POVEZANOST NEKIH PARAMETARA DINAMOMETRIJSKE SILE VUČE U VODI I REZULTATA U DISCIPLINI 50 METARA SLOBODNO KOD PLIVAČA

Tukara, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:703570

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje akademskog naziva:
magistar kineziologije)

Marko Tukara

POVEZANOST NEKIH PARAMETARA DINAMOMETRIJSKE SILE VUČE U VODI I REZULTATA U DISCIPLINI 50 METARA SLOBODNO KOD PLIVAČA

diplomski rad

Mentor:
prof. dr. sc. Goran Leko

Zagreb, rujan, 2019

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog 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:

prof. dr. sc. Goran Leko

Student:

Marko Tukara

POVEZANOST NEKIH PARAMETARA DINAMOMETRIJSKE SILE VUČE U VODI I REZULTATA U DISCIPLINI 50 METARA SLOBODNO KOD PLIVAČA

Sažetak

Snaga i brzina su čimbenici koji zajedno s fiziološkim i tehničkim utječu na uspješnost u plivanju. Primarni cilj ovog znanstvenog istraživanja bio je definirati povezanost između 8 različitih parametara dobivenih testom dinamometrije plivanja i rezultata u disciplini t50 slobodno. Sekundarni cilj ovog znanstvenog istraživanja bio je izraditi računalni program koji će olakšati izračunavanje i analizu sila zaveslaja u plivanju izmjerenu pomoću dinamometra. Ostvarenjem dvaju ciljeva moglo bi se zaključiti koji je čimbenik važniji, snaga ili tehnika. Uzorak ispitanika obuhvaća 8 vrhunskih plivača Hrvatskog akademskog športskog kluba Mladost. Testiranje je obavljeno pomoću dinamometrijske sonde te su izmjerene sile analizirane pomoću računalnog softvera. Za povezanost između parametara sile zaveslaja u mjestu i t50 kraul korištena je metoda korelacije i multiple regresijske analize u računalnog programu Statistica. Rezultati korelacije pokazuju statistički značajnu povezanost jedino između t50 kraul i ImpF (*p= 0,716793*), dok multipla regresijska analiza nije pokazala značajnu povezanost. Od ostalih istraživanih parametara korelacija pokazuje malu povezanost s fatInd (*p= 0,309155*), RDF (*p= -0.553791)* i Fmax/kg (*p= 0,346679).* To upućuje na zaključak da u kratkim natjecateljskim disciplinama nije samo važno proizvesti maksimalnu silu u minimalnom vremenu, nego optimalnom tehnikom produžiti toj sili vrijeme djelovanja na vodu te da broj skupina ispitanika mora biti homogenizirana i veća.

Ključne riječi: dinamometrija, plivanje u mjestu, sprint, sila vuče, impuls sile

RELATIONSHIP OF SOME DYNAMOMETRIC PULLING FORCE PARAMETERS IN WATER AND RESULTS IN 50 METER CRAWL

Abstract

Besides physiological and technical factors, power and speed play important roles in swimming performance. The main goal of this scientific research is to define the correlation between 8 different parameters obtained with tethered swimming and t50 freestyle. The second goal of this scientific research is to develop a computer software which calculates and analyses the pull swimming force obtained by a dynamometer. By accomplishing the two mentioned goals, it can be concluded which factor impacts more swimming performance, power or technique. Measurements are obtained on 8 professional swimmers of the Croatian Academic Sports Club Mladost using dynamometric probes. The measured forces are further analysed with a computer software. The method of correlation and multiple regression analysis, from the software package Statistica, is used to determinate the correlation between different force parameters during a swimming stroke and the sprint t50 freestyle. The results of the correlation analysis show a statistically significant correlation only between t50 freestyle and ImpF (p=0.716793), while multiple regression analysis showed no significant association. Low correlation is observed on other parameters including fatInd (p = 0,309155), RDF (p = -0,553791) and Fmax / kg (p = 0,346679). From the mentioned results it can be concluded that in short competition events it is not only important to produce the maximum force in the minimum time but to also use a technique which extends that force over the time and that the sample should be homogenized and larger.

Key words: dynamometrics**,** tethered swimming, sprint, pulling force, impulse force

SADRŽAJ

1. Uvod 7

2. Ciljevi i hipoteze 11

2.1. Ciljevi 11

2.2. Hipoteze 11

3. Metode istraživanja 12

3.1. Ispitanici 12

3.2. Protokol mjerenja i opis mjernih instrumenata 12

3.3. Uzorak varijabli 16

3.4. Statistička analiza podataka 17

4. Rezultati 18

5. Rasprava 22

6. Zaključak 24

7. Literatura 25

Kratice korištene u radu

% - postotak

A – aritmetička sredina

F – sila

fatInd – indeks umora

Favg – prosječna sila

Fmax – maksimalna sila zaveslaja

Fmax/kg – maksimalna relativna sila

Fmin – minimalna sila zaveslaja

Fmin/kg – minimalna relativna sila

ImpF – impuls sile

kg – kilogram

m – metar

N – Newton

N* – broj ispitanika

N/kg – Newton po kilogramu

N/s – Newton sekundi

RFD – gradijent sile

s – sekunda

t50 – rezultat 50 metara slobodno

1. Uvod

Govoreći o uspješnosti u plivanju, jakost i snaga gornjih ekstremiteta te brzina su zasigurno dva glavna parametra u treningu kratkoprugaša, a zajedno s tehničkim parametrima utječu na sprintersku izvedbu. Glavni tehnički parametri su frekvencija zaveslaja i prijeđeni put po zaveslaju (Girold, Calmers, Maurin, Milhau i Chatard, 2006).

Leko (2011) potvrđuje važnost maksimalne brzine plivanja u sprinterskim dionicama, no dodaje kako maksimalna brzina plivanja zavisi o maksimalnoj sili koju plivač iskoristi tijekom zaveslaja. Kako bi je plivač iskoristio mora imati optimalnu tehniku izvođenja i visoko razvijene energetske kapacitete.

