

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ŠPORT  
Kineziologija

UČINEK DVEH PROTOKOLOV REGENERACIJE MED ODMOROM NA  
KRVNE PARAMETRE IN REZULTAT PLAVANJA NA 100 METROV

MENTOR

doc. dr. Boro Štrumbelj, prof. šp. vzg.

SOMENTOR

prof. dr. Anton Ušaj, prof. šp. vzg.

RECEZENT

doc. dr. Jernej Kapus, prof. šp. vzg.

Avtor  
TIM KAMBIČ

LJUBLJANA, 2015

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Boru Štrumblju za vso izkazano pomoč, nasvete, potrpežljivost, predano znanje in dragocen čas, ki ga je prispeval pri nastajanju tega dela.*

*Zahvaljujem se somentorju prof. dr. Antonu Ušaju, ki je v meni prebudil veliko zanimanje za preučevanje fiziologije napora in za vso bogato znanje, ki mi ga je predal med študijem ter za pozitivno kritičnost, ki mi jo je namenil med nastajanjem tega dela. Brez vaših nasvetov, pomoči in dragocenega časa to delo ne bi imelo enake vsebine.*

*Zahvaljujem se doc. dr. Jernej Kapus za pozitivno recenzijo, vse nasvete in predano znanje med študijem.*

*Velika zahvala gre doc. dr. Janezu Vodičarju za mentorstvo, dragocene nasvete, nesebično pomoč in za vključitev v raziskovalne dejavnosti Inštituta za šport, kjer se je moje raziskovalno znanje začelo razvijati in zelo obogatilo.*

*Velika zahvala gre tudi doc. dr. Gregi Starcu, ki je nad mano prevzel mentorstvo pri raziskovanju porabe energije mladostnikov v raziskavi ARTOS. Vaši nasveti, pomoč in vedno zanimivi ter produktivni pogovori so zelo prispevali k mojemu raziskovalnem razvoju.*

*Hvala tudi doc. dr. Mateju Majeriču za vključitev v dejavnosti v Fitnes učilnici in za vpeljavo v strokovno delo v fitnesu, kjer sem lahko svoje teoretično znanje prenesel v prakso.*

*Posebna zahvala gre tudi Ajši, Jaki in Gustiju, ki so mi nesebično pomagali kadarkoli sem jih potreboval.*

*Iz srca hvala moji družini: mami Gordani, očetu Milošu in sestri Ani za vso potrpežljivost, ljubezen in nesebično pomoč v študijskih letih. Draga starša brez vaju bi moja življenjska pot ubrala precej drugačno smer.*

*Hvala tudi vsem sošolcem in ostalim, ki so naredili moja študijska leta nepozabna.*

*Diplomsko delo posvečam moji babici Ratki. Babi naše misli so vedno ob tebi v teh hudih časih!*

Ključne besede: plavanje, acidoza, aktivno razplavanje, natrijev bikarbonat, pufer

## UČINEK DVEH PROTOKOLOV REGENERACIJE MED ODMOROM NA KRVNE PARAMETRE IN REZULTAT PLAVANJA NA 100 METROV

Tim Kambič

### IZVLEČEK

Evropska, svetovna in olimpijska plavalna prvenstva so sestavljena iz zelo natrpanega urnika tekmovalnih nastopov, zato je mnogokrat regeneracija med odmori ključna, če želijo plavalci in plavalke dosegati optimalne rezultate glede na njihovo pripravljenost. Najbolj razširjen protokol aktivne regeneracije v plavanju je aktivno razplavanje. Med ostalimi uporabljenimi protokoli pa poznamo uživanje množice ergogenih dodatkov med kateri je zagotovo najbolj raziskan in uporabljen natrijev bikarbonat.

Namen diplomskega dela je bilo oceniti morebitne razlike v učinkovitosti med dvema metodama regeneracije med odmorom: aktivnim razplavanjem s 65% maksimalne hitrosti na 100 m in kontroliranim vnosom 0,3 g/kg telesne teže natrijevega bikarbonata .

V raziskavi je sodelovalo 8 preiskovancev, ki prihajajo iz različnih plavalnih disciplin, ki so predhodno pisno pristali za sodelovanje v raziskavi. Njihova povprečna starost je bila 20,9 let  $\pm$  1,6, teža 80,3 kg  $\pm$  11,8. Testiranja plavalcev so bila izvedena na pokritem 25-metrskem bazenu Univerzitetnega plavalnega centra Fakultete za šport. Krvne vzorce pa smo analizirali v Laboratoriju za biodinamiko na Fakulteti za šport.

V obeh izbranih protokolih regeneracije smo ugotovili, da je bila hitrost drugih plavanj v povprečju nižja, statistično značilnost pa je dosegla pri protokolu z zaužitjem  $\text{NaHCO}_3$ . Število vdihov se v večini plavanj ni razlikovalo. Vrednosti pH-ja,  $\text{La}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  so se po odmerku  $\text{NaHCO}_3$  povišale glede na vrednosti pred zaužitjem in glede na vrednosti po aktivnem razplavanju. Povišanje vrednosti pH in  $\text{HCO}_3^-$  je posledica zaužitja  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{pCO}_2$  pa se je zvišal tudi zaradi znižanja frekvence dihanja in verjetno tudi ventilacije.

Priporočamo uporabo obeh protokolov regeneracij zaradi zelo majhne razlike med uporabljenima metodama. Predlagamo pa, da se vsak izmed uporabljenih protokolov naprej preizkusi v vadbenem procesu, kjer se ugotovi njegova primernost glede na posameznika.

Key words: swimming, acidosis, active swimming, sodium bicarbonate, buffer

## EFFECT OF TWO PROTOCOLS OF REGENERATION DURING BREAK ON BLOOD PARAMETERS AND RESULT OF 100M SWIMMING

Tim Kambič

### ABSTRACT

European, World and Olympic swimming championships consist of a very busy schedule of competition performances. During this short breaks between competitions, regeneration is often the main key for swimmers to achieve optimum results in terms of their readiness. The most widespread protocol of active regeneration in swimming is actively swimming during breaks. Among other used protocols of regeneration and ergogenic aids is certainly the most popular and used sodium bicarbonate.

The main aim of this Bachelor thesis was to evaluate possible differences in efficiency between the two methods of regeneration during the break: active swimming with 65 % of the maximum speed of 100 m and controlled ingestion of 0.3 g / kg body weight of sodium bicarbonate.

Eight subjects from different disciplines of swimming agreed to participate in the study. All participants provided their written informed consent to participate in the survey. Their average age was 20.9 years  $\pm$  1.6 years , weight 80.3 kg  $\pm$  11,8kg . Tests of swimmers have been made in the indoor 25-meter swimming pool of the University Centre of the Faculty of Sport. Blood samples were analyzed at the Laboratory of Biodynamics at the Faculty of Sport.

In both protocols of regeneration, we discovered that the speed of second swims lowered on average. We found only significant differences in swimming times after ingestion of NaHCO<sub>3</sub>. There were no differences by the number of breaths in most swims. Values of pH , LA , HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> and pCO<sub>2</sub> were increased after the ingestion of NaHCO<sub>3</sub> according to the values before administration and according to values after active swimming. The increase in pH and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> is due to ingestion of NaHCO<sub>3</sub> , while the increase of pCO<sub>2</sub> is due to reduction of the frequency of breathing and possibly ventilation .

We recommend using both protocols of regeneration due to very small difference between the used methods. However, we suggest that each of the protocols is tested in the training process, where the protocol can establish suitability with respect to the individual.

# KAZALO VSEBINE

1.	UVOD .....	7
1.1.	NEKATERI OMEJITVENI DEJAVNIKI HITROSTNE VZDRŽLJIVOSTI .....	9
1.2.	VPLIV ACIDOZE NA UTRUJENOST .....	11
1.3.	VPLIV ZAUŽITEGA NATRIJEVEGA BIKARBONATA NA BIKARBONATNI PUFRSKI SISTEM IN NA URAVNAVANJE pH-JA KRVI.....	12
1.4.	VPLIV AKTIVNE REGENERACIJE NA HITREJŠE ZMANJŠANJE IN ODPLAVLJANJA LAKTATA V KRVI .....	13
1.5.	DOSEDANJE RAZISKAVE.....	14
1.5.1.	ODMERJANJE Z NATRIJEVIM BIKARBONATOM .....	14
1.5.2.	AKTIVNO RAZPLAVANJE.....	17
1.6.	CILJI.....	18
1.7.	HIPOTEZE .....	18
2.	METODE DELA .....	19
2.1.	PREISKOVANCI.....	19
2.2.	POSTOPEK.....	19
2.3.	KAZALCI.....	21
2.4.	STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV .....	21
3.	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	22
3.1.	REZULTATI.....	22
3.1.1.	REZULTATI PLOVANJA IN BIOMEHANSKIH PARAMETROV .....	22
3.1.2.	REZULTATI ACIDOBAZNEGA STATUSA IN PLINSKE ANALIZE KRVI PRED PLOVANJEM ...	26
3.1.3.	REZULTATI ACIDOBAZNEGA STATUSA IN PLINSKE ANALIZE KRVI PO PLOVANJU.....	29
3.2.	RAZPRAVA .....	35
3.2.1.	REZULTATI PLOVANJA IN BIOMEHANSKIH PARAMETROV .....	36
3.2.2.	ACIDOBAZNI STATUS IN PLINSKA ANALIZA KRVI PRED IN PO PLOVANJU .....	37
4.	SKLEP .....	40
5.	VIRI .....	42

## KAZALO SLIK

Slika 1:Urnik zaključnih bojev za medalje na evropskem prvenstvu v Berlinu 2014 (Timetable, 2015) .	8
Slika 2: Enačba delovanja bikarbonatnega pufru (Costanzo, 2014) .....	12
Slika 3:Statistično značilne razlike v koncentraciji LA v krvi med placebo in NaHCO <sub>3</sub> skupino so se pojavile v 5. in 6. seriji (Campos idr., 2012).....	15
Slika 4:Individualne razlike med prvim in drugim plavanjem z vmesnim uživanjem odmerka NaHCO <sub>3</sub> 23	
Slika 5:Primerjava v številu vdihov na drugih 100 m plavanja med protokoloma regeneracije .....	25
Slika 6:Primerjava pH-ja pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije.....	27
Slika 7:Primerjava vrednosti HCO <sub>3</sub> pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije.....	27
Slika 8: Primerjava v vrednostih laktata pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije.....	28
Slika 9; Primerjava vrednosti pCO <sub>2</sub> pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije.....	28
Slika 10:Primerjava vrednosti pH 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije .....	31
Slika 11: Primerjava vrednosti HCO <sub>3</sub> 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije .....	31
Slika 12: Primerjava vrednosti laktata 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije.....	32
Slika 13:Primerjava vrednosti pCO <sub>2</sub> 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije .....	33
Slika 14:Primerjava vrednosti pH 5 min po nastopu med protokoloma regeneracije .....	33
Slika 15: Primerjava vrednosti HCO <sub>3</sub> 5 min po nastopu med protokoloma regeneracije .....	34
Slika 16: Primerjava vrednosti pCO <sub>2</sub> 5 min po nastopu med protokoloma regeneracije.....	35

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:Približni delež energijskih procesov na posamezni razdalji tehnike kravl (Counsilman, 1978).....	7
Preglednica 2:Rezultati časov na 100 m z izbranim vmesnim protokolom regeneracije med nastopoma .....	22
Preglednica 3: Primerjava časov plavanj med protokoloma regeneracije .....	23
Preglednica 4: Število vdihov med plavanjem.....	24
Preglednica 5:Primerjava števila vdihov prvih 100m plavanja pred aktivnim razplavanjem z prvih 100 m plavanja pred zaužitjem NaHCO <sub>3</sub> .....	24
Preglednica 6: Acidobazni status in plinska analiza krvi pred nastopi na 100 m za oba protokola regeneracije.....	26
Preglednica 7: Rezultati acidobaznega statusa in plinske analize krvi po nastopu z vmesnim aktivnim razplavanjem .....	29
Preglednica 8: Rezultati acidobaznega statusa in plinske analize krvi po nastopu z vmesnim odmerjanjem z natrijevim bikarbonatom .....	30
Preglednica 9: Primerjava razlik v vrednostih pH, La, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in pCO <sub>2</sub> med plavanjema po protokolih regeneracije.....	38

## 1. UVOD

Športniki in njihov strokovni štab na čelu s trenerji si že od nekaj prizadevajo poleg pravilno načrtovanega trenažnega procesa najti različne rešitve: s ciljem izboljšati športnikove sposobnosti, zmanjšati utrujenost in izbrati pravi način za ustrezno obnovo in izboljšanje rezultata na tekmovanju. Tako že skozi zgodovino poteka iskanje različnih rešitev tudi na področju prehranskih dodatkov.

Delež prevladujočih energijskih procesov med plavanji na različnih tekmovalnih razdaljah se spreminja glede na dolžino. Med krajšimi tekmovalnimi disciplinami bodo v večji meri prevladovali anaerobni energijski procesi nad aerobnimi. Ravno obratno se pa zgodi pri daljših tekmovalnih disciplinah, kjer v večji meri prevladujejo aerobni energijski procesi nad anaerobnimi.

*Preglednica 1: Približni delež energijskih procesov na posamezni razdalji tehnike kravl (Counsilman, 1978)*

Delež energijskih procesov	Anaerobni procesi (%)		Aerobni procesi (%)
	Alaktatni	Glikoliza	
Razdalja (m)			
50	25	50	25
<b>100</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>37</b>
200	10	25	65
400	8	17	75
800	5	10	85
1500	3	5	92

V Preglednici 1 lahko vidimo deleže energijskih procesov v plavanju glede na tekmovalne razdalje. Če pogledamo delež energijskih procesov pri plavalni razdalji 100 metrov, lahko ugotovimo, da prevladujejo glikolitični energijski procesi. Že dolgo je znano, da je posledica takšne intenzivnosti acidoza. Med utrujenostjo in acidozo je vzpostavljena vzročno-posledična zveza, kar pomeni, da bolj kot je acidoza izražena hitreje se pojavijo znaki utrujenosti in znižanje zmogljivosti (Cerretelli in Samaja, 2003). Logično sklepanje te domneve je, da ob morebitnem znižanju acidoze zmanjšamo tudi utrujenost in ohranjamo visoko raven zmogljivosti med naporom. Organizem se proti acidozi bori z različnimi puferskimi sistemi med katerimi je med naporom najučinkovitejši bikarbonatni puferski sistem ( $\text{HCO}_3^-$ ) v krvi. Povečanje vsebnosti bikarbonata v krvi bi tako lahko pomenilo znižano acidozo v mirovanju in med naporom (Zinner, Wahl, Achtzehn, Sperlich in Mester, 2011). Posledično bi lahko športniki občutili manjšo utrujenost pri enaki obremenitvi ali pa enako utrujenost pri večji obremenitvi. Na vsebnost vodikovih ionov v krvi lahko vplivamo preko zaužitja različnih substanc kot so natrijev bikarbonat, natrijev citrat in amonijev klorid.

Športniki natrijev bikarbonat kot ergogeno sredstvo uporabljajo že od 30. let prejšnjega stoletja. Vendar se njena uporaba nikoli ni množično razmahnila med športniki, saj prepogosto povzroča neljube stranske učinke (predvsem diarejo), ki izničijo vse njene prednosti in na koncu tekmovalni dosežek poslabšajo (Carr, Slater, Gore, Dawson in Burke, 2011).

Do tega prihaja predvsem zaradi nezadostnega poznavanja te snovi s strani trenerjev in športnikov in tako je natrijev bikarbonat skozi vsa ta leta postal nekoliko zapostavljeno ergogeno sredstvo. K temu je še pripomogla množica študij, ki se med seboj po zaključkih in priporočilih zelo razlikujejo in tako še dodatno sejejo dvom o uporabnosti natrijevega bikarbonata. Najbolj se je njena uporaba razširila v 70-tih in 80-tih, predvsem med vrhunskimi tekači na 400 in 800 metrov ter veslači in kolesarji-sprinterji (Requena, Zabala, Padiá in Feriche, 2005). Toda v zadnjih letih, ko so se razmere v vrhunskem športu zaostrele s strani proti dopingških organizacij, je natrijev bikarbonat spet postal zanimivo ergogeno sredstvo.

Sodobna evropska, svetovna in olimpijska plavalna prvenstva so sestavljena iz zelo zgoščenega urnika tekmovalnih nastopov. To pomeni, da ima plavalec, ki plava več različnih disciplin lahko znotraj ure do dveh tudi do dva tekmovalna nastopa, zato je regeneracija med odmorom ključna. Kot eno izmed sredstev za regeneracijo se uporablja tudi natrijev bikarbonat.

