

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Ivan Pavlič

RAZLIKE U USPJEŠNOSTI I OPTEREĆENJU
PLIVANJA KOD PLIVAČA S OBZIROM NA
TEMPERATURU VODE

diplomski rad

Zagreb, svibanj 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; smjer: Kineziologija u edukaciji i kondicijska priprema sportaša

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i smjera kondicijska priprema sportaša (univ. mag. cin)

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Znanstveno - istraživački

Naziv diplomskog rada: je prihvaćen od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. dana 25. ožujka 2024.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Klara Šiljeg

Razlike u uspješnosti i opterećenju plivanja kod plivača s obzirom na temperaturu vode

Ivan Pavlić, 0034085162

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | |
|--------------------------------------|----------------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. Klara Šiljeg | Predsjednik - mentor |
| 2. izv. prof. dr. sc. Dajana Zoretić | član |
| 3. prof. dr. sc. Lana Ružić | član |
| 4. prof. dr. sc. Goran Leko | zamjena člana |

Broj etičkog odobrenja:

Rad je u tiskanom i elektroničkom formatu (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA

THESIS

University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Scientific-research

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2023/2024 on 25 March, 2024.

Mentor: Klara Šiljeg, PhD, associate prof.

Differences in performance and workload of swimming in swimmers with respect to water temperature

Ivan Pavlić, 0034085162

Thesis defence committee

- | | |
|---|------------------------|
| 1. Klara Šiljeg, PhD, associate prof. | chairperson-supervisor |
| 2. Dajana Zoretić, PhD, associate prof. | member |
| 3. Lana Ružić, PhD, prof. | member |
| 4. Goran Leko, PhD, prof. | substitute member |

Ethics approval number:

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna 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:

Izv.prof.dr.sc. Klara Šiljeg

Student:

Ivan Pavlić

RAZLIKE U USPJEŠNOSTI I OPTEREĆENJU PLIVANJA KOD PLIVAČA S OBZIROM NA TEMPERATURU VODE

Sažetak

Velika područja kontinentalne Hrvatske nemaju bazene propisanih uvjeta sukladno pravilima „World Aquatics“. Manjak adekvatnih uvjeta predstavlja problem bavljenja plivanjem u natjecateljskom obliku. Posljedica takvih uvjeta uzrokuje primjenu trenažnih procesa u termalnim vodama, koja potencijalno mogu utjecati na uspješnost plivača na natjecanjima. Cilj istraživanja je utvrditi razlike u uspješnosti i opterećenju plivanja s obzirom na temperaturu vode. U istraživanje je bilo uključeno 11 plivača (6 plivača, 5 plivačica), na kojima je proveden test kritične brzine plivanja (200 metara i 400 metara) kraul maksimalnom brzinom u termalnoj i hladnoj vodi. Završetkom plivanja dionica mjereno je vrijeme potrebno za plivanje 200 metara i 400 metara kraul maksimalnom brzinom. Nakon završenog protokola plivanja mjerene su vrijednosti laktata u krvi i vrijednosti frekvencija srca palpatornom metodom (radijalna arterija). Rezultati su analizirani deskriptivnom statistikom i t-testom za zavisne uzorke. Statističkom analizom utvrđena je razlika u frekvenciji srca na 200 metara kraul maksimalnom brzinom u termalnoj i hladnoj vodi. Statistički značajne razlike vrijednosti frekvencije srca iznosili su $145,45 \pm 21,66$ otkucaja u minuti (o/min) u termalnoj vodi, $131 \pm 14,95$ otkucaja u minuti (o/min) u hladnoj vodi uz ($p=0,03$). Ostali rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku. Iako razlike aritmetičkih sredina kritičnih brzina plivanja nisu pokazale statistički značajnu razliku ($p=0,73$), ista je iznosila 2 sekunde razlike na 100 metara što u praksi predstavlja veliku razliku.

Ključne riječi:

kritična brzina plivanja, laktati, frekvencija srca, t-test, termalne vode

DIFFERENCES IN PERFORMANCE AND WORKLOAD OF SWIMMING IN SWIMMERS WITH RESPECT TO WATER TEMPERATURE

Abstract

Larger areas of continental part of Croatia do not meet the standards prescribed by „World Aquatics“ in regard to pool measurements. When it comes to competitive swimming, the lack of adequate conditions is a major issue. Consequence of aforementioned circumstances causes swim training to be applied in thermal waters, which can potentially affect the competition performance of swimmers . Therefore, the aim of this research was to determine the differences in effectiveness in swimming performance and workload with respect to water temperature. Testing protocol included 11 swimmers (6 male, 5 female), who did the critical swimming speed test (200 meters and 400 meters), front crawl at maximum speed, first in thermal, than in cold water. Timing of swimming on both 200 metres and 400 metres length using crawl technique at a maximum speed was measured at the end of swimming sections. After completion of swimming protocol, the data regarding the lactates and heart rate was collected. The heart rate data was collected using the palpatory method (radial artery). The statistical analysis of the data revealed the difference in swimmers' heart rate after swimming 200 metres front crawl at maximum speed in both thermal and cold water. Statistically significant differences in heart values were $145,45 \pm 21,66$ beats per minute in thermal water, $131 \pm 14,95$ beats per minute in cold water ($p=0,03$). Other results did not show a statistically significant difference. Although the differences in the mean of the critical swimming speed did not show a statistically significant difference ($p=0,73$), it amounted to a 2 second difference per 100 metres, it represents a big difference in practice.