Tijekom pregleda dosadašnjih radova i plivačkih rezultata dalo se zaključiti da kraul omogućuje postizanje najveće maksimalne brzine od sve četiri tehnike. U treningu vrhunskih plivača i rekreativaca tehnika kraul se najčešće koristi za unaprjeđenje plivačkih sposobnosti. Pod tim se podrazumijeva trening za unaprjeđenje fizioloških sposobnosti koje su odgovorne za razvijanje srčano-žilnog i dišnoga sustava. Tehnika kraul izvodi se koordiniranim radom ruku, nogu i disanjem te fluidnim prelaskom iz jedne faze u drugu kod rada ruku, nogu i disanja (Šiljeg, 2018). Takvim se smatra najjednostavnijom cikličnom tehnikom od sve četiri tehnike i korisnim trenažnim sadržajem.

Za povećanje sile zaveslaja koriste se različiti modaliteti treninga na suhom i u vodi. Trening snage u vodi provodi se uz pomoć raznih pomagala kao što su: lopatice, peraje, padobrani, elastične gume, itd. Neke od njih se koriste kako bi plivač morao plivati pod određenim otporom. Elastične gume i plivanje u mjestu se kao pomagalo u plivanju koriste od 1970-ih godina i jedan su od najposebnijih pomagala za trening i procjenu plivačkih sposobnosti (Magel, 1970). Utjecaj treninga s gumama pokazao je značajno povećanje jakosti mišića ruku i poboljšanje rezultata na 100 m, a kojima je najviše pridonosio trening u kojem je plivač razvlačio gumu. Trening sa gumama posebno povećava jakost opružača ruke, triceps brachii (Girold, Calmels, Maurin, Milhau, & Chatard, 2006).

U plivanju se često u svrhu dijagnostike koristi test dinamometrije. Naprave za mjerenje sila nazivamo dinamometrima, a riječ 'dinamo' na starogrčkom znači sila. Najjednostavnijim dinamometrima mjeri se deformacija nekog elastičnog tijela, koristeći se pri tome Hookovim zakonom o linearnom odnosu sile i deformacije elastičnog tijela. Zbog toga ista sila uzrokuje uvijek isto produljenje spiralnog pera u običnom kantaru koji služi za mjerenje sila težine (Nikolić i sur., 2011).

U privezanom plivanju, uže ili guma drži plivače u mjestu, a plivači gumu pokušavaju razvući što više. Svojim učinkom ono spada u metode za povećavanje mišićne snage (Maglischo, 2003). Savladavajući velika opterećenja brzim pokretima moguće je unaprijediti mišićnu snagu plivača (Kawamori i Newton, 2006). Dinamometrijsku sila ili „silu vuče“ možemo izmjeriti u svim tehnikama plivanja, a može se posebno izmjeriti sila vuče nogama, rukama te u punoj koordinaciji (Leko i sur., 2011). Neka istraživanja (Vorontsov i sur., 1999) ukazuju da dinamometrijska sile ovise o spolu, dobi, razini kvalitete plivača i dužini dionice koja se pliva.

Primjena specifičnih plivačkih testova u vodi i suhom zahtijeva dobro poznavanje tehnike plivanja od strane ispitanika. Prethodno je provedeno istraživanje kojemu je cilj bio ispitati da li se standardni plivački testovi (dinamometrija u vodi i plivački ergometar na suhom) mogu upotrijebiti za mjerenje neselekcionirane plivačke populacije. Prediktorske varijable testiranja su izmjerene na plivačkom ergometru na suhom, relativna snaga jednog maksimalnog provlaka tehnikom kraul, 10 maksimalnih provlaka tehnikom kraul, jedna minuta na ergometru kraul tehnikom i test dinamometrije u vodi. Kriterijske varijable su bili rezultati plivanja na 25, 50, 300 m kraul tehnikom i 50 m dupin tehnikom. Jedino se test dinamometrije pokazao kao uspješan prediktor rezultata na kraćim dionicama tj. 25 metara kraul, 50 metara kraul i 50 metara dupin. Na 300 metara kraul, niti jedan prediktor se nije izdvojio kao značajan dok se kod dionice 50 metara dupin izdvojio test dinamometrije 1-dupin provlak kao značajan. Zaključak je da test ergometrije na suhom nije neprimjeren za testiranje neselekcionirane plivačke populacije (Leko i sur., 2006).

Slično istraživanje na vrhunskim plivačima u kojemu se za mjerenje sila koristio dinamometar i ergometar provela je Zoretić (2014). Utvrđivala je utjecaj određene specifične motorike i funkcionalnih sposobnosti na 100 m plivanjem slobodnim stilom u 50 metarskom bazenu. Utvrđeno je da su s uspjehom u disciplini 100 metara slobodno statistički značajno povezani testovi dinamometrija koordinacije u vodi, dinamometrija ruku u vodi, dupin provlak pod opterećenjem 4 i dinamometrija nogu u vodi. Rezultati upućuju da je za predikciju rezultata na 100 metara slobodno, iz skupa testova provedenih u ovom istraživanju, kao prediktor dovoljno koristiti samo test dinamometrije. Uspješnost u disciplini 100 m slobodno moguće je tek djelomično objasniti korištenim skupom testova specifične motorike i funkcionalnih sposobnosti.

Radi navedenog su izmjerene sile samo pomoću dinamometra i analizirane u računalnom programu koji izračunava 8 parametara na jednostavan i vizualan način. 8 parametara koji su izračunati i uspoređivani s rezultatom sprinta 50 metara slobodnim stilom (t50) su: maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin), maksimalna relativna sila (Fmax/kg), minimalna relativna sila (Fmin/kg), prosječna sila (Favg), gradijent sile (RFD), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd).