FINALS SEMIFINALS 13:00 hrs				FINALS SEMIFINALS 15:00 hrs		
400 M FREE M	50 M FLY M	1500 M FREE M	800 M FREE W	800 M FREE M	1500 M FREE W	50 M FREE W
50 M FLY W	100 M FREE W	200 M BREAST M	200 M MEDLEY W	200 M FREE W	50 M BREAST W	50 M FREE M
100 M BACK M	100 M BACK M	200 M MEDLEY M	100 M FREE M	100 M FLY M	100 M FLY M	50 M BREAST W
400 M MEDLEY W	50 M FLY W	200 M FREE M	100 M FLY W	200 M BREAST W	200 M FREE W	200 M FLY W
100 M BREAST M	100 M BREAST M	100 M BREAST W	200 M BREAST M	100 M FREE M	50 M FREE M	400 M MEDLEY M
200 M BACK W	100 M BREAST W	200 M FLY M	100 M BACK W	50 M BACK W	50 M BACK W	400 M FREE W
50 M FLY M	200 M MEDLEY M	100 M FREE W	200 M FLY M	200 M BACK M	200 M BACK M	4X100 M MEDLEY W
4X100 M FREE W	200 M BACK W	200 M MEDLEY M	200 M BREAST W	100 M FLY W	200 M FLY W	4X100 M MEDLEY M
4X100 M FREE M	200 M FREE M	100 M BACK W	50 M BACK M	50 M BREAST M	50 M BREAST M	
	4X100 M MEDLEY MIXED	50 M BACK M	4X200 M FREE W	4X100 M FREE MIXED	50 M FREE W	
					4X200 M FREE M	

Slika 1:Urn timer zaključnih bojev za medalje na evropskem prvenstvu v Berlinu 2014 (Timetable, 2015)



## 1.1. NEKATERI OMEJITVENI DEJAVNIKI HITROSTNE VZDRŽLJIVOSTI

Plavalna disciplina na 100 metrov prosto spada med športe hitrostne vzdržljivosti. Dejavniki, ki vplivajo na športnikovo sposobnost doseganja rezultata izhajajo iz značilnosti napora, ki traja od približno 30 sekund do 3 minut in ga športnik premaguje s kar največjo intenzivnostjo:

### **KOPIČENJE LAKTATA IN METABOLIČNA ACIDOZA**

Velika aktivnost anaerobnih glikolitičnih procesov povzroča kopičenje laktata in vodikovih protonov v mišicah in krvi (Astrand, Rodahl, Dahl in Stromee, 2003; Fox in Mathews, 1981; Jakovljevič, 1985; Keul, Doll in Keppler, 1972; Saltin, 1988 in Ušaj, 2003). Koncentracija se med naporom lahko povečajo tudi nad vrednosti 23 mmol/l (Saltin, 1981), kar je v primerjavi s koncentracijo v mirovanju (do 2 mmol/l) kar precejšnja razlika (Astrand idr.,2003; Fox idr., 1981; Jakovljevič, 1985; Keul idr., 1972; Saltin, 1988 in Ušaj, 2003). Spremeni se acidobazni status v krvi in mišicah športnika. V mišicah ta sprememba namreč vpliva neposredno na kontrakcijski mehanizem med aktinskimi in miozinskimi vlakni (mesto na aktinu, na katero se veže kalcijev ion, ki sproži ta proces, zasede vodikov ion, tako da je cikel krčenja mišice na tem mestu otežen) (Astrand idr.,2003; Fox idr., 1981; Jakovljevič, 1985; Saltin, 1988 in Ušaj, 2003). Omenjena sprememba povzroča tudi inhibicijo (zmanjšanje) aktivnosti nekaterih encimov, ključnih za potek reakcij v anaerobnih glikolitičnih energijskih procesih (glikogen fosforilaza, fosforfruktokinaza,...) (Astrand idr.,2003; Fox, 1981; Jakovljevič, 1985; Keul, 1972; Saltin, 1988 in Ušaj, 2003).

### **✚ ZMANJŠANJE ZALOG KREATINFOSFATA (CrP)**

V začetni fazi (do približno 10 sekund) vsakega visoko intenzivnega napora prevladuje aktivnost anaerobnih alaktatnih energijskih procesov (Astrand idr.,2003; Fox idr., 1981; Jakovljevič, 1985; Keul idr., 1972; Saltin, 1988 in Ušaj, 2003) . Njihovo poglavitno gorivo je kreatin fosfat, ki se hitro črpa, tudi v nadaljevanju napora, ko začnejo prevladovati anaerobni laktatni energijski procesi. Zato se lahko zaloge tega goriva nevarno izčrpajo, kar lahko povzroči utrujenost in porušeno koordinacijo med naporom (Fox idr., 1981).

### **✚ PORUŠENA KOORDINACIJA**

Porušena koordinacija je ena izmed prvih faz utrujanja, ki se pojavi zaradi dveh razlogov. Prvi razlog je nevarno črpanje zalog kreatin fosfata, do katerega lahko pride pri naporih, ki trajajo do 45 sekund in so zelo visoke intenzivnosti. Drugi razlog je že omenjena povečana acidoza v mišicah in vsem organizmu. Ta je najbolj izražena pri teku na 400 metrov in 400 metrov z ovirami v atletiki. Pri plavanju pa se po navadi izrazi v spremembi dolžine zaveslaja in spremenjeni frekvenci zaveslajev. Začetek rušenja koordinacije ni viden, pojavi pa se hkrati s povečanjem metabolične acidoze. Že majhna sprememba v koordinaciji povzroči večji napor za iste mišice, kar povzroči dodatno porabo energije in še večjo acidozo. Tako se športnik znajde v začaranem krogu nenehnega povečevanja utrujenosti, ki ga lahko prekine samo z zmanjševanjem intenzivnosti, hitrosti ali s prekinitvijo napora (Ušaj, 2003).

## **NAJVEČJA HITROST GIBANJA**

Pri tovrstnih naporih, ki trajajo krajši čas in so odvisni tudi od hitrosti gibanja, je dejavnik najvišje hitrosti zelo pomemben. Znano je, da hitrost gibanja v naporih, ki trajajo dlje nekje od 10 sekund do 20 sekund, ne more dosegati najvišje hitrosti, temveč ta znaša do 90% te hitrosti (Ušaj, 2003).

## **VZDRŽLJIVOST**

Pri dalj časa trajajočih tovrstnih naporih, kot so tek na 800 metrov, plavanje na 200 metrov postaja dejavnik vzdržljivosti vse pomembnejši. Pri takšnih naporih, čeprav prevladujejo anaerobni glikolitični procesi se poleg že omenjene tvorbe energije hkrati tudi porabljajo laktat kot svoje gorivo. Pri tovrstnih naporih so uspešni športniki z večjo vzdržljivostjo (Brooks, 1985; Ušaj, 2003).

## **OBČUTEK ZA HITROST (NAPOR)**

Športniki v disciplinah, kjer prevladuje hitrostna vzdržljivost so vedno v nevarnosti, da se pojavi tolikšna metabolična acidoza, ki bo povzročila prezgodnjo utrujenost in zato slabši športni dosežek. Zato je pomembno, da znajo hitrost svojega gibanja (napornost) natančno oceniti. V kratkotrajnejših naporih si morajo izostriti občutek za način razporejanja moči tako, da bi se utrujenost zaradi povečane acidoze pojavila kar najpozneje. Ta se nujno pojavi pri doseganju športnih rezultatov blizu osebnih rekordov. Pomembno pa je, da naj bo hitrost med naporom tako velika, da se bo utrujenost pojavila šele proti koncu nastopa. Vse je odvisno od tega, kaj to pomeni za končen športni dosežek, ter od trenutnih sposobnosti in značilnosti posameznika. Utrujenost se pri nekaterih športnikih izraža kot izrazito znižanje hitrosti, pri drugih pa je ta upad hitrosti manjši. Nekoliko drugačen je problem pri daljših tovrstnih naporih. Tu je intenzivnost manjša, toda še vedno visoka, da se metabolična acidoza nenehno povečuje, čeprav z manjšo intenzivnostjo. Značilno za take obremenitve je, da se po štartu doseže raven hitrosti, ki je navadno nespremenjena do zadnjega dela, katera se pa konča v sklepnem finišu. Zelo pomemben je vmesni, enakomerni del, saj če je v delu acidoza že izražena, potem je majhna verjetnost za povečanje hitrosti v zadnjem delu preizkušnje. V primeru, da acidoza v tem delu ni izražena, je to možnost za povečanje hitrosti v sklepnem finišu. Natančno izostren občutek, ki ga ne zmoti vpliv predstartne treme, je tukaj ključnega pomena (Ušaj, 2003).

## 1.2. VPLIV ACIDOZE NA UTRUJENOST

Acidoza je pojav, ko se vrednost pH-ja v arterijski krvi zniža pod 7.35 (Guyton in Hall, 2012). Mehanizmi, ki ohranjajo pH v krvi v normalnem rahlo alkalnem območju so znotraj in zunajcelični pufrski sistemi, respiratorne in renalne kompenzacije v telesu. Med zunaj celične pufre spadajo bikarbonatni pufrski sistem ( $\text{HCO}_3^-$ ), fosfatni pufer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), medtem ko med znotrajcelične pufre spadajo organski fosfati (ADP, ATP, AMP, idr.) in proteini (najpomembnejša hemoglobin in deoksihemoglobin) (Costanzo, 2014).

V plavanju na 100 metrov z največjo intenzivnostjo prevladujejo anaerobni glikolitični energijski procesi (Counsilman, 1978). Produkt tega procesa sta tudi vodikov proton in laktat, zato pri naporih velike intenzivnosti, kjer je anaerobna presnova zelo izrazita, vsebnost laktata v krvi neprestano narašča. To pomeni, da tvorba laktata prevladuje nad njegovo razgradnjo (Brooks in Fahey, 1986; Wasserman, Beaver in Whipp, 1986).

Glikoliza povzroča tvorbo piruvata in vodikovih ionov ( $\text{H}^+$ ) (Katch, McArdle in Katch, 2011). Povečanje  $\text{H}^+$  pomeni znižanje pH (Apps, Cohen in Steel, 1992). Zaradi povišane koncentracije vodikovih ionov se začne postopoma v krvi in v mišicah nižati pH. Vrednosti pH krvi se lahko znižajo pod 7, medtem, ko je lahko znižanje pH-ja v mišici še bolj izrazito: od okrog 7 do 6,8 (Kenney, Wilmore in Costill, 2012). Kopičenje  $\text{H}^+$  kot enega izmed produktov anaerobne glikolize ima lahko različne negativne učinke:

- ✚ v mišici lahko znižani pH inhibira encim fosfofruktokinazo (PFK) in upočasni glikolizo (Brooks in Fahey, 1986);
- ✚  $\text{H}^+$  lahko v mišici zasede aktivno mesto  $\text{Ca}^{2+}$  na troponinu in tako inhibicijsko vpliva na mišično krčenje (Brooks in Fahey, 1986; Nakamaru in Schwartz, 1972);
- ✚  $\text{H}^+$ , sproščeni v krvi, lahko vplivajo na možgane in povzročijo stranske učinke, kot je bolečina (Brooks in Fahey, 1986);
- ✚ acidoza zmanjšuje afiniteto hemoglobina za  $\text{O}_2$  (Astrand, idr., 2003).

Torej zgornji vzroki pomenijo zmanjšano aktivnost glikolize, kontraktilnih sposobnosti mišice. Vsi ti vzroki posredno povzročijo zmanjšanje zmogljivosti in utrujenost.

### 1.3. VPLIV ZAUŽITEGA NATRIJEVEGA BIKARBONATA NA BIKARBONATNI PUFRSKI SISTEM IN NA URAVNAVANJE pH-JA KRVI

Človeško telo uravnava vrednosti pH-ja v krvi s kemičnimi pufri. Pufri so mešanica šibke kisline in konjugirane baze ali konjugirane kisline in šibke baze. Ločimo zunajcelične in znotrajcelične pufre. Najbolj značilni kratkoročni delujoči pufri so bikarbonatni pufer, anorganski fosfat, organski fosfat, hemoglobin, proteini. Pufri sistem deluje tako, da močnejšo kislino spremeni v šibko kislino in v nevtralno sol (Costanzo, 2014).

V procesu delovanja anaerobne glikolize kot začasni stranski produkti nastanejo piruvat in dva vodikova protona, ki ju dihalna veriga ni uspela oksidirati zaradi visoke intenzivnosti. Ta dva produkta se lahko nato združita v laktat preko encima laktatne dehidrogenaze. V primeru, da se piruvat in vodikovi ioni ne spojijo skupaj v laktat, se piruvat vključi v Krebsov cikel kot eden izmed substratov (Katch, McArdle in Katch, 2011). Prosti vodikovi ioni se vežejo na bikarbonatni ion, ki se skupaj pretvorita v šibko ogljikovo kislino (Costanzo, 2014).



Slika 2: Enačba delovanja bikarbonatnega pufru (Costanzo, 2014)

Na Sliki 2 je prikazano delovanje uravnavanje vrednosti vodikovih ionov v krvi na dva načina preko encima ogljikove anhidraze.

Uraevnanje pH-ja v krvi je med drugim tesno povezano z ventilacijo (Kowalchuk et al., 1988). Ventilacija ima med naporom dve zelo pomembni funkciji: izmenjava plinov O<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>, s pomočjo odstranjevanja CO<sub>2</sub> pa tudi učinkuje na bikarbonatni pufri sistem (Morton, 1993). Končna produkta celičnega dihanja sta H<sub>2</sub>O in CO<sub>2</sub>. Zelo pomembno je stalno ohranjati primerno vsebnost CO<sub>2</sub> v krvi, saj je toksičen v koncentracijah, ki niso ravno visoke (Apps idr., 1992; Brooks in Fahey, 1986).

Zaradi povišane pljučne ventilacije se arterijski pCO<sub>2</sub> zniža glede na tkivo in venski PCO<sub>2</sub>. Razlika v pCO<sub>2</sub> pa je tista sila, ki omogoča difuzijo CO<sub>2</sub> iz mišice v kri in nato skozi izdihani zrak v ozračje (Apps idr., 1992). V krvi je CO<sub>2</sub> transportiran na tri načine: raztopljen, kot bikarbonatni ion in v povezavi s hemoglobinom (karboksihemoglobin) (Guyton in Hall, 2012).

Znano je, da zaužitje natrijevega bikarbonata vodi do hitrejšega izločanja laktata iz delujoče skeletne mišice kot rezultat povišanih vrednosti pH-ja (Bishop, Edge, Davis in Goodman, 2004; Costill, Verstappen, Kuipers, Janssen in Fink, 1984; Hood, Schubert, Keller in Mueller, 1988; McNaughton, Siegler in Midgley, 2008).

Natrijev bikarbonat s svojim disociiranjem na natrijev kation in bikarbonatni anion vpliva na dvig koncentracije bikarbonatnega pufra v krvi. Višja koncentracija bikarbonatnega pufra naj bi torej pomenila alkalozo v krvi in posledično manj izraženo znižanje pH-ja krvi med naporom in s tem bi prispevala k ohranjanju zmogljivosti, izboljšanju rezultata in manjši utrujenosti med naporom.

#### 1.4. VPLIV AKTIVNE REGENERACIJE NA HITREJŠE ZMANJŠANJE IN ODPLAVLJANJA LAKTATA V KRVI

Odkritje mlečne kisline kot produkta mišične aktivnosti sega še v zgodnja leta 20. stoletja. (Fletcher in Hopkins, 1907). Od takrat naprej se je vedenje o tvorbi in porabi laktata precej razširilo (Van Hall idr., 2002). Dokazano je bilo, da kratkotrajni visoko intenzivni napor povzroča nastanek velikih količin arterijskega laktata z vrednostmi, ki lahko presegajo 25 mmol/l kot so odkrili pri najbolj motiviranih posameznikih (Mainwood in Renaud, 1985; McLoughlin, McCaffery in Moynuhan, 1991; Rowell, Saltin, Kiens in Christensen, 1986).

Razlog za kopičenje laktata je v spojitvi piruvata in prostih vodikov ionov s pomočjo encima laktatne dehidrogenaze v laktat (Katch, McArdle in Katch, 2011). Razloga, ki privedeta do nastanka laktata preko laktatne dehidrogenaze sta: sprememba v znotrajmišičnem ionskem razmerju in razporeditev ter prenos laktata po celotnem krvnem obtoku za njegovo hitrejšo razgradnjo v ostalih organih (Gladden, 2004; Wasserman idr., 1986). Zmanjševanje vsebnosti in poraba laktata je povezana s številnimi organi (Connolly, Brennan in Lauzon, 2003). Med naporom se laktat porablja tako v aktivnih kot v neaktivnih mišicah (Ahlborg, Hagenfeldt in Wahren, 1975; Carlson in Pernow, 1959; Freyschuss in Strandell, 1967).

Gollnick, Pernow, Essen, Jansson in Saltin (1981) so na kolesarskemu ergometru raziskovali pretok in porazdelitev laktata med nogama. Predhodno so izmerili zaloge glikogena v obeh nogah in ugotovili razlike. Raziskava je pokazala, da je noga, ki je imela predhodno manjše zaloge glikogena dobivala od druge noge laktat, ki jo je oskrbel z energijo med naporom. Obstaja torej logična povezava dinamike porabe laktata kot goriva v delujoči mišici in med delujočimi in nedelujočimi mišicami (Draper, Bird, Coleman in Hodgson, 2006).

Kmalu po tem odkritju so Richter, Kiens, Saltin, Christensen in Savard (1988) ugotovili, da je privzem laktata skeletne mišice večji ob nizko intenzivni vadbi v primerjavi z pasivnim odmorom. S to raziskavo so v očeh mnogih trenerjev zbudili zanimanje za uporabo podobnih metod obnove med odmori.

