spadaju:

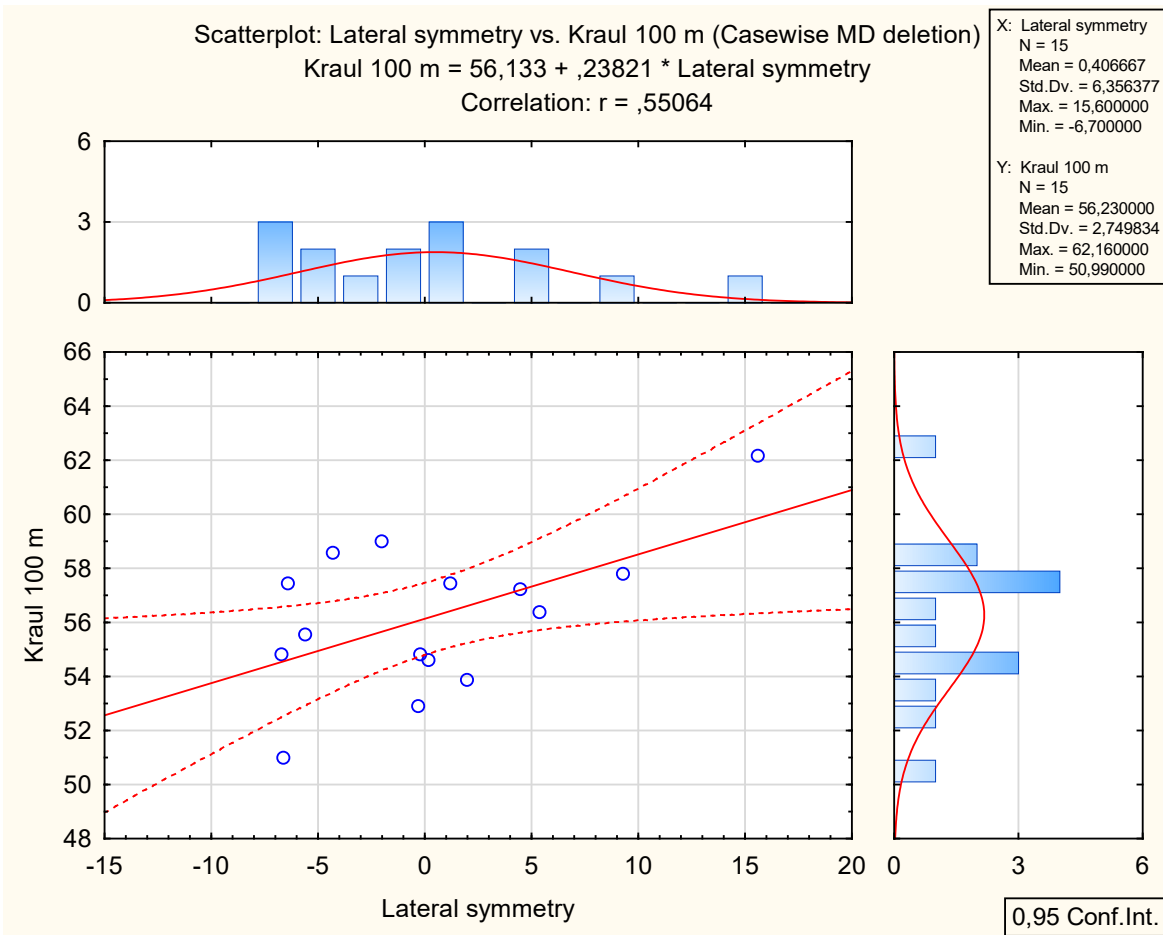
1. Duljina pritiska desnoga stopala na podlogu s koeficijentom korelacije (*Slika 14*),  $r = -0,617$ , uz pogrešku 0,014

2. Lateralna simetrija stopala s koeficijentom korelacije (Slika 15),  $r = 0,551$ , uz pogrešku 0,033
3. Maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza (cm/s), s koeficijentom korelacije (Slika 16),  $r = 0,543$ , uz pogrešku  $p = 0,037$ .

