



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Горан Т. Данковић

**УТИЦАЈ СУПЛЕМЕНТАЦИЈЕ НАТРИЈУМ  
БИКАРБОНАТОМ НА ФИЗИОЛОШКЕ И МОТОРИЧКЕ  
ПАРАМЕТРЕ ЏУДИСТА**

Докторска дисертација

Крагујевац, 2022.



UNIVERZITET U KRAGUJEVCU  
FAKULTET MEDICINSKIH NAUKA

Goran T. Danković

**UTICAJ SUPLEMENTACIJE NATRIJUM BIKARBONATOM  
NA FIZIOLOŠKE I MOTORIČKE PARAMETRE DŽUDISTA**

Doktorska disertacija

Kragujevac, 2022.



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF MEDICAL SCIENCES

Goran T. Danković

**THE INFLUENCE OF SODIUM BICARBONATE  
SUPPLEMENTATION ON PHYSICAL AND  
MOTOR PARAMETERS OF JUDOKAS**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2022.

## ИДЕНТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>Аутор</b>
Име и презиме: Горан Данковић
Датум и место рођења: 15.11.1970. године, Ниш, Република Србија
Садашње запослење: Универзитетски Клинички центар Ниш
<b>Докторска дисертација</b>
Наслов: <b>Утицај суплементације натријум бикарбонатом на физиолошке и параметре цудиста</b>
Број страница: 72
Број слика: 4 слике, 18 табела, 13 графикана
Број библиографских података: 113
Установа и место где је рад израђен: Институт за физиологију, ФМН Крагујевац
Научна област (УДК): Медицина
<b>Ментор:</b> проф. др Владимир Живковић
<b>Оцена и одбрана</b>
Датум пријаве теме: 12.04.2022. године
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: 05-6523; 30.05.2022. г.
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата: 1. Проф. др Владимир Јаковљевић, редовни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Физиологија, председник; 2. Доц. др Марина Мијајловић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Фармацеутска хемија, члан; 3. Проф. др Владимир Илић, ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду за ужу научну област Физиологија, члан.
Комисија за оцену и одбрану докторске/уметничке дисертације: 1. Проф. др Владимир Јаковљевић, редовни професор Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Физиологија, председник; 2. Доц. др Марина Мијајловић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Фармацеутска хемија, члан; 3. Проф. др Владимир Илић, ванредни професор Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду за ужу научну област Физиологија, члан.
Датум одбране дисертације:
Тип лиценце Креативне заједнице: CC BY-NC-ND

## IDENTIFIKACIONA STRANICA DOKTORSKE DISERTACIJE

<b>Autor</b>
Ime i prezime: Goran Danković
Datum i mesto rođenja: 15.11.1970. godine, Niš, Republika Srbija
Sadašnje zaposlenje: Univerzitetski Klinički centar Niš
<b>Doktorska disertacija</b>
Naslov: <b>Uticaj suplementacije natrijum bikarbonatom na fiziološke i motoričke parametre džudista</b>
Broj stranica: 72
Broj slika: 4 slike, 18 tabela, 13 grafikona
Broj bibliografskih podataka: 113
Ustanova i mesto gde je rad izrađen: Institut za fiziologiju, FMN Kragujevac
Naučna oblast (UDK): Medicina
<b>Mentor:</b> prof. dr Vladimir Živković
<b>Ocena i odbrana</b>
Datum prijave teme: 12.04.2022. godine
Broj odluke i datum prihvatanja doktorske disertacije: 05-6523; 30.05.2022. g.
Komisija za ocenu naučne zasnovanosti teme i ispunjenosti uslova kandidata: 1. Prof. dr Vladimir Jakovljević, redovni profesor Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, uža naučna oblast Fiziologija, predsednik; 2. Doc. dr Marina Mijajlović, docent Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, uža naučna oblast Farmaceutska hemija, član; 3. Prof. dr Vladimir Ilić, vanredni profesor Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za užu naučnu oblast Fiziologija, član.
Komisija za ocenu i odbranu doktorske/umetničke disertacije: 1. Prof. dr Vladimir Jakovljević, redovni profesor Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, uža naučna oblast Fiziologija, predsednik; 2. Doc. dr Marina Mijajlović, docent Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, uža naučna oblast Farmaceutska hemija, član; 3. Prof. dr Vladimir Ilić, vanredni profesor Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za užu naučnu oblast Fiziologija, član.
Datum odbrane disertacije:
Tip licence Kreativne zajednice: CC BY-NC-ND

## DOCTORAL DISSERTATION IDENTIFICATION PAGE

<b>Author</b>
Name and surname: Goran T. Dankovic
Date and place of birth: 15.11.1970. Nis, Republic of Serbia
Current employment: Univeristy Clinicial Center Nis
<b>Doctoral Dissertation</b>
Title: <b>The influence of sodium bicarbonate supplementation on physical and motor parameters of judokas</b>
No. of pages: 72
No. of images: 4 images, 18 tables, 13 graphs
No. of bibliographic data: 113
Institution and place of work: Institute of Physiology, Faculty of Medical Sciences Kragujevac
Scientific area (UDC): Medicine
<b>Menthor:</b> Associate Professor Vladimir Zivkovic
<b>Grade and Dissertation Defense</b>
Topic Application Date: 12.04.2022.
Decision number and date of accep of doctoral/artistic dissertation topic: 05-6523; 30.05.2022.
Comission for evaluation of the scientific merit of the topic and the eligibility of the candidate: 1. Prof. Dr. Vladimir Jakovljevic, Full Professor of the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, for the narrow scientific field of Physiology, president; 2. Assistant Professor Marina Mijajlovic, Assistant Professor of the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, for the narrow scientific field of Pharmaceutical Chemistry, member; 3. Prof. Dr. Vladimir Ilic, Associate Professor of the Faculty of Sport and Physical Education University of Belgrade, for the narrow scientific field of Psysiology, member.
Comission for evaluation and defense of doctoral/artistic dissertation: 1. Prof. Dr. Vladimir Jakovljevic, Full Professor of the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, for the narrow scientific field of Physiology, president; 2. Assistant Professor Marina Mijajlovic, Assistant Professor of the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, for the narrow scientific field of Pharmaceutical Chemistry, member; 3. Prof. Dr. Vladimir Ilic, Associate Professor of the Faculty of Sport and Physical Education University of Belgrade, for the narrow scientific field of Psysiology, member.
Date of Disseration Defense:
Creative Commons License Type: CC BY-NC-ND

## САЖЕТАК

Ефекат суплементације натријум бикарбонатом на физиолошке параметре и моторичке способности спортиста потврђен је од стране великог броја истраживања а највећи ефекат се остварује у краткотрајним активностима које се изводе високим интензитетом. Џудо је индивидуални спорт кога карактерише интермитентна високоинтензивна активност која обично траје око 30 секунди са кратким периодима опоравка од 10 до 15 секунди. Циљ овог истраживања је да се утврди утицај суплементације натријум бикарбонатом на физиолошке и моторичке параметре џудиста. Ово истраживања спада у експериментална контролисана истраживања са двоструко слепим дизајном. Узорак испитаника чине 10 џудиста мушког пола просечне старости 20 година који су мајстори џудоа (носиоци црног појаса) са минималним тренажним и такмичарским искуством од 10 година. Резултати су показали да су џудисти који су били подвргнути  $\text{NaHCO}_3$  показали сличне резултате у RPE, стиску шаке, вертикалном скоку и концентрацији лактата у поређењу са плацебо групом без значајних разлика између група. Такође, резултати су показали да је  $\text{NaHCO}_3$  група побољшала опоравак биохемијских маркера у поређењу са плацебом код елитних џудиста и то СК, Na и Cl. Може се закључити да је суплементација  $\text{NaHCO}_3$  у дози од 0.3 (g kg<sup>-1</sup>) довела до значајно већег смањења нивоа СК у серуму, у односу на плацебо групу али да није било значајног ефекта на остале параметре опоравка. Резултати овог истраживања су од великог значаја за спортску праксу јер омогућавају правилне препоруке спортистима и њиховим тренерима како да спроведу поступак суплементације натријум бикарбонатом са циљем да смање замор и одрже висок ниво спортске форме.

**Кључне речи:** сода бикарбона, замор, борилачки спортови, ергогени ефекти.

## SAŽETAK

Efekat suplementacije natrijum bikarbonatom na fiziološke parametre i motoričke sposobnosti sportista potvrđen je od strane velikog broja istraživanja a najveći efekat se ostvaruje u kratkotrajnim aktivnostima koje se izvode visokim intenzitetom. Džudo je individualni sport koga karakteriše intermitentna visokointenzivna aktivnost koja obično traje oko 30 sekundi sa kratkim periodima oporavka od 10 do 15 sekundi. Cilj ovog istraživanja je da se utvrdi uticaj suplementacije natrijum bikarbonatom na fiziološke i motoričke parametre džudista. Ovo istraživanja spada u eksperimentalna kontrolisana istraživanja sa dvostruko slepim dizajnom. Uzorak ispitanika čine 10 džudista muškog pola prosečne starosti 20 godina koji su majstori džudoa (nosioci crnog pojasa) sa minimalnim trenaznim i takmičarskim iskustvom od 10 godina. Rezultati su pokazali da su džudisti koji su bili podvrgnuti  $\text{NaHCO}_3$  pokazali slične rezultate u RPE, stisku šake, vertikalnom skoku i koncentraciji laktata u poređenju sa placebo grupom bez značajnih razlika između grupa. Takođe, rezultati su pokazali da je  $\text{NaHCO}_3$  grupa poboljšala oporavak biohemijskih markera u poređenju sa placebo kod elitnih džudista i to CK, Na i Cl. Može se zaključiti da je suplementacija  $\text{NaHCO}_3$  u dozi od 0.3 (g kg<sup>-1</sup>) dovela do značajno većeg smanjenja nivoa CK u serumu, u odnosu na placebo grupu ali da nije bilo značajnog efekta na ostale parametre oporavka. Rezultati ovog istraživanja su od velikog značaja za sportsku praksu jer omogućavaju pravilne preporuke sportistima i njihovim trenerima kako da sprovedu postupak suplementacije natrijum bikarbonatom sa ciljem da smanje zamor i održe visok nivo sportske forme.

**Ključne reči:** soda bikarbona, zamor, borilački sportovi, ergogeni efekti.



## **ABSTRACT**

**Introduction:** The effect of sodium bicarbonate supplementation on physiological parameters and motor skills of athletes has been confirmed by a large number of studies, especially in activities that are performed at a high intensity. Judo is an individual sport characterized by intermittent high-intensity activity that usually lasts about 30 seconds with short recovery periods of 10 to 15 seconds. The aim of this research was to determine the influence of sodium bicarbonate supplementation on physiological and motor parameters of judokas. This research is an experimental controlled research with a double-blind design. The sample of participants was composed of 10 male judokas with an average age of 20 years who are judo masters (black belt holders) with a minimum training and competition experience of 10 years. The results showed that the judokas who underwent NaHCO<sub>3</sub> supplementation showed similar results in RPE, hand grip, vertical jump and lactate concentration compared to the placebo group with no significant differences between the groups. Also, the results showed that the NaHCO<sub>3</sub> group improved the recovery of biochemical markers compared to placebo in elite judokas, namely CK, Na and Cl. It can be concluded that the supplementation of NaHCO<sub>3</sub> in a dose of 0.3 (g kg<sup>-1</sup>) led to a significantly greater decrease in the level of CK in the serum, compared to the placebo group, but that there was no significant effect on other recovery parameters. The results of this research are of great importance for sports practice, because it provides significant and right recommendations given to athletes and their coaches on how to carry out the sodium bicarbonate supplementation procedure with the aim of reducing fatigue and maintaining a high level of sports form.

**Key words:** sodium bicarbonate, fatigue, martial arts, ergogenic effects.

## **Садржај**

<b>1. УВОД.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ .....</b>	<b>30</b>
<b>3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ .....</b>	<b>32</b>
<b>4. РЕЗУЛТАТИ.....</b>	<b>38</b>
<b>5. ДИСКУСИЈА.....</b>	<b>55</b>
<b>6. ЗАКЉУЧАК.....</b>	<b>63</b>
<b>7. ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>65</b>

## 1. УВОД

# 1. УВОД

## 1.1 Физиологија

### 1.1.1 Спортска медицина и физиологија спорта

Према широко прихваћеној дефиницији проф. др Смодлаке: „Спортска медицина је област медицине која се бави изучавањем позитивних и негативних утицаја спорта и других облика физичке активности на организам људи, и то код особа оба пола, свих старосних структура, здравих и болесних“. Произилази закључак да се ради о мултидисциплинарној области, која не припада само спортским наукама и није намењена само спортистима (1). Узимајући у обзир ширину, обим и број научних области које спортска медицина обухвата и проучава, разумевање и добро познавање базичних наука је основни предуслов. Улога и место физиологије, у овом случају спортске физиологије, представља као и увек полазну тачку сваког озбиљнијег научног истраживања. Иако би се из назива лако могло доћи у заблуду да се ради о мањој и поједностављеној научној дисциплини, апсолутно разумевање физиологије представља аксиом научног ангажовања.

Физиологија спорта је део спортске медицине која проучава, како функцију појединих система у организму, тако и организма у целини, његову интеракцију и одговор на различите врсте физичких активности. Физичка активност подразумева повећану активност локомоторног, кардиоваскуларног и респираторног система, као и њихово садејство и интеракцију. Значајне физиолошке промене се региструју и у производњи и ослобађању телесне температуре, и поготово у промету телесних течности и електролита (2).

Сви органски системи дају свој допринос у одвијању несметане физичке активности, ипак улога мишићног, кардиоваскуларног и респираторног система заузима најистакнутије место у сваком истраживању. Сарадња и повезаност ова три система представља кључну активност која омогућава контракцију појединачног мишића а тиме и кретање организма у целини. Мишићно влакно током контракције троши кисеоник, који у организам доспева дисањем, а до мишићне ћелије се допрема крвотоком. Контракција мишића представља сложен метаболички процес приликом којег се троше метаболити, ослобађа топлотна енергија и настају нуспродукти те је одржавање ацидобазне раавнотеже, волумена и састава телесних течности такође нужно за физиолошку функцију организма у физичком напору (3).

### 1.1.2 Извори енергије

За мишићни рад потребна је велика количина енергије. Где се и у ком облику се она налази као и како је организам користи представља једну од основа физиологије спорта. Енергетске потребе су одређене интензитетом, врстом, карактером и трајањем рада. Опште стање организма, аеробни и анаеробни капацитети дефинишу потенцијал појединца за циљану спортску активност и евентуални успех или неуспех. Енергија

потребна за изабрани физички напор, се добија из три фазе метаболичких промена. Прве две се дешавају без учешћа кисеоника, а трећа се одвија уз његово обавезно коришћење.

**I. Анаеробни процес** који заузима прво место се заснива на разлагању енергетски богатих једињења **аденозинтрифосфата (АТП)** и **креатин фосфата (ЦП)** - нелактатни анаеробни процес који се одвија у мишићима.

А. Главни извор енергије за извођење мишићног рада је енергија која се ослобађа разградњом молекула аденозин-три-фосфата (АТП). Хидролизом једног мола АТП-а настаје аденозин-ди-фосфат (АДР) и фосфатна група (П), након тога аденозин-монофосфат (АМП) и П при чему се ослобађа 30,5 кЈ енергије. АТП је на тај начин основна „ћелијска енергетска монета“ која се непрестано троши и обнавља (4).

Б. Креатин-фосфат је једињење чијом се разградњом ослобађа 43 кЈ и њега у мишићној ћелији има три пута више него АТП-а, и представља тренутно искористиви извор енергије, познат као систем фосфокреатина. Осим за брзо ослобађање енергије потребне за мишићни рад, овај систем се користи и за обнову АТП донацијом П (фосфатане групе) АМП-у и АДПу који се тиме конвертују у АТП.

**II. Други анаеробни процес је гликолиза** (разлагања гликозе, уз стварање млечне киселине). Овај енергетски систем за добијање енергије чини систем гликоген-млечна киселина. Овај систем мајоритетно функционише у условима у којима је потребно брзо ослобађање енергије, што значи да метаболички систем нема времена за трошење кисеоника, тако да гликоген разграђује до млечне киселине приликом чега се добија 2,5 пута веће количине АТП-а него у оксидацијским механизмима (4).

Поменути енергетски системи (АТП, креатин-фосфат и гликоген-млечна киселина) учествују у механизмима брзе производње енергије без присуства кисеоника и представљају основу анаеробног метаболичког процеса. Ти механизми се активирају када је потребна мишићна контракција кратког трајања, а велике снаге.

Мишићна влакна која користе претежно овакве механизме за извор енергије се називају брза (бела) влакна. Телесне активности које захтевају доминантну активацију брзих мишићних влакана спадају у вежбе снаге и улазе у састав анаеробног тренажног процеса (4).

**III. Код аеробног метаболичног процеса**, добијена енергија потиче из разградње угљених хидрата и масти уз обавезно присуство кисеоника. За дуготрајни мишићни рад енергија се може обезбедити метаболизмом глукозе, масти и аминокиселина уз угрошак кисеоника у митохондријима што се означава као **аеробни систем продукције енергије**. Током одвијања ових процеса за добијање енергије *мишићна влакна се спорије контрахују*, али њихова *контракција дуже траје* и мишићни рад је теоретски могуће изводити докле год има дотока хранљивих материја. *У почетку се енергија добија разградњом глукозе и гликогена, али те резерве се брзо исцрпе па се прелази на разградњу масти и аминокиселина*. Мишићна влакна која користе претежно овај механизам за извор енергије се називају спора (црвена) влакна. Телесне активности у којима се највише користе ови типови мишића улазе у састав *аеробног тренажног процеса (вежбе издржљивости)* (5).

Енергија је потребна за све типове процеса који се дешавају у нашем телу, укључујући раст и развој, обнову, транспорт разних супстанци на ћелијском нивоу и, наравно контракцију мишића. У физиологији спорта, било да се ради о маратонском трчању или само о једном експлозивном покрету или скоку, мишићи су покренути једним и само једним елементом, а то је АТП. Завршне етапе синтезе АТП-а се одвијају

у митохондрији, и могу генерисати до 36 АТП. Укупна количина АТП у људском телу износи око 0,1 mol. Енергија коју користе људске ћелије износи 200 до 300 mol АТП дневно. Ово значи да се сваки молекул АТП-а рециклира 2000 до 3000 пута сваког дана. АТП не може бити ускладиштен, па стога његова потрошња мора да уследи убрзо након синтезе (1).

Неведено имплицира да енергија животних процеса потиче ексклузивно из једног јединог једињења, које се састоји из базе-аденина, шећера рибозе, три групе фосфата и назива се аденозин-трифосфат (АТП). Одвајањем једне фосфатне групе хидролизом ослобађа се 30-40 KJ /mol АТП-а, и у процесу настаје аденозин-дифосфат (АДП). Садржај АТП-а у мишићу износи око 0.25% од мишићне масе самога мишића или око 5 mmol на 1 kg мишићне масе. Резерве АТП-а у мишићима омогућују највише 3-4 контракције максималне мишићне снаге. У току рада мишића тј. контракције, истовремено долази и до ресинтезе АТП. У нормалним околностима реакција ресинтезе АТП-а се одвија углавном уз присуство кисеоника, путем аеробне реакције. При изузетном напорном мишићном раду, довођење кисеоника мишићима је недовољно, па се у ткивима се појачавају и анаеробни процеси ресинтезе АТП-а, што изводи уз помоћ креатинофосфокиназне, миокиназне реакције и гликолизе.

## 1.2 Мишићни систем

У односу на време које могу издржати енергетски системи се разликују, тако на пример креатин фосфат и АТП су у опсегу од 8-10 сек., анаеробно разлагање глукозе од 1,3-1,6 мин., док аеробни систем у теорији може трајати неограничено, то јест док има хранљивих супстрата. Мишићна влакна се могу поделити на спора и брза, и њихов однос је генетски детерминисан. Брза или бела мишићна влакна имају два до три пута активнији ензиме који су одговорни за брзо ослобађање енергије из фосфогеног система и система гликоген-млечна киселина. Она имају и до два пута већи пречник. Брза мишићна влакна имају већа влакна за већу снагу контракције, светлије су пребојености због мање количине миоглобина и слабије су снабдеване крвљу. Поседују смањен број митохондрија у мишићној ћелији а висок садржај гликогена и резерви креатин фосфата. Садрже брзо делујућу актинмиозин АТП-азу чиме се скраћује трајање контракције и релаксације.

Код спорих или црвених мишићних влакана активнији су ензими који служе за аеробно ослобађање енергије. Она имају више митохондрија и много више миоглобина по чему носе назив црвена. Број капилара око спорих мишићних влакана је много већи него око брзих. Спора мишићна влакна су мања, црвене пребојености због присуства миоглобина и имају развијен систем крвних судова и капилара. Такође поседују знатно већи број митохондрија у мишићној ћелији постављених периферно близу капилара и садрже споро делујућу актин-миозин АТП-азу.

Скелетни мишићи се састоје од мешавине мишићних влакана различитог типа:

- Тип 1 – споро-контрахујућа, поседују висок аеробни капацитет,
- Тип 2а – брзо-контрахујућа, поседују умерен аеробни капацитет,
- Тип 2б – брзо-контрахујућа, имају низак аеробни али висок гликолитички капацитет,
- Тип 2в – интермитентна влакна.

### 1.2.1 Интензивна физичка активност

У току интензивне физичке активности, укупна потрошња енергије повећава се за 15 до 25 пута изнад вредности у миру. Калоријска потрошња расте на око 18-30 Kcal/минут, а 70% раста се троши на обезбеђивање енергије за активну мускулатуру, која повећава енергетске захтеве и до 200 пута.

Физичка спремност или утренираност представља способност особе да одређену физички активност изврши на задовољавајући начин. У суштини, представља скуп релативно независних способности, и у том смислу се може говорити о структури физичке способности, коју, према мишљењу већине аутора, чине следеће способности: снага, брзина, издржљивост, покретљивост и координација. Физичка активност се може квантификовати и категоризовати на више различитих начина. С обзиром на то да се може посматрати кроз четири различите димензије, на исти начин се може извршити и категоризација физичке активности, према интензитету, фреквенцији, трајању и типу физичке активности, на пример, у односу на радну или рекреативну, сталну или интермитентну (1).

Претпостављено је да здрава особа нормалне тежине у мировању потроши у просеку 3,5 ml/kg кисеоника у минути, што отприлике износи 1 kcal/kg/h. Овај базални ниво потрошње кисеоника и за њега везани утрошак калорија представљају један метаболички еквивалент (1 МЕТ).