## 1.5. DOSEDANJE RAZISKAVE

### 1.5.1. ODMERJANJE Z NATRIJEVIM BIKARBONATOM

Izmed puferskih substanc je najbolj raziskan prav natrijev bikarbonat, zato je bilo izvedenih veliko raziskav v različnih športih kot so teki na kratkih in srednjih razdaljah (Price in Simons, 2010), kolesarjenje (Higgins, James, Price in Price, 2013), plavanje (Joyce, Minahan, Anderson in Osborne, 2012) in veslanju (Hobson idr., 2014). Vendar so odstopanja med raziskavami velika, kar lahko pripišemo metodičnim razlikam med raziskavami kot so: premajhen vzorec, različne karakteristike testiranih posameznikov, različno doziranje  $\text{NaHCO}_3$ , različno trajanje in intenzivnost naporov ter različni vremenski pogoji testiranja, treniranost testirancev, občutljivost in stranski učinki na  $\text{NaHCO}_3$ . Poleg tega pa je bila večina raziskav usmerjena zgolj v vrednotenje učinka zaužitja natrijevega bikarbonata na enkratni nastop in na mehaniko delovanja le tega. Večina raziskav je preverjala učinek zaužitja natrijevega bikarbonata zgolj v primerjavi s kontrolno skupino in ne s ostalimi podobno učinkovitimi protokoli regeneracije kot je bil naš cilj raziskave.

Glavnina rezultatov iz raziskav je prišla iz športov, kjer so napori visoko intenzivni in trajajo od 30 s do 5 minut.

Zajac, Cholewa, Poprzecki, Waskiewicz in Langfort (2009) so preverjali učinke vnosa 0,3 g/kg telesne teže natrijevega bikarbonata na rezultat plavanja znotraj intervalov 4 x 50 metrov kravl z minuto odmora med intervali. Izvedli so dvojno slepo raziskavo, ki je pokazala, da se je skupni čas intervalov izboljšal iz 1:54:28 na 1:52:85 min, kar je skoraj dve sekundi boljše v primerjavi s placebo skupino. Razlike so se pojavile v prvem intervalu plavanja na 50 metrov. Po zaužitju natrijevega bikarbonata se je povečala koncentracija bikarbonatnega pufra v krvi, kar je povzročilo statistično pomemben vpliv na dvig pH-ja v mirovanju. Avtorji priporočajo uživanje natrijevega bikarbonata za vse plavalne tekmovalne discipline od 50 do 200 metrov.

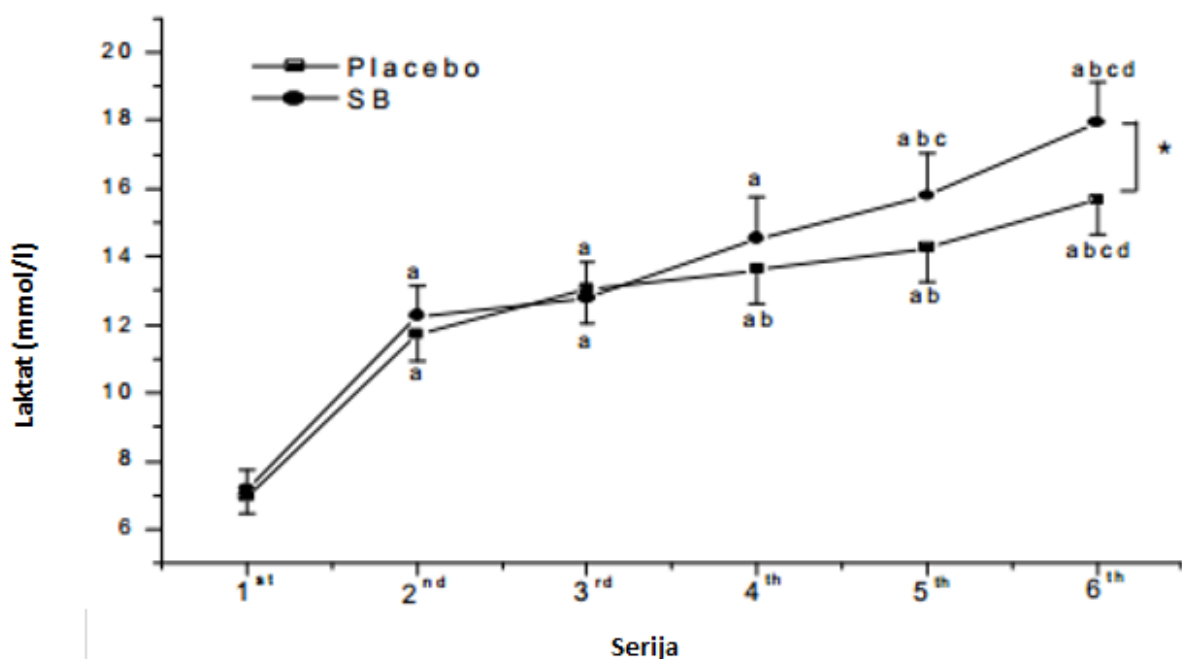
Siegler in Gleadall-Siddall (2010) sta preverjala učinke vnosa 0,3 g/kg telesne teže natrijevega bikarbonata na plavalcih. Plavalci so v slepi raziskavi opravili po en nastop v obeh raziskovalnih skupinah (kontrolni in eksperimentalni). Preplavati so morali po 8 maksimalnih 25 metrskih plavanj v kravl tehniki z vmesnim 5 sekundnim odmorom. Rezultati so pokazali, da se skupni čas plavanj značilno znižal za 2% glede na kontrolno skupino. Krvni parametri so pokazali povišane vrednosti pH-ja krvi z znižano vrednostjo zunajceličnega kalija. Raziskovalca priporočata odmerek 0,3 g/kg telesne teže natrijevega bikarbonata 2,5 ure pred naporom.

Mero, Hirvonen, Saarela, Hulmi, Hoffman in Stout (2013) so preverjali vpliv odmerka natrijevega bikarbonata na dveh ponovljenih nastopih na 100 m prosto z vmesnim odmorom 12 minut na 13 profesionalnih plavalcih. Odmerek 0,3g/kg telesne teže natrijevega bikarbonata so plavalci zaužili 60 minut pred nastopom v obliki kapsul. Rezultati so pokazali izboljšanje časa plavanja v plavanju po odmerku glede na plavanje v kontrolni skupini. Po odmerku se je čas izboljšal za 1,5 s. pH krvi je bil značilno višji po odmerku glede na kontrolno skupino. Raziskovalci priporočajo odmerek natrijevega bikarbonata za izboljšanje zmogljivosti pred ponovljenimi maksimalnimi plavalnimi nastopi v trajanju do 60 s.

Te študije potrjujejo hipotezo, da natrijev bikarbonat sodeluje pri izboljšanju plavalnega dosežka pri visoko intenzivnih obremenitvah, ki trajajo od 30 s do 5 minut.

Sedaj sledijo še raziskave katere so pokazale negativne lastnosti natrijevega bikarbonata oz. raziskave, ki niso ugotovili bistvene razlik v primerjavi z kontrolnimi skupinami.

Campos in sodelavci (2012) so raziskovali vpliv odmerka 0.3 g/kg telesne teže  $\text{NaHCO}_3$  v obliki želatinastih kapsul na 10 plavalcih. Odmerek so vzeli 60 minut pred naporom, ki je bil sestavljen iz 6 serij po 100 metrov kravl plavanja z vmesnim 6 minutnim odmorom med serijami. Merili so vsebnost laktata v krvi, parametre kravl zamaha (dolžina zamaha) in uspešnost med samim naporom. Ugotovili so samo večjo količino laktata v krvi pri  $\text{NaHCO}_3$  skupini v 6. seriji kravl plavanja glede na placebo skupino ( $p < 0,05$ ), sprememb v dolžini zamaha in drugih plavalnih parametrih niso zaznali, tako da uživanje 0.3 g/kg  $\text{NaHCO}_3$  ni predstavljalo izboljšanja v rezultatu 100 metrskega plavanja.



Slika 3: Statistično značilne razlike v koncentraciji LA v krvi med placebo in  $\text{NaHCO}_3$  skupino so se pojavile v 5. in 6. seriji (Campos idr., 2012)

Cameron, Mclay Cooke, Brown, Gray in Fairbairn (2010) so ugotavljali vpliv  $\text{NaHCO}_3$  na 25 moških rugby igralcih. Igralci so 65 minut pred naporom zaužili 0.3g/ kg telesne teže  $\text{NaHCO}_3$  ali pa placebo, nato so po 25 minutnem ogrevanju bili deležni še 9 minutnega visoko intenzivnega specialnega rugbyjskega treninga, ki mu je sledil specialni rugbyjski test, ki je sestavljen iz različnih ponavljajočih šprintov (RSRST). Po zaužitju  $\text{NaHCO}_3$  se je koncentracija bikarbonata in pH-ja v krvi povečala, po testu RSRST pa se je vsebnost laktata v krvi povečala glede na placebo skupino. Raziskava ni ugotovila nobenih bistvenih sprememb v uspešnosti med obema skupinama. So pa poročali o negativnih učinkih natrijevega bikarbonata (driska, trebušni krči, bruhanje, prebavne motnje, napihnjenost), ki so po njihovem mnenju imeli tudi vpliv na sam rezultat raziskave. Avtorji priporočajo, da se odmerek  $\text{NaHCO}_3$  naprej testira med trenajnim procesom, predvsem zaradi stranskih učinkov, ki bi bili zelo nezaželjeni na tekmi.

Stephens, McKenna, Canny, Snow in McConell (2012) so raziskovali vpliv 0,3 g/kg telesne teže  $\text{NaHCO}_3$  na 7 vzdržljivih moških. Odmerek so vzeli 2 uri pred 30 minutnim kolesarjenjem na okoli 80%  $\text{VO}_2$  max in ugotovili, da kljub porasti bikarbonata in pH-ja v krvi ni bilo večjih razlik v zmogljivosti med obema skupinama, nivo mišičnega glikogena in nivo laktata je ostal nespremenjen. Kljub povzročeni mišični alkalozii, jemanje ni imelo večjega učinka na mišični metabolizem.

Santalla idr. (2003) so ugotovili, da 0,3 g/kg  $\text{NaHCO}_3$  1 uro pred vadbo, ki je bila sestavljena iz 2 serij 6 minutnega kolesarjenja na 90%  $\text{VO}_2$  max (vmes 8 minut odmora) ni predstavljalo izboljšanja v počasni komponenti  $\text{VO}_2$ max pri profesionalnih kolesarjih.

Torej raziskav na področju odmerjanja z natrijevim bikarbonatom pred naporom ali med odmori je največ med vsemi ergogenimi sredstvi. Večina rezultatov raziskav nakazuje, da se metabolične komponente kot so pH krvi in mišic ter koncentracija bikarbonatnega pufra dvignejo pred naporom zaradi zaužitja odmerka, medtem ko pa se rezultat v večini raziskav ne izboljša, izboljša se le občutek za premagovanje napora dalj časa, ki pa se razlikuje od posameznika do posameznika zaradi zgoraj opisanih stranskih učinkov kot so prebavne motnje, diareja, splošno slabo počutje in bruhanje.



### 1.5.2. AKTIVNO RAZPLAVANJE

V plavanju je bilo na temo aktivnega razplavanja med odmorom med plavanjem narejenih kar precej raziskav.

Hinzpeter, Zamorano, Cuzmar, Lopez in Burboa (2014) so primerjali učinke aktivne regeneracije v obliki protokola aktivnega razplavanja na intenzivnosti 50%-60% s pasivnim odmorom in ugotovili, da so se vrednosti laktata zmanjšale za 5,93 mmol/l glede na kontrolno skupino. Poleg zmanjšanja vrednosti laktata je bilo mogoče ugotoviti tudi razliko v času plavanja na 100 metrov po odmoru, ki so ga testiranci hitrejšje opravili kot kontrolna skupina ( $p=0,04$ ).

Greenwood, Moses, Bernardino, Gaesser in Weltman (2008) so ugotavljali razlike v učinkovitosti različnih metod regeneracije: 10 minutne metode aktivnega razplavanja (50%, 150% ali 100% hitrosti, ki jo določa laktatni prag) in metode z 10 minutnim pasivnim odmorom. Ugotovili so pri vseh metodah aktivnega razplavanja nižje vrednosti laktata glede na metodo pasivnega odmora ( $p<0,05$ ) z največjo razliko pri metodi aktivnega razplavanja pri 100% hitrosti, ki jo določa laktatni prag. Aktivni razplavanji pri 50% hitrosti in pri 150% hitrosti, ki jo določa laktatni prag so se izkazali v izboljšanju časov plavanja po odmoru v primerjavi z pasivnim odmorom ( $p<0,05$ ). Avtorji predlagajo uporabo podobnih oblik aktivnega odmora pri hitrostih, ki jih določa laktatni prag med tekmovanjem ali znotraj napornih trenažnih dni.

Toubekis, Peyrebrune, Lakomy in Nevill (2008) so ugotavljali vpliv aktivnega ali pasivnega počitka na osmih vrhunskih plavalcih. Plavalci so bili testirani z dvema različnima metodama: prva metoda je bila sestavljena iz štirih serij po 30 sekund maksimalnega plavanja z vmesnim počitkom 30 sekund, medtem ko je bila druga metoda sestavljena iz 4 serij po 50 yardov maksimalnega plavanja v dvominutnih intervalih. Odmor je bil aktiven ali pa v celoti pasiven med serijami. Ugotovili so, da je aktivni odmor v obliki razplavanja (60% hitrosti maksimalnega plavanja) primeren v odmoru med serijami in lahko vpliva na plavalčevo zmogljivost med ponovitvami znotraj serij, kjer je čas odmora zelo kratek.

Zanimiva raziskavo sta izvedla Reaburn in Mackinnon (1990), kjer sta ugotavljala odziv starostnikov na vrednosti laktata med aktivnim in pasivnim počitkom po maksimalnih 100 metrskih plavanjih. Pasivni odmor je bil sestavljen iz 60 minutnega sedenja ob bazenu, medtem ko je bil aktivni odmor sestavljen iz 20 minutnega plavanja pri tempu, ki si jo je vsak posameznik izbral glede na svoje sposobnosti. Med starostnimi kategorijami ni bilo statistično pomembnih razlik v nobenemu izmed merjenih vrednosti laktata, kar pomeni da se s starostjo tvorba in poraba laktata ne spreminjata. Ugotovili so znižane vrednosti laktata po aktivnem razplavanju v primerjavi s pasivnim odmorom ( $p<0,05$ ).

## 1.6. CILJI

Cilj diplomskega dela je ugotoviti razlike med dvema metodama regeneracije med odmorom:

- a) aktivnim razplavanjem s 65% maksimalne hitrosti na 100m in
- b) kontroliranim vnosom  $\text{NaHCO}_3$ .

S primerjanjem obeh metod regeneracije med odmorom med plavanjema želimo ugotoviti morebitno razliko v učinkovitosti ene ali druge metode za zmanjšanje utrujenosti na drugem plavalnem nastopu v primerjavi s prvim pri doseganju ponovljenega časa na 100m, kakor tudi v vrednostih plinske analize in acidobaznega statusa krvi (pH,  $\text{La}$ ,  $\text{HCO}_3$  in  $\text{pCO}_2$ ), ki bi lahko vplivali na ponovljeni nastop. Zanimalo nas je tudi ali bo pri drugem nastopu prišlo do razlik v dihanju med plavanjem in posledično do sprememb tehnike plavanja (števila vdihov) kot posledica vnosa natrijevega bikarbonata.

## 1.7. HIPOTEZE

Na podlagi zastavljenih ciljev smo postavili naslednje raziskovalne hipoteze:

- ✚ H1: Kontrolirani vnos natrijevega bikarbonata med odmorom bo učinkovitejša metoda regeneracije od aktivnega razplavanja glede na dosežen rezultat pri drugem nastopu zaradi povzročitve alkaloze v krvi.
- ✚ H2: Vnos natrijevega bikarbonata bo povzročil povečanje števila vdihov med drugim nastopom zaradi povišanega delnega tlaka ogljikovega dioksida v krvi.
- ✚ H3: Kontroliran vnos natrijevega bikarbonata bo povzročil višje vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3$  pred in po nastopu v primerjavi z metodo aktivnega razplavanja zaradi izrazitejšega povišanja vrednosti  $\text{HCO}_3$  po zaužitju.

## 2. METODE DE LA

### 2.1. PREISKOVANCI

V raziskavi je sodelovalo 8 preiskovancev, ki prihajajo iz različnih plavalnih disciplin, ki predhodno pisno pristali na sodelovanje v raziskavi. Njihova povprečna starost je bila 20,9 let  $\pm$  1,6 let, teža 80,3 kg  $\pm$  11,8 kg. Vsi testiranci imajo za seboj že večletni tekmovalni staž v različnih plavalnih disciplinah. Vsi prihajajo iz ljubljanskih klubov. Večina jih ima kategorizacijo športnika in nastopajo na nacionalni ravni in na izbranih tekmah v tujini.