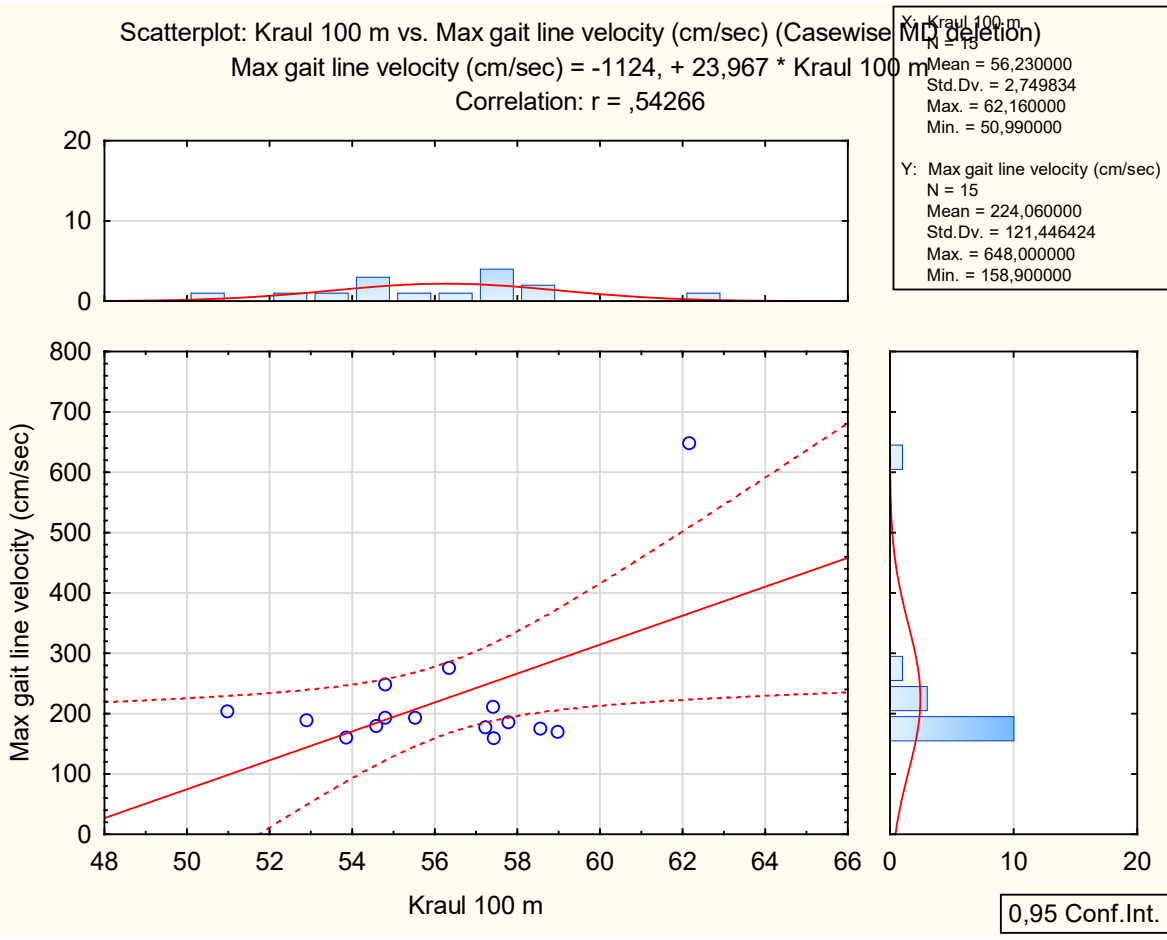


Slika 14. Prikaz korelacija između duljine pritiska desnoga stopala na podlogu i kraul 100 m