Практично, све активности могу бити представљене као мултипликација 1 МЕТ. Код здравих одраслих особа, активности рангиране од 1,8-2,9 МЕТ сматрају се физичким активностима ниског интензитета; од 3,0-5,9 МЕТ физичким активностима умереног интензитета, и од  $\geq 6,0$  МЕТ физичким активностима високог интензитета. Овај начин мерења физичке активности има своја ограничења, јер не узима у обзир адаптабилност тела на физичку активност током времена.

### 1.2.2 Енергетска потрошња организма

**Базални метаболизам** је минимална количина енергије која је потребна телу за одржавање основних ћелијских процеса. Он представља минималну потрошњу енергије у нашем телу у стању мировања, за одржавање основних физиолошких процеса. Метаболичка потрошња у базалним условима зависи од безмасне телесне масе (lean body mass) и површине тела. Ово је значајно због тога што су ћелије главни потрошачи енергије, а масно ткиво има мали број ћелија које су метаболички активне. Телесне масе спортиста се могу бити разликовати у односу на однос мишићног и масног ткива. Спортиста са већим процентом мишића има виши базални метаболизам од спортиста која има мању количину мишићног ткива. С обзиром на чињеницу да жене имају већи проценат масног ткива од мушкараца, то истовремено значи да им је нижи проценат мишићне масе. Како површина тела одређује количину топлоте коју тело одаје, то подразумева већу енергетску потрошњу за одржавањем телесне температуре уколико је површина тела већа. Стандардизовано је да се базална метаболичка потрошња одређује у лежећем положају након 8 сати спавања и 12 сати гладовања и износи од 1200 до 2400 ккал/дану. Са друге стране, просечна енергетска потрошња износи од 1800 до 3000 ккал/дану при свакодневним активностима. Целодневна потрошња организма се израчунава као производ базалне потрошње и нивоа физичке активности (PAL - physical activity level). Све физичке активности имају свој израчунати индекс са којим се помножи вредност БМР како би се добила потрошња по сату за неки вид активности (седење, шетња, вожња бицикла, трчање,

пливање). Данас се уместо израза базална потрошња користи термин потрошња у мировању (**RMR - resting metabolic rate**), што у суштини представља идентичну вредност. Физичка активност, старост, пол, висина, тежина и телесна композиција су фактори који могу утицати на базалну потрошњу.

Наглим почетком физичке активности повећава се потреба за кисеоником ( $O_2$ ), међутим проток крви у мишићима и аеробни метаболизам захтевају време да се прилагоде потребама због чега долази до кисеоничког дефицита. Тело нормално садржи два литра депонованог кисеоника који се може користити за аеробни метаболизам, чак и ако се не удише нова количина кисеоника. Овај кисеоник је распоређен: 1.) 0,5 л је у ваздуху који се налази у плућима, 2.) 0,25 л је растворено у телесним течностима, 3.) 1 л је везан за хемоглобин у крви и 4.) 0,3 л је депоновано у самим мишићним влакнима везано за миоглобин. Енергија која се потроши за контракцију мишића је већа од енергије која се добија аеробним метаболичким путем, што доводи до стварања кисеоничког дуга. Као реакција долази до повећане активности кардиоваскуларног и респираторног система како би обезбедили кисеонички дуг. Додатни кисеоник се користи за: 1.) Обнављање резерви АТФ, креатинин фосфата и гликогена, 2.) Уклањање лактата, 3.) Враћање рН на нормалне вредности.

### **Максимални капацитет аеробног вежбања ( $VO_{2max}$ )**

Како расте интензитет вежбања повећава се и енергетска потрошња у нашем телу. Повећана потрошње енергије у организму праћена је повећањем потрошње кисеоника. Потрошња кисеоника ( $VO_{2max}$ ) у организму је ограничена интензитетом, али не и трајањем. Пораст енергетске потрошње праћен је повећањем потрошње кисеоника до одређене границе. Максимални капацитет организма за потрошњу кисеоника се назива  $VO_{2max}$  и представља горњу границу способности организма за искоришћавањем кисеоника из ваздуха. Он се разликује како код врхунског спортисте, тако и код утренираног и неутренираног такмичара. Његова вредност расте у првих 8-12 недеља вежбања, након чега достиже плато који се даљим тренингом не може повећати. Даље повећање интензитета вежбања уводи организам у анаеробни режим. Улазак организма у анаеробни режим рада, доводи до веће продукције  $CO_2$  од потрошње  $O_2$ , као и до нагомилавања лактата.

### **1.2.3 Лактати**

Лактати представљају соли млечне киселине, која настаје из пирогрођене киселине и представља продукт сагоревања глукозе анаеробним процесима. Млечна киселина уз присуство натријума ван ћелије и калијума у ћелији прелази у соли и тако настају лактати. Утврђивање концентрације лактата у крви један је од најчешће примењиваних метода за утврђивање и контролу како анаеробних, тако и аеробних способности организма (4).

**Лактатни праг (lactate treshold)** представља тренутак наглог раста концентрације лактата у крви током физичке активности. Вредност лактата у крви у миру је 1-2 mmol/l. Током вежбања у аеробној зони вредност лактата се повећава до 4 mmol/l и остаје константна на тој вредности.

Током последњих скоро педесет година, крива лактата у крви и лактатни прагови (ЛТс) постали су важни у дијагнози перформанси издржљивости. Појавила се интензивна и стална дебата, која се углавном заснивала на терминологији и физиолошкој позадини концепата лактатног прага. Обично се степеновани инкрементални тестови вежбања, који изазивају експоненцијални пораст концентрације лактата у крви бЛа



(blood lactate concentrations - bLa), користе да би се добиле лактатне криве. Померање таквих лактатних кривуља указује на промене у капацитету издржљивости. Овај веома глобални приступ, међутим, омета неколико фактора који могу утицати на укупне нивое лактата. Поред тога, искључиво коришћење целе криве доводи до извесне несигурности у погледу величине повећања издржљивости, која се не може прецизно проценити. Овај недостатак се може елиминисати употребом ЛП-а. Аеробно-анаеробни прелаз може послужити као основа за индивидуалну процену перформанси издржљивости, као и за прописивање интензитета у тренингу издржљивости. Поред тога, неколико приступа ЛТ може бити интегрисано у овај оквир (7).

Током максималног оптерећења где долази до максимално исцрпљивљања извора анаеробне енергије, концентрација лактата може прећи преко 15 mmol/l, док се највеће нагомилавање лактата догађа код максималног рада који за извор енергије користи глукозу. Лактати су најбољи начин да се одреди интензитет ангажовања током тренажног процеса. Правило је да спортисти који су боље утренирани боље подносе лактате тј. да их подносе на вишем нивоу. Уклањање лактата из крви одвија се јетри, скелетним мишићима и срчаном мишићу.

Вредност лактатног прага се може посматрати у односу на вредност  $\text{VO}_{2\text{max}}$ . За разлику од нетренираних особа где се лактатни праг се достиже већ при интензитету вежбања од 50-60%  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , такмичари који су високо утренирани лактатни праг достижу тек на 90%  $\text{VO}_{2\text{max}}$  вредности. Овај однос представља најбољи показатељ стања утренираности спортисте.

Лактати који настају у еритроцитима и мишићима за време анаеробног ћелиског дисања се у јетри поново прелазе у глукозу и овај процес се назива Коријев циклус. Потреба мишића за енергијом у току краткотрајних и напорних покрета се задовољава анаеробном разградњом глукозе, а продукт те реакције је лактат. Лактат дифузијом прелази у крвоток и њиме даље до јетре где под утицајем лактат-дехидрогеназе постаје пируват. У процесу глуконеогенезе пируват поново прелази у глукозу која је поново расположива организму за употребу уз утрошак четири молекула АТП-а. Накупљање лактата може довести до грчења мишића, па је овај процес од важности за превенцију лактатне ацидозе као и чињеница да је то једини начин за хемиско искоришћавање лактата у организму.

**Кори циклус** је кружење лактата или млечне киселине који настају у мишићима при анаеробном метаболизму. Јетра трансформише млечну киселину у глукозу. Када потребе за молекулима АТП-а премаше количину кисеоника која стиже до ћелија, мишићне ћелије стварају АТП кроз ферментацију млечне киселине. Ово омогућава регенерацију  $\text{NAD}^+$ -а (никотинамид аденин динуклеотида) па гликолиза може да се настави. Млечна киселина дифундује крвоток, којим долази до јетре, и коју јетра трансформише натраг у пируват и затим у глукозу (путем глуконеогенезе). Ова глукоза се враћа у крвоток одакле може да буде искоришћена од стране мишићних ћелија или ускладиштена као гликоген. Главна сврха овог процеса је да се мишићи посвете стварању АТП молекула, док се други орган, јетра, бави прерадом млечне киселине (8-9).

Појмови млечне киселине и лактата се широко користе у спорској терминологији, они се мало разликују по својој хемијској структури. Лактат је метаболит који стварају мишићи и јонизирани је облик, док млечна киселина има додатни протон.

Гликолиза производи 2 молекула АТП-а по цени од 6 молекула АТП-а утрошених у корацима глуконеогенезе. Свако одржање циклуса „кошта“ организам нето потрошњу од 4 АТП молекула што имплицира да се циклус се не може одржати бесконачно.

Интензивна потрошња АТП молекула у Кори циклусу пребацује терет метаболизма са мишића на јетру.

Раније се веровало да током ћелиског опоравка након вежбања, око 85% лактата бива уклоњено и послано у јетру где долази до претварања у глукозу или гликоген. Нове студије рађене помоћу пацова као моделног организма показују да је честа судбина лактата оксидација. Поред тога, различити аутори сматрају да улога Кори циклуса није толико значајна као што се сматрало већ је смањена на само 10 или 20%.

Код вежбања максималну акумулацију млечне киселине у крви настаје након пет минута тренинга. Ово време је довољно да млечна киселина пређе из мишићног ткива у крв. Након само једног сата она се враћа на нормалне вредности.

Супротно увреженом мишљењу, накупљање лактата није једини узрок исцрпљености мишића. Показало се да се и у тренинзима гдје је накупљање лактата слабо, јавља умор мишића. Верује се да је прави узрок смањење рН вредности унутар мишића где се рН смањује од базалне вредности од 7,0 до чак 6,4, што се је прилично ниска вредност. Заправо, ако рН остане близу 7,0, чак и ако је концентрација лактата висока, мишић се не умара.

Међутим, поступак који доводи до замора као резултат закисељавања још није јасан. То може бити повезано с таложењем јона калцијума или смањењем концентрације калијумових јона.

Треба поменути и метаболички пут готово идентичан циклусу Кори, који се назива **аланински циклус** или **Кахиллов циклус**. Кахиллов циклус, такође познат као аланински циклус или циклус глукоза-аланин, је низ реакција у којима се аминокиселине и угљеници из мишића транспортују до јетре (10). Прилично је сличан Кори циклусу у циркулацији хранљивих материја између скелетних мишића и јетре. Када мишићи разграђују аминокиселине за енергију, настали азот се претвара у пируват да би се формирао аланин. То ради ензим аланин трансминаза (АЛТ), који претвара Л-глутамат и пируват у  $\alpha$ -кетоглутарат и Л-аланин (Karmen, Wróblewski & LaDue, 1955). Добијени Л-аланин се транспортује до јетре где азот улази у циклус урее, а пируват се користи за производњу глукозе (11).

Кахиллов циклус је мање продуктиван од Коријевог циклуса, који користи лактат, јер је нуспродукт производње енергије из аланина производња урее (12). Уклањање урее зависи од енергије и захтева четири „високоенергетске“ фосфатне везе (три АТП хидролизују у два АДП и један АМП), тако да је нето произведени АТП мањи од оног који се налази у Кори циклусу. Међутим, за разлику од Кори циклуса, НАДХ је очуван јер се не производи лактат. Ово омогућава да се оксидира кроз ланац транспорта електрона. Кејхил циклус захтева присуство аланин аминотрансферазе (аланин трансминазе, АЛТ), које има у ткивима као што су мишићи, јетра и црева. Ово условљава коришћење Кахиловог циклуса уместо Кори циклуса само када је обезбеђено присуство аминотрансфераза, и када постоји потреба за транспортом амонијака до јетре тачније када је организам у стању катаболичком стању.

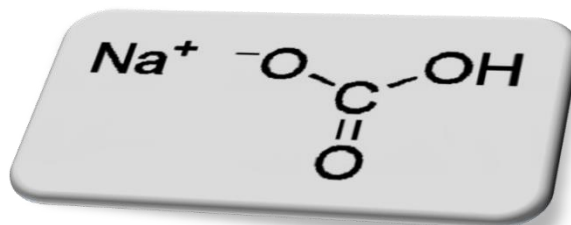
Количина кисеоника у ћелијама одређује врсту енергетских процеса који се одигравају током одређених физичких активности, тј. када је количина кисеоника довољна да омогући реоксидацију коензима НАДХ<sub>2</sub> (Никотинамид аденин динуклеотид) искључиво у митохондријама, на пример при раду умереног интензитета, одиграваће се само аеробни метаболички процеси. А када се повећа интензитет физичке активности количина обезбеђеног кисеоника постаје недовољна, па се све више НАДХ<sub>2</sub> реоксидише анаеробно преко пирувата, где он преузима функцију акцептора водоника и прелази у

лактат. Када потрошња кисеоника достигне своју максималну вредност даљи пораст интензитета рада остварује се само са анаеробним енергетским процесима. Управо из ових разлога енергију потребну за неку спортску активност није једноставно сврстати само у једну категорију енергетског метаболизма. Такође, на то утичу и велике индивидуалне разлике међу спортистима у величини енергетског капацитета, условљене су генетиком али и тренингом. Један исти ниво оптерећења за једног спортисту може бити покривен само аеробном енергијом, док код другог може захтевати и значајан допринос анаеробног метаболизма. Због тога је важно утврдити који је енергетски потенцијал потребан за одређени спорт. Осим тога, од изузетне је важности разумети замор као његове узроке. Он може настати из психичких разлога познатији као централни, затим због исцрпљености енергетских система, због акумулације метаболичких продуката као и замор који се јавља нервномишићне спојнице.

### 1.3 Натријум бикарбонат

#### 1.3.1 Основне карактеристике

Натријум бикарбонат (преферентно IUPAC име: натријум водоник карбонат или сода бикарбона) је хемијско једињење чија је формула  $\text{NaHCO}_3$ . То је со састављена од натријумових катјона ( $\text{Na}^+$ ) и бикарбонатних анјона ( $\text{HCO}_3^-$ ). Чврстог је облика, беле боје, јавља се у облику праха или кристала. Растворљив је у води и има благо слани, алкални укус. Појам *saletarius*, од латинског *sal aeratus* (што значи „газирана со”), био је у широкој употреби у 19. веку за бикарбонат натријума и бикарбонат калијума. Сода је адитив кодиран од стране Европске уније, идентификован иницијалима E500.

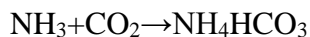


Слика 1. Структурна формула натријум бикарбоната

Натријум бикарбонат се производи тзв. Солвејевим поступком који је заправо, амонијачно-карбонатни процес. Сировине за добијање су натријум хлорид (кухињска со,  $\text{NaCl}$ ), амонијак ( $\text{NH}_3$ ) и угљен диоксид ( $\text{CO}_2$ ).

У засићен раствор натријум хлорида уводе се амонијак и угљен (IV) оксид. Реакцијом у воденом раствору настају амонијачни, натријумови, бикарбонатни и хлоридни јони, који могу да дају различите соли: амонијум хлорид ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), амонијум бикарбонат ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ), и натријум бикарбонат ( $\text{NaHCO}_3$ ). Хлађењем овако добијеног раствора исталожи се најмање растворна со -  $\text{NaHCO}_3$ , која се затим одваја од раствора филтрацијом (цеђењем). Уколико је потребно добити натријум карбонат,  $\text{NaHCO}_3$  се загрева у ротационој пећи и на повишеној температури разлаже се на натријум карбонат (обична сода,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), угљен диоксид ( $\text{CO}_2$ ) и воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Реакције које се одвијају су следеће:



Осим Солвејевог поступка, содабикарбона се добија и увођењем  $\text{CO}_2$  у водени раствор натријум карбоната. Медицинска сода бикарбона без алуминијума је природно је средство за неутрализацију. Из виђеног процеса приметно је да у реакцији не учествује ни једно једињење са алуминијумом, па остаје дилема класификације соде на ону са и без алуминијума која постоји на тржишту. У природи постоји као чврст кристал или бели прах, без мириса док је укус је благо алкалан. Растворљива је у води, а на одређеним температурама и ацетону и метанолу, док је тачка топљења 50 степени и разлаже се на натријум карбонат. Густина соде бикарбоне је 2,20 g/cm<sup>3</sup> а молекулска маса 840066 g mol<sup>-1</sup>.

Натријум бикарбонат се највише користи у кулинарству (у газираним пићима или као средство за квашење печених производа), као хигијенски производ, дезинфицијенс, у производњи пиротехничких средстава за извођење ватромета, али и као средство за гашење пожара. Сода је једно од најстаријих природних средстава за чишење. Стари Египћани су користили природне минералне насlage у близини минералних извора за производњу првобитних сапуна. Користи се као средство за „подизање“ теста, затим за избељивање осетљивих предмета, као сто су предмети од злата, за избељивање зуба, али и као лек. Сода бикарбона се употребљава и за оралну хигијену, као природна паста за зубе. Она добро чисти насlage на зубима, отклања каменац и избељује зубе. Пошто има абразивна својства препоручује за уклањање мртве задебљале коже. Растворена у води сода бикарбона даје базну средину. У реакцији са киселинама, ослобађа воду и угљен-диоксид. Због те особине, користи се и у фармацеутској индустрији као антацид. Међутим, као и код уношења других препарата или лекова, увек мора постојати опрез. Повишен унос соде бикарбоне повећава рН вредност крви, а вишак натријума повећава запремину крви и крвни притисак, односно повећава ризик од хипертензије и едема.

Широм света људи конзумирају јоне бикарбоната у води за пиће ради превенције али их користе као и терапију код многих стања. Званична медицина је користи као 8,4% раствор за инфузију у третману метаболичке ацидозе када је функција плућа очувана, дефицит натријума код хиперхлоремичне хипонатремије као и алкализацију у случају акутног тровања салицилатима и барбитуратима. Дозирање је индивидуално и зависи од базног дефицита. Дозирање (волумен у 1 ml једномоларног раствора натријум-хидрогенкарбоната) се израчунава на следећи начин: **Број ml лека натриум бикарбоната 8.4% = Базни дефицит (mmol/l) x 0,3 x kg телесне масе.** У земљама ЕУ, сода бикарбона се рутински примењује од стране онколога, како би се спречила токсичност хемиотерапеутика и зрачења. Све биохемијске реакције у ћелијама нашег тела, односно ензими који их покрећу, осетљиви су на рН вредност. Што се више смањује телесни рН, то је већи проблем за ћелијску физиологију. Биолошки живот најбоље функционише у не-киселој (алкалној) средини, тако да би уносом бикарбонатних јона било могуће регулисати рН баланс унутар телесних ћелија. Поред тога што сода бикарбона сачињава и изграђује један од најважнијих пуферских система у организму (бикарбонатни пуферски систем) има и читав низ других физиолошких ефеката на организам као што је ширење крвних судова што поспешује лакше отпуштање кисеоника у ткива, повећавајући тиме рН вредност.

**Ово истраживање бави се натријум бикарбонатом као суплементом код професионалних спортиста.**

Употреба натријум бикарбоната као ергогеног помоћног средства описана је бројним радовима и публикацијама. Седамдесетих година двадесетог века проучавани су његови потенцијални ефекти у спортским активностима високог интензитета. Последњих година су ова истраживања настављена, па се у многим радовима се поново проверава његова употреба у циљаним спортским дисциплинама. Томе је допринела и чињеница да је у марту 2018. године, **Међународни олимпијски комитет (МОК) је у Заједничкој изјави са Састанка о менталном здрављу врхунских спортиста (13)**, поводом употребе хранљивих додатака код спортиста, **уврстио натријум бикарбонат на своју листу „суплемената који директно побољшавају спортске перформансе“**.

Истраживање је усмерено на улогу натријум бикарбоната као ергогеног помоћног средства, а у поменутом контексту. Размотрићемо механизам деловања интеракције и утицај на различите спортске дисциплине у којима би спортисти могли имати користи од његовог коришћења.

### **1.3.2 Принципи вежбања високог интензитета**

Вежбање високог интензитета захтева напоре максималног или субмаксималног интензитета, а он узрокују промене у интрамускуларном метаболичком профилу изузетно брзо. Те промене укључују исцрпљивање енергетских супстрата и акумулацију метаболита, што је праћено последичним умором мишића. Умор мишића изазван вежбањем, дефинисан је као неспособност скелетног мишића да одржи одређену напетост или одређени интензитет током процеса вежбања. Свако вежбањем изазвано смањење физичке способности мишића да произведе максималну силу, представља најбољу дефиницију замора (1).

Механизам који доприноси почетку умора и даље није у потпуности схваћен, а то је централна тема истраживања којом се бави физиологија вежбања.

**Умор** је сложен и вишефакторски феномен који варира у зависности од врсте, интензитета и трајања вежбања. Фокусирајући се на висок интензитет и кратко трајање, много је фактора који доприносе појави умора мишића, као што су: акумулација калијума ( $K^+$ ) у интерстицијуму мишићне ћелије, што заузврат смањује пролазак калцијума ( $Ca^{2+}$ ) у и из саркоплазматског ретикулума, трошење енергетских супстрата и акумулација метаболита унутар мишићне ћелије. Акумулација метаболита већ дуго се сматра једним од главних фактора који доприносе смањеним перформансама и капацитету вежбања, имајући акумулацију водоникових јона ( $H^+$ ) као једног од узрока повећања киселости и умора мишића. Анализом узорка мишића, могуће посматрати како рН вредност мишића, која је у стању мировања од 7 до 7,1, пада на вредности око 6,5 а након вежбања високог интензитета до исцрпљености. Улога рН вредности и њен тачан физиолошки механизам који доводи до замора и даље су предмет расправа и истраживања.

### **1.3.3 Улога натријум бикарбоната**

Људски организам има добро регулисане механизме који омогућавају одржавање рН вредности у физиолошком опсегу. Ови механизми су познати и као пуферски системи и одговорни су за овај важан задатак, ту спадају бубрежни систем, респираторни систем, као и унутарћелијски и ванћелијски пуфер. Током вежбања

високог интензитета, киселинско-базна равнотежа у мишићу углавном се регулише последњим.