Cilj biomehanike plivanja je, u osnovi, odrediti propulzivnu silu koju je plivač razvio, procijeniti suprotnu silu povlačenja i promatrati njegov odnos s tehnikom i izvedbom (Akis i Orcan, 2004). Stoga su Morouço i sur. (2011) napravili istraživanje o veličini sila kod svake tehnike i njihovom odnosu s plivačkom izvedbom na 50, 100 i 200 m. Podaci upućuju na to da su apsolutne vrijednosti proizvedene sile više povezane s natjecateljskom izvedbom od relativnih sila. Indeks umora nije pokazao korelaciju s nijednom varijablom izvedbe. Rezultati pokazuju da se test 30 s plivanjem u mjestu čini pouzdanim protokolom za procjenu proizvedene sile zaveslaja kod sve četiri tehnike te da je koristan za procjenu situacijske uspješnosti plivača u sprinterskim disciplinama.

Ako promatramo natjecateljsko plivanje, većina disciplina traje oko dvije minute te je moguće tvrditi da je anaerobni kapacitet važan parametar za procijeniti i ocijeniti. Tako je provedeno istraživanje kojem je bio za cilj analizirati i usporediti vrijednosti jakosti (maksimalna sila, minimalna sila) i indeks umora procijenjene pomoću sile vuče u plivanju tijekom 30 sekundi.

Maksimalne vrijednosti izmjerene u istodobnim tehnikama (prsna i leptir tehnika) bile su značajno veće u odnosu na tehnike naizmjeničnim načinom (kraul i leđna tehnika) plivanja kako se i očekivalo s obzirom na efekt inercije u pasivnoj fazi zaveslaja. Prosječne sile imaju najveće vrijednosti u prsnoj tehnici te je slijede leđna, kraul i delfin tehnika. Indeks umora je bio najveći u istodobnim tehnikama pokazujući najveći pad u jakosti plivača tijekom 30 sekundi izvođenja testa. Zaključno, ovaj jednostavan test može biti koristan pri procjeni anaerobnih sposobnosti, dajući povratnu informaciju treba li poboljšati plivačevu izvedbu, bez da se koristi moderna oprema koju napredni testovi zahtijevaju (Morouco i sur., 2009). Morouco i sur., (2012) napravili su istraživanje u kojem su dokazali da test 30 sekundi dinamometrije plivača adolescenata može biti koristan alat za procjenu izvedbe u sprinterskim disciplinama. Odnosno, statistička analiza je pokazala povezanost između maksimalne i srednje vrijednosti sila i rezultata na 50 i 100 m.

Od istraživanja koja su uspoređivala povezanost između natjecateljske uspješnosti i dinamometrije istaknulo se istraživanje Dopsaja (2001) u kojem se pokušala objasniti povezanost između rezultata 50 m slobodno postignutog na natjecanju i osnovnih parametara dinamometrijske sile vuče. Parametri sile su bili: maksimalna sila, impuls sile i gradijenta sile izmjerene testom dinamometrije maksimalnim intenzitetom plivanja 20 s. Ispitanici su bili 8 plivača Jugoslavije specijaliziranih za kraul tehniku, dok je mjerenje izvršeno pomoću tenziometrijske sonde i PC hardversko-softverskim sistemom. Iz zapisa stvorene sile vuče u funkciji vremena izračunato je sljedeće: prosječna maksimalna sile vuče (avgFmax), gradijent sile (avgRFD) i impulsa sile vuče (avgImpF) pojedinačnog zaveslaja za 5, 10, 15 i 20 s. Rezultati multiple regresijske analize su pokazali da je iz sistema prediktora izdvojena modelska struktura varijabli avgImpF5, avgImpF10 i avgImpF20 i avgRFD20. Rezultati ukazuju da je u slučaju primjene testa dinamometrije kod vrhunskih plivača sprintera bolje analizirati/promatrati postignute vrijednosti avgImpF i RFD zaveslaja, nego Fmax, jer one bolje opisuju rezultatsku sprintersku pripremljenost.

Primarni problem istraživanja bio je utvrditi pomoću kojih od 8 navedenih parametara sile je povezan rezultat u sprinterskim disciplinama, odnosno, ostvaruju li plivači s većim vrijednostima određenih parametara i bolje rezultate u sprinterskim disciplinama. Sekundarni problem istraživanja je konvertiranje surovih podataka dobivenih dinamometrom u 8 navedenih parametara te grafički prikaz testa dinamometrije u plivanju.

2. Ciljevi i hipoteze

2.1. Ciljevi

Dva tehnička parametra, frekvencija i dužina zaveslaja, a koja ovise o tehnici, u odnosu su s plivačkom izvedbom podjednako kao snaga i brzina. (Arellano i sur., 1999). Trenutno su uređaji koji bi brzo i jednostavno izmjerili sile zaveslaja plivača skupo ulaganje za plivačke klubove, a te su informacije jako korisne trenerima kod dijagnostike u određenom dijelu sezone. Iz tog razloga, cilj ove studije je bio izračunati neke parametre sila zaveslaja kod plivača, izraditi software koji će brzo i jednostavno te iste parametre izračunati i na kraju ih usporediti i izračunati povezanost sa situacijskom izvedbom, točnije, s t50 kraul iz vode (ne sa startnog bloka). Valja napomenuti da je u ovom istraživanju, za razliku od prethodnih, korištena elastična sajla male gibljivosti.