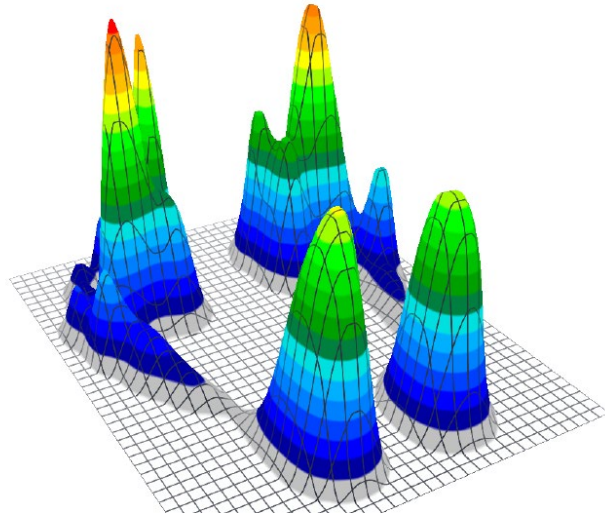
Slika 15. Prikaz korelacija između lateralne simetrije stopala i rezultata u kraul 100 m



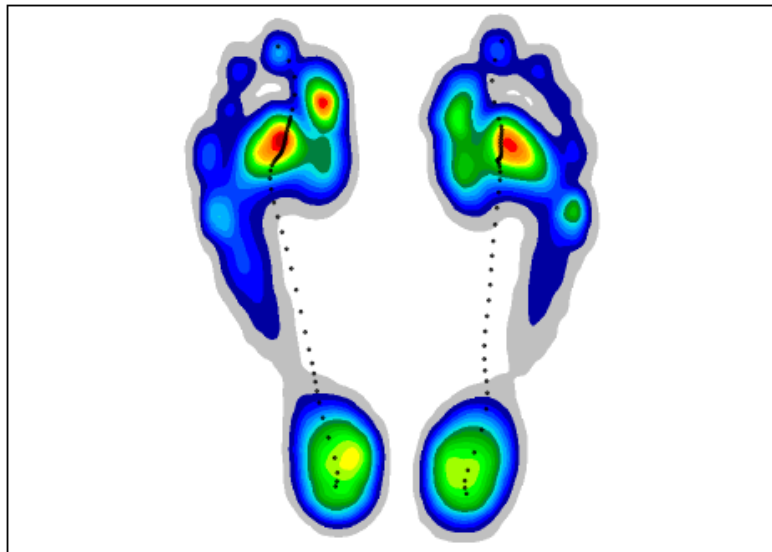
Slika 16. Prikaz dobivenih korelacija između maksimalne brzine linije hoda, odnosno nagaza i rezultata kraul 100 m

*Tablica 2. Prikaz dobivenih koeficijenata korelacije između dobivenih varijabli statike i dinamike s rezultatom u disciplini 100 m kraul*

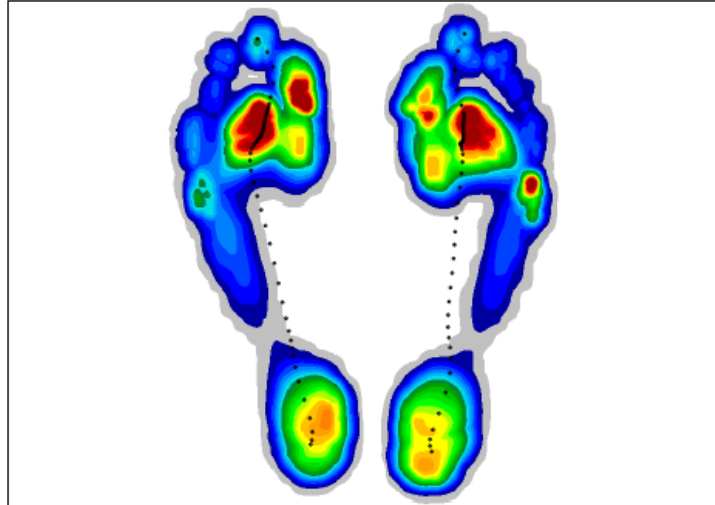
Varijable	r	r <sup>2</sup>	t	p
Duljina centra pritiska (mm) Kraul 100 m	-0,358	0,128	-1,380	0,190
Prosječna brzina centra pritiska stopala (mm/s) Kraul 100 m	-0,351	0,123	-1,350	0,200
Devijacija stopala X Kraul 100 m	0,500	0,250	2,061	0,060
Devijacija stopala Y Kraul 100 m	-0,225	0,050	-0,831	0,421
Duljina pritiska lijevoga stopala na podlogu Kraul 100 m	-0,344	0,118	-1,321	0,210
Duljina pritiska desnoga stopala na podlogu Kraul 100 m	-0,617	0,380	-2,823	0,014
Opterećenje preko lijevoga stopala Kraul 100 m	-0,192	0,037	-0,706	0,492
Opterećenje preko desnoga stopala Kraul 100 m	-0,172	0,029	-0,628	0,541
Antero-posteriorna pozicija stopala Kraul 100 m	-0,076	0,006	-0,275	0,788
Lateralna simetrija stopala Kraul 100 m	0,551	0,303	2,378	0,033
Maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza (cm/s) Kraul 100 m	0,543	0,294	2,329	0,037