Keywords:

critical swimming speed, lactate, heart rate, t-test, thermal water

Sadržaj

1. Uvod	8
2. Ciljevi i hipoteze	10
3. Metode istraživanja	10
3.1. Uzorak ispitanika	10
3.2. Opis protokola testiranja	10
3.3. Opis mjernih instrumenata	11
3.4. Uzorak varijabli	12
3.5. Metode obrade podataka	13
5. Rasprava	20
6. Zaključak	22
7. Literatura	23

1. Uvod

Plivanje je olimpijski sport koji je poznat od prahistorijskih vremena. Iako je jedan od najstarijih sportova, nije bio uključen u antičke olimpijske igre unatoč činjenici da su i stari Grci vježbali plivanje i često gradili bazene kao dio njihovih termi. Postojanje bazena u pradavnim vremenima dokazuju nam i podaci kako je Indijanska palača Mohenjo Daro iz 2800. god. Pr.n.e. sadržavala bazen dimenzija 30x60m. U modernim vremenima prvi unutarnji plivački bazen izgrađen je u Engleskoj 1862. godine („A brief history of swimming pools,“ 2024). Uz promjene dimenzija i oblika bazena tokom vremena događale su se i promjene opreme na samom plivalištu (uvođenje pruga, oznaka na prugama, iscertavanje dna bazena, zastavice, startni blokovi, okretni i ciljne ploče, semafori i kamere).

Bazeni koji mogu biti korišteni u natjecateljske svrhe moraju biti izgrađeni prema propisima „World Aquatics“. Propisana dužina bazena iznosi 50 metara (50m), odnosno 25 metara (25m). Širina bazena određena je brojem pruga u bazenu koje moraju biti širine 2,5m. Minimalna propisana dubina bazena je 1,35m, a temperatura vode mora iznositi 25°C - 28°C (Aquatics, 2024).

Prema registru udruga, u kontinentalnoj Hrvatskoj postoji 18 plivačkih klubova (Registar udruga Republike Hrvatske, n.d.). Temeljem toga, velika područja kontinentalne Hrvatske nemaju zadovoljavajuće propisane uvjete postojećih bazena. Na spomenutom se području Hrvatske nalazi velik broj bazena s termalnim izvorima vode čija je prosječna temperatura (36°C-38°C) visoko iznad temperature propisane za plivačka natjecanja.

Prosječna temperatura tijela iznosi 36,7°C (Werner i Gunga, 2019). Uranjanjem tijela u olimpijski bazen temperatura se smanjuje. Jedna od posljedica uranjanja je vazokonstrikcija krvnih žila te samim time jedan od ciljeva zagrijavanja u vodi je povećanje tjelesne temperature. Pri zagrijavanju dolazi do povišenog rada metabolizma za dobivanje energije u mišićima, odnosno stvaranja ATP molekule (Gray i suradnici, 2011). Zagrijavanje utječe na brzinu provođenja impulsa u mišićima (Pearce i suradnici, 2012) kao i vazodilataciju krvnih žila, poboljšanje glikolize u tijelu te poboljšanje razgradnje fosfata tijekom provedbe naknadnog trenažnog procesa (Cuenca – Fernandez i suradnici, 2022).

Prethodno spomenut proces klasificira se kao aktivan oblik zagrijavanja. Pasivan oblik zagrijavanja smatra se povećanjem tjelesne temperature bez utroška energije, vanjskim faktorima poput toplih tuševa, kupki i sauna (Cuenca – Fernandez i suradnici, 2022).

Manjak razvijene infrastrukture sportskih objekata, poput olimpijskog bazena, predstavlja problem bavljenja plivačkim sportom velikom broju plivačkih klubova na kontinentalnom području Hrvatske. Posljedica takve situacije je provedba trenažnih procesa plivanja na sportaše u termalnim vodama, koji potencijalno mogu utjecati na izvedbu i rezultat plivača. Kako je plivanje jedan od najstarijih sportova, tako su se i metode procjene uspješnosti i opterećenja plivanja razvile kroz dugi niz godina. Slijedom navedenog, kritična brzina plivanja jedan je od kriterija uspješnosti. Matematički je definirana kao intenzitet plivanja koji se teoretski može održavati neograničeno dugo bez iscrpljivanja (Dekerle i suradnici, 2005).

Računa se prema formuli:
$$\frac{(400-200)}{(\text{vrijeme isplivane dionice } 400\text{m} - \text{vrijeme isplivane dionice } 200\text{m})}$$
(Maglischo, 2005). Istraživanja su također pokazala kako kritična brzina plivanja ne odgovara predviđenom intenzitetu i nije ju moguće održavati duži period vremena (Zacca i suradnici, 2016). Unatoč tome, intenzitet izračunat na temelju kritične brzine plivanja može biti korišten tijekom intervalnih treninga (Filipatou i suradnici, 2006). Vrijednosti kritične brzine plivanja dobivene u istraživanju Sousa i suradnika (2012) u visokoj su korelaciji s brzinom pri aerobnom pragu. Isti autori dokazuju da test kritične brzine plivanja procjenjuje brzinu plivača pri maksimalnom laktatnom stabilnom stanju te služi kao koristan alat kod određivanja intenziteta za razvoj aerobnih sposobnosti.

Pokazatelj opterećenja može biti i izmjerena razina maksimalne koncentracije laktata u krvi koja se razlikuje kod djece, adolescenata i odraslih. Istraživanja pokazuju kako je koncentracija laktata pri kratkim i visoko intenzivnim naporima kod djece i adolescenata manja nego kod odraslih (Kappenstein i suradnici, 2014). Razlog tome smatra se 30% brža sposobnost otklanjanja laktata iz organizma kod djece, čak i u mirovanju (Beneke i suradnici, 2005).

Maksimalna frekvencija srca je pokazatelj opterećenja definiran kao maksimalan broj otkucaja srca tijekom „maximal effort graded exercise test (GXT)“ i karakterizira ga doseg platoa frekvencije srca bez obzira na povećanje otpora pri prethodno navedenom testu (Nes i suradnici, 2013). Pri visoko intenzivnom i nisko intenzivnom opterećenju djeca su pokazala izrazito niske prosječne vrijednosti frekvencije srca u odnosu na odrasle, kao i puno brži oporavak, odnosno brže snižavanje frekvencije srca nakon tjelovježbene aktivnosti (Buccheit i suradnici, 2010). Dječaci su također pokazali niske vrijednosti frekvencije srca u odnosu na djevojčice (Gasior i suradnici, 2018).