2.2. Hipoteze

H1 – neki parametri dinamometrijske sile vuče u vodi su povezani s rezultatom 50 metara slobodno

H2 – parametri dinamometrijske sile vuče u vodi nisu povezani s rezultatom 50 metara slobodno

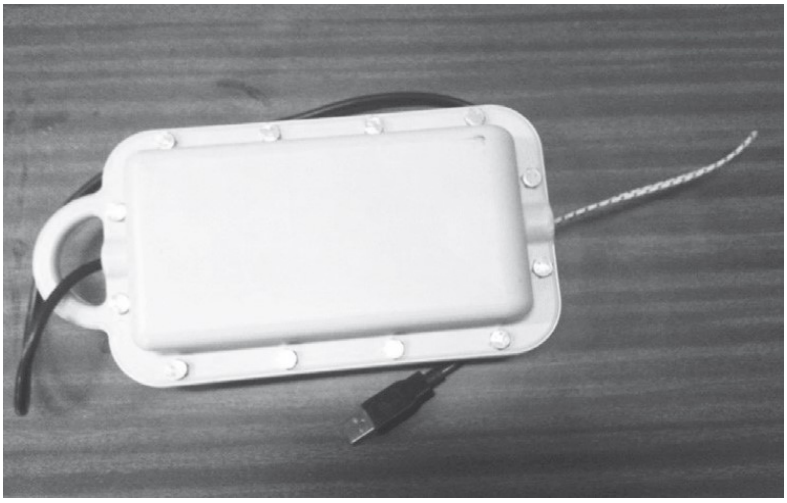
3. Metode istraživanja

3.1. Ispitanici

Osam vrhunskih plivača Hrvatskog akademskog plivačkog kluba Mladost dobrovoljno se javilo za sudjelovanje u ovom istraživanju. Ispitanici su bili muškog spola u dobi između 15 i 21 godine (A ± SD: dob 17,63 ± 2,39 godina). Svi plivači su se natjecali u disciplini 50 m slobodno.

3.2. Protokol mjerenja i opis mjernih instrumenata

Testiranje je provedeno u ožujku 2019. godine. Za mjerenje sila prilikom testiranja korištena je dinamometrijska sonda (Slika 1) uključena u stolno računalo, na koju je drugim krajem bila pričvršćena elastična guma s pojasom koji se veže oko struka plivača.



Slika 1. Dinamometrijska sonda

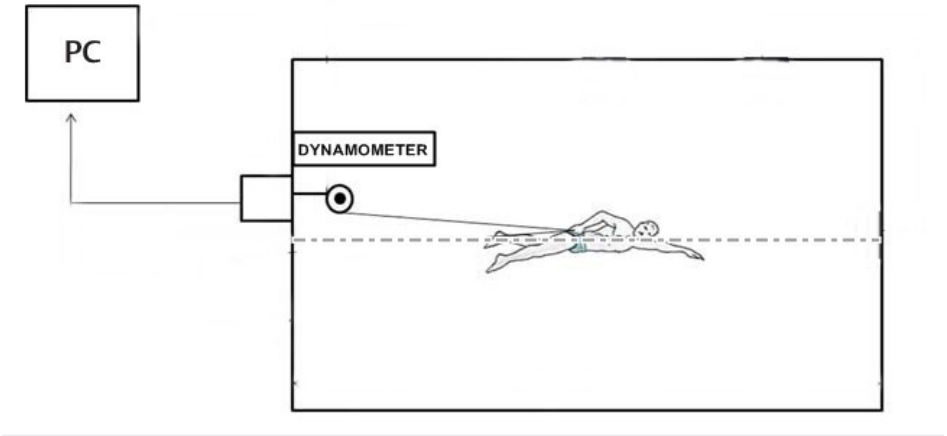
Prije početka mjerenja plivači su isplivali 1200 metara kako bi bili spremni za testiranje (frekvencija srca- 22 otkucaja u 10 s). Dok su se ostali plivači rasplivavali, ispitivači su plivače pojedinačno zvali na mjerenje. Usmenom predajom svakom je plivaču objašnjeno što treba činiti. Studija je napravljena uz odobrenje trenera HAPK Mladost u Zagrebu.

Elastična guma je debljine 8 milimetara i dužine 10 metara. Naime, u ranijim dinamometrijskim mjerenjima koja su bila testirana korišteno je čelično uže koje je prikazivalo veće sile, ali i bio puno veći problem plivaču prilikom plivanja u mjestu. Primijećeno je da čelično uže ne dopušta plivaču da pliva svojom tehnikom jer trzajem nakon završetka zaveslaja vraća plivača unatrag. Time bi plivač izgubio osjećaj stvorene propulzivne sile i pravovremenost početka novog zaveslaja. Plivanje tehnikama delfin i prsno su gotovo nemoguće zbog toga što čelično uže nije dopuštalo plivaču kretanje u vertikalnoj osi, već bi plivača držalo konstantno na površini vode.

Dakle, jedan kraj je bio privezan za remen koji se nalazio na plivaču, a drugi kraj na dinamometrijsku sondu koja je bila pričvršćena za startni blok. Priključivanjem dinamometra na računalo započeto je testiranje.

Testiranje se provodilo tako što bi plivač ulaskom u bazen napeo elastično uže laganim plivanjem do one mjere dok se uže ne bi rastegnulo na vodi (Slika 2). Provjerom je li sve spremno, nakon 10 sekundi laganog plivanja, na znak trenera, plivač bi počeo plivati maksimalnim intenzitetom 30 sekundi kraul tehnikom.