*Slika 17. Distribucija sila plantarnoga pritiska tijekom hoda*



*Slika 18. Prikaz sila u stavu, prosječno*



*Slika 19. Prikaz sila u stavu, maksimalno*

#### **4. RASPRAVA**

Rezultati dobivenih koeficijenata korelacije iz skupine statičke ravnoteže, odnosno testa stajanja 15 sekundi u varijablama (duljina centra pritiska, prosječna brzina centra pritiska, devijacija stopala X i devijacija stopala Y) nisu statistički značajni jer se statistička značajnost ne može prikazati uz sigurnost od 95 %. Parametri dobiveni iz statike ne zadovoljavaju potrebe studije zbog samih uvjeta provođenja plivanja. Kao što znamo, plivanje je motorička vještina, odnosno sport koji se izvodi u dinamičkim uvjetima u vodenome mediju; stoga nam statika nije od velikoga značaja u toj vrsti aktivnosti. Veliki naglasak treba staviti na značajnost i povezanost statičke ravnoteže i prevencije nastanka sportske ozljede, odnosno kako su dosadašnje studije pokazale da smanjena sposobnost u ravnoteži korelira s povećanim rizikom od sportskih ozljeda (Hrysomallis, 2007; McGuine, Greene, Best i Levenson, 2000; Paterno i sur., 2010; Plisky, Rauh, Kaminski i Underwood, 2006; Tropp, Ekstrand i Gillquist, 1984). Ostale statistički neznačajne varijable dolaze iz skupine dinamičke ravnoteže, odnosno analize hoda te tu spadaju duljina pritiska lijevoga stopala na podlogu, opterećenje preko lijevoga stopala, opterećenje preko desnoga stopala i antero-posteriorna pozicija stopala.

S druge strane tri varijable koje smo dobili analizom hoda i uzimanjem parametara za dinamičku ravnotežu pokazale su se statistički značajnima uz sigurnost od 95 %. Varijable koje su se koristile za povezanost s kraulom 100 metara su: duljina pritiska desnoga stopala na podlogu, lateralna simetrija stopala, maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza izražena u cm/s. Zanimljivost provedene studije ukazuje na to da što je veća vrijednost u varijabli duljina pritiska desnoga stopala o podlogu, to će uspješnost u plivanju biti bolja. Razloge za ovakav rezultat treba istraživati dalje i pokušati sagledati zašto je duljina pritiska značajno povezana s plivanjem. Možemo pretpostaviti da veliki dio plivača vrši okret i fazu guranja o zid dominantno desnom nogom te samim time vrše veće propulzivne sile tom nogom, odnosno plantarnim pritiskom. Također velike se sile stvaraju i tijekom plivačkoga starta. Zbog sile reakcije podloge i propulzivnih sila koje stvara tijelo, odnosno noga, pri hodu rade veći potisak s desnom nogom. Kod lateralne simetrije stopala, kao što je opisano, negativni rezultat predstavlja veći centar pritiska na lijevome stopalu te time zaključujemo da će takvi disbalansi kod sportaša koji postižu veću vrijednost u toj varijabli uzrokovati lošije rezultate u disciplini kraul 100 m zbog mogućih asimetrija u tijelu, odnosno prebacivanja težine na desnu stranu. Posljedično varijabla maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza izražena u cm/s upućuje nas na zaključak: što je veća vrijednost u toj varijabli, to je lošija izvedba u plivanju. Dobiveni podatak, odnosno njegovo shvaćanje možemo prezentirati na sljedeći način: ako maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaz stopala putuje manjom brzinom, time je kontakt s podlogom dulji te sadrži više nestabilnosti koje uvjetuju veće i dulje putovanje centra pritiska stopala te stvara nestabilnije tijelo tijekom hoda. Također jedan od razloga može biti kod starta i okreta da plivač zadržava dulji kontakt s podlogom te samim time ima manju eksplozivnu snagu. Moguće je da i kod plivanja brzina i jednolikost prebacivanja tijela, odnosno rotacija oko uzdužne osi treba biti brža i kompaktnija. Navedeno ostaje otvoreno za daljnja istraživanja.