Primjena trenažnih procesa na dječake i djevojčice primarno je aerobnog oblika s naglaskom na visoki volumen i niske intenzitete trenažnih opterećenja. Definiranje kritične brzine plivanja

je, stoga, neophodan alat u radu s djecom (Gordon, 2008) kao i kontrola vrijednosti frekvencije srca i vrijednosti laktata u krvi kod plivača u trenažnom procesu.

2. Ciljevi i hipoteze

Cilj rada je utvrditi razlike kritične brzine plivanja, koncentracije laktata u krvi i vrijednosti frekvencije srca kod plivača s obzirom na temperaturu vode.

Sukladno navedenim ciljevima postavljene su sljedeće hipoteze:

H₁: Utvrdit će se razlike kritične brzine plivanja kod plivača s obzirom na temperaturu vode.

H₂: Utvrdit će se razlike vrijednosti frekvencije srca s obzirom na temperaturu vode.

H₃: Utvrdit će se razlike koncentracije laktata u krvi s obzirom na temperaturu vode.

3. Metode istraživanja

Metode istraživanja obuhvaćaju niz postupaka i skup podataka koji nam omogućuju provedbu istraživanja, a glavne sastavnice su: uzorak ispitanika, opis protokla testiranja, opis mjernih instrumenata, uzorak varijabli i metode obrade podataka.

3.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika sastoji se od 11 plivača (6M, 5Ž) u dobi od 10 do 14 godina. Svi ispitanici treniraju plivanje ukupno 3 godine. Prije početka istraživanja ispitanici su plivali 6 mjeseci sustavnim oblikom treninga u trajanju sat vremena i 30 minuta, 5 puta tjedno. Trening na suhom provodio se jednom tjedno. Trajao je sat vremena u dvorani i teretani s prilagođenim trenažnim procesom, gdje je cilj treninga bila snaga sportaša sa specifičnim vježbama za plivanje.

3.2. Opis protokola testiranja

Zagrijavanje se prije provođenja protokola provodilo izvan bazena s vlastitom težinom. Sastojalo se od vježbi snage gornjeg dijela tijela s gumama te vježbe mobilnosti cijelog tijela. Zagrijavanje u bazenu sastojalo se od 200m mješovitog plivanja, 200m slobodnog načina plivanja, 100m plivanja nogama s plivačkom daskom, 100m plivanja rukama s plovkom te 4 ubrzanja kraul tehnikom na 25m sa start-pauzom 60s. Zagrijavanje je provedeno u bazenu s termalnom vodom i s hladnom vodom.

Početkom tjedna proveden je protokol na bazenu „Termalni vodeni park Aqua Balissae“ termalne vode (36°C – 38°C) u Daruvaru, na način da su ispitanici u ponedjeljak plivali kraul maksimalnom brzinom 400m, a u utorak 200m kraul maksimalnom brzinom. Krajem tjedna proveden je protokol na bazenu „Bazenski kompleks Svetice“ s hladnom vodom (25°C – 28°C) u Zagrebu, na način da su ispitanici u petak plivali kraul maksimalnom brzinom 400m, a u subotu 200m kraul maksimalnom brzinom.

Nakon svake isplivane dionice ispitanicima je izmjereno vrijeme izraženo u sekundama. Plivačima je u vremenskom periodu od 15 sekundi nakon plivanja izmjeren puls palpatornom metodom na zglobu ruke (radijalna arterija). Rezultati su izraženi kao broj otkucaja srca u minuti (o/min). Ispitanici su nosili Garmin Swim 2 na zglobu ruke koji je služio kao dodatna provjera frekvencije srca. Potom su ispitanicima mjereni laktati u krvi. Dobivene vrijednosti izražene su milimolima na litar krvi (mmol/L). Kapljica krvi uzela se iz jagodice prsta prema protokolu. Nakon sušenja prsta sterilnom gazom primijenjeno je dezinfekcijsko sredstvo za dezinficiranje mjesta uboda za uzimanje uzoraka krvi. Prve dvije kapi krvi obrisale su se dezinficiranom gazom, zatim je uzet uzorak krvi koji je poslužio za mjerenje laktata. Nakon provedenog protokola ispitanicima je stavljena vata i primijenjen je pritisak na ranu.

3.3. Opis mjernih instrumenata

Za potrebe testiranja korišteni su mjerni instrumenti:

Štoperica - digitalna štoperica Onstart 500, uređaj pomoću kojeg se mjerilo vrijeme u minutama, sekundama. Pomoću štoperice mjereno je vrijeme potrebno za plivanje određenih dionica u termalnoj i hladnoj vodi.

Laktatomjer - lactate scout sport je ručni analizator laktata koji zahtijeva 0,2 μ l kapilarne krvi i daje rezultate za 10s. Do 500 rezultata može se pohraniti na uređaj koji također ima i štopericu. Korišten je za analizu maksimalne koncentracije laktata u krvi nakon isplivane dionice.

Lanceta - lancete su korištene za dobivanje kapljice krvi iz jagodice prsta nakon isplivanih dionica.

Pulsmetar - Garmin Swim 2 korišten je kao dodatni alat za mjerene frekvencije srca nakon isplivanih dionica.

Dezinfekcijsko sredstvo - sredstvo je služilo dezinficiranju mjesta uboda te smanjenju rizika infekcije rane nakon testiranja.

Papir i olovka - korišteni su za bilježenje rezultata vremena isplivanih dionica, vrijednosti laktata u krvi, nakon analize krvi laktatomjerom te vrijednosti frekvencije srca izmjerene nakon isplivanih dionica.