Прву линију одбране од акумулације водоникових јона ( $H^+$ ) у контрактилном мишићу чине интраћелијски пуфери. Углавном посредују фосфати, протеини и дипептиди који своје пуферско дејство врше на цитосол. Хомеостаза мишића, тј. рН вредност се на даље регулише активним и пасивним транспортом водоничних јона ( $H^+$ ) у интерстицијум, где се ови јони пуферишу циркулационим пуферима, вентилацијом плућа и бубрезима. У крви је пуферски систем углавном састављен од бикарбонатног јона ( $HCO_3^-$ ), који има способност да се веже за водооников јон ( $H^+$ ) дајући угљену киселину ( $H_2CO_3$ ), повећавајући на тај начин рН вредност. Ова карбонска киселина може дисоцирати на бикарбонатни јон ( $HCO_3^-$ ), и јон водоника ( $H^+$ ), ако је потребно закисељавање, или претворити се у угљендиоксид ( $CO_2$ ) и воду. Ове реакције су реверзибилне и зависе од рН вредности тела.

### 1.3.4 Деловања натријум бикарбоната као ергогеног помоћног средства

Додатним оралним уносом натријум бикарбоната ( $NaHCO_3$ ), настаје јачање ванћелиског пуферског капацитета бикарбоната којим се одржава киселинско-базна равнотежа током вежбања и физичког замора, а ово додатно потенцира ергогени ефекат. Пораст броја бикарбонатних јона ( $HCO_3^-$ ) фаворизује алкално окружење у ванћелиској течности.



Слика 2. Изглед кристала натријум бикакарбоната  
(Преузето: <https://images.app.goo.gl/mAG9m6PE3wVShXUF7>)

Истовремено, ова количина бикарбоната повећава градијент ванћелијских јона  $H^+$ , који заузврат стимулишу лактат/ $H^+$  котранспортер. То постепено доводи до већег флукса водоникових јона ( $H^+$ ) из унутарћелијских у ванћелијску течност, омогућавајући циркулишућем бикарбонатном јону ( $HCO_3^-$ ) и компензаторним пуферским механизмима да смање количину водоникових јона ( $H^+$ ) што за последицу има, повећање рН вредности (смањење киселости). Смањење акумулације водоникових јона ( $H^+$ ) у мишићу који се вежба омогућује би да се контрактилни процес мишићних влакана одржи дуже и да се настави процес поновне синтезе АТП-а гликолизом. Ово гарантује боље окружење са повољнијим условима чиме се одлаже почетак мишићног замора током вежбања високог интензитета.

Укратко, сода бикарбона може побољшати физичке перформансе својим пуферским деловањем и подизањем рН вредности као резултата те активности. Такође помаже и омогућава одржавање „млечно-анаеробног“ пута. Бикарбонатни јон ( $HCO_3^-$ ), не

може да пређе ћелијску мембрану, па се његово пуферско дејство не јавља унутар ћелије, већ само неутралише рН вредност на ванћелијском нивоу, што доводи до већег протока водоникових јона ( $H^+$ ) изнутра ка споља, што индиректно успева да смањи унутарћелијску киселост. Он смањује умор мишића повећавањем активности натријум-калијум-АТП-азне пумпе, олакшавајући размену јона ( $Na^+$ ) и јона водоника ( $H^+$ ) кроз ћелијску мембрану, одржавајући тачну ексцитабилност мембране (14).

### **1.3.5 Комбинована употреба натријум бикарбоната са другим ергогеним помагалима**

Већина препорука о комбинованој употреби одређених суплемената у циљу побољшања перформанси спортиста оправдана је студијама у којима је примећено побољшање перформанси након уношења ових суплемената у изолацији. Понекад се њихови ефекти проучавају и када се они користе у комбинацији. Суплементација у спорту је широко прихваћена, а врло често неконтролисана и неоправдана. О раширености ове појаве говоре резултати тестирања 2758 спортиста на Олимпијским играма у Сиднеју 2000. године. Близу 80% спортиста користили је суплементе, при чему је 542 испитаника узимало 6-7 препарата, а један чак 26 различитих супстанци (15).

У животу као и спорту закључци се не могу доносити grubим анализама и сабирањем података. На пример, у литератури можемо наћи да додаток кофеина повећава перформансе трчања за 2%, додаток креатина за 1,5% и воде за испирање уста за још 2%. То не значи да ћемо, ако осмислимо протокол суплементације са комбинацијом ова 3, добити побољшање од 5,5%. У научној литератури се ретко налазе истраживања која проучавају одређене протоколе суплементације који комбинују тачне додатке за које сматрамо да су оптимални и количину коју би смо користили. Из тог разлога, много пута узимамо податке из појединачних студија и екстраполирамо их у њихову комбиновану употребу, свесни ограничења која ово доноси.

#### **А. Кофеин и натријум бикарбонат:**

Он је један од најчешће коришћених додатака исхрани код спортиста. Кофеин, у дозама од 3-6 mg/kg, показао се корисним у дуготрајним аеробним вежбама кроз механизме деловања који укључују ефекте на ЦНС, повећану мобилизацију масних киселина и директне ефекте на контракцију мишића. Код вежби високог интензитета и кратког трајања, студије показују да суплементација кофеином доприноси одлагању умора што повећава перформансе спортиста. Механизам дејства укључују и његов допринос у смањењу ванћелијске концентрације калијума ( $K^+$ ) и повећању концентрације катехоламина у плазми.

#### **Б. Бета-аланин и натријум бикарбонат:**

Карнозин је дипептид синтетисан из аминокиселина бета-аланина и хистидина и идентификован је као важан унутарћелијски пуфер. У теорији ова комбинације оба додатка повећава садржаја карнозина у мишићима и  $HCO_3^-$  у плазми, ојачавајући тако интра и екстрацелуларни пуферски систем. Ово је покушај да се побољшају перформансе током спортске праксе и одложи или минимизира умор мишића код спортова са високим интензитетом у којима постоји интрамускуларна ацидоза.

#### **В. Креатин и натријум бикарбонат:**

Постоје докази да додаток креатина побољшава перформансе у мноштву дисциплина. Заједно са кофеином спада у један од најистраженијих суплемената. Главни разлога због којег је његов унос користан у вежбању високог интензитета је улога креатин-фосфата (PCr) у ресинтези АТП-а. Општа хипотеза коју су студије користиле је да се провери да ли заједничко узимање креатина и натријум бикарбоната има синергијске ефекте на побољшање перформанси у спортовима високог интензитета. Мало је студија које су до данас то доказале (16).



### 1.3.6 Нежељени ефекти

Наравно да се могу јавити и потенцијални проблеми у виду алкалозе повезане са повећаним уносом доза бикарбоната, док вишак натријума ( $\text{Na}^+$ ) може повећати запремину крви и крвни притисак, тако да постоји реалан ризик од појаве артериске хипертензије као и могућих едема доњих екстремитета. Нежељени ефекти који се могу јавити код појединих спортиста су најчешће из групе гастроинтестиналне нелагодности, попут повраћања, надимања и дијареје, нарочито ако се са натријум бикарбонатом не узима довољно воде. Повраћање и дијареја су забележени као резултат конзумирања чак и релативно малих доза бикарбоната што може ограничити сваки покушај побољшања атлетске перформансе овом методом. Особе подложније оваквим реакцијама су особе са већ постојећим гастроинтестиналним проблемима. Постоје извештаји да су поједини спортисти користили овај суплемент, који је на листи дозвољених помоћних средстава и није забрањена правилима спорта, али управо због озбиљности симптома, нису могли да наставе такмичења. Иако непријатно и донекле исцрпљујуће, ови ефекти нису озбиљни и немају дугорочно штетне последице (14).

Постоји низ аспеката које би требало узети у обзир пре и током употребе натријум бикарбоната. Најважнији би били:

- На нивоу варења и апсорпције натријум бикарбоната могу се јавити различити проблеми као што су: надимање стомака, мучнина и дијареја. Ово се може избећи дељењем дозе у неколико мањих доза током дана. Препорука је се да се почине са половином дозе која се постепено повећава док се не постигне оптимални унос.
- Развој персонализоване стратегије суплементације може да омогући бављење спортом управо у стању повишене алкалности, која се веома разликује од појединца до појединца.
- 27% натријум бикарбоната ( $\text{NaHCO}_3$ ) чини натријум ( $\text{Na}$ ), па би унос 14-21g бикарбоната спортисти обезбедио 3826-5740 mg  $\text{Na}$ , аспект од посебног значаја за оне који морају да се држе дијете са ниским садржајем натријума.
- Велика потрошња натријум бикарбоната може повећати излучивање калијума ( $\text{K}^+$ ), што у неким случајевима може изазвати недостатак калијума, па се током периода суплементације препоручује дијета богата калијумом (дијета богата зеленилом и поврћем).
- Суплементација натријум бикарбонатом је корисна у оним спортским дисциплинама у којима спортисти изводе вежбе високог интензитета.
- Ниска цена и велика доступност у маркетима чине га додатком који вреди испробати.
- Ефективна доза је 0,3g/kg телесне тежине, унесена 60-90 минута пре тренинга (велике индивидуалне варијације у смислу оптималног времена) уноса.
- О конзумирању  $\text{NaHCO}_3$  са другим суплементима недостају чврсти докази.

Натријум бикарбонат се користи као ергогена помоћ и као састојак лекова који се издају на рецепт и без рецепта (13). Постоји мишљење да одговарајуће узимање неких додатака исхрани заједно с добро осмишљеним тренингом, може побољшати перформансе у спорту. То мишљење је утицало на стварање мултимилијонске индустрије која пласира своје производе у спортове гарантујући побољшање резултата. Међутим, већина реклама о потенцијалним учинцима суплементације на спортске резултате или здравље које се појављују на ознакама многих производа нису поткрепљена научним доказима (17).

Основни задатак хемијских процеса током и након физичког вежбања је обезбеђивање енергије потребне за мишићну активност (2). У људском телу постоје два примарна енергетска система која су заслужна за обнављање енергије, тачније синтезу аденозин трифосфата (АТФ), а то су анаеробни и аеробни. Анаеробни систем се додатно још дели на фосфагени и гликолитички. Који ће систем бити доминантан, примарно зависи од врсте, интензитета и трајања активности (18). Краће и интензивније активности подразумевају већи допринос анаеробних извора енергије, док се активности дужег трајања и нижег интензитета ослањају на аеробне изворе добијања енергије (2). У случају фосфагеног система доћи ће до брзог пражњења залиха креатин-фосфата, док ће у случају гликолитичког доћи до значајне акумулације метаболита у унутарћелијској и ванћелијској течности (19).

У људском телу постоје унутрашњи и ванћелијски пуферски системи заслужни за одржавање равнотеже рН у мишићима односно за одржавање ацидобазне равнотеже (20) а један од примарних ванћелијских пуфера је бикарбонат ( $\text{HCO}_3$ ).

Натријум бикарбонат ( $\text{NaHCO}_3$ ), такође познат као сода бикарбона (engl. sodium bicarbonate), је познато хемијско једињење које се користи у кухињи, али које се данас све чешће користи као ергогенo средство са циљем унапређења перформанси и спортских резултата, али и у медицинске сврхе (13).

Иако механизми деловања натријум бикарбоната нису још у потпуности схваћени, натријум бикарбонат вероватно делује на тај начин што повећава ванћелијски пуферски капацитет (19). Исти аутори наводе да су ергогени учинци натријум бикарбоната највероватнији у оним активностима које се више ослањају на анаеробну гликолизу за обнову енергије што за последицу има повећану акумулацију  $\text{H}^+$ , а самим тиме и наступ метаболичке ацидозе (19).

Борилачки спортови попут џудоа, таеквондоа, каратеа, бразилске џиу-џице, бокса захтевају активност у максималном и субмаксималном интензитету, као и кратак опоравак током самог такмичења (21, 22). У борилачким спортовима акција садржи комбинацију физичке спремности и техничко-тактичке способности за постизање бољих преформанси (23, 24). Међутим, ови спортови сачињени су од различитог напора и паузе током такмичења (24). Такмичења су у многим борилачким спортовима, као код џудоа и таеквондоа, подељена на тежинске категорије, где се често сусреће проблематика намерног смањивања телесне масе неколико дана пре такмичења, како би се стекла предност над лакшом конкуренцијом (25).

Познато је да опоравак између борби прилично кратак (трајање од 15 до 30 секунди у џудоу) (26). У овим кратким интервалима нема довољно времена за одговарајућу активацију АТФ-а, што чини да напор вежбања и опоравак зависе од количине млечне киселине у мишићима (27). Спортска наука се залаже за примену научних принципа исхране, дијете и суплементације, јер је то неопходна потреба

савременог спорта (28). Борилачки спортови нису изузетак у овом погледу, те се траже начини да се максимализују способности спортиста (28). Према томе, већина спортиста је фокусирана на коришћење спортских додатака и енергетских напитака као што су витамини, протеини, угљени хидрати, натријум бикарбонат и кофеин за побољшање преформанси (29). Многи спортисти су показали склоност ка коришћењу кофеина и натријум бикарбоната (познатији као сода бикарбона –  $\text{NaHCO}_3$ ), који се не налазе на листи недозвољених супстанци према Међународном Олимпијском комитету (30, 31). Бројне студије и мета-анализе су показале да повећање интрацелуларног или екстрацелуларног пуферског капацитета путем додатака бета-аланина или натријум бикарбоната, може побољшати капацитет и преформансе вежбања, посебно у активностима где ацидоза ограничава перформансе (30, 32-34). Бројне студије (22; 35-43) које су истраживале ергогенично деловање алкалних супстанци у борилачким спортовима високог интензитета и кратког трајања, потврдиле су позитиван утицај на одлагање појаве умора и побољшање вежбања (28, 42; 43; 38; 44). Ипак неке студије демантују или не успевају да докажу утицај натријум бикарбоната на преформансе код спортиста борилачких спортова (42, 39). Према томе, јавља се потреба за даљим истраживањима која би ближе објаснила и прецизирала утицај и повезаност натријум бикарбоната и активност спортиста болилачких спортова.

### 1.3.7 Физиолошки захтеви џудоа

Савремени џудо тражи да борба тече у релативно кратком времену, веома брзим темпом и да обилује мноштвом тактичко-техничких елемената. Џудо се одликује веома великим бројем техника и њиховом сложености, а то захтева од џудисте усвајање огромног броја информација које му омогућавају да предвиди нападе противника и реагује на адекватан начин. Џудо се често означава као ациклични, експлозивни спорт који захтева велику анаеробну снагу и капацитет, уз добро развијен аеробни систем. Са гледишта физиологије спорта, такмичарски успех у великој мери зависи од способности џудисте да, у оквиру своје тежинске категорије, достигне високе вредности анаеробног капацитета и испољи велику мишићну снагу, уз брзи опоравак између узастопних мечева. Да би дошли до жељеног циља и одложили појаву замора, неопходно је придржавати се основних законитости периодизације.

Један од лимитирајућих фактора за постизање успеха у спорту је појава замора. Спортисти и њихови тренери настоје да применом различитих метода одложе појаву замора и убрзају опоравак спортиста. Замор неминовно доводи до смањења радне способности спортисте, до пада у моторичким и функционалним способностима, што је у директној вези за слабијим резултатима на такмичењу. Један од бенефита суплементације натријум бикарбонатом јесте управо поменути утицај на смањење појаве замора и бржи опоравак.

Информације о физиолошким захтевима џудо меча су ограниченог обима јер је веома тешко вршити мерења физиолошких параметара током меча. Из тог разлога истраживачи се углавном опредељују да спроводе физиолошка тестирања, мерење функционалних и моторичких способности, перцептивних способности и перформанси током симулираних мечева, неофицијалних мечева, али је и поред тога један број истраживања спроведен са подацима прикупљеним током званичних такмичарских мечева. У истраживањима која испитују физиолошке и функционалне параметре у џудоу углавном се прати концентрација лактата, ниво потрошње кисеоника, срчана фреквенција, субјективна процена замора (испољена најчешће Борговом скалом за процену замора), максимална изометријска сила и мишићна снага (45-48). На основу

претходних истраживања може се закључити да након џудо меча долази до значајног повећања свих физиолошких параметара који су у корелацији са појавом замора, као и до опадања моторичких параметара као што су испољена мишићна снага и сила.

Џудо је борилачки спорт високог интензитета (49) у којем такмичари покушавају да баце своје противнике на леђа користећи различите технике (ножне, ручне, бочне технике, пожртвоване технике) или за постизање поена током борбе помоћу технике полуга, технике гушења и технике захвата држања према традиционалној класификацији џудоа. Џудо мечеви су ограничени на четвороминутни интервал који се може продужити у случају нерешеног резултата све док један од двојице бораца не постигне скор. Међутим, просечна дужина џудо меча је отприлике 3 минута, а одлучујући резултат (ипон) се најчешће добија у року од 3 минута у >50% мечева. Типично је да током џудо меча борци изводе 20-30 секунди активности са интервалом паузе од 5 до 10 секунди (50), што резултира високим физиолошким захтевима (49, 23).

Да би побољшали и техничке и физичке компоненте, џудисти током тренинга примењују учи-коми (понављање технике без бацања) користећи различите технике и временске структуре (51). Пошто физиолошка мерења током џудо мечева нису лако изводљива због технолошких ограничења и ризика од повреда или општећења опреме као последица интензивног контакта између џудиста, неколико студија је истраживало физиолошке захтеве џудо-специфичних метода тренинга (23, 52, 53). Поред тога, пошто џудо укључује многе технике, важно је знати како спортисти реагују на њих и који протоколи тренинга би резултирали већим бројем понављања.

Показало се да високо интензивне вежбе оптерећују и аеробне и анаеробне капацитете (27), што је важно за физичку припрему џудиста. Током меча, анаеробни систем обезбеђује енергију за кратке, брзе, нападе максималне снаге потребне за извођење техника, док аеробни систем доприноси способности спортисте да издржи напор током борбе и да се опорави током меча. Учи-коми у џудоу се изводи у трајању од 10 до 30 секунди да би се симулирали сегменти активности који се обично дешавају током реалног меча (50).

Џудо је олимпијски спорт из групе борилачких спортова. Током џудо меча такмичари могу бити у стојећем ставу или у партеру. Џудо је индивидуални спорт који карактерише интермитентна високоинтензивна активност сачињена од високо интензивних интервала који трају око 30 секунди и краћих периода нижег интензитета који трају 10 до 15 секунди(54; 55; 49). Интермитентност током џудо меча последица је сталних прекида о којима одлуку доноси судија. Просечан број активних периода са високоинтензивним напором током џудо меча је 11 при чему паузе могу трајати од 10 до 30 секунди(56). Укупно трајање џудо меча је 4 минута. Оваква структура оптерећења током џудо меча онемогућава ресинтезу АТП-а из аеробних капацитета чинећи да се џудисти првенствено ослањају на анаеробне гликолитичке капацитете. Када се свему овоме придода и чињеница да џудиста на турниру у току једног дана има неколико мечева (понекад и више од 5) одлагање појаве замора представља значајну компоненту успеха на такмичењу. Акумулација јона водоника ( $H^+$ ) и интрамускуларна ацидоза која настаје као последица поменуте акумулације представљају главни разлог настанка замора у високоинтензивним краткотрајним физичким напорима какви постоје у џудоу. Смањена интрамускуларна рН вредност повезана је са инхибицијом кључних ензима енергетског метаболизма, нарушеним процесом спајања и смањеном сензитивношћу за ослобађање јона калцијума ( $Ca^{++}$ ).

Унос натријум бикарбоната би требало да индукује алкалозу и да на тај начин одложи настанак замора односно да одржи ниво физиолошких и моторичких способности уз последично одржавање високог нивоа спортских перформанси.

Резултати овог истраживања били би од великог значаја за спортску праксу јер би се евентуалним доказивањем ефикасности суплементације натријум бикабонатом могле дати препоруке спортистима и њиховим тренерима како да спроведу поступак суплементације натријум бикарбонатом са циљем да смање замор и одрже висок ниво спортске форме.