Slične zaključke donijeli su Gross i Thompson (1957) izradivši studiju o korelaciji između dinamičke ravnoteže i sposobnosti u plivanju gdje su otkrivene statistički značajne vrijednosti povezanosti dinamičkoga balansa (evaluiran s Bass Testom) i brzine u plivanju (-0.75 uz  $p = 0,05$ ). Dobivena je povezanost dinamičkoga balansa i sposobnosti plivanja (0.65 uz  $p = 0,07$ ). Izračunate su  $t$  vrijednosti između istih dviju sposobnosti koje upućuju na to da dinamička ravnoteža nije slučajan faktor te zaključno može biti važan faktor u razvoju brzine i sposobnosti plivanja. Ravnoteža je sposobnost koja se pretežno razvija na „suhom“, a Baccouch i sur. (2015) u svojem radu navode poboljšanje ravnoteže uslijed plivačkoga treninga.

Jednako tako, studija C. D. Davlina (2004) otkriva da su među visoko rangiranim sportašima gimnastičari imali najbolje rezultate u sposobnosti testirane dinamičke ravnoteže u usporedbi s nogometašima i plivačima, iako su nogometaši i plivači bili dominantni uspoređujući dobivene rezultate s kontrolnom grupom. U ovoj se studiji pokazala osobito zanimljivom činjenica da razlika između nogometaša i plivača nije bila velika, odnosno rezultati su se pokazali dosta sličnima u izvođenju ovoga zadatka. Nikako ne smijemo zaboraviti da aktivni plivači, kao i ostali sportaši, provode određeni dio treninga i izvan bazena te taj oblik aktivnosti također utječe na njihovu sposobnost postizanja ravnoteže. Na temelju toga možemo zaključiti da dobivene statistički značajne varijable mogu biti valjani pokazatelj postojanja utjecaja dinamičke ravnoteže i njezinih zahtjeva nad uspješnosti u plivanju. Mjere centra pritiska koriste se kao pokazatelj posturalne stabilnosti i ravnoteže (Palmieri i sur., 2002; Doyle i sur., 2007; Han i sur., 2020).

Važno je spomenuti da su navedene varijable dobivene u uvjetima koji nisu identični uvjetima u kojima se aktivnost provodi. U to ubrajamo osnovne zakone fizike gdje je u mjerenju statike i dinamike na suhom oslonačna površina prostor koji zatvaraju stopala ispitanika, dok je u plivanju oslonačna površina cijela površina bazena zbog raspodjela sila koje djeluju na tijelo u mirovanju koje pluta, odnosno kada čovjek miruje, poput hidrostatske sile, gdje tlakovi koji su u vodi djeluju na tijelo, neizostavno sile uzgona, sile teže. Kada je tijelo u kretanju, na njega djeluju hidrodinamičke sile. Na suhome na tijelo djeluju sile reakcije podloge i sila teža koje ćemo najlakše opisati uz treći Newtonov zakon.

Spomenut ćemo osnovne zakone fizike koje možemo primijeniti u vodenome mediju i zraku.

1. **Prvi Newtonov zakon** (*Zakon inercije*) kaže da svako tijelo ostaje u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja u smjeru sve dok ga neka vanjska sila ne prisili da promijeni to stanje (Halliday, D., Resnick, R. i Walker, J., 2013).