3.4. Uzorak varijabli

Sve varijable uključene u istraživanje (vrijeme potrebno za isplivavanje dionica 200m i 400m, vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanih dionica te vrijednosti frekvencije srca) zajedno s odgovarajućim mjernim jedinicama prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Prikaz korištenih varijabli

Naziv varijable	Mjerna jedinica
Vrijeme potrebno za isplivavanje dionice (t)	s
Vrijednosti laktata u krvi(Lac)	mmol/L
Vrijednosti frekvencije srca (HR)	o/min

3.5. Metode obrade podataka

Svi podaci su zapisani i prikupljeni u tablice u programu Excel, a zatim analizirani u programu Statistica 13,3. Deskriptivnom statistikom izražena su prosječna vremena brzine plivanja, prosječne vrijednosti laktata u krvi te prosječne vrijednosti frekvencije srca u termalnoj i hladnoj vodi. T-testom za zavisne uzorke računala se statistički značajna razlika između dva mjerenja ($p < 0,05$).

4. Rezultati

Provođenjem protokola testiranja početkom i krajem tjedna, prikupljeni rezultati sistematizirani su u Tablici 2 i Tablici 3. Rezultati su podijeljeni prema varijablama vremena potrebnog za plivanje određene dionice kraul maksimalnom brzinom izraženog u sekundama, frekvencije srca definirane otkucajima u minuti i maksimalne vrijednosti laktata u jednoj litri krvi nakon isplivane dionice. Zatim su spomenute varijable podijeljene u podskupine 200m termalna voda, 200m hladna voda, 400m termalna voda i 400m hladna voda.

Tablica 2. Rezultati protokola testiranja u termalnim vodama

Ispitanici (godine)	200m tv			400m tv		
	t(s)	Hr (o/min)	Lac (mmol/L)	t (s)	Hr (O/min)	Lac (mmol/L)
Ispitanik 1 (12)	190	156	10,5	406	166	10,6
Ispitanik 2 (12)	246	180	5,3	480	173	5,2
Ispitanik 3 (14)	198	139	12,8	337	168	11,9
Ispitanik 4 (10)	277	183	5,4	493	168	5,1
Ispitanik 5 (12)	231	121	4	475	169	5,2
Ispitanik 6 (13)	219	143	7,1	474	126	5,8
Ispitanik 7 (13)	229	118	8,9	478	198	6,2
Ispitanik 8 (13)	221	139	6,5	397	157	5,1
Ispitanik 9 (10)	261	151	4	504	203	5,9
Ispitanik 10 (12)	250	123	6,8	579	134	6,6
Ispitanik 11 (14)	260	147	11,7	510	186	14,3

Legenda: t – vrijeme potrebno za isplivavanje dionice, Hr – frekvencija srca, Lac – vrijednosti laktata u krvi, tv – termalna voda, hv – hladna voda, 200m – 200 metara, 400m – 400 metara

Tablica 3. Rezultati protokola testiranja u hladnoj vodi

	200m hv			400m hv		
Ispitanici (godine)	t(s)	Hr (o/min)	Lac (mmol/L)	t (s)	Hr (o/min)	Lac (mmol/L)
Ispitanik 1 (12)	190	127	9,1	396	163	8,3
Ispitanik 2 (12)	234	128	3,3	477	181	5,3
Ispitanik 3 (14)	184	124	11,1	369	145	11,9
Ispitanik 4 (10)	270	170	7,5	505	130	5
Ispitanik 5 (12)	235	128	4,6	496	126	3,9
Ispitanik 6 (13)	218	118	10	461	181	8,4
Ispitanik 7 (13)	226	125	6,9	465	143	5,2
Ispitanik 8 (13)	221	133	8,8	484	132	6,6
Ispitanik 9 (10)	281	140	6,6	464	138	6,2
Ispitanik 10 (12)	283	135	7,3	502	133	8,4
Ispitanik 11 (14)	236	113	12,5	507	190	10,1

Legenda: t – vrijeme potrebno za isplivanje dionice, Hr – frekvencija srca, Lac – vrijednosti laktata u krvi, tv – termalna voda, hv – hladna voda, 200m – 200 metara, 400m – 400 metara

Tablica 2 i Tablica 3 prikazuju rezultate vremena potrebnog za isplivanje dionica 200m i 400m, vrijednosti laktata u krvi i vrijednosti frekvencije srca nakon isplivanih dionica 200m i 400m u hladnoj i termalnoj vodi. Najduže vrijeme potrebno za isplivanje dionice 200m je 283 sekunde (4 minute i 43 sekunde) u hladnoj vodi (Tablica 3). Najduže vrijeme potrebno za isplivanje 200m iznosilo je 277 sekundi (4 minute i 37 sekundi) u termalnoj vodi (Tablica 2). Minimalno vrijeme (najbrže vrijeme) potrebno za isplivanje dionice 200m je 184 sekunde (3 minute i 4 sekunde) u hladnoj vodi, 190 sekundi (3 minute i 10 sekundi) u termalnoj vodi. Najlošije vrijeme, odnosno najduže vrijeme isplivano na 400m i iznosi 579 sekundi (9 minuta i 39 sekundi) u termalnoj vodi (Tablica 2). Najbrže vrijeme isplivano na 400m iznosilo je 337 sekundi (5 minuta i 37 sekundi) u termalnoj vodi, 369 sekundi (6 minuta i 9 sekundi) u hladnoj vodi. Najbolji rezultat (minimalna vrijednost) na 200m u hladnoj i 400m u hladnoj i termalnoj vodi postigao je ispitanik broj 3 koji je imao i najveću vrijednost laktata u krvi na 400m u hladnoj vodi te na 200m u termalnoj vodi (Tablica 2 i Tablica 3). Također mu je vrijednost laktata u krvi na 400m u termalnoj vodi bila velika, iako nije najveća. Vrijednosti frekvencija srca kod ispitanika broj 3 su bile prosječne. Maksimalna vrijednost frekvencije srca iznosila je

183 o/min na 200m u termalnoj vodi te 203 o/min na 400m u termalnoj vodi. Minimalne vrijednosti frekvencije srca su 113 o/min na 200m u hladnoj i termalnoj vodi. Najmanje vrijednosti frekvencije srca iznose 126 o/min na 400m u hladnoj i termalnoj vodi. Najviše vrijednosti laktata u krvi iznose 12,8 mmol/L na 200m u termalnoj vodi te 14,3 mmol/L na 400m na istoj temperaturi. Minimalne vrijednosti laktata u krvi na dionici 200m su 3,3 mmol/L u hladnoj vodi, a 5,0 mmol/L na 400m u hladnoj vodi.