## 1.4 Досадашња истраживања

Студија	Испитаници	Примењени физички третман	Доза	Време уношења	Главни налази
<b>Artioli et al., (39)</b>	6 мушких цудо спортиста ЕГ=3 КГ=3 Старост: 20±1.9	3 × 5мин. цудо борби, 15мин. одмора	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	Уношење 120мин. пре тестирања	- Стојећи напади ↔ - укупан број напада ↔ - КлК (након прве борбе) ↑
<b>Artioli et al., (57)</b>	23 мушких цудо спортиста SJFT=9 Старост: 21.5±3 ВингТ=14 Старост: 19.3±2	3 × SJFT (5мин. одмора), 4 × ВингТ за горње екстремитете, 3мин. оправак између покушаја	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	Уношење 120мин. пре тестирања	- Број бацања (покушај 2 и 3 укупно) ↑ - КлК (после SJFT) ↑ - ВингТ (покушај 3 и 4) ↑ - КлК (posle ВингТ) ↔
<b>Siegler &amp; Hirscher, (22)</b>	10 мушких боксера Старост: 22±3	2 такмичарска боксерска спаринга раздвојена периодом од 1 недеље 4 × 3мин. рунда, 1мин. седећег опоравка	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	Уношење 60мин. пре тестирања	- Тотална ефикасност удараца ↑ - HR ↔ - RPE ↔
<b>Tobias, et al., (44)</b>	37 мушких спортиста цудо=16 циу-циу=21 Старост: 26±4	4 × 30сек. ВингТ за горње екстремитете, 3мин. оправак између покушаја	БА+NaHCO <sub>3</sub> 0.5g/ kg	Уношење 7 дана у току четврте недеље	- ВингТ (покушај 2, 3 и 4) ↑ - КлК (после ВингТ) ↑ - СС ↑ - ВС ↑ - Укупан извршен рад ↑
<b>Kazemi et al., (58)</b>	16 мушких таеквондо спортиста Старост: 17.93±0.34	2 × 30сек. поновљених вертикалних скокова 60мин. Одмора између другог покушаја	NaHCO <sub>3</sub> 0.065g/kg	На дан тестирања	- Средња вредност анаеробне снаге (покушај 1 и 2) ↑ - КлК ↔
<b>Felippe et al., (41)</b>	10 мушких цудо спортиста Старост: 23±5	3 × SJFT (5мин. опоравка)	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	60 до 120мин. пре тестирања	- Број бацања код свих покушаја (Кф+NaHCO <sub>3</sub> ) ↑ - Број бацања (NaHCO <sub>3</sub> ) ↔
<b>Yousef et al., (32)</b>	10 мушких таеквондо спортиста Старост: 26.2±4.26	Интервални тренинг, тренинг брзине, плиометрије ударици на фокусеру у периоду од 6	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	60мин. пре третмана	- NaHCO <sub>3</sub> и БА у поређењу са КК и ЛД ↔

Студија	Испитаници	Примењени физички третман	Доза	Време уношења	Главни налази
		недеља			
<b>Šančić et al., (43)</b>	10 цудо спортиста (6 мушкараца и 4 жена) Старост: 19.2±1.4	SJFT и СцМ у трајању оф 4мин.	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	Уношење 120мин. пре тестирања	- Укупан број бацања ↔ - КлК ↑
<b>Oliveira et al., (42)</b>	2 мушких цудиста и 5 циу-циу спортиста Старост: 26 ± 5	4 × модификовани ВингТ за горње екстремитете 3мин. опоравка	NaHCO <sub>3</sub> 0.5g/kg, 0.125g/kg по дану	5 дана пре третмана	-Укупан извршен рад ↑ - 1 и 2 покушај ↔ - 3 и 4 покушај ↑
<b>Durkalec-Michalski et al. 2018</b>	31 мушких и 18 женских рвача Старост: 19±4	2 × ВингТ са наизменичним тестом бацања лутке у току периода одмора	NaHCO <sub>3</sub> 0.025 до 0.1 g/kg дан 1-2= 0.025, дан 3-5= 0.05, дан 6-7= 0.075, дан 8-10= 0.1g/kg	10 дана пре третмана	- време до максималне снаге (1 ВингТ) ↑ - време до максималне снаге (2 ВингТ) ↓ - максимална, просечна и минимална снага ↔ - Број бацања: ↔
<b>Lopes-Silva et al., 2018</b>	9 мушких таекводно спортиста Старост: 19.4±2.2	3 × 2мин. симулиране таеквондо борбе 60сек. опоравак	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	90мин. пре симулације борбе	- КлК ↑ - Увн ↑ - RPE ↔
<b>Gough et al. 2019</b>	7 мушких професионалних боксера Старост: 27.1±5.1	3 × НИг, праћен са 2 × НИг(t) (1 и 2) (75мин. одмор) + специфични боксерски протокол комбинације удараца	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	10 мин после тестирања	- лактатни праг ↑ -Вдз ↑
<b>Rezaei et al. 2019</b>	8 каратиста Старост: 20.5±2.4	КсАт	NaHCO <sub>3</sub> (0.3g/kg) + Кф (6g/kg)	Тродневно уношење 60 до 120мин. пре тестирања	- Вдз ↑ - RPE ↔ - КлК ↑
<b>Ragone et al., 2020</b>	10 мушких циу-циу спортиста Старост: 22.2±3.9	Тест максималне вољне контракције Интермитентни изометријски тест контракције	NaHCO <sub>3</sub> 0.3g/kg	60мин. пре тестирања	- КлК ↑ - Укупан бр. контракција ↔ - Време перформанса ↔
<b>Durkalec-Michalski et al. (37)</b>	33 мушких и 18 женских рвача Старост: 19.2±3.1	2 × ВингТ са наизменичним тестом бацања лутке у току периода одмора	NaHCO <sub>3</sub> 0.025 до 0.150 mg/kg	10 дана пре тестирања	- ВС↔ - СС ↔ - Пад снаге (power drop) ↔ - просечна снага ↑ - снага у средини извођења ВингТ ↑ - број бацања ↑ само код мушкараца

Студија	Испитаници	Примењени физички третман	Доза	Време уношења	Главни налази
<b>Koozehchian et al., (59)</b>	40 мушких таеквондо спортиста Старост: 21.4±1	3 × Таеквондо анаеробни тест наизменичних ножних удараца, 60сек. одмора између серија	КМХ (20gr) + NaHCO <sub>3</sub> (0.5g/kg)	5 дана пре теста	- ВС ↑ - СС ↑ - Индекс замора ↔ - КлК ↓
<b>Sarshin et al. (35)</b>	40 мушких таеквондо спортиста Старост: 21±1	Таеквондо анаеробни тест ножних удараца	NaHCO <sub>3</sub> 0.5g/kg	5 дана пре теста	- ВС: ↑ - СС ↑ - КлК ↑ - RPE ↑ - Укупан број ножних удараца ↑

Легенда: ЕГ-експериментална група; КГ-контролна група; КлК-концентрација лактата у крви; SJFT-специјални цудо фитнес тест; ВингТ-Вингејт тест; HR-срчана фреквенца; RPE-стопа ученог замора; БА-бета-аланин; NaHCO<sub>3</sub>-натријум бикарбонат; Кф-кофеин; КМХ-креатин монохидрат; КК-креатин киназа; ЛД-лактатна дехидрогеназа; ВС-врхунац снаге; СС-средње вредности снаге; СцМ-симулација цудо меча; Увн-укупно време напада; Вдз-време до замора; НIIr-високо интензивно интервално трчање; НIIr(t)-високо интензивно интервално трчање на тредмилу; КсАт-карате-специфични аеробни тренинг; ↑-значајно побољшање; ↓:значајно погоршање; ↔-без значајних разлика

Прегледом електронских база података, укупно је идентификовано 669 значајних студија. Такође, на основу других извора података прикупљено је још 8 радова. Након уклањања дупликата остало је 49 студија. Било је 57 радова чији је апстракт анализиран. На основу критеријума за искључивање уклоњено је 20 радова. Према јасно дефинисаним критеријума за укључивање, 17 студија ушло је у коначну анализу. Укупан број испитаника у раду био је 423. Од тога, 383 испитаника било је мушког пола, а само 40 женског. Радови су објављивани у периоду од 2006-2021.

#### 1.4.1 Преглед истраживања

Више студија је испитало утицај натријум бикарбоната као и узимање хране на такмичарске резултате, а код трка на средњим пругама су примећени ефекти побољшања резултата. У тркама на 800 m и на 1500 m чак у распону између 3 и 4s. Конзистентне и континуиране предности такмичарских резултата са употребом натријум бикарбоната нису увек могуће и чак око 50% испитаника доживљава бол у пределу трбуха. Подаци указују да 0,3g натријум бикарбоната или цитрата по килограму телесне масе треба узимати у раствору око један до два сата пре тренинга или такмичење, чиме се може обезбедити мали, али значајан ефекат у тркама средњих пруга. Значајна недоследност између резултата сугерише висок степен субјективне варијабилности за дозу, такмичарски ефекат и дигестивну толеранцију (60).



Студија коју су урадили McNaughton et al., (61) испитала је ефекте међу умерено утренираним спортисткињама, показала је значајно побољшање како у раду, тако и у излазној снази, током високог интензитета вежбања у трајању од 60s. Конзумирање натријум бикарбоната у експерименталном испитивању имао је жељени ефекат подизања нивоа бикарбоната у крви за 60% изнад вредности бикарбоната у мировању.

Према Stellingwerff et al. (62), студије о учинцима натријум бикарбоната на перформансе, у којима учествују претежно неутрениране особе, показале су да додатком бикарбоната долази до побољшања перформанси и да се постиже ефекат који је за 0.44% бољи него у контролној групи. Такво побољшање за 0.44 стандардног одступања би донело у просечном времену за мушкараца на 800m за 2006. годину у Златној лиги смањено време од 1:46.36 до 1:45.52, што је вредно побољшање. Укратко, већина података сугеришу да унос од 0,3g по килограму телесне тежине натријум бикарбоната примењеног у раствору 1-2 сата пре вежбања нуди мали, али значајан утицај на перформансе трке средњих пруга.

У студији која је дизајнирана да симулира атлетско такмичење, утренирани неелитни тркачи средњих пруга, симулирали су трку на 800 m. У алкалотичном стању они су трчали скоро 3s брже него у плацебо или контролним испитивањима (14).

Иако су често у истраживањима код трчања ови ефекти на перформансе мањи од очекиваних, они имају велики значај за спортисту, за кога побољшање од чак и делића секунде у овим догађајима се сматра великим достигнућем (63).

У једној студији (64) утврђено је да конзумирање натријум бикарбоната повећава спринт перформансе код елитних мушких спортиста у поређењу са конзумирањем цитрата, лактата и хлорида.

Истраживање McNaughton et al (65) је такође пронашло да се натријум бикарбонат може користити као ергогено помоћно средство да се надокнади процес замора у ергометрији компетитивног циклуса високог интензитета у трајању од 60 min.

У истраживању Lindh et al. (66) главни налаз је био да су перформансе пливања на 200 m слободним стилем значајно побољшане након конзумирања натријум бикарбоната у поређењу са плацебом. Осам од девет спортиста брже је пливало у поређењу са плацебо стањем. С обзиром на оскудност истраживања о додавању натријум бикарбоната у пливању ово пружа користан додаток нашем тренутном разумевању ове области истраживања. Такође, с обзиром на такмичарски статус учесника, ови налази су применљиви на елитне извођаче који јесу и вероватно ће користити натријум бикарбонат као део своје конкурентске стратегије. Елитни пливачи способни су да пливају знатно брже од ниже квалификованих такмичара. Имају већи анаеробни капацитет и могу постићи виши ниво ацидозе, стога могу имати већу корист од суплементације натријум бикарбонатом него неелитни извођачи. Просечно побољшање у тренутној студији износило је 1,5s (1,6%), што би обично имало значајан утицај на такмичарски исход. Разлика између 1. и 4. места на Олимпијским играма у Атини за мушкарце у финалу на 200 m слободним стилем било је 1,4s. Учени благотворни ефекат натријум бикарбоната на појединачне вежбе високог интензитета у складу је са претходним истраживањима која су користила алтернативне начине вежбања са истим стратегијама суплементације код учесника на високом нивоу, или неелитних. Студије које нису пронашле значајан ефекат натријум бикарбоната на перформансе или су користиле нижу дозу или дуже трајање или тест перформанси мањег интензитета.

Истраживање Ching-Lin Wu et al. (67) дало је одређене резултате. Резултати ове студије сугеришу да би додаток натријум бикарбоната могао спречити пад у вештом извођењу тениских елемената након симулираног меча. Квалитет у извођењу сервиса и форхенда је био конзистентан након симулираног меча у испитивању са натријум бикарбонатом. С друге стране, ови резултати конзистентности су смањени након меча у испитивању код плацеба. Даље, у комбинацији удараца форхенд и бекхенд, конзистентност је показала тренд смањења након симулираног меча у испитивању са плацебом док се благо повећао у испитивању са натријум бикарбонатом. Према досадашњим сазнањима, ово је прва студија која је показала ефекат додавања натријум бикарбоната вештим перформансама у спорту са рекетом. Било је неколико ограничења ове студије. Садржај симулираног подударана није био у потпуности доследан са правим тениским мечевима. Трајање симулираног меча је било мало краће од већине правих. Изостало је и психолошко напрезање у симулираном мечу а које постоји у правом мечу. Друго, учесници су били у слободном животном стилу између два тестирања. Иако је од њих тражено да одрже физичку активност и начин исхране пре сваког испитивања, нисмо могли да искључимо могућност да се можда неће у потпуности придржавати упутства. Треће, мотивација учесника да наступају најбоље могуће, укључујући ударање лопте са максималном снагом, такође могу утицати на резултате. Закључујемо да би додаток натријум бикарбоната могао спречити пад у вештини тениских перформанси након симулираног меча.

Hobson et al. (68) су у свом истраживању испитали ефекат додатка натријум бикарбоната на перформансе веслачког ергометра од 2000 m. Двадесет мушких веслача (старости  $23 \pm 4$  г, висине  $1,85 \pm 0,08$  m, масе  $82,5 \pm 8,9$  kg, 2000 m најбољег времена  $409 \pm 16$ s) завршило је по две серије веслања на ергометру, дужине 2000 m, са размаком од 48 сати. Учесници су пре вежбања конзумирали 0,3 g/kg телесне масе натријум бикарбоната или плацебо (малтодекстрин). Покушаји су изведени применом двоструко слепог, насумичног, уравнотеженог дизајна унакрсне студије. Забележено је време за завршетак 2000 m и време потребно за сваку деоницу од 500 m. Лактат у крви, бикарбонат, pH и вишак базе одређени су пре вежбања, одмах после вежбања и 5 min после вежбања. Подаци о учинку су анализирани помоћу упарених t тестова, као и закључака заснованих на величини, хематолошки подаци су анализирани помоћу поновљене мере АНОВА (АНОВА статистичка метода у којој се варијација у скупу посматрања дели на различите компоненте). Коришћењем упарених t тестова, натријум бикарбонат није имао користи у односу на плацебо ( $P = .095$ ). Међутим, коришћењем закључака заснованих на величини постојао је вероватно повољан ефекат натријум бикарбоната у поређењу са плацебом (ПЛА  $412,0 \pm 15,1$ s, НБ  $410,7 \pm 14,9$  s). Даље, НБ је био  $0,5 \pm 1,2$ s бржи од плацеба у трећих 500 m ( $P = , 0,035$ ; вероватно корисно) и  $1,1 \pm 1,7$ s бржи у четвртој деоници од 500 m ( $P = , 004$ ; врло вероватно повољан). Сви хематолошки подаци су се разликовали између НБ и плацеба и разликовали су се од пре вежбања до после вежбања. Што нас доводи до закључка да ће додаток натријум бикарбоната вероватно бити користан за перформансе оних који се такмиче у дисциплинама веслања на 2000 m, посебно у другој половини трке.

Maliqueo et al. (16) су истраживали време до замора на прагу лактата и суплементацију натријум бикарбонатом код средњошколских спортиста. Било је много истраживања која су покушала да побољшају спортске перформансе на основу допуњавање различитим пуферским супстанцама. Унутар ове групе супстанци, натријум бикарбонат је широко коришћен и у цикличним и у ацикличним спортовима као додаток. У случају цикличних спортова, покушало се да побољшају перформансе код пешачке трке при различитим процентима највећег уноса кисеоника. Међутим, резултати о интензитету преко анаеробног прага били су контрадикторни. Циљ је био

утврдити варијацију перформанси на основу извођења теста издржљивости након коришћења натријум бикарбоната. Други циљ је процена нивоа лактата у крви у завршници теста издржљивости. У истраживању је било пет спортиста тркача трке средње издржљивости и издржљивости. Мерене су променљиве: максимално време напора (у секундама) измерено тестом издржљивости и максимално лактата после напора. Свим спортистима је ординирани натријум бикарбонат (0,3g по kg телесне масе) или плацебо (0,045g по kg телесне масе) сат времена пре сваког теста издржљивости. За статистичку анализу коришћен је Студентов т-тест (лактат) и Wilcoxon (време). Величина ефекта је израчуната Cohen d-тестом. Резултати који су добијени показали су да максимално време напора доприноси значајаном порасту ( $P < 0,042$ ; величина ефекта = 0,852) као и концентрације лактата након напора ( $P < 0,022$ ; величина ефекта = 1,987). Из овога закључујемо да су резултати студије показали да суплементи са натријум бикарбонатом генеришу пораст у перформансама и концентрацији лактата након напора, када брзина трке премаши анаеробну границу за седам процената гранична брзина.

Истраживања могу имати вишеструки, како научни, тако и практични значај. Резултати истраживања и сазнања могу се упоредити са резултатима неких сличних истраживања на ову тему, чиме се испољава научни карактер истраживања. Применљивост у пракси ултимативни је циљ сваког истраживања, што је у овом случају лако изводиво. У спорту се увек тежи вишем и бољем, и због тога спортисти перманентно траже начине да побољшају своје резултате, не би ли успели да досегну победничке резултате спорта којим се баве. Важност истраживања огледа се и у томе што помажу да утврдимо могућност побољшања преформанси спортиста, бенифиције коришћења натријум бикарбоната, као и евентуалне последице коришћења. Осим тога, указују у којим спортовима се може користити, као и начин се може конзумације.

#### 1.4.2 Препоручена количина уноса

Користи за спортске перформансе додавањем бикарбоната постиже се искоришћавањем врхунца алкалозе који се јавља након уноса натријум бикарбоната. Одређивање тачног тренутака у којем је овај врх достигнут је сложена ствар. Опште прихваћени став је да унос 0,3g/kg телесне тежине натријум бикарбоната, достиже врхунац алкалозе у организму 60-90 минута након узимања.

То подразумева примену изолованог и разблаженог натријум бикарбоната у води и то није увек важеће за све спортисте, јер већина њих узима овај суплементе пред тренинг.

Узимање натријум бикарбоната може пратити и унос других хранљивих материја и најчешће су то угљени хидрати, па се овом случају врхунац концентрације  $\text{HCO}_3^-$  јавља за 150 минута, то јест значајно касније због продуженог времена апсорпције.

Најновије ставови у истраживањима, закључују да са дозом од 0,3g/kg телесне тежине  $\text{NaHCO}_3$  врхунац  $\text{HCO}_3^-$  добијен током 65 минута након узимања, али са варијабилношћу од 29%, тј. неки испитаници су свој врхунац достигли за 10 минута, а други за 80 минута. Закључак који се намеће је да се оптимално време уноса за сваког спортисту може доста разликовати и да то морамо тестирати док не пронађемо оптимално време уноса.

Више консензуса постоји у погледу дозе која се даје, у овом случају то је 0,3g/kg телесне тежине. Унос од 0,5g/kg би био ефикаснији, међутим, појава гастроинтестиналних тегоба је учестала па је ова доза слободно примењива у пракси. Било је покушаја да се реши ова

врста непријатности поделом дозе од 0,5g/kg на 3-4 дозе/0,15g/kg током дана пре такмичења и заустављање пре самог такмичења, чиме би ергогени ефекти били пролонгирани.

Чини се корисним да на почетку треба кренути са пола дозе, како би се проверио индивидуална желудачна толеранција, јер код неких спортиста увођење 0,3g/kg NaHCO<sub>3</sub> по први пут може створити непријатност. Узимање овог суплемента у малим гутљајима и не одједном побољшава толеранцију, а када се постигне одговарајућа доза могли бисмо да мењамо тачан тренутак уноса (два сата пре, један сат пре тренинга), док не пронађемо оптимални тренутак уноса за спортисту (16).

### **1.4.3 Акутно и хронично конзумирање натријум бикарбоната**

С обзиром на то да неке особе испољавају хитне гастроинтестиналне проблеме са бикарбонатом, попут повраћања и дијареје, важно је да спортисти експериментирају са бикарбонатом на тренингу који садржи свакодневне узастопне трке. На тај начин можемо имати увид у ком се периоду јављају проблеми и можемо спречити њихов утицај (62).

Неколико студија које су спроводили (69, 70) показало је повољније ефекте на толеранцију гастроинтестиналне тракта након хроничне вишедневне суплементације бикарбоната у поређењу са акутном применом једне дозе пре напора. Перформансе у вежбању високог интензитета могу бити побољшане пуна два дана после престанка хроничног додавања бикарбоната, што може ублажити многе озбиљне гастроинтестиналне нежељене ефекте пронађене код акутног оптерећења бикарбонатом.

И поред ових резултата, потребно је више истраживања да би се показала ефикасност хроничног конзумирања натријум бикарбоната код елитних спортиста, а ради бољег разумевања ефеката дозирања и временског интервала између престанка дозирања и испитивања перформанси вежбања (69).

### **1.4.4 Утицај суплементације натријум бикарбоната у односу на пол**

Циљ једне од студија био је процена прогресивних додатака натријум бикарбоната у малим дозама на анаеробне индексе у два низа Wingeta тестова (WT), одвојених тестом перформанси специфичних за рвање и проценом родних разлика у одговору. Педесет и један рвач, од чега је било осамнаест девојака, завршио је насумично испитивање са натријум бикарбонатом (до 100 mg по Kg) или плацебом током десет дана. Пре и после третмана, спортисти су завршили протокол вежбања, који се у низу састојао од: првог WT1, лажног бацања и другог WT2. Број извршених бацања значајно се повећао код мушкараца са  $19,3 \pm 2,6$  пре на  $21,7 \pm 2,9$  после конзумирања натријум бикарбоната.  $\Delta WT2-WT1$  се посебно побољшао у средњем делу 30-ог WT са натријум бикарбонатом. Међутим, нису пронађене значајне разлике у врхунцу снаге, паду снаге и просечној снази (анализиране одвојено за сваки WT). Интеракција са полом била је значајна за просечну снагу, врхунац снаге и пад снаге, сваке секунде WT1 и WT2, као и теста бацања лутке. У закључку, наша студија сугерише да одговор на натријум бикарбонат може бити родно специфичан и прогресивни додатак у малим дозама омогућава повољно јачање перформанси специфичних за рвање код мушкараца.

Као што је претходно примећено, додатак натријум бикарбоната може побољшати перформансе у борилачким спортовима. Примена натријум бикарбоната резултирала је побољшањима у боксу, теквондоу и џудоу. Супротно томе, у овој студији перформансе у тесту бацања лутке специфичном за рвање значајно су се побољшале са натријум бикарбонатом, уз значајну родну интеракцију. Када се одвојено анализирају полови,

мушкарци су повећали број бацања за ~11% (~2 бацања), док код жена нису примећене значајније промене. Ова незнатна, али важна промена могла би да допринесе победи у правом рвачком такмичењу (37).

Будући да натријум бикарбонат може утицати на наступе вежбања високог интензитета, циљ студије (37) је био процена родног утицаја код режима оптерећења прогресивном дозом натријум бикарбоната, на разлику у снази између два наступа код WT одвојених перформанса вежбања специфичним за рвање, симулирајући борбу интензивног такмичарског карактера. Оба пола су анализирана одвојено, јер се чини да жене реагују на натријум бикарбонат у мањој мери од мушкараца. То може произаћи из разлика у анатомији и физиологији мишића. С једне стране мушкарци су обично јачи и моћнији, а с друге стране жене су мање уморне. Штавише, жене имају мања влакна типа II од мушкараца, док мушкарци имају већи гликолитички капацитет. На крају, пад рН вредности изазван вежбањем такође је већи код мушкараца. Стога смо претпоставили да ће додаток натријум бикарбоната код мушкараца имати већи благотворни ефекат на снагу мишића и бацање.

Kozak-Collins et al. (71) тестирали су седам такмичарских бициклисткиња са 300 mg по kg телесне тежине натријум бикарбоната или плацеба (натријум хлорид, NaCl). Два сата након узимања учеснице су извеле интервални протокол бициклизма који се састојао од понављања интервала од 1 мин, 95%  $VO_{2max}$  циклуса и 1 мин опоравка на 60 W (ови фактори одређују снагу или рад у јединици времена, што се изражава у ватима W) до исцрпљења. Нису пронашли побољшање у броју завршених интервала.