### 2.2. POSTOPEK

Testiranje plavalcev je potekalo v dveh delih v mesecu marcu 2014. Prva testiranja so potekala 11.3.2014 od 9.00 do 12.00 ure, druga testiranja pa 18.3. od 9.00 do 13.00 ure. Vsa testiranja in odvzem krvnih vzorcev plavalcev so bila izvedena na pokritem 25-metrskem bazenu Univerzitetnega plavalnega centra Fakultete za šport, medtem ko smo krvne vzorce analizirali v Laboratoriju za biodinamiko na Fakulteti za šport.

Raziskava je bila izvedena v dveh delih. Prvi dan testiranj je bil v odmoru med dvema maksimalnima nastopoma uporabljen protokol razplavanja pri 65% maksimalne hitrosti na 100 metrov v trajanju 30 minut. Drugi dan testiranj je bil v odmoru med obema nastopoma uporabljen protokol odmerjanja z natrijevim bikarbonatom v prahu (Lekarna Ljubljana, Slovenija). Za odmerjanje z natrijevim bikarbonatom je bil uporabljen standardni odmerek 0,3 g/kg telesne teže, ki je bil raztopljen v pol litra vode. Predhodno je bil pripravljen odmerek natrijevega bikarbonata za vsakega posameznika in obenem preračunana tudi 65% maksimalne hitrosti plavanja za uporabo v prvem dnevu testiranj v odmoru. Vrstni red testirancev je bil v obeh dneh testiranj enak.

Protokol testiranj je bil razdeljen v dva dneva testiranj po naslednjem zaporedju:

#### **PRVI DAN TESTIRANJ - 11.3 2014 OD 9.00 DO 12.00 URE**

9:00 Ogrevanje v bazenu, ki je bilo za vse udeležence isto. Protokol ogrevanja je bil sledeč:

1. 200 METROV KRAVL ZMEREN TEMPO
2. 2 X 100 KRAVL STOPNJEVANO OD 1 DO 4 VSAKIH 25M; ODMOR MED SERIJAMA 15 SEKUND
3. 4 X 25 METROV (12,5 METROV ŠPRINT + 12,5 METROV RAZPLAVANJE); ODMOR 10 SEKUND
4. 50 METROV RAZPLAVANJA

9:15 Maksimalno plavanje na 100 metrov v kravl tehniki.

Odvzem vzorcev pred plavanjem, po plavanju in nato 5 minut po plavanju iz ušesne mečice za kasnejšo analizo krvnih parametrov v laboratoriju.

9:15-9:45 Počitek na bazenu

9:45-10:15 Polurno razplavanje z 65% maksimalne hitrosti v kravl plavalni tehniki.

10:15-10:45 Počitek na bazenu

10:45 Maksimalno plavanje na 100 metrov v kravl tehniki.

Odvzem vzorcev pred plavanjem, po plavanju in nato 5 minut po plavanju iz ušesne mečice za kasnejšo analizo v laboratoriju.

### **DRUGI DAN TESTIRANJ – 18.3.2014 OD 9.00 DO 12.00 URE**

9:00 Ogrevanje v bazenu, ki je bilo za vse udeležence isto. Protokol ogrevanja je bil sledeč:

1. 200 METROV KRAVL ZMEREN TEMPO
2. 2 X 100 METROV KRAVL STOPNJEVANO OD 1 DO 4 VSAKIH 25M; ODMOR MED SERIJAMA 15 SEKUND
3. 4 X 25 METROV (12,5 M ŠPRINT + 12,5 RAZPLAVANJE); ODMOR 10 SEKUND
4. 50 METROV RAZPLAVANJA

9:15 Maksimalno plavanje na 100 metrov v kravl plavalni tehniki.

Odvzem vzorcev pred plavanjem, po plavanju in nato 5 minut po plavanju iz ušesne mečice za kasnejšo analizo v laboratoriju.

9:15-10:45 Počitek na bazenu

9:45 Prva polovica napitka z natrijevim bikarbonatom (0,25 L)

10:15 Druga polovica napitka z natrijevim bikarbonatom (0,25 L)

10:45 Maksimalno plavanje na 100 metrov v kravl plavalni tehniki.

Odvzem vzorcev pred plavanjem, po plavanju in nato 5 minut po plavanju iz ušesne mečice za kasnejšo analizo v laboratoriju.

### 2.3. KAZALCI

Med obema nastopoma je bil čas plavanja izmerjen z dvema ročnima elektronskima štoparicama znamke TYR (Seal Beach, California, ZDA) in za natančnejši rezultat smo uporabili aritmetično sredino obeh izmerjenih časov zaokroženih na 0,1 sekunde. Oba dneva testiranj smo zaradi kasnejše video analize števila vdihov snemali z digitalnim fotoaparatom Olympus (Tokyo, Japonska,). Natančnost frekvence snemanja je bila 30 sličic/sekundo.

Dobljene vzorce acidobaznega statusa ( $\text{La}^-$ , pH,  $\text{HCO}_3^-$ ) in plinske analize krvi ( $\text{pCO}_2$ ) smo analizirali po testiranju plavalcev v Laboratoriju za biodinamiko na Fakulteti za šport. Poleg rezultata plavanja so nas zanimale vrednosti pH-ja,  $\text{La}^-$ , koncentracija bikarbonatnega pufru ( $\text{HCO}_3^-$ ) in delni tlaki plinov ( $\text{pCO}_2$ ) v krvi v različnih stadijih testiranja. Laktat smo izmerili s fotometrom dr. LANGE LP20 (Berlin, Nemčija). Vzorce laktata smo shranili v LKM 140 Kivete. Vzorec 10 mikrolitrov smo dobili iz kapilarne krvi in jih takoj po odvzemu iz hiperemizirane ušesne mečice zmešali z 0,5 ml razredčila in jih shranili do merjenja v kivetah. Natančnost meritev je bila  $\pm 0,1$  mmol. Plinska analiza krvi in pH-ja je bila izmerjena z analizatorjem ABL5 (Radiometer Copenhagen, Danska). Vzorce od 60 do 80 mikrolitrov smo shranjevali v primerno zaprtih kapilarnih cevkah pri temperaturi do 4 stopinje Celzija, in sicer največ eno uro. Natančnost merjenja je bila  $\pm 0,01$  enot pH in  $\text{pCO}_2 \pm 0,1$  kPa.

### 2.4. STATISTIČNA ANALIZA PODATKOV

Podatke smo obdelali s statičnim programom IBM SPSS (verzija 21, SPSS Inc., Chicago, ZDA) in Microsoft Excel (verzija 2013, Microsoft Corporation, Redmond, ZDA). Poleg osnovne statistike smo za primerjavo rezultatov časovnih, biomehanskih, acidobaznega statusa in plinske analize krvi uporabili T-test za odvisne vzorce pri stopnji tveganja 0,05.

Na podlagi pridobljenih rezultatov smo izdelali grafe, v katerih smo primerjali časovne in krvne vrednosti med seboj v skladu s postavljenimi hipotezami in cilji.

### 3. REZULTATI IN RAZPRAVA

#### 3.1. REZULTATI

Rezultati so vsebinsko razdeljeni na rezultate plavanj na 100 metrov, rezultate biomehanskih parametrov in na rezultate acidobaznega statusa in plinske analize krvi pred in po plavanju na 100 m prosto.

##### 3.1.1. REZULTATI PLAVANJA IN BIOMEHANSKIH PARAMETROV

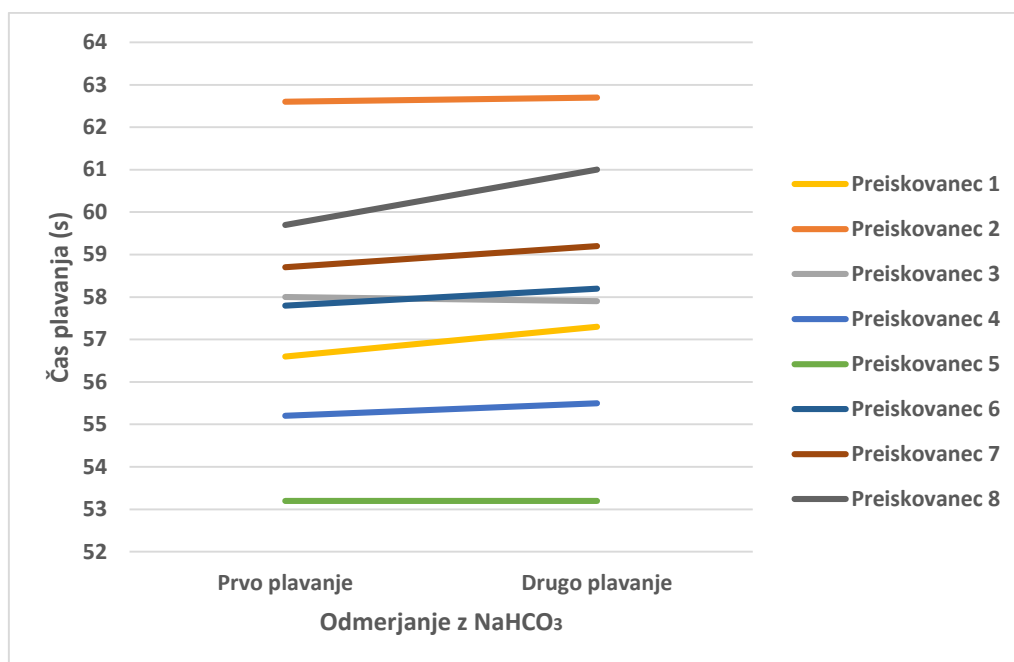
*Preglednica 2: Rezultati časov na 100 m z izbranim vmesnim protokolom regeneracije med nastopoma*

Kategorija		Prvih 100 metrov plavanja		Drugih 100 metrov plavanja		T-test za odvisne vzorce	
		M	SD	M	SD	t	p
Čas plavanja (s)	Aktivno razplavanje	57,9	3,15	58,2	3,20	-1,57	0,16
	Odmerjanje z NaHCO <sub>3</sub>	57,7	2,85	58,1	2,98	-2,51	<b>0,04</b>

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; t – testna statistika; p – statistična značilnost t - testa

Rezultati v Preglednici 2 prikazujejo, da se rezultati časov plavanja z vmesnim aktivnim razplavanjem ne razlikujejo med seboj ( $p=0,16$ ), vendar se kaže tendenca po razlikah med plavanjema, kajti drugo plavanje je bilo v povprečju za 0,30 sekunde počasnejše od prvega. Rezultati časov plavanj na 100 metrov z vmesnim uživanjem natrijevega bikarbonata pa prikazujejo, da obstaja razlika ( $p=0,04$ ). Kljub odmerjanju z natrijevim bikarbonatom v odmoru je bilo plavanje naših merjencev počasnejše za 0,40 sekunde.

Slika 4: Individualne razlike med prvim in drugim plavanjem z vmesnim uživanjem odmerka NaHCO<sub>3</sub>



Rezultati na Sliki 4 prikazujejo individualne razlike v doseženih časih plavanja pred in po odmerku natrijevega bikarbonata. Po večini so preiskovanci po odmerku natrijevega bikarbonata plavali malce počasneje. Pri preiskovancih 1, 4, 7 in 8 se je čas plavanja po odmerku bistveno podaljšal, kar je imelo glavni vpliv na pojav statistično pomembnih razlik med plavanjema.

Preglednica 3: Primerjava časov plavanj med protokoloma regeneracije

Kategorija	Čas plavanja (s)		T-test za odvisne vzorce	
	M	SD	t	p
100 m pred aktivnim razplavanjem	57,9	3,15	0,77	0,47
100 m pred odmerkom NaHCO <sub>3</sub>	57,7	2,85		
100 m po aktivnem razplavanju	58,2	3,20	0,24	0,82
100 m po odmerku NaHCO <sub>3</sub>	58,1	2,98		

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; t – testna statistika; p – statistična značilnost t - testa

Rezultati v Preglednici 3 prikazujejo, da se primerjani časi plavanj med protokoloma regeneracije med seboj ne razlikujejo.

Preglednica 4: Število vdihov med plavanjem

Kategorija		Število vdihov med plavanjem											
		0-25 m		T-test za odvisne vzorce		25-50 m		T-test za odvisne vzorce		50-75 m		T-test za odvisne vzorce	
		M	SD	t	p	M	SD	t	p	M	SD	t	p
Aktivno razplavanje	1 pl.	4,0	1,5	-1,00	0,35	6,1	1,6	-2,38	<b>0,05</b>	6,9	1,6	-1,16	0,29
	2 pl.	4,1	1,7			6,8	1,7			7,3	1,3		
Odmerjanje z NaHCO <sub>3</sub>	1 pl.	3,5	1,6	-0,36	0,73	6,3	1,5	0,00	1,00	7,3	1,5	1,00	0,35
	2 pl.	3,6	1,6			6,3	1,2			7,0	1,2		

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; t – testna statistika; p – statistična značilnost t – testa; pl. – plavanje

Rezultati v Preglednici 4 prikazujejo, da so naši preiskovanci večkrat vdihnili po 50 metrih plavanja v drugem nastopu ( $p=0,05$ ) po aktivnem razplavanju v odmoru. Med ostalimi plavanji do podobnih razlik ni prišlo.

Preglednica 5: Primerjava števila vdihov prvih 100 m plavanja pred aktivnim razplavanjem z prvih 100 m plavanja pred zaužitjem NaHCO<sub>3</sub>

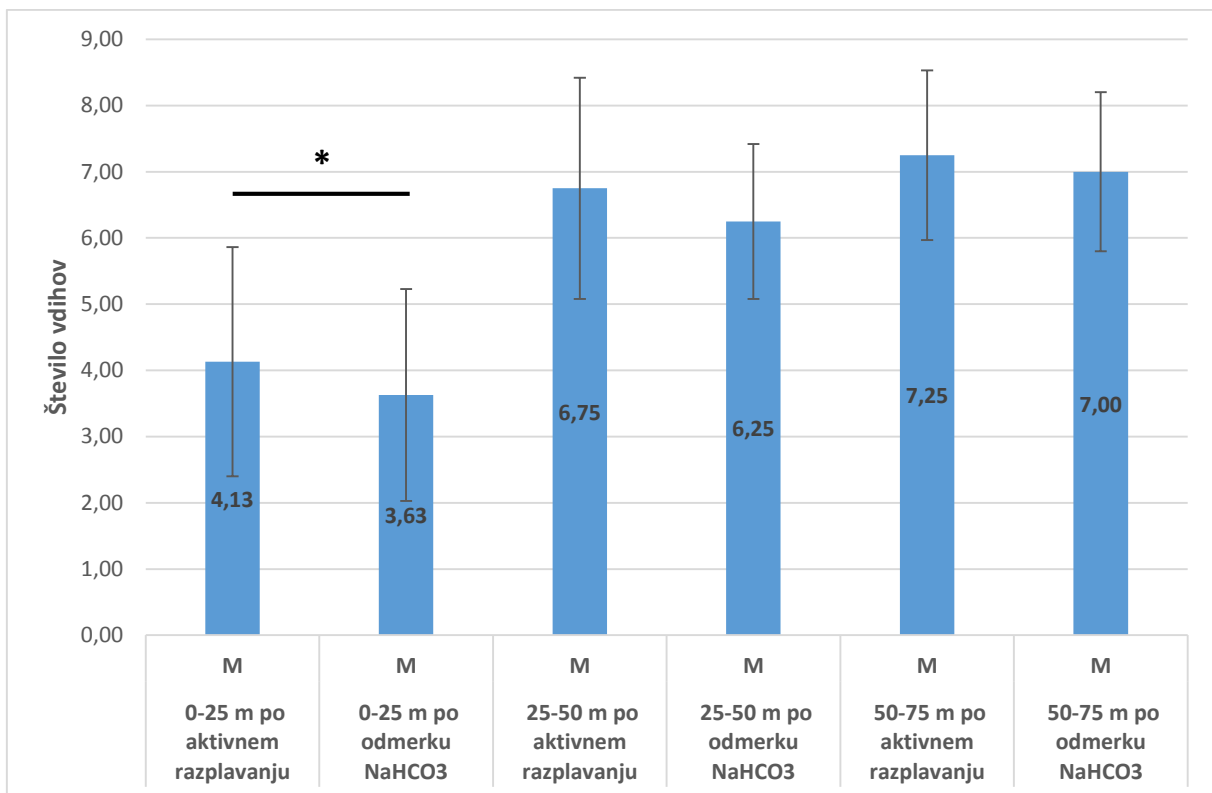
Kategorija		100 m plavanja pred aktivnim razplavanjem		100 m plavanja pred odmerkom NaHCO <sub>3</sub>		T-test za odvisne vzorce	
		M	SD	M	SD	t	p
		Število vdihov	0-25 m	4,0	1,5	3,5	1,6
25- 50 m	6,1		1,6	6,3	1,5	0,31	0,76
50-75 m	6,9		1,6	7,3	1,5	1,00	0,35

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; t – testna statistika; p – statistična značilnost t – testa

Rezultati v Preglednici 5 prikazujejo, da se rezultati števila vdihov med 25 metrski odseki proge med seboj statistično ne razlikujejo.