2. **Drugi Newtonov zakon** kaže da je promjena količine gibanja proporcionalna djelovanju sile i da se događa u smjeru te sile. Budući da je Newton količinu gibanja opisao umnoškom mase i brzine ( $p = m \times v$ ), Newtonov drugi zakon istovremeno definira silu ( $F$ ) i uvodi masu kao svojstvo tijela:

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$$

gdje je  $\Delta(mv)$  promjena zamaha ili količine kretanja,  $t$  - vrijeme,  $\Delta t$  - vremenski interval; u diferencijalnom obliku:  $F = dp / dt$ . U klasičnoj mehanici, uz pretpostavku konstantne mase, Newtonov drugi zakon ima oblik:

$$\mathbf{F} = m \times \frac{\Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$$

te stoga uvodi akceleraciju ( $a$ ). Iz Newtonove definicije proizlazi da se sila može očitovati i kao promjena mase. To klasičnu mehaniku čini posebnim slučajem teorije relativnosti za brzine koje se ne približavaju brzini svjetlosti. Preuzeto s: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=43656>

3. **Treći Newtonov zakon** (*zakon akcije i reakcije*) kaže da za svaku silu koju nastane uslijed djelovanja okoline na tijelo postoji protusila koja je po količini jednaka sili, ali je suprotnoga smjera. Sila i protusila uvijek djeluju na različita tijela.

4. **Četvrti Newtonov zakon** (*zakon gravitacije*) kaže da se bilo koja dva tijela ili čestice uzajamno privlače silom proporcionalnom njihovim masama  $m_1$  i  $m_2$ , a obrnuto proporcionalnom (razmjernom) kvadratu udaljenosti  $r$  između njihovih središta mase.

$F = -Gm_1m_2/r^2$ , gdje je  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$  gravitacijska konstanta, u vektorskom obliku

$$\mathbf{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|},$$

gdje je  $\mathbf{r}/|\mathbf{r}|$  jedinični vektor vektora  $\mathbf{r}$  koji povezuje središta masa dvaju tijela.

(Halliday, D., Resnick, R. i Walker, J., 2013).

Znajući ove zakone fizike, možemo se zapitati je li moguće podatke iz testova koji su rađeni na suhome iskoristiti i za drugačije sportove kao što je plivanje, sa svim svojim karakteristikama te obilježjima medija u kojemu se provodi. Kao što je prikazano, zračni se medij prilično razlikuje od vodenoga medija pa prema tome možemo zaključiti da navedena studija mora biti detaljnije istražena.

Plivanje je dinamički sport u kojemu je ravnoteža osobito važna, pogotovo pri dinamičkim uvjetima starta i okreta što posljedično dovodi i do boljšeg rezultata u plivanju. Provedena studija ukazuje da određeni parametri dobiveni iz dinamičkih uvjeta imaju zadovoljavajuću povezanost s rezultatom u plivanju, točnije disciplinom 100 metara kraul te da su neizostavni dio za razvoj sposobnosti sportaša i njegovih performansi.



## 5. ZAKLJUČAK

U ovome radu nastojalo se odgovoriti na pitanje povezanosti između statičke i dinamičke ravnoteže te rezultata u plivanju 100 metara kraul, uz uporabu Spearmanova koeficijenta korelacije kojim smo dokazali statistički značajne varijable: duljinu desnoga pritiska stopala na podlogu, lateralnu simetriju stopala, maksimalnu brzinu linije hoda, odnosno nagaza uz statističku pogrešku  $p \leq 0,05$ .

Valja napomenuti da plivači veći dio života provode izvan bazena obavljajući razne aktivnosti životnog i rekreativnog karaktera te je važno trenažnim procesom spriječiti ili barem maksimalno pokušati izbjeći mogući nastanak ozljede. Svakako je potrebno obratiti pozornost na navedene stavke i propuste koji su se mogli nenamjerno dogoditi tijekom izvođenja ove studije te još detaljnije ispitati povezanost između statičke i dinamičke ravnoteže s uspjehom u plivanju, disciplini 100 m kraul.