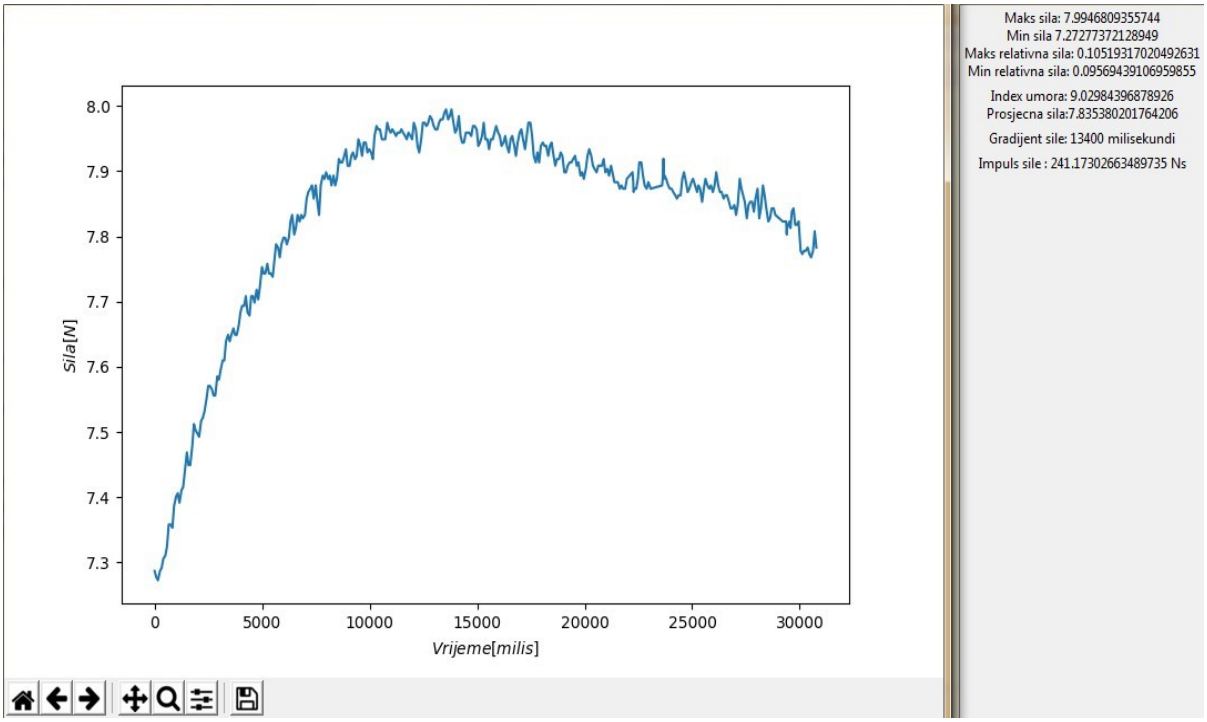
Prije znaka zviždaljke, jedan od mjeritelja na računalu pokreće program koji prikuplja podatke te prati je li sve korektno. Nakon 30 sekundi, na znak zviždaljke plivač prestaje s plivanjem te je testiranje za njega završeno. Valja napomenuti da je plivačima rečeno da zadrže svoju tehniku plivanja kao i na natjecanju.



Slika 2. Prikaz mjerenja dinamometrije plivača

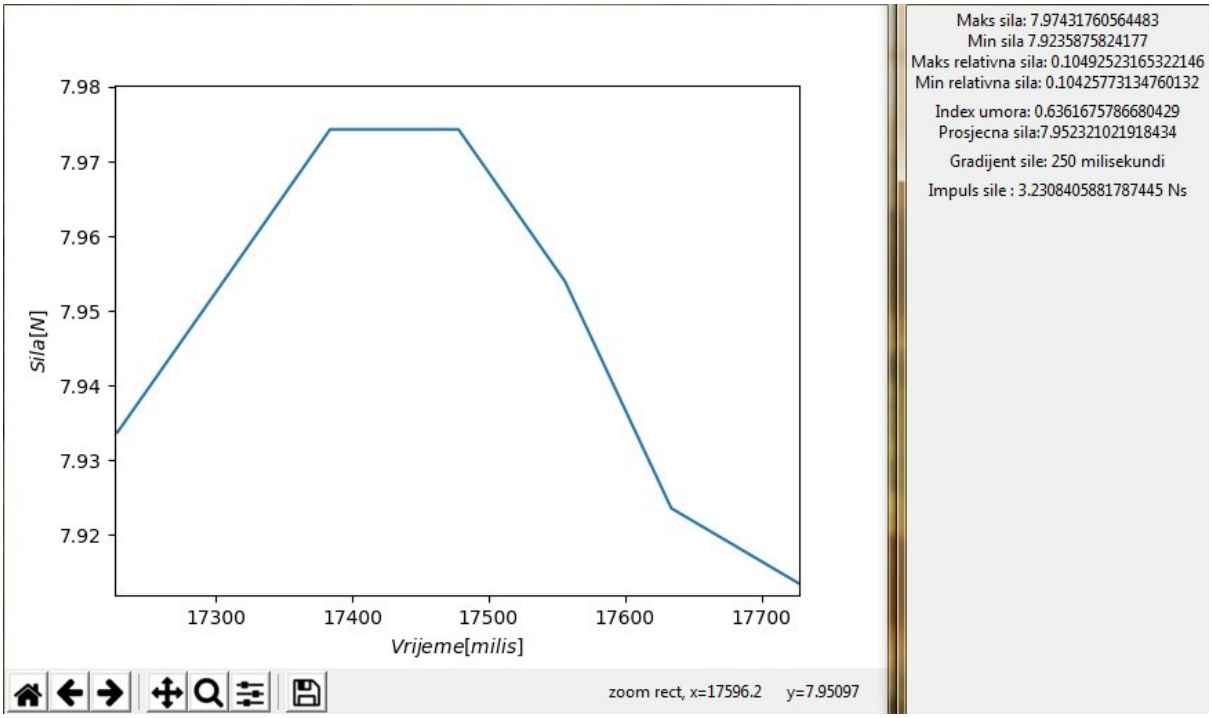
Odradivši praktični dio istraživanja, izračunati su parametri pomoću računalnog programa: maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin), maksimalna relativna sila (Fmax/kg), minimalna relativna sila (Fmin/kg), gradijent sile (RFD), prosječna sila (Favg), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd). U svrhu pojednostavljenja dugotrajnog procesa unosa numeričkih vrijednosti sila u formule kako bi se izračunali svi parametri, izrađen je računalni program u suradnji sa studentom Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

Program također linijskim grafikonom prikazuje kretanje sila koje je plivač proizveo tijekom vremena trajanja testa (Slika 3).



Slika 3. Računalni program za izračunavanje i grafički prikaz parametara

Program sadrži opciju koja omogućuje bliži prikaz i izračun parametara određenog tj. željenog vremenskog perioda trajanja testa. Shodno tome, može uvećati jedan zaveslaj te interpretacijom istog pruža uvid u anatomsku analizu tehnike željenih zaveslaja (Slika 4).