Slika 5: Primerjava v številu vdihov na drugih 100 m plavanja med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 5 prikazujejo, da obstajajo razlike v številu vdihov ( $p=0,03$ ) po 25 metrov plavanja med obema protokoloma regeneracije. Po odmerku natrijevega bikarbonata so naši preiskovanci za prvih 25 metrov plavanja v povprečju opravili 0,5 vdiha manj.

### 3.1.2. REZULTATI ACIDOBAZNEGA STATUSA IN PLINSKE ANALIZE KRVI PRED PLAVANJEM

Preglednica 6: Acidobazni status in plinska analiza krvi pred nastopi na 100 m za oba protokola regeneracije

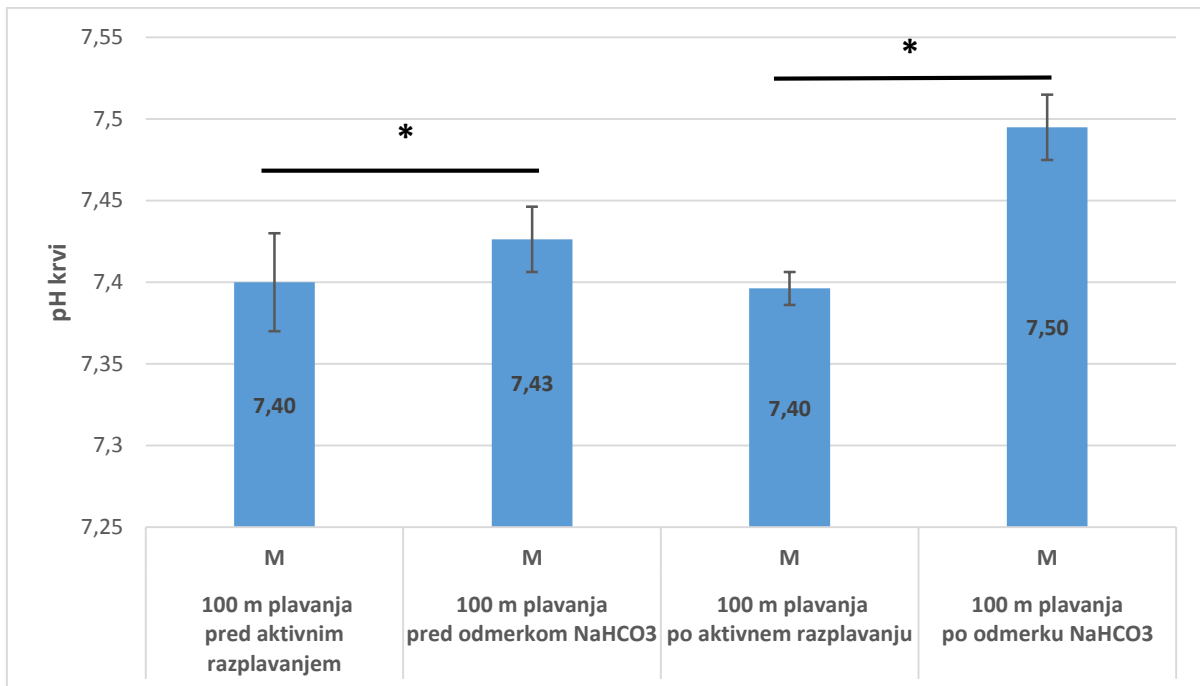
Kategorija	Prvih 100 metrov plavanja		Drugih 100 metrov plavanja		T-test za odvisne vzorce		
	M	SD	M	SD	t	p	
Aktivno razplavanje	pH pred nastopom	7,40	0,03	7,40	0,01	0,32	0,76
	HCO <sub>3</sub> pred nastopom	24	1,4	24	1,6	0,51	0,63
	La pred nastopom	2,0	0,6	1,7	0,5	1,68	0,14
	pCO <sub>2</sub> pred nastopom	5,3	0,5	5,2	0,3	0,77	0,47
Odmerjanje z NaHCO <sub>3</sub>	pH pred nastopom	7,43	0,02	7,50	0,02	-12,52	<b>0,00</b>
	HCO <sub>3</sub> pred nastopom	25	1,3	32	0,8	-17,20	<b>0,00</b>
	La pred nastopom	2,0	0,6	2,3	0,4	-1,37	0,21
	pCO <sub>2</sub> pred nastopom	5,2	0,4	5,6	0,3	-3,05	<b>0,02</b>

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon; t – testna statistika; p – statistična značilnost t – testa

Rezultati v Preglednici 6 prikazujejo, da ne obstaja statistično pomembnih razlik med vrednostmi acidobaznega statusa in plinske analize krvi pred obema plavanjema z vmesnim aktivnim razplavanjem v odmoru. Kljub temu se kaže tendenca po obstoju razlik v vrednostih laktata ( $p=0,14$ ) pred nastopom, saj so imeli merjenci v povprečju za 0,3 mmol/l manjše vrednosti pred drugim plavanjem.

Primerjava vrednosti acidobaznega statusa in plinske analize krvi pred obema plavanjema z vmesnim zaužitjem natrijevega bikarbonata v odmoru so pokazale povišane vrednosti pH-ja pred nastopom ( $p=0,00$ ), HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pred nastopom ( $p=0,00$ ) in pCO<sub>2</sub> ( $p=0,02$ ). Vrednosti bikarbonata so bile za 7 mmol/l višje po odmerjanju z natrijevim bikarbonatom pred drugim plavanjem, medtem ko so bile vrednosti delne tlaka ogljikovega dioksida za 0,4 kPa višje pred drugim nastopom.

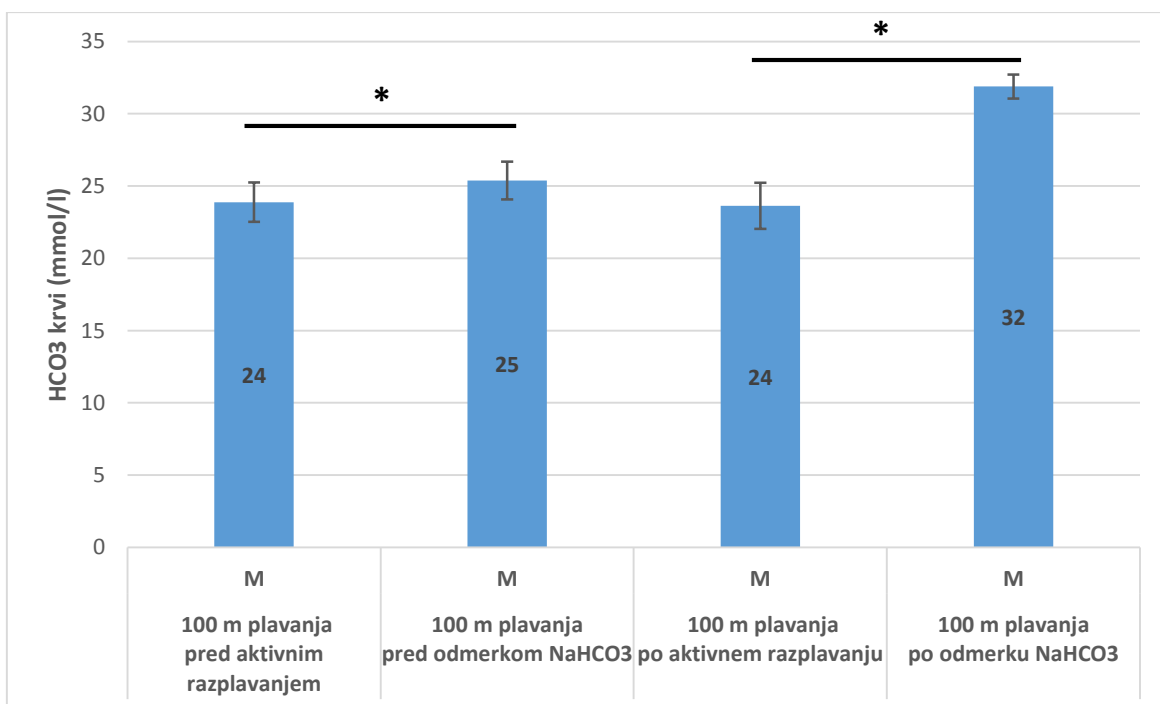
Slika 6: Primerjava pH-ja pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 6 prikazujejo, da obstajajo razlike med plavanji pred ( $p=0,03$ ) in po ( $p=0,000$ ) obeh protokolih regeneracije v vrednostih pH-ja pred nastopom. Te razlike so bolj izražene pred drugima plavanjema.

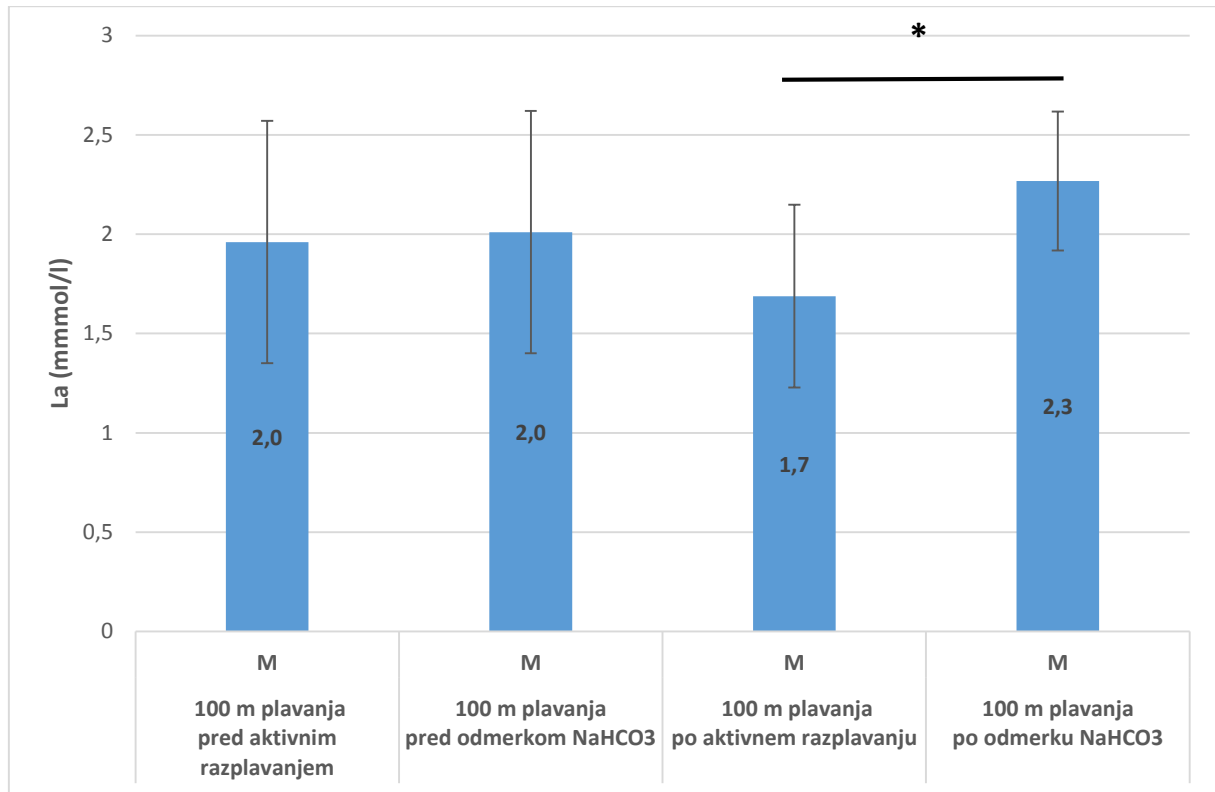
Slika 7: Primerjava vrednosti HCO<sub>3</sub> pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 7 prikazujejo, da obstajajo razlike med plavanji pred ( $p=0,03$ ) in po ( $p=0,000$ ) obeh protokolih regeneracije v vrednostih  $\text{HCO}_3^-$  pred nastopom

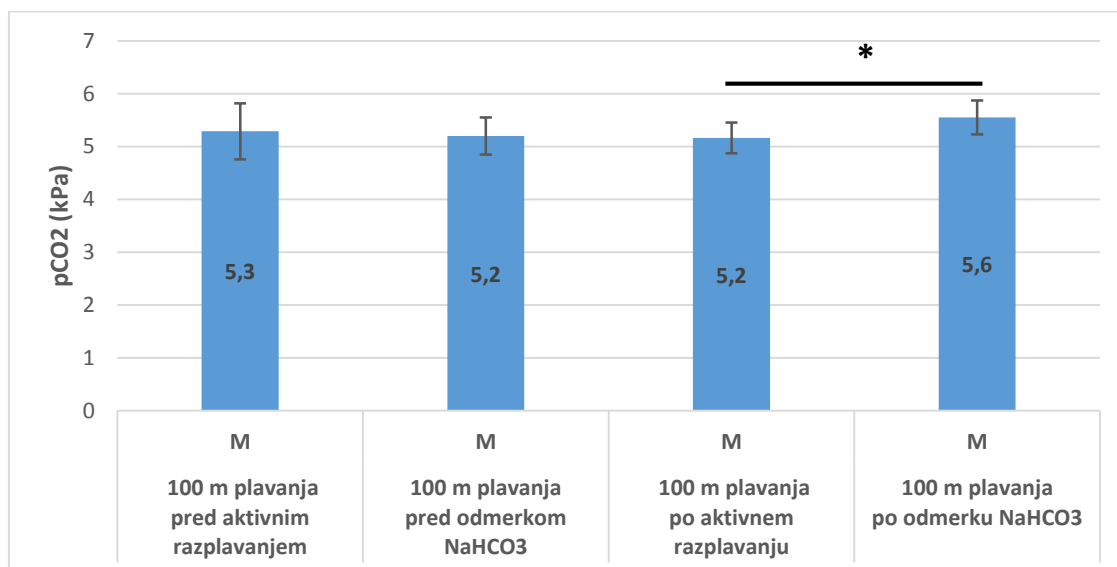
Slika 8: Primerjava v vrednostih laktata pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 8 prikazujejo, da obstajajo razlike med plavanji po ( $p=0,02$ ) obeh protokolih regeneracije v vrednostih  $\text{La}^-$  pred nastopom .

Slika 9; Primerjava vrednosti  $\text{pCO}_2$  pred prvim in drugim nastopom med obema protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 9 prikazujejo, da obstajajo razlike med plavanji po ( $p=0,01$ ) obeh protokolih regeneracije v vrednostih  $p\text{CO}_2$  pred nastopom.

### 3.1.3. REZULTATI ACIDOBAZNEGA STATUSA IN PLINSKE ANALIZE KRVI PO PLAVANJU

Preglednica 7: Rezultati acidobaznega statusa in plinske analize krvi po nastopu z vmesnim aktivnim razplavanjem

Kategorija	Aktivno razplavanje					
	Prvih 100 metrov plavanja		Drugih 100 metrov plavanja		T-test za odvisne vzorce	
	M	SD	M	SD	t	p
pH 1min	7,20	0,04	7,20	0,03	-0,16	0,88
HCO <sub>3</sub> 1 min	15	1,8	15	0,8	0,20	0,85
La 1 min	15,8	3,0	12,6	2,2	4,49	<b>0,00</b>
pCO <sub>2</sub> 1 min	5,2	0,6	5,1	0,3	0,16	0,88
pH 5min	7,15	0,07	7,2	0,04	-1,52	0,17
HCO <sub>3</sub> 5 min	10,0	2,3	10,9	1,4	-12,56	0,06
La 5 min	17,1	4,6	13,5	2,4	3,71	<b>0,01</b>
pCO <sub>2</sub> 5 min	4,0	0,4	4,1	0,3	-1,00	0,35

Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati v Preglednici 7 prikazujejo, da obstaja razlika med plavanji v vrednostih  $\text{La}^-$  v prvi minuti ( $p=0,00$ ) in v peti minuti ( $p=0,01$ ) po plavanju. Vrednosti  $\text{La}^-$  minuto in pet minut po nastopu so bile po drugem nastopu v povprečju za 3,2 mmol/l in za 3,6mmol/l nižje.