Радови у којима се испитује утицај натријум бикарбоната код спортисткиња су ретки. Само једна од шест студија на женама показала је побољшање након уноса натријум бикарбоната. Без обзира на то, о полним разликама код суплементације натријум бикарбонатом посебно вреди разговарати.

Акутна или хронична суплементација натријум бикарбонатом је ефикасна у побољшању неколико варијабли физичког перформанса у борилачким спортовима током тестова и симулираних борби. Побољшан учинак резултирао је повећаним капацитетом гликолитичког система. Међутим, позитивни ефекти употребе су најчешће видљиви након појаве замора. Такође, употреба натријум бикарбоната повезана је са повећаном концентрацијом лактата у крви (72). Иако се проналази конзистентност у одговору на унос натријум бикарбоната у крвним параметрима, његов утицај на перформансе је донекле двосмислен и увелико варира међу испитаницима, па његове могуће ергогене ефекте треба узимати са опрезом. Испитивања у којима се не примећује ергогени ефекат између интервентне групе (допуњене натријум бикарбонатом) и контролне групе, су она изведена на неутренираним особама, што сугерише да би ова врста суплемента била намењена онима који су у тренажном процесу, субјекти који су способни да у свом спортском деловању користе максимални интензитет. Истраживања сугеришу да натријум бикарбонат није на исти начин ефикасан за све спортове у којима постоји висок интензитет. Са аспекта дигестивног система можемо наћи на различите проблеме: надимање стомака, мучнину и дијареју. Ови проблеми се могу избећи дељењем дозе у неколико мањих доза током дана.

Развој персонализоване стратегије суплементације може спортисти да омогући бављење спортом управо у стању повишене алкалности, која маже бити крајње индивидуална.

Натријум (Na) чини 27% натријум бикарбоната, па би унос 14-21g бикарбоната спортисти обезбедио 3826-5740 mg Na, овај аспект је посебног значаја. За оне који морају да се држе дијете са ниским садржајем натријума. Повећана потрошња натријум

бикарбоната може повећати излучивање калијума, што у неким случајевима може изазвати недостатак калијума, па се током периода суплементације препоручује дијета богата калијумом (дијета богата зеленилом и поврћем).

Суплементација натријум бикарбонатом изгледа корисна у оним спортским дисциплинама у којима спортиста изводи вежбе високог интензитета. Један од најизраженијих ефеката је његово слабљење у губитку перформанси између серија, што би дугорочно могло да се претвори у веће адаптације. Ниска цена и велика доступност у маркетима чине га додатком који вреди испробати.

Ефективна доза је 0,3g/kg телесне тежине, унесена 60-90 минута пре тренинга (велике индивидуалне варијације у смислу оптималног времена). Код неких испитаника може изазвати гастроинтестиналну нелагоду, па се препоручује да се започне са половином дозе и постепено повећавати док се не постигне оптимални унос. Чини се да разблаживање натријум бикарбоната у довољно воде (500 ml) и уношење у малим дозама смањује могуће гастроинтестиналне тегобе.

О конзумирању натријум бикарбоната са другим суплементима недостају чврсти докази. Међутим, постоји довољно варијација између резултата добијених у различитим испитивањима да не бисмо могли дати потврдну или негативну препоруку. Сваки тренер мора да процени да ли је комбинација одређених додатака ефикасна и делотворна код његовог спортисте.

## 2. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ

## 2. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ

### 2.1 Главни циљ

Главни циљ овог истраживања је да се утврди утицај суплементације натријум бикарбонатом на физиолошке и моторичке параметре џудиста.

#### 2.1.1 Специфични циљеви

1. Утврдити ефекте примене натријум бикарбоната на концентрацију лактата из крви и срчану фреквенцију
2. Утврдити утицај суплементације натријум бикарбоната на испитиване биохемијске маркере крви
3. Утврдити ефекте суплементације натријум бикарбоната на параметре снаге стиска шаке
4. Утврдити ефекте примене натријум бикарбоната на параметре скока са припремом

### 2.2 Хипотезе студије

#### 2.2.1 Главна хипотеза

Главна хипотеза овог истраживања је да суплементација натријум бикарбонатом може позитивно да утиче на физиолошке и моторичке параметре џудиста.

#### 2.2.2 Специфична хипотеза

1. Суплементација натријум бикарбонатом може да умањи концентрацију лактата из крви, и да позитивно утиче на срчану фреквенцију.
2. Суплементација натријум бикарбонатом може позитивно да утиче на испитиване биохемијске маркере крви.
3. Суплементација натријум бикарбонатом може позитивно да утиче на параметре снаге стиска шаке.
4. Суплементација натријум бикарбонатом може позитивно да утиче на параметре скока са припремом.



### 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

## 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

### 3.1 Врста студије

Истраживање је осмишљено као експериментална контролисана студија са двоструко слепим дизајном.

### 3.2 Популација која се истражује

**Табела 2.** Основни подаци испитаника (mean±SD)

Године старости	Године тренирања	Телесна висина (цм)	Телесна тежина (кг)	Телесне масти (%)	Телесне масти (кг)
20.1±2.8	10.3±1.2	180.18±8.10	85.2± 23.09	12.76± 5.33	11.84± 8.56

Узорак испитаника чинило је 10 ђудиста мушког пола просечне старости 20 година који су мајстори ђудоа (носиоци црног појаса) са минималним тренажним и такмичарским искуством од 10 година. Све истраживачке процедуре су урађене у складу са прописаним актима и принципима етике. Осим тога, обезбеђено је одобрење надлежног Етичког комитета као и писани пристанак испитаника за учествовање у студији.

### 3.3 Узорковање

Критеријуми за укључење у студију:

1. мушки пол
2. старост (од 18 до 25 година)
3. мајстори ђудоа (носиоци црног појаса)
4. минимално тренажно и такмичарско искуство од 10 година
5. одсуство болести
6. одсуство коришћења било ког суплемента 2 месец пре почетка студије

На самом почетку су била спроведена мерења антропометријских параметара (телесна висина, телесна тежина) и мерење телесне композиције методом биоелектричне импеданце (InBody 770).

Сви испитаници су 120 минута пре оптерећења изазваним специјалним ђудо фитнес тестом добили дозу натријум бикарбоната (0.3 г по килограму телесне тежине)

или плацебо (Рингеров раствор) (57). Након 72 сата „wash out“ периода, групе су замениле места и процедура се поновила.

### 3.4 Варијабле које се мере у студији

#### Процедуре за процену физиолошких параметара

Анализа лактата из крви (узорак крви из ушне ресице). Анализа се вршила према стандардном протоколу уз помоћ уређаја *Lactate Scout Analyzer*. Анализа лактата је била спроведена шест пута према следећем протоколу: Тестирање пре суплементације (120 минута пре оптерећења), тестирање после суплементације, тестирање одмах после СЈФТ 1, тестирање 5 минута након теста, тестирање 30 минута након теста, тестирање одмах после СЈФТ 2 (овај тест је урађен 30 минута након СЈФТ 1). Срчана фреквенција је била праћена помоћу пулметара (Polar Team System Pro). Свим испитаницима је у току студије била узоркована крв и осим мерења нивоа лактата урађена је и биохемијска анализа крви.



Слика 3. Процедура и временски оквир узорковања цудиста

### 3.5 Венепункција

У току узорковања крви из вене (венепункција) тенничар уводи иглу кроз кожу до вене. За вађење крви користе се специјални вакуум системи. Количина крви која је поробна за анализу тече кроз иглу у специјалну епрувету или епрувете. Најчешће техничар пунктира вену на унутрашњој страни лакта која је лако доступна и ставља повеску изнад места где ће vadити крв како би вена постала видљивија (површина на унутрашњој страни лакта нема пуно нервних завршетака тако да је то место избора; ручни глежањ, шака и нога су на другом месту). Стиснувши руку у песницу када се то од вас затражи чините да вена постане још истакнутија. Процедура вађења крви обично траје мање од 3мин. Након тога од пацијента се затражи да притисне место убода како би убрзао заустављање крварења и како би спречио стварање хематома (црни или плави печати на месту где је крв вађена).

За вађење крви за биохемијске анализе коришћене су епрувете без конзерванса које садрже гел. Гел помаже лакшем одвајању серума након центрифугирања.

За биохемијске анализе користио се серум а крвна слика са леукоцитарном формулом одређивала се из пуне крви. За узорковање крви за одређивање крвне слике

користиле су се епрувете са K2EDTA антигоагулансом а за фибриноген епрувете са цитратом као антикоагулансом.

Биохемијске анализе рађене су на биохемијском анализатору Beckman Coulter AU680, крвна слика на хематолошком бројачу Cell Dyn Ruby а фибриноген на коагулометру Thrombostat Behnk Elektronik.

### 3.5.1 Процедуре за процену моторичких способности

Процена моторичких способности је била извршена следећим тестовима: 1. Специјални цудо фитнес тест („SJFT“), 2. Снага стиска шаке, 3. Скок са припремом (CMJ – countermovent jump).

Након завршеног оптерећења („SJFT“) сви испитаници су означили степен перципираног замора на Борговој скали (RPE Borg’s scale).



Слика 4. Процедура и временски оквир експеримента и моторичког тестирања

### 3.5.2 Специјални цудо фитнес тест (SJFT)

Специјални цудо фитнес се изводио по следећем редоследу: Два испитаника (укеа) исте тежинске категорије и сличне висине су позиционирани на раздаљини 6 метара један од другог, док се тестирани испитаник (тори) налази у средини између њих. На знак мериоца од испитаника се захтева да отрчи до једног Укеа и изведе бацање да би затим извео исто бацање на другом Укеу. Тест се састоји из три дела:

- Први део се састоји од 15 секунди бацања и 10 секунди одмора.
- Други део се састоји из 30 секунди бацања и 10 секунди одмора.
- Трећи део се састоји такође из 30 секунди бацања.

Непосредно након завршетка трећег дела фреквенција срчаног рада се мерила пулсметром (после оптерећења) као и након 60 секунди одмора (после опоравка). Индекс се израчунава збиром резултата срчане фреквенце након теста и срчане фреквенце после 60 секунди опоравка који се доводи у однос са укупним бројем бацања (n).

$$\text{Индекс} = \text{ХР након теста} + \text{ХР 1мин након теста} / n$$

Параметри који су били мерени приликом „SJFT“: 1. Специјални Цудо Фитнес Тест Индекс; 2. Максимална срчана фреквенца; 3. Срчана фреквенца у миру.

### 3.5.3 Скок са получучњем (CMJ – countermovement jump)

За мерење експлозивне снаге доњих екстремитета користио се уређај под називом „Optojump“. Валидност и поузданост су потврђене раније (73). То је оптички систем за мерење који се састоји од предајника и пријемника. Сваки од њих садржи 96 диода (1.0416 cm резолуције). Диоде на предајнику комуницирају континуирано са онима на пријемнику. Систем детектује сваки прекид у комуникацији између њих и израчунава њихово трајање. То омогућава да се измери време лета и контакта током извођења серије скокова са тачношћу од 1/1000 sec.

Полазећи од ових фундаменталних основних података, наменски софтвер омогућава добијање низа параметра везаних за перформансе спортисте са максималном тачношћу и у реалном времену. Одсуство покретних механичких делова гарантује тачност и велику поузданост.

*Optojump* омогућава да се изврше тестови скока, тестови реакције и тестови трчања (ако се монтира на покретној траци). Подаци који се могу добити су: време контакта, време лета, време реакције на звук / визуелни импулс, елевација центра гравитације, специфична снага (W/kg), фреквенција, потрошена енергија (J).

*Скок са получучњем (CMJ – countermovement jump)* изводи се на следећи начин:

Почетни положај испитаника је стојећи усправно, са стопалима у ширини кукова, руке су длановима ослоњене на бокове испитаника.

Задатак испитаника је да се на знак мериоца из почетног положаја брзо спушта у позицију чучња под углом подколенице и надколенице од 90°. Без прављења паузе испитаник врши што је могуће виши скок и доскаче на подлогу са обе ноге истовремено. Као резултат теста узима се висина скока изражена у сантиметрима измерена уз помоћ уређаја Optojump.

### 3.5.4 Снага стиска шаке

Сила реализована при максималном стиску шаке (динамометрија шаке) је била измерена помоћу електронског ручног динамометра. Динамометрија шаке се изводила тако што испитаник динамометар држи у благо савијеној руци у зглобу лакта и максимално јаким стиском при чему се настоји да оствари што бољи резултат. Сваки испитаник изводи по два покушаја јачом и слабијом руком, а као релевантан за статистичку обраду је био забележен бољи резултат. Резултати се представљају у Њутнима (N) са прецизношћу мерења од 0,01 N.

### 3.5.5 Снага студије и величина узорка

Прорачун укупног узорка је заснован на резултатима претходно публиковане студије сличног дизајна (57). Израчунавање потребне величине узорка извршено је применом софтверског пакета G\* Power. Циљана статистичка снага истраживања одређена је на 80% ( $\beta \leq 0,2$ ), а ниво поузданости на 95% ( $p < 0,05$ ). Очекује се мала разлика у зависним варијаблама физиолошких и моторичких способности између два различита услова тестирања (суплементација натријум -бикарбонатом насупрот плацебу) која се може представити малом до умереном величином ефеката представљеном вредношћу 0.3. Такође је као улазни параметар унет очекиван велики коефицијент корелације између два различита тестирања представљен вредношћу 0,3. Под наведеним условима потребна величина завршног узорка процењена је на  $n = 10$ .

**3.5.6 Статистичка обрада података**

Добијени подаци су представљени дескриптивним статистичким параметрима (мере централне тенденције и мере варијабилности). Потом се утврдило постојање значајних разлика путем ANOVA анализе са поновљеним мерењима како би се утврдило да ли постоје статистички значајне разлике уз примену пост хок Тукијевог теста. Величина ефеката је добијена израчунавањем Кохеновог теста. Алфа ниво статистичке значајности је  $p < 0,05$ . Статистичка обрада је спроведена у статистичком пакету IBM SPSS 24.

## 4. РЕЗУЛТАТИ

## 4. РЕЗУЛТАТИ

У Табели 3. приказане су вредности SJFT по серијама, као и за оба дана тестирања, при чему се може запазити да ни у једној серији није дошло до значајних разлика између група, као ни између оба дана тестирања. Такође, статистички значајне разлике нису пронађене ни у срчаној фреквенци у току извођења теста, као ни између два дана тестирања. Такође се запажа да нема разлика у просечним вредностима SJFT индекса између две група као и између два дана тестирања.

**Табела 3.** Срчана фреквенција и вредности SJFT код обе групе џудиста

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо
A1 серија	6.63 ±0.67	6.72± 0.44
A2 серија	6.54 ±0.68	6.63± 0.64
B1 серија	11.8 ±11.16	11.54 ±1.23
B2 серија	11.72 ±1.19	11.54± 1.23
Ц1 серија	10.63± 1.02	10.45± 1.23
Ц2 серија	11.09± 1.22	11.36± 1.22
Индекс SJFT1	12.16± 1.28	12.37± 1.44
Индекс SJFT2	11.71 ±1.33	11.74± 1.50
HR1	191.09± 9.27	191.72± 8.24
HR2	186.72 ±7.83	187.81 ±6.85

Вредности су изражене као средња вредност±SD; 1 први дан тестирања; 2 други дан тестирања; HR срчана фреквенција; SJFT - специфични џудо фитнес тест.

Акутни ефекти суплементације NaHCO<sub>3</sub> на моторичке параметре, лактате и RPE код врхунских џудиста

У овој фази студије џудисти експерименталне групе (N=5) су суплементирани са NaHCO<sub>3</sub>, док је контролна група (N=5) користила плацебо. Након суплементације џудисти су имали „Washout“ период у трајању од 72 сата, а затим је поновљен идентичан протокол на џудистима при чему су џудисти експерименталне групе (N=5) користили плацебо, док је контролна група (n=5) суплементирани са NaHCO<sub>3</sub>.



**Табела 4.** Акутни ефекти суплементације  $\text{NaHCO}_3$  на моторичке параметре, лактате и RPE код врхунских џудиста

варијабле		1	2	3	4	5	6
RPE (нивои)	$\text{NaHCO}_3$	2.9±1.2	3.4±1.0	8.0±1.3*	5.1±1.2*	4.8±2.4	7.5±2.9*
	плацебо	2.3±1.0	2.3±0.6	8.7±0.9*	5.8±1.9*	4.7±2.1	8.5±1.7*
Стисак шаке Д (N)	$\text{NaHCO}_3$	575.1±140.8	595.1±107.4	626.4±121.4	577.9±124.5	572.3±118.3	617.2±130.6
	плацебо	570.2±98.3	524.2±132.9	571.4±129.7	572.6±129.1	572.8±144.4	579.4±131.4
Стисак шаке НД (N)	$\text{NaHCO}_3$	544.8±110.5	557.0±125.9	591.6±155.9	579.0±155.6	567.4±126.0	582.2±149.6
	плацебо	550.5±114.1	508.6±117.4	550.2±111.4	553.5±130.0	548.5±132.4	558.2±134.4
СМЈ (cm)	$\text{NaHCO}_3$	41.2±5.3	40.7±5.0	38.7±5.2	42.0±4.3	41.5±4.6	39.0±4.8
	плацебо	41.5±4.1	42.3±4.4	37.5±4.3	41.4±4.9	42.6±5.6	39.3±4.1
лактати (mmol/l)	$\text{NaHCO}_3$	2.1±0.3	2.7±0.7	11.6±3.9*	14.9±3.4*	7.3±3.4*	12.4±2.2*
	плацебо	2.2±.2	2.3±0.6	12.9±3.9*	13.3±2.2*	6.5±1.8*	11.8±2.6*

\* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$ ; Д- доминантна; НД- недоминантна; СМЈ- скок са контра покретом, RPE- скала субјективног замора; 1- тестирање пре суплементације, 2-тестирање после суплементације, 3-тестирање одмах после SJFT 1, 4-тестирање 5 минута након теста, 5-тестирање 30 минута након теста, 6-тестирање одмах после SJFT 2 (овај тест је урађен 30 минута након SJFT 1).

На основу добијених резултата (Табела 4), може се уочити да су вредности нивоа концентрације лактата сличне у периоду уноса плацеба, у поређењу са  $\text{NaHCO}_3$  третманом. Статистички значајно више вредности ( $p < 0.05$ ) у концентрацији лактата након извођења SJFT код обе групе детектоване су одмах након извођења првог SJFT теста и остале су високо након извођења другог SJFT теста. Из Табеле 4 се такође може уочити да ниво RPE прати кретање нивоа лактата, па се такође може уочити статистички значајно повећање у нивоу субјективног замора одмах након првог SJFT ( $p < 0.05$ ) које остају високо до последњег извођења. Што се тиче моторике, из табеле се може уочити да не постоје статистички значајне разлике ( $p > 0.05$ ) ни у једној тачки тестирања, односно да се вредности скока са контрапокретом, као и стиска шаке доминантном и недоминантном руком нису значајно мењале након примењених третмана.

#### 4.1 Резултати биохемијских маркера

У табели 5 приказани су сви резултати биохемијских маркера за обе групе и за три узорковања, пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT.

**Табела 5.** Резултати биохемијских маркера

Variables	група	1	2	3
Урати (mmol/L)	NaHCO <sub>3</sub>	352.18±53.94	347.78±50.09*	448.75±52.07*
	плацебо		345.82±44.73*	444.07±42.35*
AST (U/L)	NaHCO <sub>3</sub>	23.55±5.97	31.12±6.51*	30.75±11.41
	плацебо		28.64±3.50*	28.60±6.27
ALT (U/L)	NaHCO <sub>3</sub>	15.82±6.19	25.12±10.95	18.62±10.10
	плацебо		21.27±10.58	19.30±8.08
СК†(U/L)	NaHCO <sub>3</sub>	245.73±107.84	338.37±135.84*	271.80±114.61
	плацебо		395.00±163.19	289.64±105.19
LDH (U/L)	NaHCO <sub>3</sub>	369.18±42.78	445.78±52.10*	415.87±106.76
	плацебо		438.45±55.46*	435.70±78.40
hsCRP (mg/L)	NaHCO <sub>3</sub>	1.36±1.48	1.60±2.47	1.52±2.56
	плацебо		0.75±0.55	0.48±0.30
Фосфати (mmol/l)	NaHCO <sub>3</sub>	1.21±0.15	1.46±0.26*	0.89±0.19*
	плацебо		1.51±0.20*	1.15±0.24*
Mg (mmol / L)	NaHCO <sub>3</sub>	0.77±0.04	0.83±0.06*	0.72±0.08*
	плацебо		0.81±0.05*	0.75±0.05*
Ca (mmol/l)	NaHCO <sub>3</sub>	2.46±0.08	2.64±0.18*	2.42±0.12*
	плацебо		2.65±0.06*	2.61±0.05*
Na† (mmol/l)	NaHCO <sub>3</sub>	138.82±4.12	149.78±8.00*	141.25±4.59*
	плацебо		142.00±3.19	142.50±0.97
K (mmol/l)	NaHCO <sub>3</sub>	4.06±0.21	3.54±0.32*	3.85±0.44
	плацебо		3.66±0.28*	4.10±0.25*
Cl†(mmol/l)	NaHCO <sub>3</sub>	100.27±2.97	106.00±5.36*	99.12±3.44*
	плацебо		101.55±2.62	102.30±1.34
Миоглобин (mcg / l)	NaHCO <sub>3</sub>	84.43±42.35	81.63±22.85	94.11±24.14
	плацебо		74.77±50.04	92.07±56.82

легенда: \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$ ;

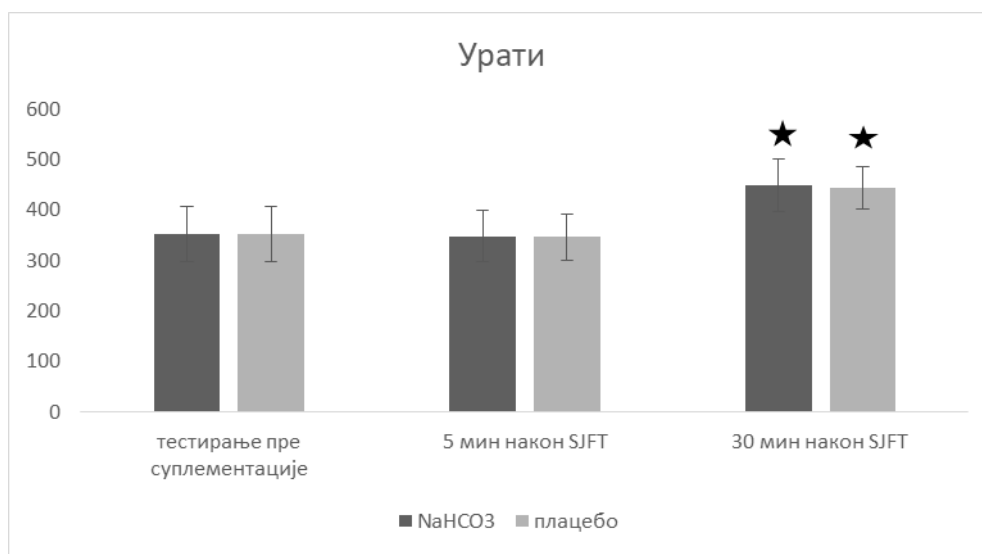
†статистички значајна интеракција време x група,  $p < 0.05$ ; AST - aspartate aminotransferase; ALT - alanine transaminase; СК – креатин киназа; LDH - lactate dehydrogenase; hsCRP – ц реактивни протеин; Mg – магнезијум; Ca – калцијум; Na – натријум; K – калијум; Cl – хлорид.