Slika 4. Grafički prikaz i izračun parametara jednog zaveslaja

3.3. Uzorak varijabli

Skup biomehaničkih varijabli koje opisuju entitete odnose se na:

1. Maksimalnu silu – vršnu vrijednost sile vuče koju dinamometar registrira tijekom izvođenja zadataka
2. Minimalnu silu – najmanja vrijednost silu vuče koju dinamometar registrira tijekom izvođenja zadataka
3. Prosječnu vrijednost – računalni program izračunava prosječnu vrijednost sile vuče koja se pojavljuje tijekom izvođenja zadatka.
4. Gradijent sile – računalni program izračunava brzinu kojom plivač postiže maksimalne sile tijekom jednog zaveslaja od njegove najmanje vrijednosti (Leko, 2011).
5. Impuls sile – rezultanta sile u vremenu odnosno veličina koja vektorski definira učinak sile u promatranom periodu vremena.
6. Maksimalna relativna sila – maksimalna sila u srazmjeru s vlastitom težinom plivača
7. Minimalna relativna sila – minimalna sila u srazmjeru s vlastitom težinom plivača
8. Indeks umora – izražen je kao relativno smanjenje maksimalne sile zabilježene u prvih 10 s od najveće minimalne sile koja je zabilježena u posljednjih 5 s (Morouço, 2012):

$$fatInd = [(maksimalna\ sila – minimalna\ sila) / maksimalna\ sila] \times 100$$

3.4. Statistička analiza podataka

Za testiranje značajne povezanosti između t50 slobodno i izračunatih sila izmjerenih pomoću dinamometra plivanjem u mjestu korišten je program Statistica 13.4.0.14. Unutar programa, korištene su statističke funkcije korelacija, multipla regresijska analiza te su za sve varijable izračunati deskriptivni pokazatelji.

4. Rezultati

Podaci mjerenja dinamometrijske sile vuče u vodi prije statističke obrade podataka prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Excel prikaz izmjerenih parametara dinamometrije

N* = 8	1	2	3	4	5	6	7	8
T50(s)	25,11	26,53	26,66	26,53	26,28	25,93	27,58	27,48
Fmax (N)	69,43	71	70,51	68,74	63,94	78,45	71,49	71,78
Fmin (N)	45,8	63,06	44,72	46,29	59,23	71,29	66,19	42,17
Fmax/kg (N/kg)	0,78	0,78	0,88	1,08	0,78	1,08	0,98	0,98
Fmin/kg (N/kg)	0,59	0,78	0,49	0,69	0,78	0,98	0,88	0,59
FatInd (%)	1,43	8,75	1,41	6,6	4,6	1,3	6,8	1,4
Favg (N)	66,98	69,33	67,27	65,21	62,66	76,88	72,37	66,88
RFD (ms)	250	250	172	250	344	500	172	156
ImpF (N/s)	28,15	35,3	40,5	46,1	47,76	46,48	47,86	53,54

Legenda: Objašnjenje kratica – broj ispitanika (N*), rezultat 50 metara slobodno (t50), maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin), maksimalna relativna sila (Fmax/kg), minimalna relativna sila (Fmin/kg), gradijent sile (RFD), prosječna sila (Favg), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd).

Deskriptivni pokazatelji prikazani u Tablici 2 prikazuju aritmetičke, minimalne i maksimalne vrijednosti te standardne devijacije mjerenih varijabli.

Tablica 2. Rezultati deskriptivne statistike mjerenja dinamometrije

Varijable	Aritmetička sredina	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
t50 (s)	26,51	25,11	27,58	0,80
impF (N.s)	43,21	28,15	53,54	8,15
F max (N)	70,67	63,94	78,45	4,02
F min (N)	54,84	42,17	71,29	11,36
Fmax/kg (N.kg)	0,92	0,78	1,08	0,13
Fmin/kg (N.kg)	0,72	0,49	0,98	0,16
fatInd (%)	4,04	1,3	8,75	3,04
Favg (N)	68,45	62,66	76,88	4,43
RFD (ms)	261,8	156	500	114,17

Legenda: Objašnjenje kratica – rezultat 50 metara slobodno (t50), maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin), maksimalna relativna sila (Fmax/kg), minimalna relativna sila (Fmin/kg), gradijent sile (RFD), prosječna sila (Favg), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd).

Rezultati korelacije prikazani su u Tablici 3. Značajna povezanost je označena kod onih parametara ako je $p < 0.05000$. Od mjerenih parametara jedino je impuls sile statistički značajno povezan s brzinom plivanja s t50 ($p = 0,716793$). Od preostalih parametara ističe se gradijent sile ($p = -0.553791$) iako nije statistički značajan. Povezanost indeksa umora ($p = 0,309155$) i relativne maksimalne sile ($p= 0,346679$) s t50 ne pokazuju statističku značajnost, ali se ističu od ostalih čije su vrijednosti korelacije vrlo niske.

Tablica 3. Rezultati korelacije između t50 i izračunatih vrijednosti sila. Označeni parametri su statistički značajno povezani s t50.

	Correlations - Marked correlations										
	t50avg	Std.Dev	t50	impF	Fmin	Fmax	Fmax/kg	Fmin	fatInd	Favg	RFD
t50	26,51	0,79	1	0,71	0,01	0,03	0,34	0,03	0,30	0,04	-0,55

Legenda: Objašnjenje kratica – rezultat 50 metara slobodno (t50), maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin), maksimalna relativna sila (Fmax/kg), minimalna relativna sila (Fmin/kg), gradijent sile (RFD), prosječna sila (Favg), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd).

Rezultati multiple regresijske analize (Tablica 4) nisu pokazali zavisnost t50 od parametara dobivenih dinamometrom. Drugim riječima, parametri sila zaveslaja u ovom istraživanju ne utječu na t50.