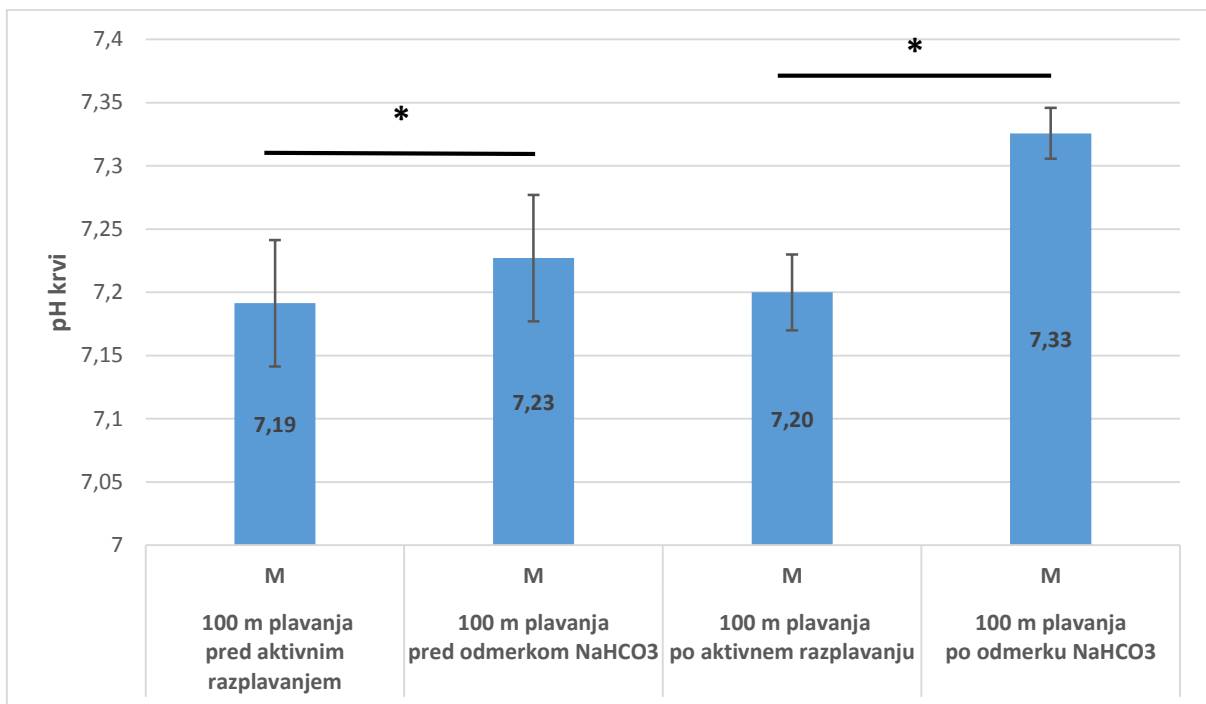
Preglednica 8: Rezultati acidobaznega statusa in plinske analize krvi po nastopu z vmesnim odmerjanjem z natrijevim bikarbonatom

Kategorija	Odmerjanje z NaHCO <sub>3</sub>					
	Prvih 100 metrov plavanja		Drugih 100 metrov plavanja		T-test za odvisne vzorce	
	M	SD	M	SD	t	p
pH 1min	7,23	0,05	7,33	0,02	-6,85	<b>0,00</b>
HCO <sub>3</sub> 1 min	15	1,4	21	0,8	-14,50	<b>0,00</b>
La 1 min	14,5	3,4	14,4	2,1	0,08	0,94
pCO <sub>2</sub> 1 min	5,0	0,4	5,5	0,4	-4,93	<b>0,00</b>
pH 5min	7,19	0,06	7,30	0,04	-9,53	<b>0,00</b>
HCO <sub>3</sub> 5 min	11	2,6	17	2,4	-13,59	<b>0,00</b>
La 5 min	16,2	3,6	15,0	2,6	1,38	0,21
pCO <sub>2</sub> 5 min	4,0	0,3	4,6	0,4	-5,82	<b>0,00</b>

Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati v Preglednici 8 prikazujejo, da se vrednosti pH-ja, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> v prvi in peti minuti po nastopu statistično pomembno razlikujejo. Vrednosti so bile po odmerjanju z natrijevim bikarbonatom višje v vseh statistično izraženih razlikah. Najvišje razlike v vrednostih so se pojavile v vrednostih HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, saj so imeli v prvi in peti minuti po drugem nastopu višje vrednosti kar za 6 mmol/l krvi.

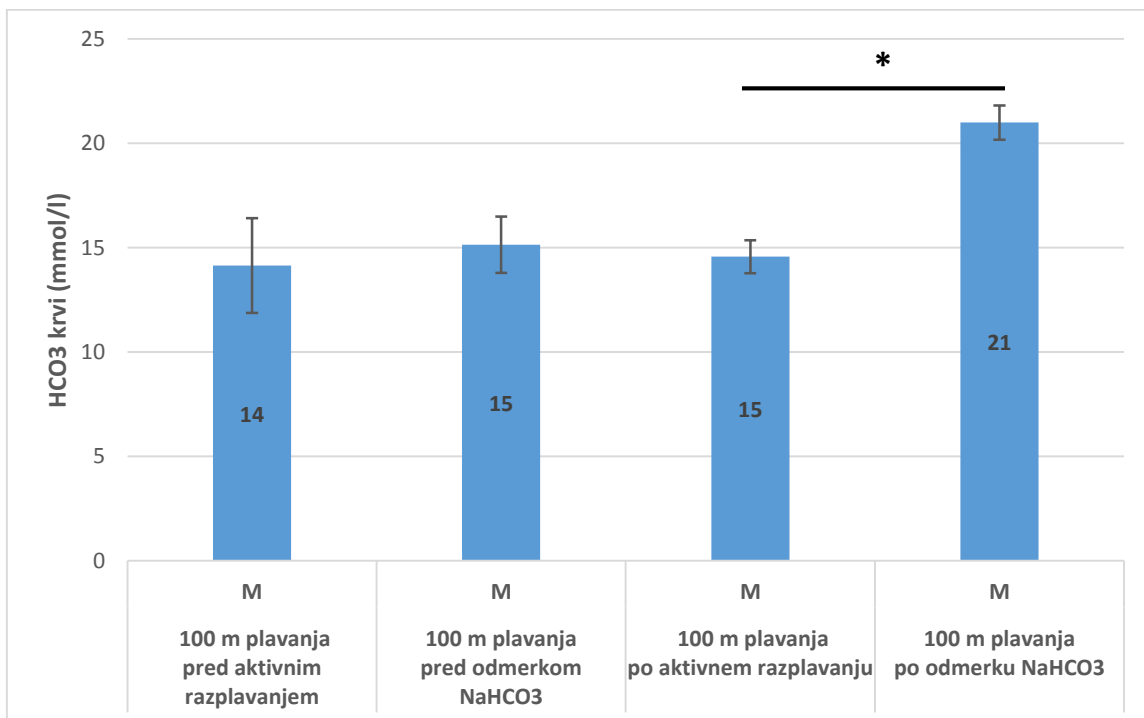
Slika 10: Primerjava vrednosti pH 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 10 prikazujejo obstoj statistično pomembnih razlik med vsemi plavanji. Največje razlike so se pojavile v primerjavi obeh plavanj po izvedbi izbranega protokola regeneracije, ko je bila vrednost pH-ja višja pri plavanju po odmerku natrijevega bikarbonata kar za 0,13 ( $p=0,00$ ).

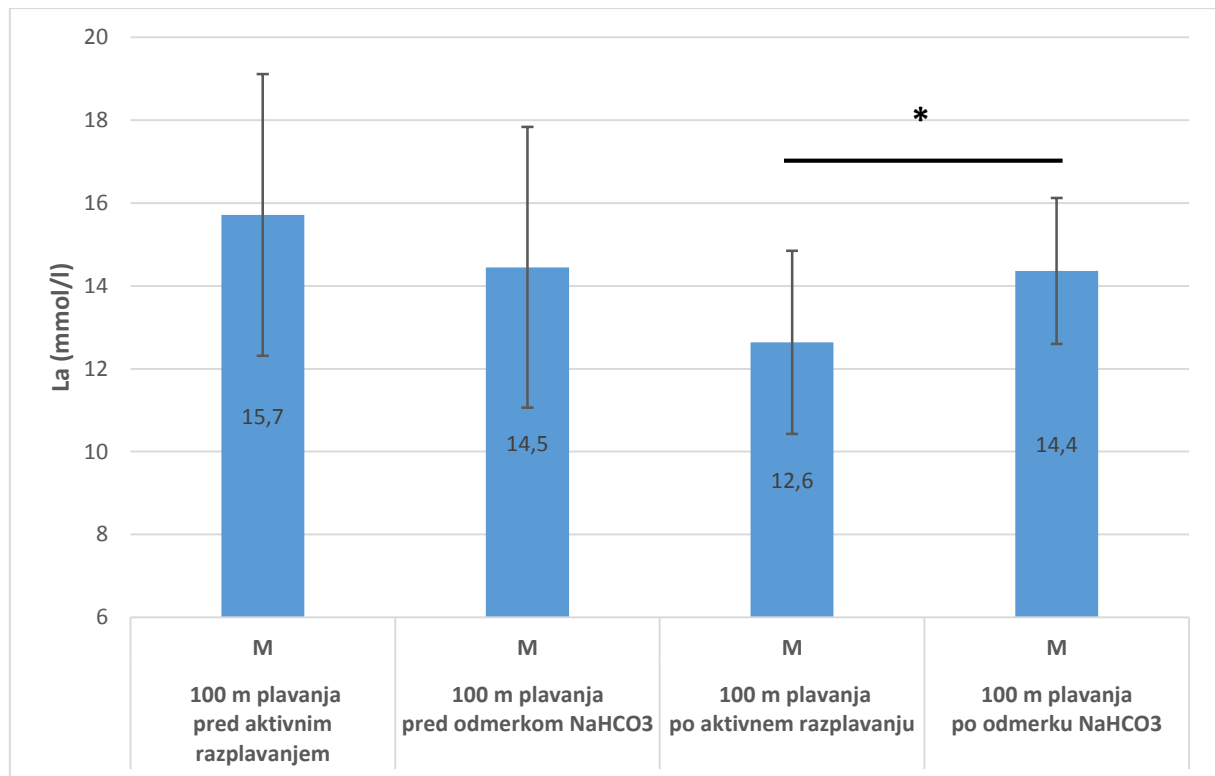
Slika 11: Primerjava vrednosti HCO<sub>3</sub> 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$ .

Rezultati na Sliki 11 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med plavanjema po izvedenih protokolih regeneracije v odmoru. Vrednosti  $\text{HCO}_3^-$  v prvi minuti po plavanju so bile po odmerku natrijevega bikarbonata višje kar za 6 mmol/l ( $p=0,00$ ) glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.

Slika 12: Primerjava vrednosti laktata 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije

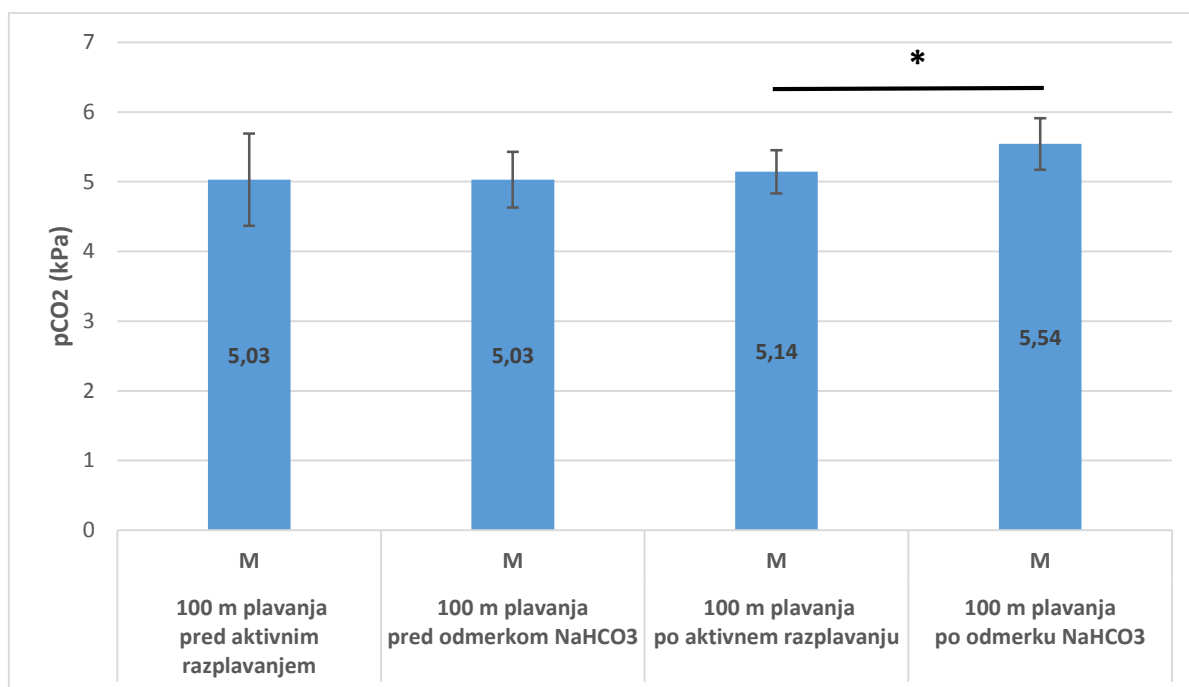


Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati na Sliki 12 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med plavanjema po izvedenih protokolih regeneracije v odmoru. Vrednosti La v prvi minuti po nastopu so bile po odmerku natrijevega bikarbonata višje kar za 1,8 mmol/l ( $p=0,05$ ) glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.



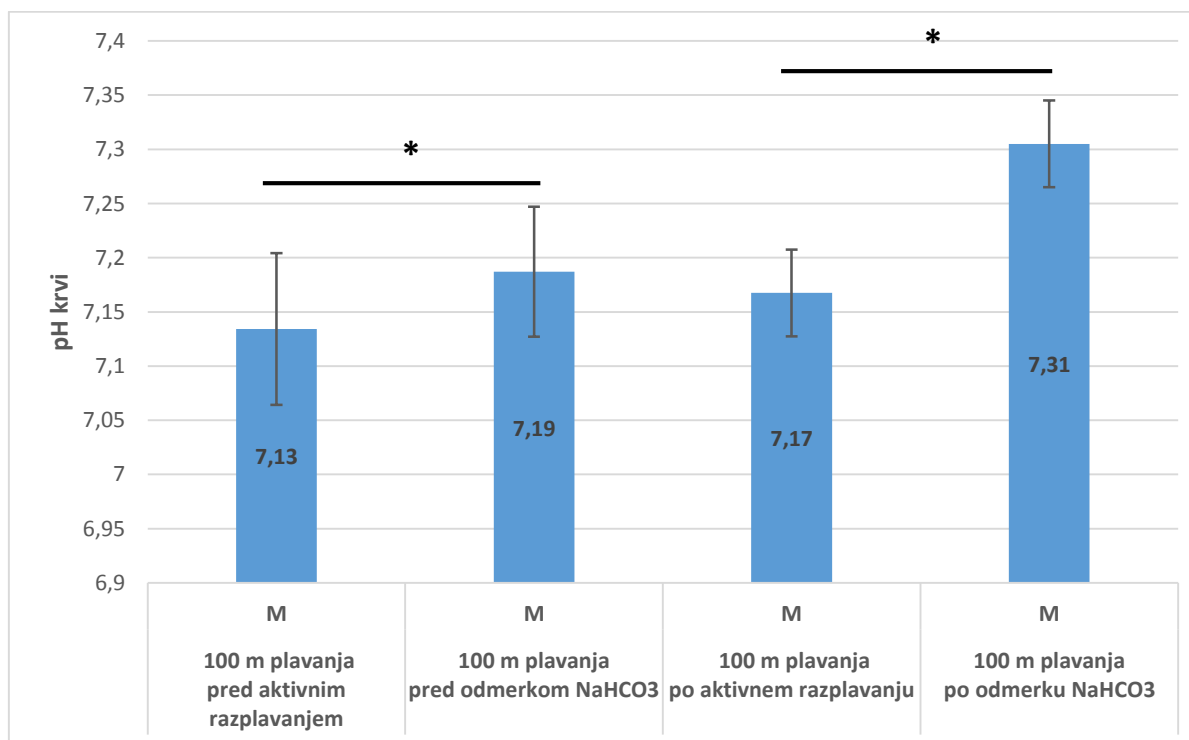
Slika 13: Primerjava vrednosti pCO<sub>2</sub> 1 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati na Sliki 13 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med plavanjema po izvedenih protokolih regeneracije v odmoru. Vrednosti pCO<sub>2</sub> v prvi minuti po plavanju so bile po odmerku natrijevega bikarbonata višje kar za 0,40 kPa ( $p=0,02$ ) glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.