Ravnoteža je jedan od značajnih faktora motoričkih sposobnosti kako za život tako i za plivačku izvedbu. S obzirom na to da je plivanje aktivnost koja se provodi u dinamičkim uvjetima, veći bi se naglasak trebao staviti na dinamičku ravnotežu. Kao i u svakome sportu, pristup treba biti multifaktorijalan i raznovrstan. Važno je naglasiti da se u disciplini 100 metara kraul koristi sila reakcije podloge kod starta i okreta te možemo zaključiti da je varijable dobivene analizom hoda moguće prebaciti u spomenute uvjete u bazenu.

Autor dobivenim rezultatima može uputiti i pokrenuti inicijativu za daljnja istraživanja i analize statistički valjanih varijabli dobivenih ovom studijom tijekom analize hoda (duljina desnoga pritiska stopala na podlogu, lateralna simetrija stopala, maksimalna brzina linije hoda, odnosno nagaza).

## **ZAHVALA**

Prije svega želio bih zahvaliti mentorici, doc. dr. sc. Klari Šiljeg i kolegi Bartolu Vukeliću što su omogućili prikupljanje podataka i konstruktivno stvaranje ideje za ovu studiju. Jednako tako, želim zahvaliti izv. prof. dr. sc. Mariju Kasoviću i doc. dr. sc. Lovri Štefanu na dozvoli za korištenje biomehaničkoga laboratorija, same pedobarografske platforme. Također veliku zahvalu upućujem svojoj obitelji koja mi je bila velika potpora tijekom cijeloga studija i svih izazova na koje sam nailazio. Na kraju, hvala svim prijateljima i onima koji su vjerovali u mene, koji su mi pomagali i bili uz mene od početka do kraja ovoga predivnoga životnog razdoblja.

## LITERATURA

Baccouch, R., Rebai, H. i Sahli, S. (2015). Kung-fu versus swimming training and the effects on balance abilities in young adolescents. *Physical therapy in sport*, 16(4), 349-354.

Bächlin, M. i Tröster, G. (2012). Swimming performance and technique evaluation with wearable acceleration sensors. *Pervasive and mobile computing*, 8(1), 68-81.

Davlin, C. D. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Perceptual and motor skills*, 98(3\_suppl), 1171-1176.

Doyle, R. J., Hsiao-Weckslar, E. T., Ragan, B. G. i Rosengren, K. S. (2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait & posture*, 25(2), 166-171.

Han, K., Park, J., Kwon, W. i Kim, J. (2020). Comparative analysis of high-clear motion of female middle school student using COM and COP parameter. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 37(4), 786-793.

Gross, E. A. i Thompson, H. L. (1957). Relationship of dynamic balance to speed and to ability in swimming. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 28(4), 342-346.

Halliday, D., Resnick, R. i Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons

Hrysomallis, C. (2007). Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports medicine*, 37(6), 547-556.

Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*, 41(3), 221-232.

Jurko, D., Čular, D., Badrić, M. i Sporiš, G. (2015). Osnove kineziologije. *Zagreb, GOPAL DOO*, 124.

Marani, I. N. (2020). The Effectiveness of Core Stability Exercises on Increasing Core Muscle Strength for Junior Swimming Athletes.

McGill, S. (2010). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength & Conditioning Journal*, 32(3), 33-46.

McGuine, T. A., Greene, J. J., Best, T. i Leverson, G. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 239-244.

Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B. i Steele, J. R. (2010). Foot pain, plantar pressures, and falls in older people: a prospective study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(10), 1936-1940.