Tablica 4. Rezultati multiple regresijske analize između t50 i izračunatih vrijednosti sila

N* = 8	Regression Summary for Dependent Variable: t50					
	b*	Std.Err. Of b*	b	Std.Err. Of b	t(6)	p-value
Intercept			21,73	1,35	16,13	0,04
Fmax	0,79	0,48	0,16	0,10	1,64	0,35
Fmin	0,77	0,38	0,05	0,03	2,03	0,29
FatInd	0,04	0,14	0,01	0,04	0,32	0,81
Favg	-0,82	0,63	-0,15	0,11	-1,31	0,41
RFD	-0,97	0,18	-0,01	0,001	-5,45	0,12
ImpF	0,62	0,09	0,06	0,01	6,60	0,10

Legenda: Objašnjenje kratica – broj ispitanika (N*), rezultat 50 metara slobodno (t50), maksimalna sila (Fmax), minimalna sila (Fmin, gradijent sile (RFD), prosječna sila (Favg), impuls sile (impF) i indeks umora (fatInd).

5. Rasprava

Odnos između tehnike i snage te njihova važnost u treningu plivača od samih početaka bavljenja plivanja pa sve do seniorskog uzrasta i dalje zbunjuje trenere plivanja. Naime, optimalna tehnika izvođenja je temelj svim ostalim čimbenicima bez koje svaki idući čimbenik o kojem ovisi natjecateljska uspješnost ne može u potpunosti biti iskorišten. Stoga je ovo istraživanje proučilo odnos između brzine i snage, ali analizom parametara i grafičkog prikaza i važnost tehnike u disciplini 50 m slobodno. Cilj ovog istraživanja bio je opisati obrasce sila plivača međunarodne razine testom dinamometrije plivanjem slobodnim stilom, kao i procjenu njihove povezanosti s t50. Eksperimenti su provedeni u standardnim uvjetima bazena uz primjenu odgovarajuće metodologije s određenim preinakama u cilju preciznije interpretacije rezultata (Dopsaj i sur., 2003; Kjendlie i Thorsvald, 2006). Primijenjena metodologija omogućila je prikupljanje individualnih informacija o silama koju plivač proizvede u slobodnom stilu. Korištenje dinamometra u kombinaciji s računalnim programom omogućuje mjerenje sile koju plivač stvara razvlačenjem elastičnog užeta koje je privezano oko struka.

Iz izmjerenih podataka uočeno je smanjenje proizvodnje sile tijekom 30 sekundi plivanja slobodno, koje možemo pripisati umoru (Stager i Coyle, 2005). Program također omogućuje grafički prikaz sile svakog zaveslaja, a to omogućuje uvid u ubrzanje ili usporavanje tijela (Alves i sur., 1995). Nedostatak prethodnih istraživanja je taj što su koristili čelično uže kod mjerenja što bi plivaču otežalo plivanje tijekom testa čime bi se povezanost tehničkih parametara s izvedbom smanjila. Naime, čelično uže plivača trzajem vraća nazad nakon zaveslaja i time uvelike otežava plivanje. Koristeći elastično uže vrijednosti sila su bile manje (Fmax = 70,67 ± 4,02) za razliku od istraživanja u kojima se koristilo čelično uže (Fmax = 232.6 ± 63.2), no to nije utjecalo na statističku analizu podataka (Morouço 2011). Dapače, korištenje elastičnog užeta je test učinilo sličnijim stvarnim uvjetima plivanja i time minimalno utjecalo na tehniku plivača.

Procjena individualnih podataka dinamometrije može biti korisna treneru i kod procjene anaerobnih sposobnosti plivača. Costill i sur. (1986) su utvrdili da iako je brzina značajno povezana s većim silama zaveslaja u testu dinamometrije, ona ipak nije povezana sa silama izmjerenim na kinetičkoj klupi.

U ovom istraživanju rezultati korelacije su pokazali da je od mjerenih parametara jedino impuls sile parametar koji je statistički značajno povezan s t50 ($p = 0,716793$). Time rezultati ovog i prijašnjih istraživanja jasno dokazuju da je tehnika važan čimbenik u vrhunskom plivanju bez kojeg, i sa snažnim zaveslajima i dobrom pripremljenošću, plivač ne može ostvariti svoj maksimalni rezultatski potencijal.

Impuls sile je veličina koja vektorski definira učinak sile u promatranom periodu vremena. Taj parametar najbolje govori koliko plivač učinkovito pliva, odnosno, koliko svoju silu proizvedenu zaveslajem iskorištava da bi prešao određeni put. Drugim riječima, usporedivši maksimalnu silu s impulsom sile, može se zaključiti koliko proizvedene sile plivač izgubi putujući kroz vodu. Ako taj odnos nije optimalan, dolazi do umora, a time i lošijeg rezultata. Dakle impuls sile je parametar koji je kod testa dinamometrije najvažniji za shvatiti i interpretirati. Analizom impulsa sile zaveslaja treneri mogu zaključiti treba li poraditi na plivačevoj tehnici ili snazi kako bi njegovi rezultati bili još bolji. Iz tog razloga se rezultati korelacije još više slažu s postavljenom hipotezom (H 1).

Indeks umora ($p = 0,309155$) je pokazao nisku korelaciju jer je disciplina 50 metara slobodno anaerobna utrka u kojoj izdržljivost ne igra veliku ulogu.

Sljedeći parametar koji je pokazao povezanost, iako ne statistički značajnu, je gradijent sile ($p = -0.553791$). On je obrnuto proporcionalan, što znači da plivači koji posjeduju veliku brzinu imaju kraće vrijeme između minimalne i maksimalne sile u jednom zaveslaju. Zbog toga je p sa negativnim predznakom.

Rezultati multiple regresijske analize (Tablica 4) nisu pokazali zavisnost t50 od parametara dobivenih dinamometrom. Drugim riječima, u ovom istraživanju 8 izračunatih parametara sila zaveslaja ne utječu na t50. Ta nepovezanost se može pripisati razlici u godinama između ispitanika koje su u rasponu od 15 do 21 godinu, od kojih je 4 ispitanika između 15 i 17 godina (A ± SD: dob 17,63 ± 2,39 godina). Naime, osobe tih godina se nalaze u pubertetu odnosno senzitivnoj fazi razvoja. Ova faza je pod direktnim utjecajem hormonalnih promjena koje utječu na ubrzani rast i razvoj, a hormoni utječu i na mentalno zdravlje. Zbog ubrzanog rasta i razvoja dolazi do smanjenja jakosti, brzine i eksplozivne snage. Iako u tom razdoblju dolazi do poboljšanja aerobnog kapaciteta, tek pred kraj ovog razdoblja se može krenuti s razvojem anaerobnog kapaciteta koji je najvažniji za sprinterske discipline (Šiljeg, 2018).