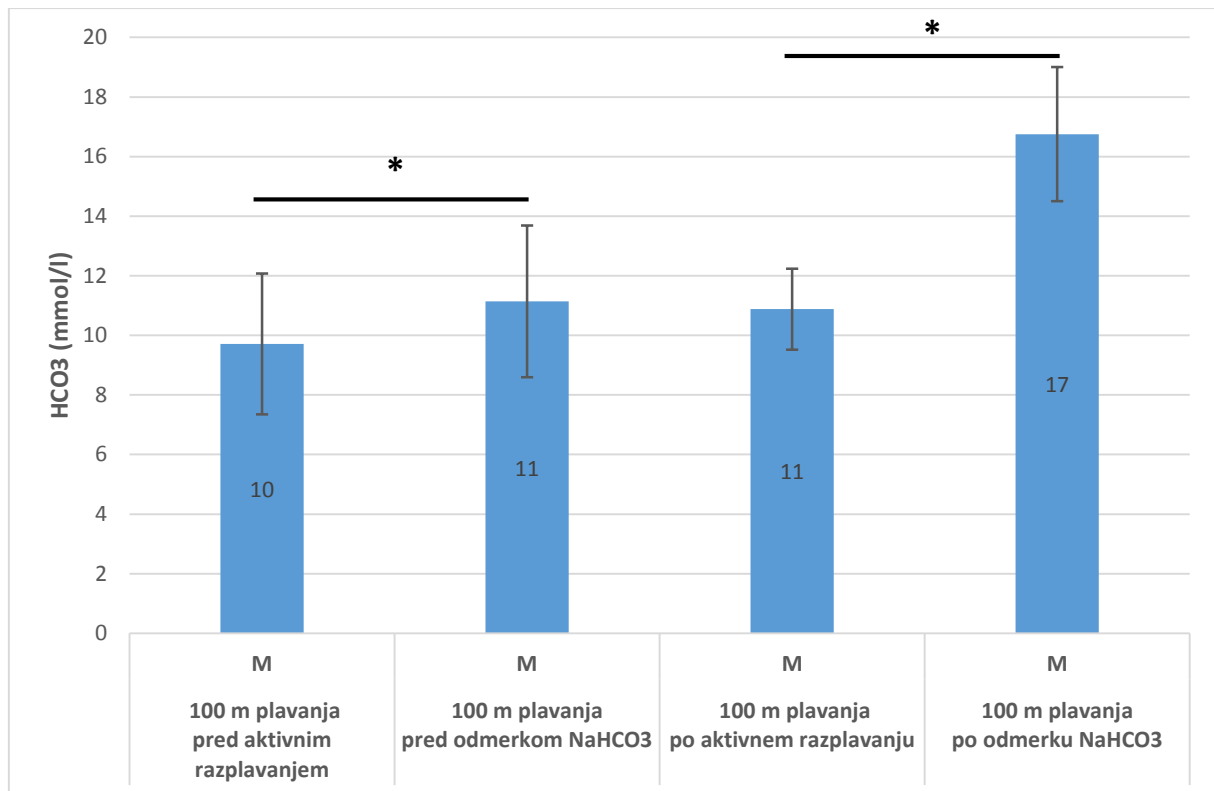
Slika 14: Primerjava vrednosti pH 5 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati na Sliki 14 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med vsemi plavanji. Največje razlike so se pojavile v primerjavi obeh plavanj po izvedbi izbranega protokola regeneracije, ko je bila vrednost pH-ja višja pri plavanju po odmerku natrijevega bikarbonata kar za 0,14 ( $p=0,00$ ).

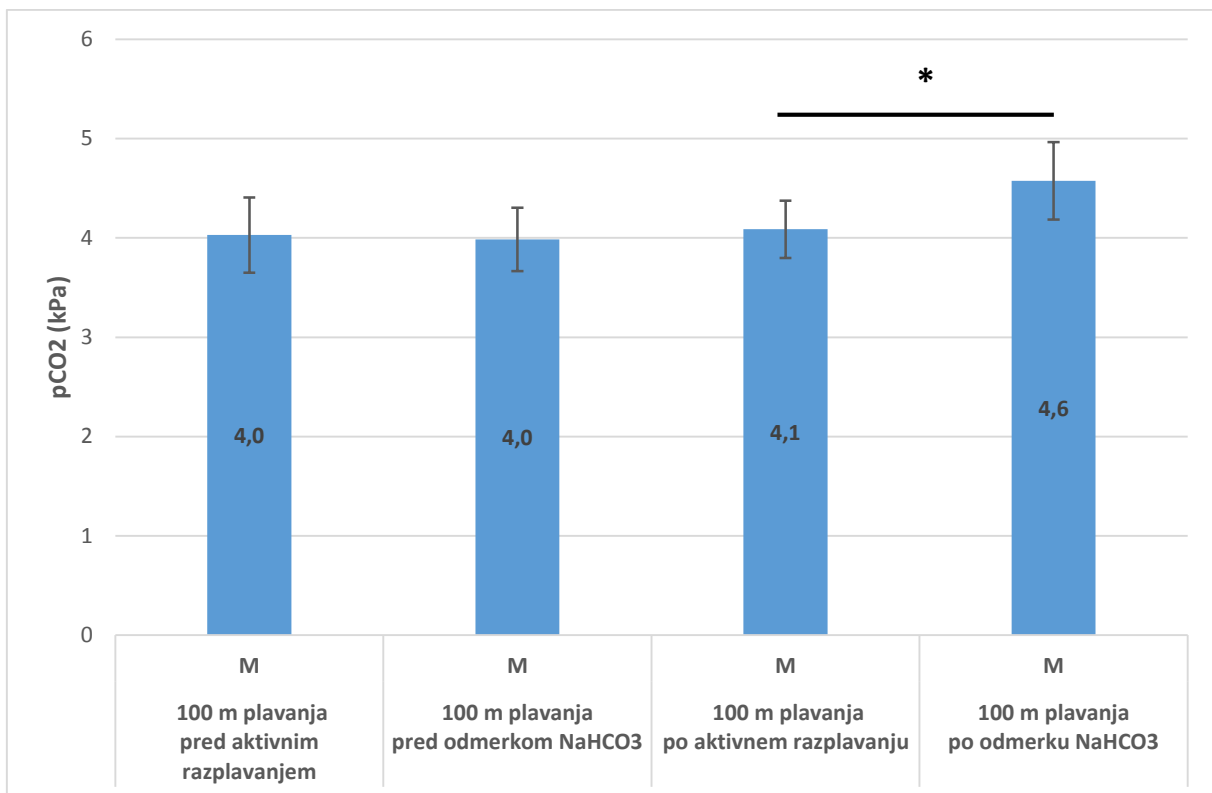
Slika 15: Primerjava vrednosti  $\text{HCO}_3^-$  5 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati na Sliki 15 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med vsemi plavanji. Največje razlike obstajajo med plavanjema po izvedbi izbranega protokola regeneracije, ko je bila vrednost  $\text{HCO}_3^-$  višja pri plavanju po odmerku natrijevega bikarbonata kar za 6 mmol/l ( $p=0,00$ ) glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.

Slika 16: Primerjava vrednosti  $p\text{CO}_2$  5 min po nastopu med protokoloma regeneracije



Legenda. Statistično značilne razlike so prikazane z naslednjimi znaki: \* -  $p < 0,05$

Rezultati na Sliki 16 prikazujejo, da obstajajo statistično pomembne razlike med plavanjema po izvedenih protokolih regeneracije v odmoru. Vrednosti  $p\text{CO}_2$  v peti minuti po plavanju so bile po odmerku natrijevega bikarbonata višje kar za 0,40 kPa ( $p=0,02$ ) glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.

### 3.2. RAZPRAVA

Z raziskavo smo želeli ugotoviti kateri izmed izbranih protokolov regeneracije med dvema maksimalnima plavanjema na 100 metrski razdalji povzroča bolj učinkovito ohranjanje zmogljivosti z vidika doseganja rezultata, kakor tudi drugih izbranih spremljanih dejavnikov (števila vdihov, vrednosti pH-ja,  $\text{La}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  in  $p\text{CO}_2$ ).

Ob takšni simulaciji tekmovanja v plavanju se je aktivno odmor z razplavanjem pokazal kot nekoliko bolj učinkovit kot odmerek natrijevega bikarbonata, saj ohranja podobno hitrost med nastopoma.

### 3.2.1. REZULTATI PLAVANJA IN BIOMEHANSKIH PARAMETROV

Ugotovili smo, da se trajanje plavanj na 100 metrov podaljša po zaužitju natrijevega bikarbonata, medtem, ko pri aktivnem razplavanju ne prihaja do razlik. Pri tem so razlike tako majhne, da ne predstavljajo tudi dejanske prednosti pred vnosom  $\text{NaHCO}_3$ . Rezultati dosedanjih raziskav so različni. Glavnina raziskav je bila narejenih v obliki intervalov plavanj z kratkim nekaj minutnim vmesnim počitkom. Večina raziskav je pokazala višjo hitrost plavanj po vnosu natrijevega bikarbonata glede na kontrolno skupino (Pruscino idr., 2008; Zajac idr., 2009; Lindh idr., 2008; Siegler idr., 2011 in Merro idr., 2013). Nekatere pa ob podobnih protokolih testiranja, zaužitja  $\text{NaHCO}_3$  in odmora ne ugotavljajo razlik v trajanju plavanja (Campos idr., 2012; Joyce idr., 2012 in Pierce idr., 1992).

Hidrostatske značilnosti plavanja se poslabšajo, če se telo v svoji vzdolžni osi pogosteje premika zaradi dihanja (Toussaint in Hollander, 2000). Pri naši raziskavi se to ni zgodilo. Opazili smo le dve manjši odstopanji, ki pa nista vplivali na končno zmogljivosti. V drugem odseku 25 metrov plavanja po odmoru z aktivnim razplavanjem so naši preiskovanci večkrat vdihnili glede na enak odsek plavanja pred odmorom. Razlog za večje število vdihov v drugem plavanju po aktivnem razplavanju lahko pripišemo utrujenosti, ki je botrovala tudi k povečani frekvenci vdihov. Drugo odstopanje smo opazili pri primerjavi prvih 25 m odsekov med plavanjem po aktivnem razplavanju in plavanjem po zaužitju natrijevega bikarbonata. V tem odseku so v nastopu po aktivnem razplavanju večkrat vdihnili (povprečno 0,5 vdiha več) kot v plavanju po zaužitju natrijevega bikarbonata. Pričakovali smo ravno nasprotno, saj smo predvidevali, da naj bi povečana koncentracija bikarbonata v krvi prispevala k povečani frekvenci vdihov med plavanjem.

Razlike, ki so se pojavile med plavanji so morda posledica opazovanja v intervalih znotraj posameznih 25 metrov. Namreč znotraj vsakega 25 metrskega odseka smo zajeli določen časovni interval plavanja preiskovancev brez podvodnega plavanja. To bi lahko pripomoglo k temu, da je bil dodaten vdih izveden izven ali pa znotraj našega časovnega intervala štetja števila vdihov in je to vplivala na statistične razlike.

### 3.2.2. ACIDOBAZNI STATUS IN PLINSKA ANALIZA KRVI PRED IN PO PLOVANJU

Vrednosti pH, La,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  pred plavanjem, kjer smo primerjali razlike med prvim in drugim plavanjem z vmesnim aktivnim razplavanjem niso bile različne. Vzrok tega je lahko uporaba metode aktivnega razplavanja s katero smo povečali porabo tvorjenega laktata in drugi nastop začeli z manjšimi vrednostmi. Po plavanju smo opazili znižanja vrednosti laktata v prvi minuti in peti minuti po nastopu. Dobljene rezultate lahko pripišemo protokolu regeneracije, ki je učinkovito odplavila laktat do ostalih delujočih organov, ki so te povišane vrednosti laktata porabile za svoje delovanje. Podobne vrednosti laktata po plavanju so dobili tudi Hinzpeter, Zamorano in Cuzmar (2013).

V primerjavi razlik med pred prvim in drugim plavanjem po zaužitju  $\text{NaHCO}_3$  so pokazale povišanje vrednosti pH-ja,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$ . Podobne rezultate našim so dobili Zajac in sodelavci (2009), ki so 60 minut po odmerjanju z natrijevim bikarbonatom dobili statistično višje vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3^-$  v krvi glede na placebo skupino, vendar nespremenjene vrednosti La. Zvišane vrednosti so ostale tudi po plavanju. Zvišane vrednosti pH-ja,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  so se pojavile v plavanju po vnosu  $\text{NaHCO}_3$  v odmoru v prvi in peti minuti po nastopu. Zgornje rezultate lahko razlagamo kot učinek uživanja natrijevega bikarbonata v odmoru med plavanjema. Podobne rezultate so dobili tudi ostali raziskovalci (Joyce idr., 2012, Mero idr., 2013).

Primerjane vrednosti pred in po protokolih regeneracije so pokazale številne razlike. Višje vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3^-$  v krvi smo dobili v plavanju pred zaužitjem natrijevega bikarbonata v primerjavi s plavanjem pred aktivnim razplavanjem. V plavanjih po protokolih regeneracije smo v vseh izmerjenih vrednostih ugotovili razlike. Poleg višjih vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3^-$  smo zabeležili tudi višje vrednosti La in  $\text{pCO}_2$  v plavanju po zaužitju natrijevega bikarbonata. Povišane vrednosti pH-ja,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  se pojavijo predvsem zaradi vnosa natrijevega bikarbonata.

Primerjane vrednosti pH, La,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  po nastopu med plavanjema pred aktivnim razplavanjem in plavanjem pred odmerkom natrijevega bikarbonata so pokazali zvišanje vrednosti pH v krvi v prvi in peti minuti po nastopu in zvišanje vrednosti  $\text{HCO}_3^-$  v krvi v peti minuti po nastopu pri plavanju pred zaužitjem natrijevega bikarbonata. Vzrok zgoraj navedenim rezultatom je lahko plavanje, ki ni bilo maksimalno izvedeno ali pa so naši preiskovanci prišli bolj spočiti na drugi dan testiranja, ko so med odmorom zaužili natrijev bikarbonat.

Primerjane vrednosti pH, La,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  po nastopu med plavanjem po aktivnem razplavanju in plavanjem po odmerku natrijevega bikarbonata so pokazali zvišanje vrednosti v vseh merjenih parametrih z izjemo laktata v peti minuti po naporu.

Preglednica 9: Primerjava razlik v vrednostih pH, La, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> med plavanjema po protokolih regeneracije

Kategorija	100 m plavanja po aktivnem razplavanju		100 m plavanja po odmerku NaHCO <sub>3</sub>		p	Δ
	M	SD	M	SD		
pH 1min	7,20	0,03	7,33	0,02	<b>0,00</b>	<b>0,13</b>
HCO <sub>3</sub> 1 min	15	0,8	21	0,8	<b>0,00</b>	<b>6,4</b>
La 1 min	12,6	2,2	14,4	1,8	<b>0,05</b>	<b>1,7</b>
pCO <sub>2</sub> 1 min	5,1	0,3	5,5	0,4	<b>0,02</b>	<b>0,4</b>
pH 5min	7,17	0,04	7,31	0,04	<b>0,00</b>	<b>0,14</b>
HCO <sub>3</sub> 5 min	11	1,4	17	2,3	<b>0,00</b>	<b>5,9</b>
La 5 min	13,5	2,4	15,0	2,6	0,13	<b>1,5</b>
pCO <sub>2</sub> 5 min	4,1	0,3	4,6	0,4	<b>0,00</b>	<b>0,5</b>

Legenda. M – aritmetična sredina; SD – standardni odklon;  
p – statistična značilnost t – testa; Δ - razlika med vrednostma

V Preglednici 9 so prikazane razlike v vrednostih med pH, La, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> minuto in pet minut po nastopu med obema protokoloma regeneracije. Vrednosti pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> so višje po plavanju, ki so ga preiskovanci izvedli po zaužitju natrijevega bikarbonata v odmoru. Mnenja smo, da je imel ravno odmerek v odmoru največji vpliv na povišanje teh parametrov.

Če pogledamo primerjavo v vrednostih La minuto po nastopu med obema protokoloma lahko opazimo malce višje vrednosti laktata v prvi minuti po nastopu, ki se pa niso prenesli v peto minuto po nastopu. Razlog je lahko v povečanem prenosu laktata skozi membrano mišične ovojnice. Kot navaja Zinner s sodelavci (2011) je razlog povišanih vrednosti pH-ja, La, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> uživanje natrijevega bikarbonata, saj ta poviša vrednosti pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in pCO<sub>2</sub> v krvi. Višji pH pa vpliva na prehajanje laktata in vodikovih ionov preko membrane s pomočjo monokarboksilatnega prenašalca 1. Morda je to botrovalo k hitrejšemu kopičenju laktata v krvi v prvi minuti po nastopu. Te vrednosti lahko pojasnimo z vmesno porabo laktata v krvi v intervalu med prvo in peto minuto po naporu, ki pa je bila toliko dolga, da je zabrisala statistično značilno razliko med plavanjema. Vendar zgornje dejstvo ne moremo zagotovo potrditi, saj so razlike med protokoloma v primerjavi vrednostih laktata pred in po plavanju približno enake.

Naše hipoteze lahko sledeče ovrednotimo:

- H1: Kontrolirani vnos natrijevega bikarbonata med odmorom bo učinkovitejša metoda regeneracije od aktivnega razplavanja glede na dosežen rezultat pri drugem nastopu zaradi povzročitve alkaloze v krvi.**

Prvo hipotezo smo zavrnil, saj se primerjani časi plavanj med obema protokoloma regeneracije med seboj statistično ne razlikujeta. Vrednosti plavanj pred in po odmerku natrijevega bikarbonata so sicer za nekaj desetink razlikujejo, ampak so te vrednosti zanemarljive, saj lahko to razliko pripišemo napaki ročnega merjenja. Mehanizem delovanja natrijevega bikarbonata se je izkazal kot učinkovit, saj so se vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3^-$  povečalo v primerjavi s plavanjem po aktivnem razplavanju, toda to ni učinkovalo na zmogljivost plavanja.

- H2: Vnos natrijevega bikarbonata bo povzročil povečanje števila vdihov med drugim nastopom zaradi povišanega delnega tlaka ogljikovega dioksida v krvi.**

Drugo hipotezo smo zavrnil, saj nismo ugotovili nobene razlike v številu vdihov med prvim in drugim plavanjem po vmesnem odmerku natrijevega bikarbonata.