Milanović, D. (2009). Teorija i metodika treninga. Zagreb: Društveno veleučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Mišigoj-Duraković, M., Borms, J., Duraković, Z. i Matković, B. (2008). *Kinantropologija: biološki aspekti tjelesnog vježbanja*. Kineziološki fakultet.
- Mooney, R., Corley, G., Godfrey, A., Osborough, C., Newell, J., Quinlan, L. R. i ÓLaighin, G. (2016). Analysis of swimming performance: perceptions and practices of US-based swimming coaches. *Journal of sports sciences*, 34(11), 997-1005.
- Mountjoy, M., Junge, A., Alonso, J. M., Clarsen, B., Pluim, B. M., Shrier, I., ... i Khan, K. M. (2016). Consensus statement on the methodology of injury and illness surveillance in FINA (aquatic sports). *British journal of sports medicine*, 50(10), 590-596.
- Mu-Yeop, J. I., Jin-Ho, Y. O. O. N., Ki-Jae, S. O. N. G. i Jae-Keun, O. H. (2021). Effect of Dry-Land Core Training on Physical Fitness and Swimming Performance in Adolescent Elite Swimmers. *Iranian Journal of Public Health*, 50(3), 540.
- Neljak Boris (2013). Opća kineziološka metodika, *GOPAL DOO*, Zagreb
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B. i Krause, B. A. (2002). Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of sport rehabilitation*, 11(1), 51-66.
- Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B. i Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American journal of sports medicine*, 38(10), 1968-1978.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W. i Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 36(12), 911-919.
- Radzimińska, A., Kos, A., Bułatowicz, I., Struensee, M., Janowiak-Maciejewska, K., Styczyńska, H., ... i Zukow, W. (2013). Swimming as a Form of Active Rehabilitation for Patients with Spinal Cord Injury at the C7 Level. *Journal of Health Sciences*, 3(11), 233-242.
- Šiljeg, K. (2018). Plivanje. HPS – Hrvatski plivački savez.
- Tropp, H. A. N. S., Ekstrand, J., i Gillquist, J. (1984). Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(1), 64-66.
- Ujević, D. i Rogale, D. (2019). Prenosivi antropometar. *Annual of the Croatian Academy of Engineering*, 2018(1), 154-158.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*, 3(4), 193-214.
- Newtonovi zakoni *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=43656>

Zebris FDM 1.16x, Software Manual, Zebris Medical GmbH, 2017.

[https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte\\_Versionen/Manual\\_zebris\\_FDM\\_1.16.x\\_R1\\_EN\\_web.pdf](https://www.zebris.de/fileadmin/Editoren/zebris-PDF-Manuals/Medizin/Software/Alte_Versionen/Manual_zebris_FDM_1.16.x_R1_EN_web.pdf)

## PRILOZI

### Prikaz slika

Slika 1. Platforma Zebris .....	6
Slika 2. Slikovni prikaz plantarnoga pritiska u statičkim uvjetima te raspodjela sila.....	7
Slika 3. Duljina puta centra pritiska (COP path length), prosječna brzina centra pritiska stopala (COP average velocity).....	7
Slika 4. Devijacija stopala X (Deviation X), devijacija stopala Y (Deviation Y).....	8
Slika 5. Leptir dijagram - prikaz plantarnoga centra pritiska stopala .....	8
Slika 6. Leptir dijagram - prikaz parametara tijekom analize hoda .....	9
Slika 7. Prikaz linije centra pritiska za lijevo i desno stopalo.....	9
Slika 8. Prikaz opterećenja preko lijevoga i desnoga stopala (Single support line).....	10
Slika 9. Antero-posteriorna pozicija stopala (Ant/post position).....	11
Slika 10. Lateralna simetrija stopala (Lateral symmetry .....	12
Slika 11. Prikaz starta na mjeranju 100 metara kraul.....	13
Slika 12. Analiza hoda na platformi Zebris .....	15
Slika 13. Analiza stava na platformi Zebris.....	15
Slika 14. Prikaz korelacija između duljine pritiska desnoga stopala na podlogu i kraul 100 m.....	18
Slika 15. Prikaz korelacija između lateralne simetrije stopala i rezultata u kraul 100 m.....	19
Slika 16. Prikaz dobivenih korelacija između maksimalne brzine linije hoda, odnosno nagaza i rezultata kraul 100 m .....	20
Slika 17. Distribucija sila plantarnoga pritiska tijekom hoda .....	22
Slika 18. Prikaz sila u stavu, prosječno.....	22
Slika 19. Prikaz sila u stavu, maksimalno.....	23

### Prikaz tablica

Tablica 1. Prikaz deskriptivnih varijabli i rezultata u 100 metara kraul (UPITNIK).....	16
Tablica 2. Prikaz dobivenih koeficijenata korelacije između dobivenih varijabli statike i dinamike s rezultatom u disciplini 100 m kraul .....	21