Tablica 4. Kritične brzine plivanja

	CV (tv)	CV (hv)
Ispitanik 1 (12)	0,93	0,97
Ispitanik 2 (12)	0,85	0,82
Ispitanik 3 (14)	1,44	1,08
Ispitanik 4 (10)	0,93	0,85
Ispitanik 5 (12)	0,82	0,77
Ispitanik 6 (13)	0,78	0,82
Ispitanik 7 (13)	0,80	0,84
Ispitanik 8 (13)	1,14	0,76
Ispitanik 9 (10)	0,82	1,09
Ispitanik 10 (12)	0,61	0,91
Ispitanik 11 (14)	0,80	0,74

Legenda: CV – kritična brzina plivanja, tv – termalna voda, hv – hladna voda

Tablica 4 prikazuje izračunatu kritičnu brzinu plivanja prema formuli:
$$\frac{(400-200)}{(\text{vrijeme isplivane dionice 400m} - \text{vrijeme isplivane dionice 200m})}$$
 (Maglischo, 2005). Najveću vrijednost kritične brzine plivanja postigao je ispitanik 3 u termalnoj vodi (1,44) te vrlo visoku u hladnoj vodi (1,08). Minimalne vrijednosti kritične brzine plivanja su 0,61 u termalnoj vodi, 0,74 u hladnoj vodi.

Deskriptivnom statistikom prikazane su i izračunate vrijednosti aritmetičke sredine, minimuma, maksimuma i vrijednosti standardne devijacije. Rezultati su prikazani u Tablici 5.

Tablica 5. Deskriptivna statistika rezultata testiranja

Varijable	n	AS	MIN	MAX	St.dev.
t (200m) tv	11	234,73	190	277	27,03
Hr (200m) tv	11	145,45	118	183	21,66
Lac (200m) tv	11	7,55	4	12,8	3,03
t (400m) tv	11	466,64	337	579	65,08
Hr (400m) tv	11	168	126	203	23,49
Lac (400m) tv	11	7,45	5,1	14,3	3,24
t (200m) hv	11	234,36	184,00	283	32,92
Hr (200m) hv	11	131	113,00	170	14,95
Lac (200m) hv	11	7,97	3,3	12,5	2,71
t (400m) hv	11	466,00	369	507	44,92
Hr (400m) hv	11	151,09	126	190	23,42
Lac (400m) hv	11	7,21	3,90	11,9	2,43

Legenda: t – vrijeme potrebno za isplivanje dionice, Hr - vrijednosti frekvencije srca, Lac – vrijednosti laktata u krvi AS – aritmetička sredina, MIN – minimalna vrijednost, MAX – maksimalna vrijednost, St.Dev. – standardna devijacija, tv – termalna voda, hv – hladna voda, n – broj ispitanika, 200m – 200 metara, 400m – 400 metara

Tablica 5 prikazuje aritmetičke sredine isplivanog vremena zadane dionice, vrijednosti frekvencije srca i vrijednosti laktata u krvi. Prosječno vrijeme potrebno za isplivanje 200m iznosilo je 234,73s (3 minute i 54 sekunde) u termalnoj vodi, 234,36s (3 minuta i 54 sekunde) u hladnoj vodi. Aritmetička sredina vremena za isplivanje 400m iznosila je 466,64s (7 minuta i 46 sekundi) u termalnoj vodi, 466s (7 minuta i 46 sekundi) u hladnoj vodi. Prosječne vrijednosti laktata u krvi nakon 200m iznose 7,55 mmol/L u termalnoj vodi, 7,97 mmol/L u hladnoj vodi. Aritmetičke sredine vrijednosti laktata u krvi nakon 400m iznose 7,45 mmol/L u termalnoj vodi, 7,21 mmol/L u hladnoj vodi. Prosječne vrijednosti frekvencije srca nakon 200m iznosile su 145 ± 21 o/min u termalnoj vodi te 131 ± 14 o/min u hladnoj vodi. Aritmetičke sredine frekvencije srca nakon 400m bile su 168 o/min u termalnoj vodi te 151 o/min u hladnoj vodi.

Tablica 6. T-test za zavisne uzorke izračunat na varijablama 200m u termalnoj vodi i u hladnoj vodi

Varijable	AS	St.dev.	n	t-vrijednost	p-vrijednost
t (200m) tv	234,73	27,03			
t (200m) hv	234,36	32,92	11,00	0,08	0,94
Hr (200m) tv	145,45	21,66			
Hr (200m) hv	131,00	14,95	11,00	2,45	0,03
Lac (200m) tv	7,55	3,03			
Lac (200m) hv	7,97	2,71	11,00	-0,74	0,48

Legenda: t – vrijeme potrebno za isplivanje dionice, Hr – frekvencija srca, Lac – vrijednosti laktata u krvi, hv – hladna voda, tv – termalna voda, AS – aritmetička sredina, St.dev. – standardna devijacija, n – broj ispitanika, 200m – 200 metara

T-testom za zavisne uzorke utvrđena je statistički značajna razlika između vrijednosti frekvencija srca na 200m u hladnoj i 200m u termalnoj vodi ($p=0,03$). Veća vrijednost frekvencije srca na 200m izmjerena je u termalnoj vodi. Razlika aritmetičkih sredina frekvencija srca na 200m u termalnoj i hladnoj vodi iznosila je 14 o/min, a veće vrijednosti frekvencije srca bile su u termalnoj vodi (Tablica 6).