- H3: Kontroliran vnos natrijevega bikarbonata bo povzročil višje vrednosti pH-ja in  $\text{HCO}_3^-$  pred in po nastopu v primerjavi z metodo aktivnega razplavanja zaradi izrazitejšega povišanja vrednosti  $\text{HCO}_3^-$  po zaužitju.**

Tretjo hipotezo smo sprejeli, saj se je pri večini vrednosti pH,  $\text{La}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{pCO}_2$  zvišala po odmerku glede na vrednosti po aktivnem razplavanju.

Med zgornjima protokoloma lahko najdemo kar nekaj razlik v delovanju med odmorom in kasneje med naporom, kar smo zgoraj prikazali preko primerjav rezultatov med protokoloma. Učinkovitejši protokol je odločitev posameznika in trenerja, saj imata oba svoje pomanjkljivosti. Aktivno razplavanje ima vlogo v odplavljanju laktata iz krvi, medtem ko je delovanje na acidobazno ravnovesje zelo omejeno. Na drugi strani ima pa odmerjanje z natrijevim bikarbonatom svoje negativne učinke, ki se prikazujejo v prebavnih motnjah in slabšem počutju, ki so ga občutili tudi nekateri od naših merjencev ob nepravem protokolu odmerjanja, vendar pa po drugi strani deluje hitro na dvig pH-ja preko dviga koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  pufra.

## 4. SKLEP

Evropska, svetovna in olimpijska plavalna prvenstva so sestavljena iz zelo natrpanega urnika tekmovalnih nastopov. To pomeni, da ima plavalec, ki plava več različnih disciplin in tehnik plavanja lahko znotraj ure do dveh tudi do dva tekmovalna nastopa, zato je regeneracija med odmorom ključna. Cilj diplomskega dela je bil primerjati učinkovitosti med dvema metodama regeneracije med odmorom:

a) aktivnim razplavanjem s 65% maksimalne hitrosti na 100m in

b) kontroliranim vnosom  $\text{NaHCO}_3$ .

Mehanizma delovanja obeh protokolov se precej razlikujeta. Natrijev bikarbonat s svojo razgradnjo na natrijev kation in bikarbonatni anion vpliva na dvig vrednosti bikarbonatnega pufra v krvi. Višja vsebnost bikarbonatnega pufra naj bi torej pomenila manj izraženo znižanje pH-ja krvi in s tem bi doprinesla k večjemu ohranjanju zmogljivosti. Aktivno razplavanje z dovolj nizko intenzivnostjo vpliva na hitrejšo porabo laktata v različnih organih in mišicah, kar pripomore k hitrejši obnovi pred tekmovalnim nastopom.

Rezultati raziskave so pokazali, da se trajanje plavanj na 100 metrov podaljša po zaužitju natrijevega bikarbonata, medtem ko so pri aktivnem razplavanju ne prihaja do razlik. Razlogov za razlike v pridobljenih rezultatih časov plavanj je lahko več. Eden izmed njih je zagotovo napačen protokol odmerjanja natrijevega bikarbonata. Odmerek, ki je bil v obliki praška raztopljenega v vodi, lahko neposredno vpliva na spremembo acidobaznega ravnotežja v prebavni flori. To smo lahko opazili pri našim merjenjih, kjer so trije občutili znake prebavnih motenj v obliki želodčnih krčev in diahreje. Stranske učinke lahko omejimo z drugačnim načinom odmerjanja. Saunders, Sale, Harris in Sunderland (2014) so del odmerka natrijevega bikarbonata (0,2 g /kg telesne teže v obliki gelatinastih kapsulah) spili z vodo ob pretežno ogljikohidratnem zajtrku in del odmerka 0,1 g /kg telesne teže v obliki gelatinastih kapsulah dve uri pred testiranjem, kar je dodatno zmanjšalo pojav gastrointestinalnih težav pred in med nastopom.

Pri primerjavi števila vdihov na prvem 25 m odseku med plavanjem po aktivnem razplavanju in po zaužitju natrijevega bikarbonata smo dobili drugačne rezultate glede na naša pričakovanja. Pričakovali smo, da bo povišana vrednost bikarbonata povzročila njegovo večjo porabo in s tem večjo frekvenco vdihov, vendar se to ni zgodilo. Razlog morda tiči v prekratki plavalni razdalji, kjer ni prišlo do previsokih dvigov vrednosti  $\text{pCO}_2$  med naporom. Smiselno bi bilo preveriti spreminjanje števila vdihov in frekvence na razdalji 200 ali 400 metrov, kjer je respiratorna in metabolična acidoza izrazitejša.



Glede na preverjene cilje raziskave lahko vidimo, da se je aktivni odmor z razplavanjem pokazal kot nekoliko bolj učinkovit glede ohranjanja enake hitrosti plavanja v primerjavi z vnosom natrijevega bikarbonata ob takšni simulaciji tekmovanja v plavanju. Izbira ustreznega protokola regeneracije je odvisna od izkušenj športnika in ravni tekmovanja. Priporočamo uporabo obeh protokolov regeneracije, saj ima vsak izmed njiju pozitivne učinke pred naporom. Potrebno pa se je zavedati in dobro poznati mehanizme delovanja in s tem povezanih stranskih učinkov. Zato predlagamo, da se vsak izmed naših uporabljenih protokolov preizkusi v trenajnem procesu, kjer se ugotovi njegova primernost glede na posameznika. Pri uporabi protokola odmerjanja z natrijevim bikarbonatom priporočamo odmerek 0,3 g/kg telesne teže v obliki tablet ali gelatinastih kapsul, ki se jih zaužije z 500-750 mL raztopine vode in ogljikovih hidratov vsaj 90 minut pred naporom. Pri uporabi protokola aktivnega razplavanja pa priporočamo plavanje pri 50- 65 % maksimalne hitrosti za učinkovito porabo nastalega laktata v krvi.

## 5. VIRI

Ahlborg, G., Hagenfeldt, L. in Wahren, J. (1975). *Substrate utilization by the inactive leg during oneleg or arm exercise. Journal of Applied Physiology*, 39, 718-723.

Apps D.K., Cohen, B.B. in Steel, C.M. (1992). *Biochemistry*. London: Bailliere Tindall

Astrand, P.O., Rodahl, K., Dahl, H. in Stromme, S.B. (2003). *Textbook of Work Physiology*. Champagne, Illinois: Human Kinetics.

Bishop, D., Edge J, Davis, C. in Goodman, C. (2004) Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*, 36(5),807–813.

Brooks, G.A. (1985). Anaerobic Threshold: review of the Concept and Directions for future Research. *Med. and Csi. In Sports and Exercise*, 17, 22-31.

Brooks, G.A. in Fahey, D.F. (1986) *Exercise physiology*. Macmillan Publishing Company, New York

Carlson, L.A. in Pernow, B. (1959) Oxygen utilization and lactic acid formation in the legs at rest and during exercise in normal subjects and in patients with arteriosclerosis obliterans. *Acta Medica Scandinavia*, 164, 39-52.

Cameron, S.L., Mclay-Cooke, R.T., Brown, R.C., Gray, A.R. in Fairbairn, K.A.(2010). *Increased Blood pH but Not Performance With Sodium Bicarbonate Supplementation in Elite Rugby Union Players. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, (20), 307-321.

Campos, E.Z, Sangali, E.B., Gerosa Neto, J., Gobbi, R.B, Freitas Junior, I.F., Papoti M. (2012). Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion during an Intermittent Exercise on Blood Lactate, Stroke Parameters, and Performance of Swimmers. *Official Research Journal of the American Society of Exercise Physiologists*,15(6):84-92.

Carr, A.J., Slater, G.J., Gore, C.J., Dawson, B. in Burke, L.M. (2011). Effect of Sodium Bicarbonate on [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>], pH, and Gastrointestinal Symptoms. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21, 189-194.

Cerretelli, P. in Samaja, M. (2003) Acid-base balance at exercise in normoxia and in chronic hypoxia. Revisiting the “lactate paradox”. *Eur J Appl Physiol*, 90(5–6):431–448.

Connolly, D.A.J., Brennan, K.M. in Lauzon, C.D. (2003) Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 47-51.

Costanzo, L.(2014). *Physiology*. Philadelphia: Saunders Elsevier.

Costill, D.L., Verstappen, F., Kuipers, H., Janssen, E. in Fink, W. (1984) Acidbase balance during repeated bouts of exercise: influence of HCO<sub>3</sub>. *Int J Sports Med* 5(5):228–231.

Counsilman J.E.(1978). *Nauka o plivanju*. Sportska knjiga, Beograd.

Draper, N., Bird, E.L., Coleman, I. in Hodgson, C. (2006). Effects of active recovery on lactate concentration, heart rate and Rpe in climbing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 97-105.

Driller, M.W., Gregory, J.R., Williams, A.D. in Fell, J.W.(2013). The Effects of Chronic Sodium Bicarbonate Ingestion and Interval Training in Highly Trained Rowers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, (23), 40 -47.

Fletcher, W.M. in Hopkins, F.G. (1907) Lactic acid in amphibian muscle. *Journal of Physiology* 35, 16-309.

Fox, E.L. in Mathews, D.K. (1981). The physiological basis of physical education and athletics. Saunders College Publishing.

Freyschuss, U. in Strandell, T. (1967) Limb circulation during arm and leg exercise in supine position. *Journal of Applied Physiology* 23, 163-170.

Gladden, L. B. (2000). Muscle as a consumer of lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 764–771.

Goldfinch, J., McNaughton, L.R. in Davies, P. (1988). Induced metabolic alkalosis and its effects on 400-m racing time. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 45–48.

Gollnick, P.D., Pernow, B., Essén, B., Jansson, E. in Saltin, B. (1981) Availability of glycogen and plasma FFA for substrate utilization in leg muscle of man during exercise. *Clinical Physiology*, 1, 27-42.

Greenwood, J.D., Moses, G.E., Bernardino, F.M., Gaesser, G.A. in Weltman, A. (2008) Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *Journal of Sport Sciences*, 26(1), 29-34.

Guyton, A.C. in Hall, J.E. (2012). *Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: Saunders Elsevier

Higgins, M.F., James, R.S., Price, J. in Price, M. (2013). The effects of sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>) ingestion on high intensity cycling capacity. *Journal of Sport Sciences*, 31(9), 972-981.

Hinzpeter, J., Zamorano, A., Cuzmar, D., Lopez, M. in Burboa, J. (2014).Effect of active versus passive recovery on performance during intrameet swimming competition. *Sports Health*.6(2), 119-21.

Hood, V.L., Schubert,C., Keller, U. in Muller, S (1988) Effect of systemic pH on pHi and lactic acid generation in exhaustive forearm exercise. *Am J Physiol*, 255(3.2), F479–F485.

Hobson, R.M., Harris, R.C, Martin, D., Smith, P., Macklin, B., Elliott-Saie, K.J. in Sale, C. (2014). Effect of Sodium Bicarbonate Supplementation on 2000-m Rowing Performance. *International journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 139-144.

Jakovljević, N. (1979). *Biohemija sporta*. Partizan, Beograd.

Joyce, S., Minahan, C., Anderson, M. in Osborne, M. (2012). Acute and chronic loading of sodium bicarbonate in highly trained swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 461–469 .

Katch, V.L., McArdle, W.D. in Katch, F.I. (2011). *Essentials of Exercise Physiology*. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.

Keul, J., Doll, E. in Keppeler, D. (1972). Energy metabolism of human muscle. *Medicine and Sport*. S.Karger, 7.

Kowalchuk J.M., Heigenhauser, G.J., Lindinger, M.I., Obminski, G., Sutton, J.R. in Jones, N.L. (1988). Role of lungs and inactive muscle in acid-base control after maximal exercise. *J. Appl Physiol*. 65(5): 2090–2096.

Lindh, A.M., Peyrebrune, M.C., Ingham, S.A., Bailey, D.M., in Folland, J.P. (2008). Sodium bicarbonate improves swimming performance. *International Journal of Sports Medicine*. 29(6): 519-523.

Mainwood, G. in Renaud, J. (1985) The effect of acidobase on fatigue of skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 63, 403-416.

Mero, A.A., Hirvonen, P., Saarela, J., Hulmi, J.J., Hoffman, J.R in Stout, J.R. (2013). Effect of sodium bicarbonate and beta-alanine supplementation on maximal sprint swimming. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Pridobljeno iz <http://www.ijsn.com/content/10/1/52>

Morton, R.H. (1993). Comment on "Ventilation and blood lactate increase exponentially during incremental exercise". *Jour. Sport. Scienc.*, 11,371–375.

McLoughlin, P., McCaffery, N. in Moynihan, J.B. (1991) Gentle exercise with a previously inactive muscle group hastens the decline of blood lactate concentration after strenuous exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 62, 274-278.

McNaughton, L.R., in Cedaro, R. (1991). The effect of sodium bicarbonate on rowing ergometer performance in elite rowers. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(3), 66–69.

McNaughton, L.R., Siegler, J. in Midgley, A. (2008) Ergogenic effects of sodium bicarbonate. *Curr Sports Med Rep*, 7(4):230–236

Nakamaru, Y. in Schwartz, A. (1972). The influence of hydrogen ion concentration on calcium binding and release by skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *J. Gen. Physiol.*, 59, 22–32.

Pruscino, C. L., Ross, M. L. R., Gregory, J. R., Savage, B. in Flanagan, T. R. (2008). Effects of sodium bicarbonate, caffeine, and their combination on repeated 200-m freestyle performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(2), 116-130.

Pierce, E.F., Eastman, N.W., Hammer, W.H. in Lynn, T.D. Effect of induced alkalosis on swimming time trials. *Journal of Sports Sciences*, 10(3): 255-259. 1992.

Price, M.J. in Simons, C. (2010) The Effect of Sodium Bicarbonate Ingestion on high-intensity Intermittent running and Subsequent Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1834-1841

Reaburn, P.R. in Mackinnon, L.T. (1990). Blood lactate responses in older swimmers during active and passive recovery following maximal sprint swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 61(3-4), 246-50.

Requena, B., Zabala, M., Padial, P., & Feriche, B. (2005). Sodium bicarbonate and sodium citrate: Ergogenic aids?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 213-224.

Richter, E.A., Kiens, B., Saltin, B., Christensen, N.J. in Savard, G. (1988) Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in humans: Role of muscle mass. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 254, E55-E561.

Rowell, I., Saltin, B.R., Kiens, B. in Christensen, N.J. (1986) Is peak quadriceps blood flow in humans even higher during exercise with hypoxemia? *Heart Circulation and Physiology* 20, H1038-H1044.

Saltin, B. (1988). La capacita aerobica ed anaerobica. *Scuola dello sport*. 12, 43-49

Saltin, B., Sjogaard, G. in Gaffney, F.A. (1981). Potassium, lactate, and water fluxes in human quadriceps muscle during static contractions. *Circ Res.*,48,118-124.

Santalla, A., Perez, M., Montilla, M., Vicente, L., Davison, R., Earnest, C. in Lucia, A. (2003). Sodium bicarbonate ingestion does not alter the slow component of oxygen uptake kinetics in professional cyclists. *Journal of Sport Sciences*, 21, 39-47.

Saunders, B., Sale, C., Harris, R.C. in Sunderland, C. (2014). Sodium bicarbonate and high-intensity-cycling capacity: Variability in responses. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 9, 627-632

Stephens, T.J., McKenna, M.J., Canny, B.J., Snow, R.J. in McConell, G.K. (2012). Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 34 (4), 614-21. Pridobljeno iz <http://ehis.ebscohost.com/ehost/detail?sid=8ec8e789-5870-4081-84d3-b8c64352c462%40sessionmgr111&vid=1&hid=105&bdata=Jmxhbm9c2wmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=cmedm&AN=11932569>

Sigler, J.C. in Gleadall-Siddall, D.O. (2010). Sodium bicarbonate ingestion and repeated swim sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3105-3111

Timetable (19.7.2015). BLN 2014. Pridobljeno iz <http://www.bl2014.de/competition/timetable/?lang=en>

Toubekis, A.G., Peyrebrune, M.C., Lakomy, H.K. in Nevill, M.E. (2008). Effects of active and passive recovery on performance during repeated-sprint swimming. *Journal of Sport Sciences*, 26(14), 1497-1505.

Toussaint, H. M., Hollander, A.P., Van den Berg, C. in Vorontsov, A. (2000). Biomechanics of swimming. *Exercise and sport science*, 639-660.

Ušaj, A. (1996). *Kratek pregled osnov športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Van Hall, G., Jensen-Urstad, M., Rosdahl, H., Holmberg, H.-C., Saltin, B. in Calbet, J.A.L. (2002) Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 284, E193-E205.

Wasserman K., Beaver, W.L. in Whipp, B.J. (1986). Mechanisms and patterns of blood lactate increase during exercise in man. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18(3), 344–352.

Wilkes, D., Gledhill, N., in Smyth, R. (1983). Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800-m racing time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(4), 277–280.

Zajac, A., Cholewa, J., Poprzecki, S., Waskiewicz, Z. in Langfort, J. (2009). Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 45-50.

Zinner, C., Wahl, P., Achtzehn, S., Sperlich, B. in Mester, J. (2011). Effects of bicarbonate ingestion and high intensity exercise on lactate and H<sup>+</sup> -ion distribution in different blood compartments. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 1641-1648.