**Табела 6.** Концентрација Урата пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	time	timexgroup
тестирање пре суплементације	344.18±53.94	344.18±53.94	F= 44.70; p=0.01;	F= 1.89; p=0.19; η <sup>2</sup>
5 мин након SJFT	359.78±50.09	339.82±44.73	η <sup>2</sup> (partial eta squared)= 0.86	(partial eta squared)= 0.21
30 мин након SJFT	448.75±52.07*	444.70±78.40*		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05

Концентрација Урата у серуму се статистички значајно променила након примењеног експерименталног третмана у NaHCO<sub>3</sub> групи (p < 0.05) и у плацебо групи (p < 0.05). (Табела 6; Графикон 1). Даље, уочено је статистички значајно повећање концентрације Урата у тридесетом минути опоравка након извођења SJFT у обе групе (NaHCO<sub>3</sub>: 344.18 - 448.75, p < 0.05; Плацебо: 344.18 - 444.70, p < 0.05). Није пронађена значајна интеракција група x време (p=0.19).

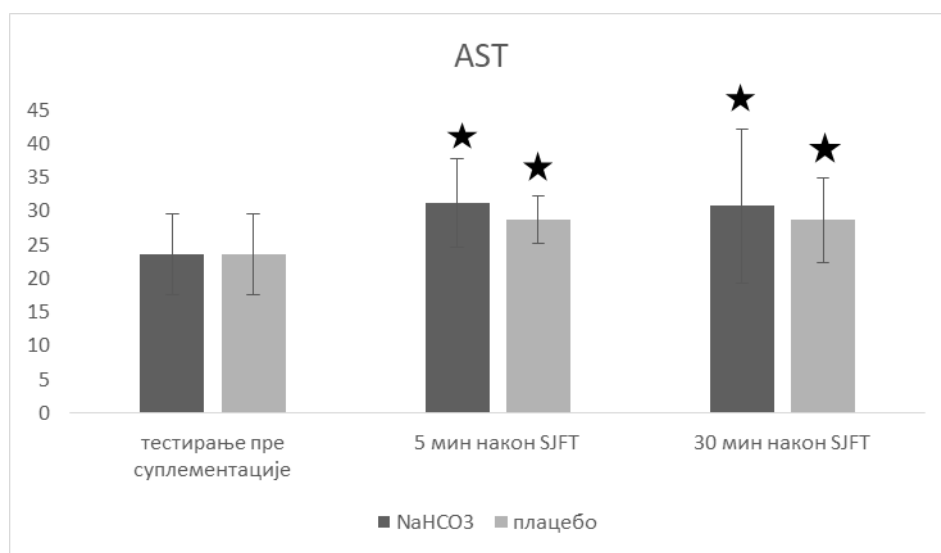


**Графикон 1** Концентрација Урата пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05

**Табела 7.** Концентрација AST пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	Timegroup
тестирање пре суплементације	23.55±5.97	23.55±5.97	F= 8.53; p=0.01;	F= 0.3; p=0.73; η <sup>2</sup>
5 мин након SJFT	31.12±6.51*	28.64±3.50*	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.55	(partial eta squared)= 0.04
30 мин након SJFT	30.75±11.41*	28.60±6.27*		

На основу добијених резултата (Табела 7; Графикон 2), може се уочити да су вредности AST (Аспартат аминотрансфераза) статистички значајно више од 5 минута и 30 минута након SJFT теста у односу на почетно стање код обе групе ( $p < 0.05$ ). Нису пронађене статистички значајне више вредности 30 минута након извођења SJFT у односу на вредности 5 минута након извођења SJFT код обе групе. Иако су повећане вредности концентрације AST уочене код NaHCO<sub>3</sub> групе у поређењу са плацебом, ове вредности нису биле статистички значајне, односно није било значајне интеракције ( $p=0.73$ ).



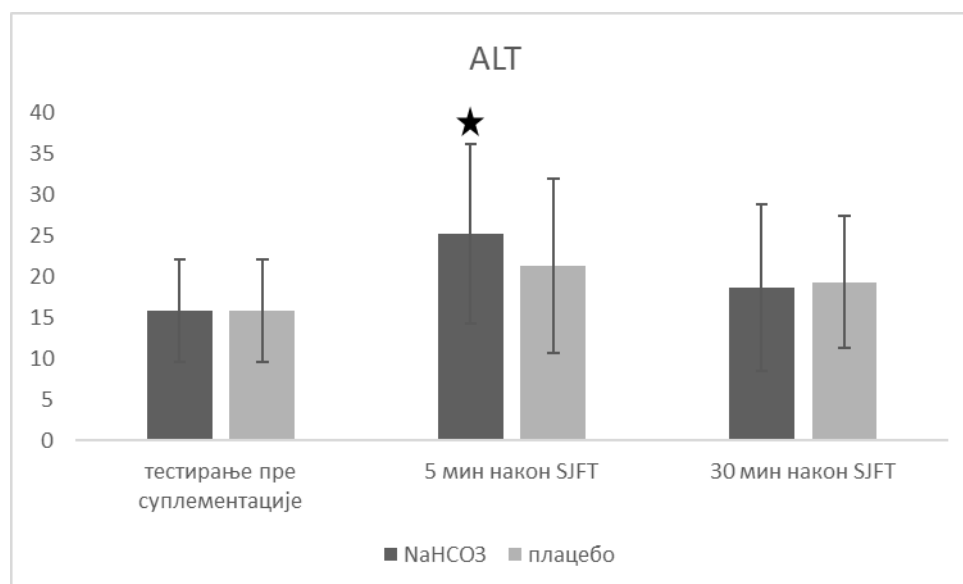
**Графикон 2.** Концентрација AST пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 8.** Концентрација ALT пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	Timexgroup
тестирање пре суплементације	15.82±6.19	15.82±6.19	F= 9.01; p=0.01;	F= 2.62; p=0.11;
5 мин након SJFT	25.12±10.95*	21.27±10.58	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.56	η <sup>2</sup> (partial eta squared)= 0.27
30 мин након SJFT	18.62±10.10	19.30±8.08		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Прегледом резултата (Табела 8; Графикон 3), може се закључити да се концентрације ALT (Аланин аминотрансфераза) у обе групе мењала након третмана суплементацијом, међутим значајна разлика је постигнута само након 5 мин у односу на почетно стање ( $p=0.01$ ). Интересантно је такође да је група која је користила NaHCO<sub>3</sub> имала више вредности ALT (25.12±10.95) у односу на плацебо групу (21.27±10.58) пет минута након теста, док је исти параметар након 30 минута био висе у плацебо групи (19.30±8.08) него у групи која је била подвргнута суплементацији (18.62±10.10). Међутим, у оба случаја није достигнут ниво статистичке значајности за интеракцију ( $p > 0.05$ ).

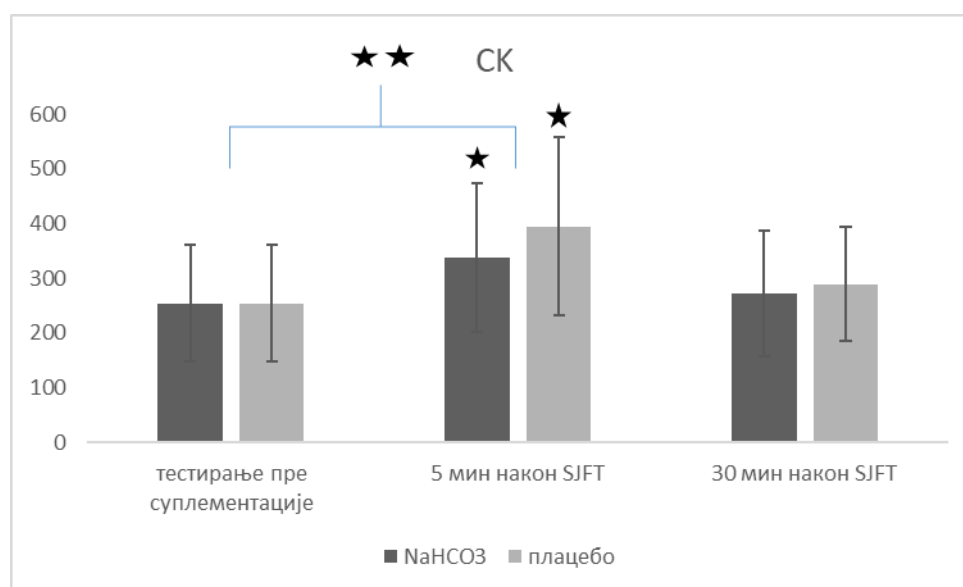
**Графикон 3.** Концентрација ALT пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 9.** Концентрација СК пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	254.73±107.84	254.73±107.84	F= 8.39; p=0.01;	F= 5.24; p=0.02;
5 мин након SJFT	338.37±135.83*	395.00±163.19*	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.54	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.43
30 мин након SJFT	271.80±114.61	289.64±105.19		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05

У нивоима СК (Креатин киназа) (Табела 9; Графикон 4) забележена је статистички значајна интеракција између времена и групе (p = 0.02, η<sup>2</sup> = 0.43, умерена). Такође, у односу на иницијално мерење (254.73 ±107.84), вредности СК су статистички значајно биле више пет минута након спроведеног теста у обе групе, и оној која је била подвргнута суплементацији NaHCO<sub>3</sub> (338.37±135.83, p<0.05) као и у плацебо групи (395.00±163.19, p < 0.05).



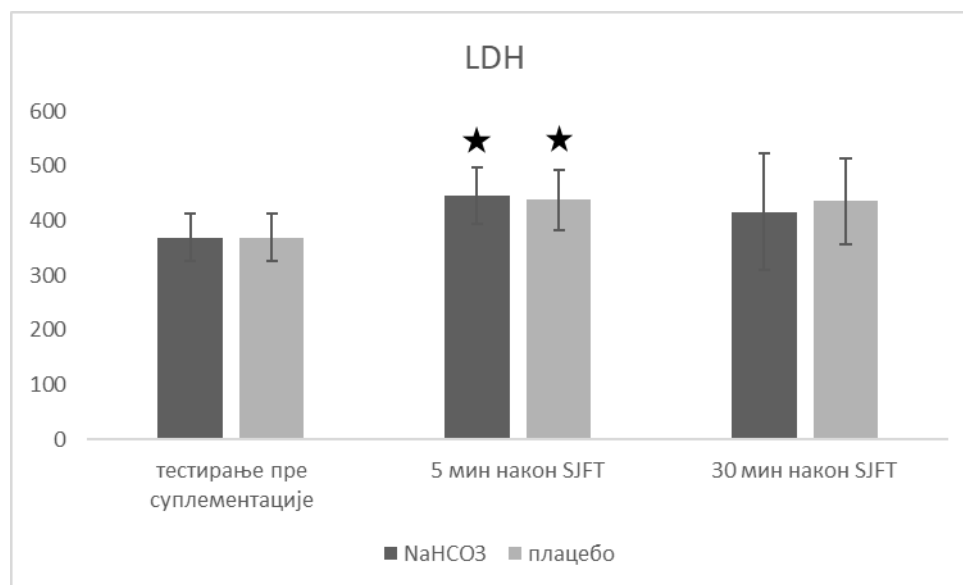
**Графикон 4.** Концентрација СК пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05; \*\* статистички значајна интеракција време x група, p < 0.05

**Табела 10.** Концентрација LDH пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	369.18±42.79	369.18±42.79	F= 9.96; p=0.01;	F= 0.16;
5 мин након SJFT	445.78±52.10*	438.45±55.46*	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.59	p=0.85; η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.02
30 мин након SJFT	415.87±106.76	435.70±78.40		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Вредности LDH (Лактат дехидрогеназа) (Табела 10; Графикон 5) су статистички значајно биле више од 5 минута након NaHCO<sub>3</sub> суплементације (445.78±52.10,  $p < 0.05$ ) као и у плацебо групи (438.45±55.46,  $p < 0.05$ ) у односу на иницијалне вредности. Међутим, тридесет минута након теста може се приметити тенденција пада вредности у обе групе (NaHCO<sub>3</sub>: 415.87±106.76; Плацебо: 435.70±78.40), али без статистичке значајности ( $p > 0.05$ ). Такође, није било статистички значајне интеракције време x група ( $p = 0.85$ ).

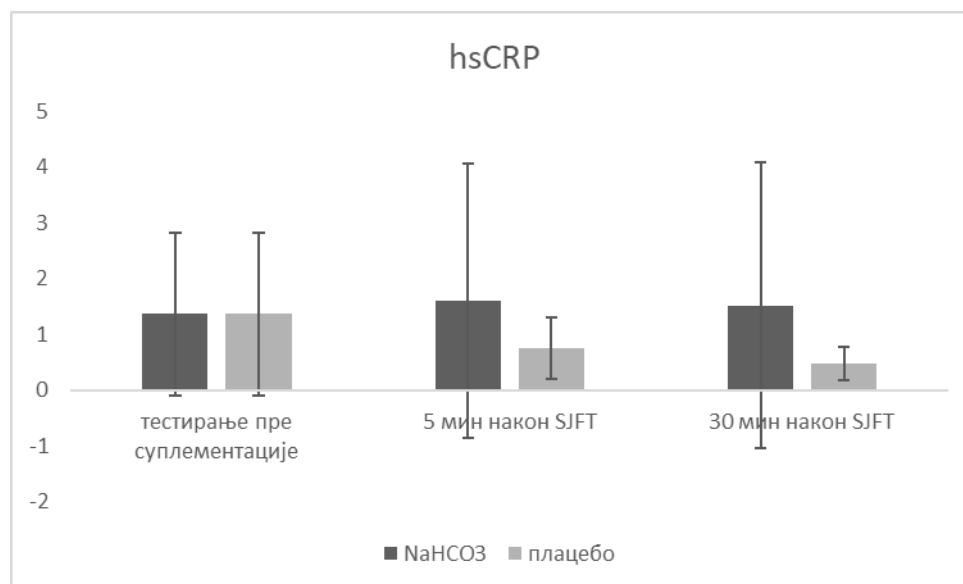
**Графикон 5.** Концентрација LDH пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 11.** Концентрација hsCRP пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	time	timeхgroup
тестирање пре суплементације	1.36±1.47	1.36±1.47	F=0.36; p=0.74;	F=2.32; p=0.17;
5 мин након SJFT	1.60±2.46	0.75±0.55	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.14	η <sup>2</sup> (partial eta squared)= 0.43
30 мин након SJFT	1.52±2.56	0.48±0.30		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05

Све вредности hsCRP (високо сензитивни Ц реактивни протеин) у обе групе у миновању биле су у оквиру референтних вредности (<3mg/L). Резултати представљени у Табели (11) и Графикону (6) сугеришу да упркос повећању параметара hsCRP, посебно у групи која је имала суплементацију NaHCO<sub>3</sub>, није дошло до статистичке значајности ни у једној групи пет минута након теста, као ни након тридесет минута (F=0.36; p=0.74).



**Графикон 6.** Концентрација hsCRP пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT

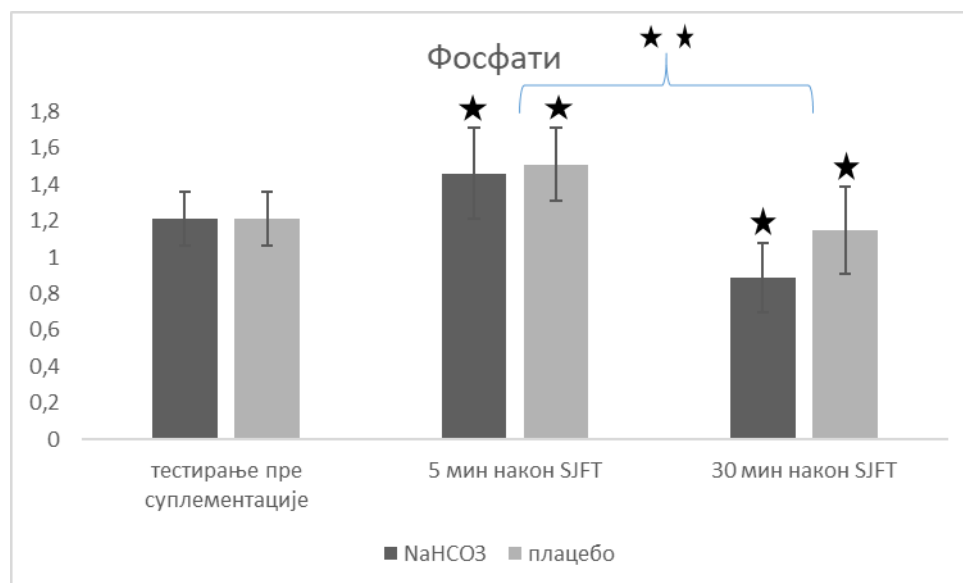


**Табела 12.** Концентрација фосфата пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	Timexgroup
тестирање пре суплементације	1.21±0.15	1.21±0.15	F=49.15; p=0.01; η <sup>2</sup>	F=3.83; p=0.05; η <sup>2</sup>
5 мин након SJFT	1.46±0.25*	1.51±0.20*	(partial eta squared)= 0.87	(partial eta squared)=0.35
30 мин након SJFT	0.89±0.19*	1.15±0.24*		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05

Вредности фосфата су статистички значајно биле више пет минута након SJFT теста у обе групе (NaHCO<sub>3</sub>: 1.46±0.25, p < 0.05; Плацебо: 1.51±0.20) у односу на иницијално мерење (1.21±0.15). Додатно, након 30 минута, пронађене су статистички значајно ниже вредности у групи NaHCO<sub>3</sub> групи (0.89±0.19, p < 0.05) као и у Плацебо групи (1.15±0.24, p < 0.05). Постоји статистички значајна интеракција времена x група (F=3.83; p=0.05) при чему је NaHCO<sub>3</sub> група показала значајно ниже вредности фосфата након 30 минута (Табела 12; Графикон 7).



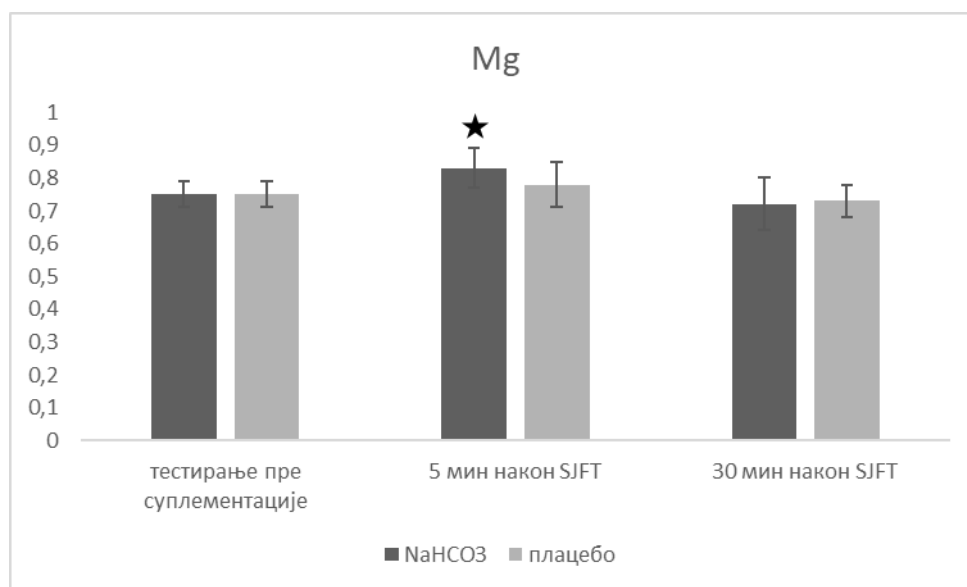
**Графикон 7.** Концентрација фосфата пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење; p < 0.05; \*\* статистички значајна интеракција време x група, p < 0.05

**Табела 13.** Концентрација  $Mg^{+}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	0.75±0.04	0.75±0.04		
5 мин након SJFT	0.83±0.06*	0.78±0.07	F=8.65; p=0.01; η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.55	F=2.10; p=0.16; η <sup>2</sup> (partial eta squared)= 0.23
30 мин након SJFT	0.72±0.08	0.73±0.05		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$ ;

Прегледом резултата представљених у табели 13 и графикону 8 може се закључити да је пет минута након теста дошло до повећања  $Mg^{++}$  (Магнезијума) у серуму и у суплементираној и у плацебо групи, међутим без статистичке значајности. Тридесет минута након теста, вредности су опале у обе групе у односу на иницијално и време пет минута након теста, у обе групе, међутим, тренд падања био је уочљивији у групи која је конзумирала NaHCO<sub>3</sub>, при чему је пронађена статистички значајна разлика између последње два узорковања ( $p=0.01$ ).