Statistički značajna razlika nije izračunata između aritmetičkih sredina vrijednosti laktata u krvi, međutim izmjerene vrijednosti laktata u krvi veće su nakon 200m u hladnoj vodi u odnosu na 200m u termalnoj vodi. Aritmetička sredina vrijednosti laktata u krvi iznosi $7,55 \pm 3,03$ mmol/L nakon isplivanja 200m u termalnoj vodi te $7,97 \pm 2,71$ mmol/L nakon 200m u hladnoj vodi (Tablica 6). T-testom za zavisne uzorke nije pronađena statistički značajna razlika između vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanja 200m u termalnoj i hladnoj vodi ($p>0,05$).

Tablica 7. T-test za zavisne uzorke izračunat na varijablama 400m u termalnoj vodi i u hladnoj vodi

Varijable	AS	St.dev.	n	t-vrijednost	p-vrijednost
t (400m) tv	466,64	65,08			
t (400m) hv	466,00	44,92	11	0,05	0,96
Hr (400m) tv	168,00	23,49			
Hr (400m) hv	151,09	23,42	11	1,64	0,13
Lac (400m) tv	7,45	3,24			
Lac (400m) hv	7,21	2,43	11	0,41	0,69

Legenda: t – vrijeme potrebno za isplivanje dionice, Hr – frekvencija srca, Lac – vrijednosti laktata u krvi, hv – hladna voda, tv – termalna voda, AS – aritmetička sredina, St.dev. – standardna devijacija, n – broj ispitanika, 400m – 400 metara

U Tablici 7 prikazani su rezultati t-testa za zavisne uzorke. Varijable prikazane u Tablici 7 su vremena potrebna za isplivanje dionice 400m, vrijednosti frekvencija srca te vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanja 400m. Spomenute varijable podijeljene su u podskupine s obzirom na termalnu i hladnu vodu. T-test za zavisne uzorke nije pokazao statistički značajnu razliku rezultata spomenutih varijabli ($p > 0,05$). Vrijednosti aritmetičkih sredina frekvencija srca mjerenih nakon isplivanja dionica 400m iznosile su 168 ± 23 o/min u termalnoj vodi te 151 ± 23 o/min u hladnoj vodi. Između dviju varijabli t-testom za zavisne uzorke nije pronađena statistički značajna razlika.

Razlika aritmetičkih sredina frekvencija srca isplivanih dionica 400m u termalnoj i hladnoj vodi iznosila je 17 o/min, veće vrijednosti frekvencije srca bile su pri testiranju u termalnoj vodi (Tablica 7).

Tablica 7 prikazuje aritmetičke sredine vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanja dionica 400m kraul maksimalnom brzinom u termalnoj i hladnoj vodi. Aritmetičke sredine vrijednosti laktata u krvi iznose $7,45 \pm 3,24$ mmol/L nakon isplivanja 400m u termalnoj vodi te $7,21 \pm 2,43$ mmol/L nakon 400m u hladnoj vodi. T-testom za zavisne uzorke nije pronađena statistički značajna razlika između vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanja 400m u termalnoj i 400m u hladnoj vodi, vrijednosti laktata u krvi bile su slične ($p > 0,05$).

Tablica 8. T-test za zavisne uzorke izračunat na varijablama kritične brzine plivanja na 200 m i 400m

Varijable	AS	St.Dev.	n	t-vrijednost	p-vrijednost
CV (tv)	0,90	0,22			
CV (hv)	0,88	0,13	11	0,36	0,73

Legenda: CV – kritična brzina plivanja, tv – termalna voda, hv – hladna voda, AS – aritmetička sredina, St.dev. - standardna devijacija, n – broj ispitanika

Tablica 8 prikazuje kritičnu brzinu plivanja izračunatu prema formuli
$$\frac{(400-200)}{(\text{vrijeme isplivane dionice } 400\text{m} - \text{vrijeme isplivane dionice } 200\text{m})}$$
 (Maglischo, 2005). Kritična brzina plivanja izračunata je posebno za termalnu vodu i posebno za hladnu vodu. Između aritmetičkih sredina dvaju rezultata ne postoji statistički značajna razlika. Iako 0,02 nije statistički značajno, u praktičnoj upotrebi rezultata razlika 0,02, odnosno 2 sekunde na 100m, je vrlo značajna razlika.

5. Rasprava

Vremena postignuta u ovom istraživanju su znatno lošija u usporedbi sa sličnim istraživanjem koje su proveli Sousa i suradnici (2012). Uzorak ispitanika u ovom radu predstavlja netipičnu populaciju plivača s obzirom na relativno malo godina treniranja (3 godine) u odnosu na kronološku dob. Najsporiji rezultat na 200m isplivan je u termalnoj vodi pri čemu je čak 6s rezultat bio sporiji od isplivanog najsporijeg rezultata u hladnoj vodi na istoj udaljenosti. Razlika rezultata je očekivana s obzirom da je 200m u termalnoj vodi plivao ispitanik starosti 10 godina, a u hladnoj vodi ispitanik starosti 12 godina. Dvanaestogodišnjak je isplivao 33 sekunde brže na 200 m u termalnoj vodi u odnosu na hladnu vodu. Moguće kako ispitanik nije bio motiviran za plivanje testa u hladnoj vodi s obzirom da je imao i izmjerene niske vrijednosti otkucaja srca i laktata u krvi. Plivači također treniraju u termalnoj vodi i zato je moguće da je isti ispitanik postigao bolji rezultat na 400m u termalnoj vodi nego u hladnoj, gdje mu je bazen s hladnom vodom bio nepoznat teren. Ispitanik koji je postigao najbrže vrijeme na 400m, postigao je najbolje rezultate i u hladnoj i termalnoj vodi, te su mu vrijednosti laktata u krvi bili najveći. Navedeni plivač je ujedno i najstariji plivač te ti rezultati nisu

iznenađujući. Mavroudi i suradnici (2023) u svom radu naglašavaju kako je veća brzina plivanja visoko povezana s akumulacijom vrijednosti laktata u krvi.