6. Zaključak

Sile izmjerene dinamometrom, program koji izračunava 8 navedenih parametara i njihov grafički prikaz, u ovom istraživanju omogućuje objektivnu procjenu bitnih komponenata za uspjeh u kratkim plivačkim natjecateljskim dionicama. Povezanost gradijenta sile i značajna povezanost impulsa sile s natjecateljskom izvedbom plivanja sugerira da bi plivač trebao smanjiti vrijeme postizanja maksimalne sile, ali još važnije, da postignutu maksimalnu silu, pravilnom tehnikom, zadrži što je duže moguće do početka novog zaveslaja. Time će se poboljšati učinkovitost i rezultat plivača, a umor smanjiti. Impuls sile je ništa drugo nego uvid u stvorenu propulzivnu silu plivača koja je daleko najvažnija u plivanju. Zaključno, test dinamometrije u plivanju može biti koristan alat trenerima za dijagnostiku i procjenu tehničke kvalitete svojih plivača, no ukoliko se želi utvrditi utjecaj između skupa parametara testa dinamometrije i plivačke izvedbe, uzorak ispitanika bi trebao biti velik i homogeniziran prema dobi plivača i tehnikama koju plivaju.

7. Literatura

Akis, T., & Orcan, Y. (2004). Experimental and analytical investigation of the mechanics of crawl stroke swimming. *Mechanics Research Communications*, *31*(2), 243–261.

Alves, F., Santos, P., Veloso, A., Correia, I. P., & Gomes-Pereira, J. (1994). A method to evaluate intracycle propulsive force and body velocity changes. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).

Arellano, R., Pardillo, S., & García, F. (1999). A system for quantitative measurement of swimming technique. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, *1*, 269-275.

Costill, & L, D. (1986). A computer based system for measurement of force and power during front crawl swimming. *J Swim Res*, *2*, 16–19.

Dopsaj, M., Dopsaj, M., Matković, I., Thanopoulos, V., Okičić, T., Dopsaj, M., Okičić, T. (2004). Reliability nad validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds.

Dopsaj, M., Dopsaj, M., Matković, I., Zdravković, I., Dopsaj, M., Matković, I., & Zdravković, I. (2001). The relationship between 50m - freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: A new approach to tethered swimming test. Facta universitatis, series: Physical education and sport, 1, 15-22.

Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N., & Chatard, J. C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(3), 547–554.

Kawamori, N., & Newton, R. U. (2006, April). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength and Conditioning Journal*, Vol. 28, pp. 86–91.

Kjendlie, P. L., & Thorsvald, K. (2006). A tethered swimming power test is highly reliable. *Port J Sport Sci*, *6*(S2), 231-233.

Leko, G., Grčić-Zubčević, N., & Sporiš, G. (2006). *Predikcija rezultata kod neselekcionirane plivačke populacije temeljem specifičnih plivačkih testova*. Hrvatski športskomedicinski vjesnik, 21 (1), 20–25.

Leko, G, Šiljeg, K., Bašić, D., & Jelinčić, D. (2011). Tethered in swimming according to diagnostic procedure of training status of swimmers. Hrvatski kineziološki savez, 308-311

Magel, J. R. (1970). Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, *41*(1), 68–74.

Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest: The Essential Reference on Technique, Training and Program Design*. Human Kinetics.

Morouço, P. (2009). Force production in tethered swimming and its relationship with performance. A new approach to evaluate the anaerobic capacity of swimmers? Preuzeto sa https://www.researchgate.net/publication/40005779

Morouço, P. G., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2012). Evaluation of adolescent swimmers through a 30-s tethered test. *Pediatric Exercise Science*, *24*(2), 312–321.

Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, *27*(2), 161-169.

Nikolić, V., Hudec, M., (2012.) Principi biomehanike. Zagreb

Stager, J. M., & Coyle, M. A. (2005). Energy systems. *Handbook of Sports Medicine and Science: Swimming*, 1-19.

Šiljeg, K., (2018). Plivanje. Zagreb: Hrvatski plivački savez, 2018

Vorontsov, A., Dycro, V., Binevsky, D., Solmatin, V., & Sidorov, N. (1999). Patterns of growth for some characteristic of physical of development, functional and motor abilities in boy-swimmers 11-18 years. In K. Keskinen , P.Komi, A. Peter Hollander, Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, (pp.327-335). Jyväskulä, Finland: Gummerus Printing.

Zoretić, D., Leko, G., & Grčić-Zubčević, N. (2010). The influence of specific functional-motor abilities on freestyle swimming performance time. *Acta Kinesiologica*, *2*, 69-72.

Zahvale

Zahvaljujem svom mentoru Goranu Leki na svim savjetima i pomoći tijekom procesa izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji, a posebno roditeljima i bratu koji su me uz stalnu podršku i razumijevanje podupirali tijekom školovanja na fakultetu.

Zahvaljujem HAPK Mladost, njihovim trenerima i sportašima koju su izdvojili svoje vrijeme kako bih prikupio potrebne podatke za izradu diplomskog rada. Posebno zahvaljujem treneru Lovrencu Franičeviću na svom prenesenom znanju tijekom rada u klubu.

Zahvaljujem budućem mag. ing. el. techn. inf. Josipu Hraniću na izradi računalnog programa za analizu rezultata mjerenja i mogućnosti da svoje ideje provedem u djelo.

Hvala mojim kolegama na svim nezaboravnim trenucima tijekom studiranja koje smo prošli skupa.