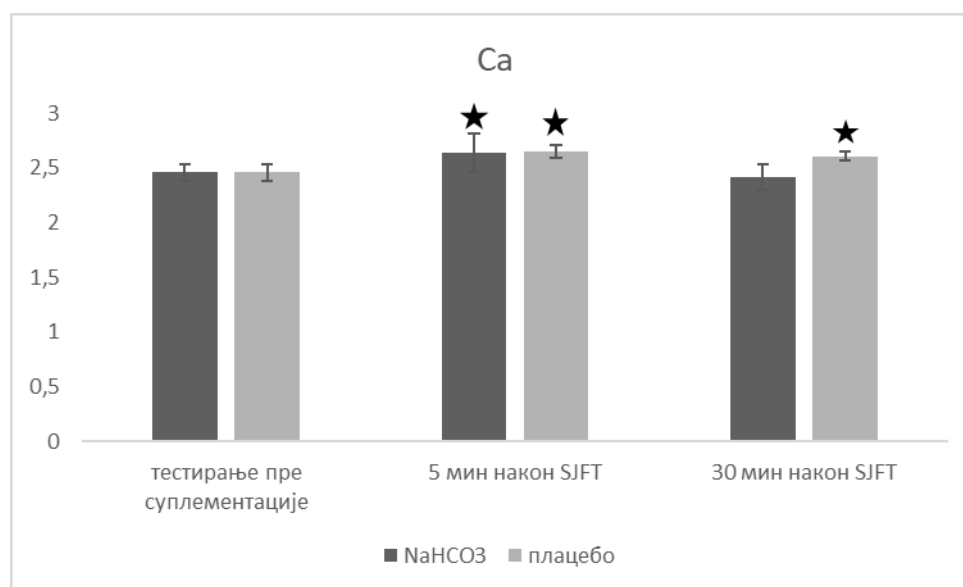
**Графикон 8.** Концентрација  $Mg^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 14.** Концентрација  $\text{Ca}^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	$\text{NaHCO}_3$	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	2.46±0.08	2.46±0.08	F=12.45; p=0.01; $\eta^2$	F=3.13; p=0.07; $\eta^2$ (partial eta squared)= 0.31
5 мин након SJFT	2.64±0.18*	2.65±0.06*	(partial eta squared)=0.64	
30 мин након SJFT	2.42±0.12	2.61±0.04*		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Концентрација  $\text{Ca}^{++}$  (Калцијума) у серуму (Табела 14; Графикон 9) се пет минута након SJFT теста статистички значајно променила у  $\text{NaHCO}_3$  групи (2.64±0.18,  $p < 0.05$ ) и плацебо групи (2.65±0.06,  $p < 0.05$ ). Такође, значајне разлике су задржане у плацебо групи и 30 минута након теста (Плацебо: 0.61±0.04,  $p < 0.05$ ) док је група  $\text{NaHCO}_3$  показала доста ниже резултате након 30 минута у односу на плацебо групу (2.42±0.12), међутим без статистичке значајности ( $p > 0.05$ ).



**Графикон 9.** Концентрација  $\text{Ca}^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT;

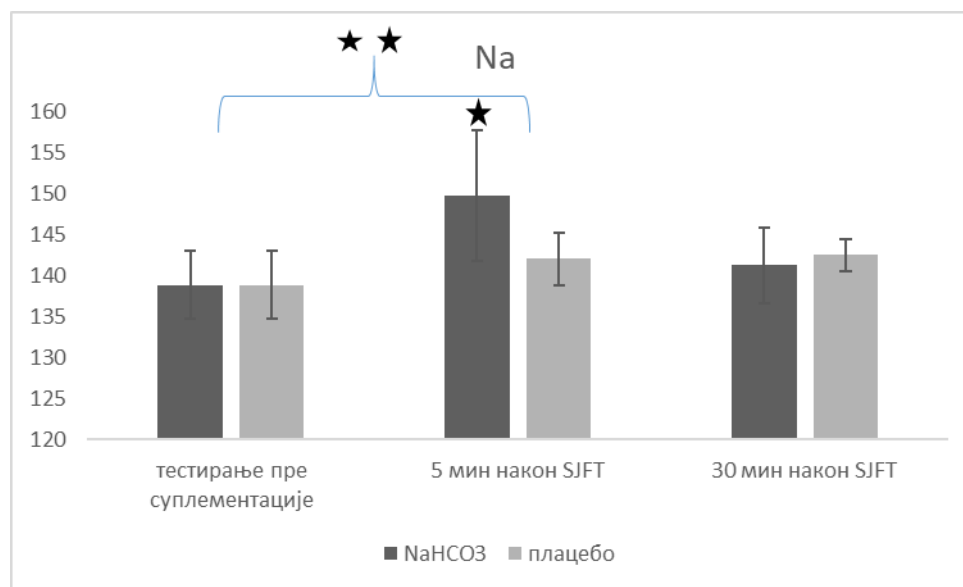
\* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 15.** Концентрација  $\text{Na}^+$  пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	$\text{NaHCO}_3$	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	138.82±4.12	138.82±4.12	F=7.84; p=0.01;	F=5.34; p=0.02 ;
5 мин након SJFT	149.78±7.99*	142.00±3.19	$\eta^2$ (partial eta squared)= 0.53	$\eta^2$ (partial eta squared)=0.43
30 мин након SJFT	141.25±4.59	142.50±0.97		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Анализом двоструке Анове са поновљеним мерењем утврђена је интеракција између времена и групе у вредностима  $\text{Na}^+$  ( $p = 0.02$ ;  $\eta^2 = 0.43$ ). Додатно, анализом резултата закључило се да група која је била подвргнута суплементацији има статистички значајно више вредности  $\text{Na}^+$  пет минута након SJFT ( $149.78 \pm 7.99$ ,  $p < 0.05$ ). Те вредности су се смањиле 30 минута након SJFT ( $141.25 \pm 4.59$ ) и достигле вредност нижу од вредности код плацебо групе ( $142.50 \pm 0.97$ ), међутим без статистичке значајности (Табела 15; Графикон 10).



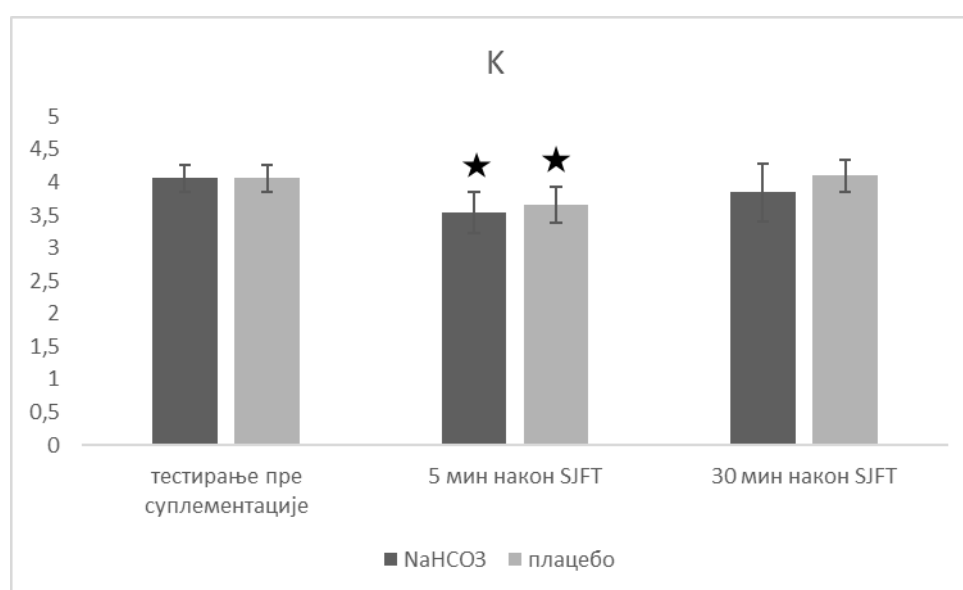
**Графикон 10.** Концентрација  $\text{Na}^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \* статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$ ; \*\* статистички значајна интеракција време x група,  $p < 0.05$ ;

**Табела 16.** Концентрација  $K^+$  пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaHCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	4.06±0.21	4.06±0.21	F=9.22; p=0.01;	F=0.70; p=0.52;
5 мин након SJFT	3.54±0.32*	3.66±0.28*	$\eta^2$ (partial eta squared)=0.57	$\eta^2$ (partial eta squared)=0.09
30 мин након SJFT	3.85±0.44	4.10±0.25		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Кад је у питању ниво  $K^+$  (калијума) у серуму, статистички значајно смањење забележено је у групи NaHCO<sub>3</sub> групи (3.54±0.3,  $p < 0.05$ ) као и у плацебо групи (3.66±0.28,  $p < 0.05$ ), пет минута након SJFT. Међутим, када се погледају резултати вредности  $K^+$ , 30 минута након теста, приметне су више вредности у плацебо групи у односу на групу NaHCO<sub>3</sub> (3.85<4.10), међутим без статистичке значајности (Табела 16; Графикон 11).



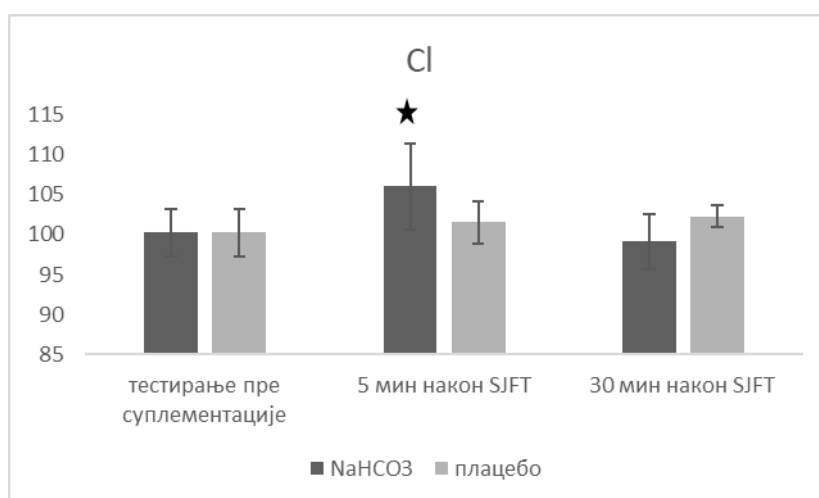
**Графикон 11.** Концентрација  $K^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 17.** Концентрација  $\text{Cl}^-$  пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	$\text{NaHCO}_3$	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	100.27±2.97	100.27±2.97	F=4.23; p=0.04;	F=6.30; p=0.01;
5 мин након SJFT	106.00±5.36*	101.54±2.62	$\eta^2$ (partial eta squared)=0.38	$\eta^2$ (partial eta squared)=0.47
30 мин након SJFT	99.12±3.44	102.30±1.34		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Ниво  $\text{Cl}^-$  (хлор) се статистички значајно повећао у односу на иницијално мерење пет минута након спроведеног теста, само у групи која је подвргнута суплементацији  $\text{NaHCO}_3$  ( $p < 0.05$ ). Такође, тридесет минута након теста дошло је до статистички значајног смањења вредности у параметру  $\text{Cl}^-$  у односу на вредности које су мерене пет минута након завршеног теста, при чему је вредност мања у односу на плацебо групу (Табела 17; Графикон 12).



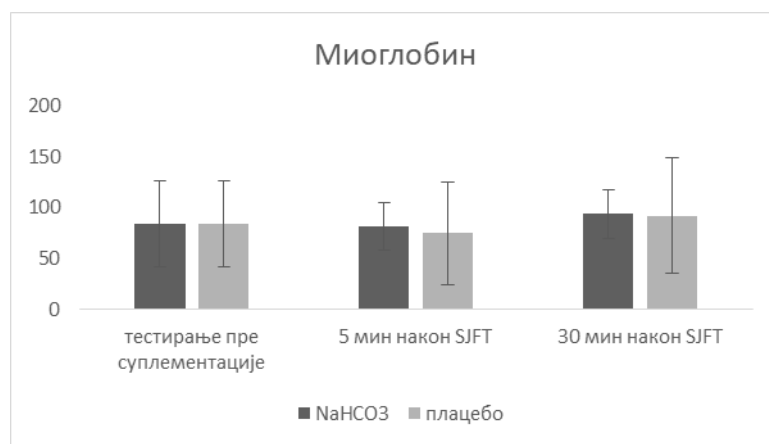
**Графикон 12.** Концентрација  $\text{Cl}^{++}$  пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT; \*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

**Табела 18.** Концентрација миоглобина пре суплементације, 5 мин након SJFT и 30 мин након SJFT

	NaCO <sub>3</sub>	Плацебо	Time	timexgroup
тестирање пре суплементације	84.43±42.35	84.43±42.35	F= 0.93; p=0.41;	F=0.13; p=0.89;
5 мин након SJFT	81.63±22.85	74.77±50.03	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.10	η <sup>2</sup> (partial eta squared)=0.02
30 мин након SJFT	94.11±24.14	92.07±56.82		

\*статистички значајне разлике у односу на прво мерење;  $p < 0.05$

Вредности миоглобина нису се статистички значајно разликовале ни у једној групи, ни након 5 мин ни након 30 мин после SJFT (F= 0.93; p=0.41) (Табела 17; Графикон 13).



**Графикон 13.** Концентрација миоглобина пре суплементације, 5 мин након SJFT, 30 мин након SJFT

## 5. ДИСКУСИЈА



## 5. ДИСКУСИЈА

Сврха ове студије била је да се испита ефекат уношења  $\text{NaHCO}_3$  на физичку форму и одабране крвне маркере током SJFT код врхунских џудиста. Резултати су показали да су џудисти који су били подвргнути  $\text{NaHCO}_3$  показали сличне резултате у RPE, стиску шаке, вертикалном скоку и концентрацији лактата у поређењу са плацебо групом без значајних разлика између група. Такође, главни резултати ове студије су били да је  $\text{NaHCO}_3$  (0,3 g kg<sup>-1</sup>) побољшао опоравак у поређењу са плацебом код елитних џудиста у појединим крвним маркерима. Открили смо да су CK, Na и Cl били значајно различити у  $\text{NaHCO}_3$  групи у поређењу са плацебо групом након SJFT.

Познато је да брзи опоравак после интензивне физичке активности омогућава многе предности за спортисте, као што су побољшање перформанси и смањена могућност претренираности (74). Бржи опоравак је од пресудног значаја у џудоу као и у другим борбеним спортовима високог интензитета (75, 76). Такође је познато да активности високог интензитета могу утицати на ацидо-базни баланс, док даља ацидоза изазвана вежбањем може негативно утицати на перформансе и опоравак спортисте (77). Да би регулисали метаболичку ацидозу изазвану вежбањем, спортисти често користе различите нутритивне и фармаколошке агенсе који могу утицати на рН вредности у крви и мишићима (33). Mueller et al. (78) су изјавили да је суплементација натријум бикарбоната корисна за смањење ацидозе, као и за побољшање спортских перформанси. Неколико студија (43, 41, 57, 39) покушало је да утврди да ли употреба натријум бикарбоната помаже у опоравку џудиста. Artioli et al. (57) је покушао да утврди акутне ефекте  $\text{NaHCO}_3$ , и није нашао побољшања након прва два меча, док је побољшање забележено за мечеве 3 и 4.

### 5.1 Акутни ефекти суплементације $\text{NaHCO}_3$ на HR, SJFT, RPE, лактате и физичку форму

Већина досадашњих истраживања на тему акутних ефеката натријум бикарбоната бавила су се високо интензивним протоколима вежбања попут трчања или вожње бицикла. С обзиром на фокус претходних истраживања, акутни учинци суплементације  $\text{NaHCO}_3$  код џудиста су познати.

HR џудиста у овом истраживању био је нешто виши него код тестираних пољских џудиста ( $181.6 \pm 6.2$  откуцаја у минути) (79), сличан као код канадских џудиста ( $191 \pm 9,6$  откуцаја у минути) (80) и значајно нижи него вредности које су добијене у истраживању Little (81) ( $198.8 \pm 6.2$  откуцаја у минути). Међутим, поменуте вредности

HR нису мерене након SJFT, те се могу узети само као норме за утврђивање такмичарског нивоа на коме се налазе наши џудисти.

Sterkowicz-Przybycień et al. (82) су извршили класификационе норме за укупан број бацања, број откуцаја срца (након и 1-мин после) и индекс у SJFT. На основу представљених норми за индекс SJFT, џудисти у нашем истраживању (Табела 3) спадају у џудисте са добрим резултатима (SJFT Индекс 11.74-13.03). Међутим, када се као критеријум узме HR, наши џудисти су показали ниже вредности (>190 откуцаја) када се упореди са представљеним нормама (HR: 188-195 откуцаја) у горе поменутом истраживању. Наши резултати се такође могу упоредити са резултатима добијеним у једном од првих истраживања који су за циљ имали утврђивање енергетског система у току SJFT (83). Аутори су добили веће вредности за HR ( $196 \pm 12$  откуцаја у минути) као и за индекс SJFT ( $14.37 \pm 1.33$ ) у поређењу са резултатима наших џудиста (HR =  $191 \pm 8$  откуцаја у минути; индекс SJFT =  $12 \pm 1$ ). Једно новије истраживање (84) је показало сличне вредности индекса SJFT као у нашем истраживању (индекс SJFT =  $12.4 \pm 1.7$ ), али је HR био значајно нижи (HR =  $181.2 \pm 6.3$  откуцаја у минути). Међутим, број испитаника у том истраживању је био пет, а узраст испитаника је био 18 година, тако да резултате можемо прихватити са резервом. Може се закључити за поређење и употребу SJFT, а нарочито код младих спортиста, да је потребна релативизацију индекса према телесној тежини спортисте, како би се упоредиле перформансе спортиста различитих узраста, пошто сама употреба индекса не доводи до стварних разлика. Такође, поменуте разлике у индексима и HR у истраживањима долазе због могућих периода припрема у којима су се џудисти налазили за време тестирања. Неопходна су даља истраживања како би се разјаснила нова перспектива и укључили додатни фактори који утичу на физиолошке параметре током SJFT.

Као што се очекивало на основу неких ранијих истраживања, није било значајне разлике у HR између натријум бикарбонат групе и плацеба током SJFT. Ови резултати подржавају нека претходна истраживања (38, 22), која су показала да суплементација натријум бикарбонатом није значајно утицала на срчану фреквенцију када се упореди са плацебом. Међутим, поменута истраживања су извршена у теквондоу и боксу. Нажалост, према ауторовом сазнању, не постоји истраживање које је показало да ли сода бикарбона има бољи učinак опоравка срчане фреквенције у односу на плацебо.

За разлику од утицаја суплементације натријум бикарбонатом на срчану фреквенцију где нису пронађени резултати у џудоу, ситуација је другачија за резултате самог SJFT, односно број бацања у самом тесту, где је пронађено неколико радова. Šančić, et al. (43) су у свом раду упоређивали активни опоравак и суплементацију натријум бикарбонатом при чему нису пронашли значајне разлике у броју бацања код SJFT између две групе и поред тога што је група која је имала суплементацију натријум бикарбонатом извела више бацања у односу на групу која је имала активан опоравак (24 насупрот 22). Међутим, према ауторима, разлог за непостојање разлика лежи у чињеници да је у поменутом истраживању урађен само један протокол SJFT што није дало довољно времена за одлагање замора. То је потврђено једним другим истраживањем где је суплементација натријум бикарбонатом дала позитиван утицај на опоравак и број бацања али након неколико серија SJFT (57). Још једно истраживање (41) је потврдило значајан утицај суплементације натријум бикарбонатом на број бацања али тек након треће серије SJFT док након прве и друге серије SJFT нису пронађени значајни ефекти на број бацања. Интересантно је напоменути да је исто истраживање пронашло да комбиновање кофеина и натријум бикарбонатом доприноси много бољем учинку током SJFT (број бацања) него када су се конзумирале појединачно. Тренутни резултати у овом истраживању потврђују резултате горе

поменутих истраживања где нису пронађене значајне разлике у ефектима суплементације натријум бикарбонатом и плацеба на број бацања током серија као ни у укупном броју бацања SJFT када се изводи само једна серија SJFT. Према томе, будуће истраживање би требало да укључи ефекте суплементације натријум бикарбонатом након више серија SJFT.

Према Ostojić et al., (85) убрзан пад HR након високо интензивних тренинга може указивати на убрзани опоравак, хармонизовање аутономног нервног система и смањење кардиоваскуларног стреса. Ипак, у овој дисертацији није утврђен значајан пад HR након максималног напора (SJFT), као ни побољшање извођења SJFT између два примењена третмана. У складу са добијеним резултатима чини се да унос  $\text{NaHCO}_3$  нема директан утицај на опоравак код људиста када се појединачна доза од 0.3мг уноси 120 минута пре SJFT. У том смислу неопходна су даља истраживања која би обухватила већи и различит узорак, другачије време примене и различите дозе како би се прецизније одредила потенцијална ергогена моћ соде бикарбоне.

Метода RPE се показала као ефикасан и практичан алат за истраживаче и спортисте да прате интензитет тренинга (86). Такође се показало да RPE представља субјективно средство које се користи као вредна информација за прилагођавање оптерећења током џудо тренинга (87). У тренутној студији, примењен је SJFT, а RPE испитаника између експерименталне и контролне групе није показао статистички значајне разлике, што потврђује да су примењена слична тренажна оптерећења. Неопходно је напоменути да се вредности RPE смањују током периода таперинга у поређењу са периодом интензивног тренинга. Ово потврђује да је замор смањен током фазе таперинга, вероватно због смањеног оптерећења тренинга. То је потврдило истраживање (88) где је RPE био сличан између група трчања, Рандори и Учи-коми група, што указује на сличан ниво уложеног напора без обзира на модалитет тренинга. Сличан RPE између модалитета тренинга је такође примењен у студији која је упоређивала Учи-коми и вежбе ергометра за горњи и доњи део тела (87). Вероватно је да су инструкције за улагање свеопштег напора, активација великих мишићних група и иста временска структура за све модалитете тренинга допринели сличном RPE међу начинима вежбања.

И поред тога што нису пронађене статистички значајне разлике, резултати су показали ниже вредности RPE у групи натријум бикарбоната непосредно након првог SJFT, 5 мин. након SJFT и након другог SJFT, што би се могло повезати са резултатима неколико студија (57, 89, 22, 41). У сличном истраживању на џудистима (41), утврђивао се утицај одвојене суплементације натријум бикарбонатом као и комбиноване са кофеином на RPE. Нису пронађени значајни ефекти одвојене као ни комбиноване суплементације на RPE након три серије SJFT. Постоје сличности у резултатима наше студије у поређењу са Zabala et al. (89) који су такође испитали RPE одмах након свог Vingate теста, међутим натријум бикарбонат такође није имао ефекта. Иако је постојао спортски диспаритет (џудо у односу на BMX бициклизам), исти диспаритет би могао бити повезан са метаболичким захтевима одабране вежбе. Могући механизам који стоји иза везе између ацидо-базне равнотеже и RPE током вежбања може довести до негативних ефеката интрацелуларног накупљања  $\text{H}^+$  на капацитет стварања мишићне силе када мишић добије фазу умора (90). Стога су потребне и будуће студије.