Najsporiji postignut rezultat na 400m je u termalnoj vodi što je bilo i očekivano s obzirom da termalna voda podiže frekvenciju srca odnosno povećava napor (Alexiou, 2014). Istraživanja pokazuju kako temperatura Olimpijskog bazena odgovara plivaču za postizanje najboljih mogućih rezultata, dok na temperaturama iznad (30°C-34°C) dolazi do izrazite vazodilatacije, povećane tjelesne temperature te se sportaševa izvedba pogoršava. Temperature tijela iznad 34°C odgovaraju samo u terapijske svrhe (Alexiou, 2014).

Prosječno vrijeme za isplivavanje dionice 200m u termalnoj vodi iste je vrijednosti kao i u hladnoj, što je neočekivano s obzirom na prethodno spomenuta istraživanja (Alexiou, 2014). Također je moguće da se ispitanici nisu snašli u hladnoj vodi zbog toga što su sve svoje trenažne procese provodili u termalnoj vodi

Minimalne vrijednosti frekvencije srca između hladne i termalne vode na dionici 200m su slične. Iste minimalne frekvencije srca pojavljuju se i kod rezultata na dionici 400m u hladnoj i termalnoj vodi. Razlika se očituje u maksimalnim frekvencijama srca s obzirom na temperaturu vode. Maksimalne vrijednosti frekvencije srca izmjerene su nakon plivanja dionica 200m i 400m u termalnim vodama. Povećana frekvencija srca u termalnoj vodi je bila očekivana s obzirom da temperatura vode utječe na veći broj otkucaja srca u minuti (Gobel i suradnici, 2009). T-testom za zavisne uzorke izračunata je statistički značajna razlika između vrijednosti frekvencija srca na 200m u termalnoj i hladnoj vodi, čime je potvrđen rad Gobela i suradnika (2009).

Iako prema dosadašnjim istraživanjima djeca imaju veće vrijednosti frekvencije srca (Mišigoj – Duraković, 2008) dobiveni rezultati manji su u odnosu na ispitanike Zacca i suradnika (2016) čiji je uzorak bio u prosjeku 3 godine stariji.

Najviše vrijednosti pojedinačnih laktata u krvi postignute su u termalnoj vodi. Oba rezultata postignuta su od starijih ispitanika (14 godina). Mogući razlog tome su razvijeniji anaerobni kapaciteti plivača, a uvažavajući kronološku dob. Navedeno se može objasniti manjim glikogenskim depoima u dječjim mišićima, kao i nižom aktivnošću anaerobnih enzima. Svakako, anaerobna enzimska aktivnost poboljšava se tijekom puberalnog sazrijevanja (Mišigoj – Duraković, 2008). Minimalne vrijednosti laktata na 200m u hladnoj vodi izmjerene su kod dvanaestogodišnjaka kojemu su i rezultat i vrijednosti otkucaja srca niži u odnosu na ostale, što se objašnjava manjkom motivacije za vrijeme testa. Najmanja vrijednost laktata u

krvi prikupljena je nakon 400m u hladnoj vodi. Ispitanik koji je imao najmanju vrijednost laktata u krvi ima 10 godina, što je i razlog niskim laktatima. Prema Mišigoj – Duraković (2008) maksimalne vrijednosti pH u mišićima kod djece tijekom aktivnosti manje su nego kod odraslih.

Prosječne vrijednosti laktata u krvi nakon isplivanih dionica 200m i 400m u termalnoj i hladnoj vodi sličnih su niskih vrijednosti. Prema Mišigoj – Duraković (2008) maksimalne vrijednosti pH u mišićima manje su kod djece nego kod odraslih, a laktatni anaerobni kapacitet raste s dobi i nije ovisan o spolu. Prosječne vrijednosti laktata u krvi kod testiranih plivača slične su vrijednostima plivača u istraživanju Nikitakis i suradnika (2019).

Najstariji ispitanik postigao je najvišu vrijednost kritične brzine plivanja u termalnoj vodi te vrlo visoku u hladnoj vodi. Razlog tome je prilagodba na trenažne procese u termalnim vodama, te prednost veće kronološke dobi. Kritična brzina plivanja testiranih plivača u ovom radu (11 ispitanika) iznosi 0,90 u termalnoj vodi, a 0,88 u hladnoj vodi. Primjenom kritične brzine plivanja razlika između aritmetičkih sredina istih iznosi 0,02, odnosno 2 sekunde, na dionici od 100m. Razlika između 1. i 8. mjesta u disciplini 100m slobodno na Olimpijskim igrama između 1976. godine i 2012. godine smanjila se s 2,16 sekundi na 0,92 sekunde (Ganzevles i suradnici, 2016). Uvažavajući navedeno, 2 sekunde je vrlo velika razlika vremena kod kritične brzine plivanja. Zaključuje se kako izračunata aritmetička sredina kritične brzine plivanja u hladnoj i termalnoj vodi, iako nije statistički značajna kod testiranog uzorka, u praksi čini veliku razliku.

6. Zaključak

Istraživanje je pokazalo kako nema statistički značajne razlike između vremena potrebnog za isplivavanje dionica 200 metara u termalnoj i hladnoj vodi, kao ni između dionica 400 metara u hladnoj i termalnoj vodi kraul maksimalnom brzinom. Međutim, kod vrijednosti frekvencije srca postoji statistički značajna razlika u isplivavanju dionice 200m u termalnoj i hladnoj vodi čime je ovo istraživanje potvrdilo dosadašnja istraživanja o utjecaju temperature na frekvenciju srca. Temeljem frekvencije srca, a istih vremena isplivavanja dionica, zaključujemo veći napor plivača u plivanju u termalnoj vodi. Laktati nisu pokazali mogući veći napor, vjerojatno zbog testiranog uzrasta.

Iako rezultati dobiveni t-testom za zavisne uzorke pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika između kritične brzine plivanja u hladnoj i termalnoj vodi, razlika od 2 sekunde između termalne i hladne vode u praksi predstavlja veliku razliku, kao i razliku u definiranju plivačkih zona intenziteta u samom trenažnom procesu.

Jedan od prijedloga za buduća istraživanja je povećati broj reprezentativnih ispitanika, plivača koji sudjeluju u istraživanju. Drugi prijedlog je u protokol uključiti skupinu plivača koji treniraju u hladnoj vodi, odnosno olimpijskom bazenu temperature 25°C-28°C. Ista skupina plivača bi plivala protokol 200m i 400m u termalnoj vodi, a zatim u hladnoj vodi. Druga skupina plivača sastojala bi se od plivača koji su trenažne procese provodili u termalnim vodama, ta skupina bi također plivala isti protokol kao i prva skupina. Treći prijedlog, s obzirom da u dobi od 13-14 godina dolazi do razlika u antropološkom statusu između dječaka i djevojčica, potencijalno bi se pronašle razlike u plivanju između dva spola.

7. Literatura

A brief history of swimming pools (10.5.2024). *Pivot-Solar Breeze*. <https://solar-breeze.com/a-brief-history-of-swimming-pools/>.

Alexiou, S. (2014). The effect of water temperature on the human body and the swimming effort. *Biology of Exercise*, 10(2).

Beneke, R., Hutler, M., Jung, M. i Leithause, M.,R. (2005). Modeling the blood lactate kinetics at maximal short-term exercise conditions in children, adolescents, and adults. *Journal of Applied Physiology* 99, 499-504.

Buccheit, M., Duche, P., Laursen, P. i Ratel, S. (2010). Postexercise heart rate recovery in children: Relationship with power output, blood pH, and lactate. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 35 (2), 142-150.

Cuenca-Fernandez, F., Boullosa, D., Lopez-Belmonte, O., Parraga, A., Ruiz-Navaro, J., Arellano, R. (2022). Swimming warm-up and beyond: dryland protocols and their related mechanisms – a scoping review. *Sports Medicine – Open* 8 (1).

Dekerle, J., Pelayo, P., Clipet, B., Depretz, S., Lefevre, T. i Sidney, M. (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International journal of sports medicine* 26 (7), 24-30.

Filipatou, E., Toubekis, A., Douda, H., Pilianidis, T., Tokmakidis, S. (2006). Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. *Port J. Sport Sci.*, 6, 132–134.

- Ganzevles, S., Haan, A., Beek, P., Daanen, H. i Truijens, M. (2016). Heart rate recovery after warm-up in swimming: a useful predictor of training heart rate response. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (6), 1-21.
- Gasior, J., Sacha, J., Pawlowski, M., Zielinski, J., Jelen, P., Tomik, A., Ksiazczyk, T., Werner, B. i Dabrowski, M. (2018). Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: simple approach considering differences in average heart rate. *Frontiers in Physiology*.
- Gobel, S., Cysarz, D. i Edelhauser, F. (2009). Water temperature affects heart rate and core body temperature during whole body immersion. *European Journal of Integrative Medicine* 1 (4), 256 – 257.
- Gordon, R. (2008). A Shorter guide to long term athlete development (LTAD). Pristupljeno 26.04.2024. <http://test.swindondolphin.co.uk/wp-content/uploads/2008/09/shorterguidetoltad.pdf>.
- Gray, S., Soderlund, K., Watson, M. i Ferguson, R. (2011). Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans. *Pflugers Archiv: European journal of physiology* 6, 885-893.
- Kappenstein, J., Engel, F., Fernandez-Fernandez, J. i Ferrauti A. (2014) Effects of active and passive recovery on blood lactate and blood ph after a repeated sprint protocol in children and adults. *Pediatric Exercise Science*.
- Maglischo, E. (2005). *Swimming fastest*. United States: Human Kinetics.
- Mavroudi, M., Kabasakalis, A., Petridou, A. i Mougios, V. (2023). Blood lactate and maximal lactate accumulation rate at three sprint swimming distances in highly trained and elite swimmers. *Sports (Basel)* 11 (4) ,87.
- Mišigoj – Duraković, M. (2008). *Kinantropologija*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Nes, B., Janszky, I., Wisloff, U., Stoylen, A. i Karlsen, T. (2013). Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT fitness study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Nikitakis, I., Paradisis, G., Bogdanis, G. i Toubekis, A. (2019). Physiological responses of continuous and intermittent swimming at critical speed and maximum lactate steady state in children and adolescent swimmers. *Sports (Basel)* 7 (1).
- Pearce, A., Rowe, G. i Whyte, D. (2012). Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of science and medicine in sport* 15 (2), 164-168.
- Registar udruga Republike Hrvatske (26.4.2024). <https://registri-npo-mpu.gov.hr/#!udruga/0wcBAAABAAEBjnBsaXZhxI1raSBrbHViAAAAAAAAAAAAAAAEBAW9p4gIA>
- Sousa, M., Vilas-Boas, J.P. i Fernandes, R.J. (2012). Is the critical velocity test a good tool for aerobic assesment of children swimmers? *The Open Sports Science Journal* 5, 125-129.

Werner, A. i Gunga, H.G. (2019). Monitoring of core body temperature in humans. *Stress Challenges and Immuniti in Space*. Springer.

World Aquatics (1.1.2024). World Aquatics Competition Regulations.
<https://www.worldaquatics.com/rules/competition-regulations>

Zacca, R., Fernandes, R.J.P., Pyne, D.B. i Castro, F. (2016). Swimming training assessment: The critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30(5), 1365-1372.