Спортисти високих перформанси често имају реакцију на лактате у крви на вежбање која се мери као део њихове физиолошке процене (91). Неке претходне студије су такође показале повећање концентрације лактата у крви након узимања натријум

бикарбоната (92, 93, 43). Šančić, et al. (43) су у свом истраживању показали значајне разлике на свим нивоима лактата између активног опоравка и суплементације натријум бикарбонатом током SJFT. У свим мерењима, лактати су били значајно већи ( $p < 0.001$ ) када су спортисти користили суплементације натријум бикарбонатом наспрам активног опоравка.

Када погледамо детаљније резултате након суплементације натријум бикарбонатом, вредности лактата у крви су се значајно повећале одмах након извођења SJFT (17.10) и наставиле су се повећавати 3 минута након тога (18.60). Вредности лактата су и даље остале веома високе чак и 10 минута након теста (17.21). За разлику од поменутих високих вредности лактата након суплементације натријум бикарбонатом у истраживању Šančić et al, (43), резултати у овом истраживању показују знатно ниже вредности и то одмах након извођења теста (11.6) као и 5 минута након извођења теста (14.9). Интересантно је да је у истраживању Šančić, et al, (43) као протокол за упоређивање коришћен активан опоравак при чему су вредности лактата били значајно нижи у свим временским тачкама. Слични резултати су добијени у овом истраживању али је група за поређење била плацебо група. Међутим за разлику од горе поменуте студије, није било значајне разлике између група у нашем истраживању. Такође је важно напоменути да су нивои лактата у крви у горе поменутом истраживању били различити у првом мерењу, пре извођења теста. ( $p = 0,047$ ). Ова чињеница може значајно утицати на све разлике у даљим мерењима и може додатно ограничити закључке о резултатима.

Наши резултати се могу упоредити са резултатом Artioli et al. (57), где су џудисти имали учинак који се састојао од покушаја што је могуће више бацања у три дискретна временска периода (што се може повезати са нашим специјалним џудо тестом фитнеса). Њихови резултати сугеришу да је група натријум бикарбоната извела значајно више бацања (5,1%;  $p < 0,01$ ), као и већу релативну средњу и вршну снагу на Vingate тесту ( $p < 0,05$ ), у односу на плацебо групу. Artioli et al, (57) су тврдили да је могући разлог за ово повећање концентрације лактата након уноса натријум бикарбоната због чињенице да сарколема није пропусна за бикарбонат. Да би се објаснио механизам за дате резултате, могуће објашњење би могло да буде у чињеници да се повећан ефлукс  $H^+$  односи на већи налет транспорта лактата у ванћелијску околину (80). Што се тиче могућег механизма, ово савршено објашњава и повећану гликолитичку активност, која се касније доводи у везу са повећањем перформанси (41). Али, за потпуно разумевање добијених резултата потребни су и будући, јер су различити протоколи вежбања, уз различите дозе натријум бикарбоната дошли до различитих схватања, док је концентрација лактата у крви такође представљала незнатне промене (94, 95).

Снага стиска шаке је кључни фактор у извођењу џудоа, дозвољавајући употребу техника бацања и утицај на покрете противника (96), као и да боља експлозивна снага у доњим удовима може повећати број бацања џудиста (97). Једно истраживање (98) је показало да симулирани џудо мечеви такође изазивају замор у доњим екстремитетима, на шта указује опадање вредности СМЈ (3,6% након меча 2 и 3,2% након меча 3 у поређењу са почетним вредностима). Нажалост, наши резултати нису показали значајан опоравак у физичким перформансама (СМЈ и стисак шаке) током узимања натријум бикарбоната у поређењу са плацебом. Разлог за непостојање ефеката се може наћи и горе поменутом истраживању (98) где се пад вредности очекује након више џудо мечева. Према најбољем сазнању аутора, мало истраживања је било засновано на натријум бикарбонату који побољшава перформансе вертикалног скока и снагу држања. Стога су студије упоређене на основу физичких перформанси уопште. Bishop et al. (99) су показали да  $NaHCO_3$  побољшава перформансе у поновљеним спринтерским способностима. У једном истраживању (89) испитаници су имали

спринтеве на бицикло ергометрима (три Вингејт теста одвојених са 30 минута опоравка) при чему су деведесет минута пре сваког испитивања уносили или  $\text{NaHCO}_3$  или плацебо у рандомизираној двоструко слепој студији. Дошло је до значајног побољшања СМЈ код  $\text{NaHCO}_3$  групе у односу на плацебо након другог извођења при чему се тенденција побољшања наставила и током остала два извођења (~4%). Ово побољшање би могло да се одрази на бржи процес опоравка након Вингејт теста у оним моторичким јединицама које су биле активирани током теста. Садашње студије су показале хетерогеност у резултатима побољшања физичких перформанси натријум бикарбоната код џудиста. Према Dankoviću (72), 0,3 g/kg је била најчешћа доза акутног уноса  $\text{NaHCO}_3$  код џудиста. Стога, нисмо у могућности да упоредимо и дискутујемо о утицају различитих доза на перформансе у џудоу. Сходно томе, постоји потреба за различитим протоколима суплементације како би се стекло више увида у опоравак у џудоу и другим борилачким спортовима. Одређени фактори су делимично утицали на горе поменуте резултате. Један од фактора јесу свакако године бављења џудоом које указују на постојање разлика у квалитету извођења елемената у џудоу. Друго, број џудиста је био само 10, што указује на мању моћ студије.

## 5.2 Акутни ефекти суплементације $\text{NaHCO}_3$ на биохемијске маркере код врхунских џудиста

СК је један од најважнијих маркера оштећења мишића узрокованих вежбањем. Такође, серумске активности ензима, попут AST, ALT, LDH, и миоглобина се користе као индиректни маркери оштећења мишића изазваног вежбањем (100). Како би дијагностика спортиста била потпуна а закључци што прецизнији потребно је узети што више маркера у разматрање. Ribeiro, et al (101) су добили повећање СК након 5-минутног џудо меча. Поред тога, анализирајући друге борилачке спортове, пронађено је повећање LDH након меча у бразилском џиу-џицу (102) и повећање маркера СК и имунолошке функције (леукоцита, неутрофила и моноцита) након турнира у бразилском џиу-џицу (5 мечава) (103), што указује на инциденцу оштећења мишића. Наведено је да 3 узастопна џудо меча могу изазвати повећање маркера оштећења мишића, посебно серумских СК и LDH (98). Стога је од велике важности да се СК значајно разликовао у групи  $\text{NaHCO}_3$  у поређењу са плацебо групом након SJFT-а у тренутној студији. Штавише, такође је важно напоменути да серумски СК и LDH достижу свој максимум 24–96 сати након вежбања (104). Проценили смо опоравак 30 минута након SJFT-а. Сходно томе, могло би се претпоставити да разлика може бити још већа у тренутној студији у погледу нивоа СК. Стога би будуће студије требале укључити додатно тестирање дан након SJFT. Међутим, већина других крвних маркера показала је сличне резултате након узимања натријум бикарбоната и плацеба. Разлог за то би могао бити у протоколу обуке или дозама натријум бикарбоната у тренутној студији. Иако су сви џудисти били високог нивоа и обучени, варијације међу појединцима у погледу одговора на крвне маркере могуће су објашњење за ове резултате. Потврђено је да тродневна обука која се обично користи у пракси џудоа (укључујући рандори борбену обуку) може проузроковати оштећење мишића (98). Такође, СК активност се повећава одмах након последњег тренинга и остаје значајно повишен након 12 сати одмора. Међутим, ниво СК у нашој студији је знатно мањи него у другим студијама. Umeda et al, (105) су показали повећање СК са  $238.3 \pm 114.1$  на  $293,9 \pm 112,3$  U/L. после стандардног тренинга џудоа који се састоји од загревања, 70 минута рандорија и хлађења. Џудисти у нашем истраживању су показали слична повећања 30 минута након SJFT почетне вредности:  $245.73 \pm 107.84$  U/L;  $\text{NaHCO}_3$

група:  $271.80 \pm 114.61$  U/L; плацебо група:  $289.64 \pm 105.19$  U/L). Међутим, интересантно је да су групе показале знатно веће вредности уз статистички значајне разлике између њих одмах након SJFT (NaHCO<sub>3</sub> група:  $338.37 \pm 135.84$  U/L; плацебо група:  $395.00 \pm 163.19$  U/L). Laskowski, et al, (106) су добили много веће вредности оштећења изазвана узастопним тренинзима након тродневне обуке (почетне вредности:  $211 \pm 91$ ; након последњег тренинга:  $795 \pm 223$  U/L; 12 сати након тренинга:  $648 \pm 258$  U/L). Ово је такође један од разлога што нису пронађени већи ефекти у тренутној студији.

Према Francassio et al., (100) повећање серума AST требало би пратити заједно са активношћу СК код неких спортиста. Такође, Миоглобин је веома користан маркер за праћење ефикасности оптерећења мишићног ткива на тренингу (107). Нажалост, резултати у нашем истраживању нису показали значајне ефекте суплементације натријум бикарбонатом у односу на плацебо групу код Миоглобин, AST, ALT, LDH.

У нашој студији, у односу на плацебо групу, ниво hsCRP у крви 5 минута након SJFT теста био је доста виши у групи која је имала суплементацију NaHCO<sub>3</sub>, док се та велика разлика задржала и након 30 минута. Међутим, ниво hsCRP у крви није статистички значајно разликовао између испитиваних група, што је вероватно последица високе стандардне девијације испитиваних група. Ови резултати наших студија који показују потенцијално одсуство медијатора инфламације код врхунских спортиста су у сагласности са другим студијама (108, 109).

Само неколико студија анализирано је маркере оштећења мишића током специфичне џудо борбе (89; 49) или традиционалних тренинга џудоа (98, 110). Detanico et al. (98) су пријавили повећану активност ЦК и ЛДХ након три 5-минутна џудо меча испреплетена са 15-минутним интервалима пасивног опоравка у поређењу са вредностима пре меча, док Franchini et al., (111) приметили су повећану активност AST, ALT, LDH и СК после једног џудо меча од 5 минута у поређењу са вредностима пре меча. Derek, et al., (39), су показали да модел тренинга у џудоу доприноси сличним оштећењима мишића што су показали непостојањем значајних разлика у вредностима AST, ALT, LDH и СК. Маркери оштећења мишића у нашем истраживању након SJFT се тако могу упоредити са постојећим истраживањима при чему су вредности пратиле резултате у горе поменутих студијама. Недостатак нашег истраживања је што маркери оштећења мишића нису узорковани 12 и 24 сати након оштећења. Претпоставка је да би суплементација натријум бикарбонатом показала значајне ефекте у односу на плацебо групу код одређених маркера који остају високо након 12 и 24 сати.

Такође је велики недостатак немогућност упоређивања резултата са истраживањима која су се бавила суплементацијом натријум бикарбонатом код џудиста, чиме би било омогућено директно упоређивање и постављање неких значајних закључака. Једино истраживање, према сазнањима аутора, је истраживање које се бавило ефектима комбинације кофеина и суплементације натријум бикарбонатом као и засебним ефектима на опоравак код џудиста (41). Међутим, од биохемијских маркера, плазма лактати су били једини узорковани, при чему су показали да је највећи утицај на опоравак имала комбинација суплемената.

Trivić (112) је у својој дисертацији показала да акутни унос молекуларног водоника значајно повећава рН након примене SJFT код врхунских џудисткиња. Она је показала да суплементација молекуларним водоником значајно утиче на ацидобазну равнотежу врхунских џудисткиња током и након примене SJFT, што указује на потенцијалну ергогену снагу молекуларног водоника.

Brito et al. (18) су испитивали ефекте суплементације угљеним хидратима током тренинга џудоа. Све вредности добијене пре почетка вежбања и после 120 мин нису били статистички различите, без обзира на врсту раствора које су конзумирали спортисти. Међутим, ниво глукозе у крви је остао висок током тренинга када су спортисти конзумирали угљене хидрате у односу на плацебо. Аутори даље тврде да и поред прилагођавања на режиме тренинга, имуни систем џудиста је свакодневно узнемирен. Они су закључили да је конзумирање угљених хидрата током вежбања од суштинског значаја за очување функција имуног система и за одржавање високих перформанси током тренинга.

Потенцијалне снажније ефекте треба тражити у могућим комбинацијама суплемената. Таква једна комбинација је свакако комбинација  $\text{NaHCO}_3$  и бета-аланина. Таква једна комбинација у контексту побољшања перформанси итекако има смисла с обзиром на доказане ергогене ефекте приликом изолованог уноса, адитивни ефекат ова два суплемента у том би случају обухватио оба пуферска система. То је потврдила и недавна мета-анализа која је показала знатно већи ергогени учинак приликом комбинације ова два суплемента насупрот изолованог уноса бета-аланина (Кохенов  $d = 0,43$  насупрот  $0,24$ ) (113). Вудућа истраживања потенцијално би требало да истраже ефекат комбинованог уноса а додатни разлог томе лежи у чињеници да спортисти често користе различите врсте суплемената, а не само један са циљем унапређења перформанси и спортских резултата.

Тренутна студија је показала нека ограничења. Резултате би требало применити само на мушке џудисте јер је студија процењивала само мушке спортисте. Величина узорка је мала. Међутим, на овом високом нивоу тешко је пронаћи већи узорак. Поред тога, званичне борбе треба да се користе за процену ефеката  $\text{NaHCO}_3$  на крвне маркере

## 6. ЗАКЉУЧАК



## 6. ЗАКЉУЧАК

Суплементација  $\text{NaHCO}_3$  у дози од  $0.3 \text{ (g kg}^{-1}\text{)}$  довела је до значајно већег смањења нивоа СК у серуму, у односу на плацебо групу. Са друге стране, пад нивоа бикарбоната у плацебо групи био је праћен малим повећањем СК. Из ових резултата може се закључити да суплементација  $\text{NaHCO}_3$  може стимулисати побољшање опоравка мишића код џудиста након SJFT.

Како није забележен значајан ефекат интеракције групе и времена у већини тестираних варијабли што указује на варирање ефекта, све постављене хипотезе се могу одбити или делимично прихватити.

1. Суплементација натријум бикарбонатом је била повезана са делимичним побољшањем физиолошких и моторичких параметара џудиста.
2. Суплементација натријум бикарбонатом није довела до значајног умањења концентрације лактата из крви, и није имала значајан утицај на срчану фреквенцију у поређењу са плацебо групом.
3. Суплементација натријум бикарбонатом је била повезана са делимичним побољшањем испитиваних биохемијских маркера крви.
4. Суплементација натријум бикарбонатом није довела до значајног утицаја на параметре снаге стиска шаке у поређењу са плацебо групом.
5. Суплементација натријум бикарбонатом није довела до значајног утицаја на параметре скока са припремом у поређењу са плацебо групом.

Установљене промене у физиолошким и моторичким параметрима услед примене суплементације  $\text{NaHCO}_3$  могу имати практичну и клиничку примену која се огледа у побољшању опоравка мишића и смањењу ризика настанка повреда џудиста током напорних тренинга и такмичења.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Јаковљевић В, Дикић Н. Спортска медицина: уџбеник. Крагујевац: Факултета медицинских наука; 2016.
2. Ostojic SM 2007. Osnovi fiziologije sporta: odabrana poglavlja. Novi Sad: TIMS. Fakultet za sport i turizam.
3. Đurašković R 2009. Sportska medicina. 3. dopunjeno izd. Niš: Centar za izdavačku delatnost Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja.
4. Guyton AC, Hall JE. Medicinska fiziologija: prevod desetog izdanja. ISBN 86-387-0720-7. 2003; 3. srpsko izd., Beograd: Savremena administracija.
5. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. Vol. 3. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2006. p. 125-6.
6. Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2011. p. 107.
7. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? Sports Med. 2009;39(6):469-90. doi: [10.2165/00007256-200939060-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003), PMID [19453206](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19453206/).
8. Nelson DL, Cox MM. Lehninger. Principles of biochemistry. 4th ed. New York: W H Freeman; 2005.
9. Voet D, Voet JG. Biochemistry. 3rd ed. Hoboken: Wiley. ISBN 9780471193500; 2004.
10. Naik P. Essentials of Biochemistry. 1st ed. JP Medical Ltd; 2011.
11. Kaplan Medical U. Step 1 Qbook. 4th ed. New York: Kaplan Publishing; 2008.
12. Cifuentes A, editor. Foodomics: advanced mass spectrometry in modern Food Science and Nutrition. New Yor: Wiley; 2013.
13. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(2):104-25. doi: [10.1123/ijsnem.2018-0020](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0020), PMID [29589768](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29589768/).
14. Shelton J, Kumar GVP. Sodium bicarbonate - a potent ergogenic aid? Food Nutr Sci. 2010;01(1):1-4. doi: [10.4236/fns.2010.11001](https://doi.org/10.4236/fns.2010.11001).
15. Ђорђевић-Никић М, Мацура М. Суплементација у спорту. *Годишњак Факултета спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду*, Бр. 2004, стр;12:183-90.
16. Maliqueo SAG, Ojeda ÁCH, Barrilao RG, Serrano PAC. Time to fatigue on lactate threshold and supplementation with sodium bicarbonate in middle-distance college athletes. Arch Med Deporte. 2018;35(1):16-22.
17. Domínguez R, Maté-Muñoz JL, Cuenca E, García-Fernández P, Mata-Ordoñez F, Lozano-Estevan MC et al. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. J Int Soc Sports Nutr. 2018;15(2):2. doi: [10.1186/s12970-017-0204-9](https://doi.org/10.1186/s12970-017-0204-9), PMID [29311764](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29311764/).
18. Gustin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. Sports Med. 2001;31(10):725-41. doi: [10.2165/00007256-200131100-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003), PMID [11547894](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11547894/).

19. Grgic J, Pedisic Z, Saunders B, Artioli GG, Schoenfeld BJ, McKenna MJ et al. International Society of Sports Nutrition position stand: sodium bicarbonate and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2021;18(1):61. doi: [10.1186/s12970-021-00458-w](https://doi.org/10.1186/s12970-021-00458-w), PMID [34503527](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34503527/).
20. Lancha Junior AH, de Salles Painelli V, Saunders B, Artioli GG. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during High-Intensity exercise. *Sports Med.* 2015;45(S1);Suppl 1:71-81. doi: [10.1007/s40279-015-0397-5](https://doi.org/10.1007/s40279-015-0397-5).
21. Crisafulli A, Vitelli S, Cappai I, Milia R, Tocco F, Melis F et al. Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34(2):143-50. doi: [10.1139/H09-002](https://doi.org/10.1139/H09-002), PMID [19370044](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19370044/).
22. Siegler JC, Hirscher K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):103-8. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181a392b2](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a392b2), PMID [19625976](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19625976/).
23. Franchini E, Del Vecchio FB, Matsushigue KA, Artioli GG. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med.* 2011;41(2):147-66. doi: [10.2165/11538580-000000000-00000](https://doi.org/10.2165/11538580-000000000-00000), PMID [21244106](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21244106/).
24. Andreato LV, Lara FJD, Andrade A, Branco BHM. Physical and physiological profiles of Brazilian jiu-jitsu athletes: a systematic review. *Sports Med Open.* 2017;3(1):9. doi: [10.1186/s40798-016-0069-5](https://doi.org/10.1186/s40798-016-0069-5), PMID [28194734](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28194734/).
25. Miarka B, Branco BHM, Vecchio FBD, Camey S, Franchini E. Development and validation of a time-motion judo combat model based on the Markovian Processes. *Int J Perform Anal Sport.* 2015;15(1):315-31. doi: [10.1080/24748668.2015.11868795](https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868795).
26. Nunes AV, Andrade Rd, Paiva CRE, Klemm UG. Lactato sanguíneo em atletas de judô: relato da experiência de coleta durante combates sucessivos em uma competição oficial. *Rev Bras Med Esporte.* 1998;4(1):20-3. doi: [10.1590/S1517-86921998000100006](https://doi.org/10.1590/S1517-86921998000100006).
27. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, Nishimura K, Ogita F, Miyachi M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(3):390-5. doi: [10.1097/00005768-199703000-00015](https://doi.org/10.1097/00005768-199703000-00015), PMID [9139179](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9139179/).
28. Sahranavard F, Hojati Z. The effect of supplement on the performing special skill test. *Spec J Med Res Health Sci.* 2019;4(4):1-7.
29. Tokish JM, Kocher MS, Hawkins RJ. Ergogenic aids: a review of basic science, performance, side effects, and status in sports. *Am J Sports Med.* 2004;32(6):1543-53. doi: [10.1177/0363546504268041](https://doi.org/10.1177/0363546504268041), PMID [15310585](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15310585/).
30. Peart DJ, Siegler JC, Vince RV. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1975-83. doi: [10.1519/JSC.0b013e3182576f3d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182576f3d), PMID [22505127](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22505127/).
31. Del Coso J, Muñoz G, Muñoz-Guerra J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-doping Agency list of banned substances. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011;36(4):555-61. doi: [10.1139/h11-052](https://doi.org/10.1139/h11-052), PMID [21854160](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21854160/).
32. Yousef K, Khosro J, Gholamreza S. Comparison the effect of beta-alanine and sodium bicarbonate supplementation on changes LDH and CK in elite men taekwondo. *J Chem Pharm Res.* 2015;7(12):1067-72.
33. Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on [HCO<sub>3</sub>-], pH, and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21(3):189-94. doi: [10.1123/ijsnem.21.3.189](https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.3.189), PMID [21719899](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21719899/).

34. Lancha Junior AH, de Salles Painelli V, Saunders B, Artioli GG. Nutritional strategies to modulate intracellular and extracellular buffering capacity during high-intensity exercise. *Sports Medicine*. 2015 Nov;45(1):71-81.
35. Sarshin A, Fallahi V, Forbes SC, Rahimi A, Koozehchian MS, Candow DG et al. Short-term co-ingestion of creatine and sodium bicarbonate improves anaerobic performance in trained taekwondo athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18(1):10. doi: [10.1186/s12970-021-00407-7](https://doi.org/10.1186/s12970-021-00407-7), PMID [33478522](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33478522/).
36. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgórski T, Zawieja BE, Michałowska P, Łoniewski I et al. The effect of a new sodium bicarbonate loading regimen on anaerobic capacity and wrestling performance. *Nutrients*. 2018;10(6):697. doi: [10.3390/nu10060697](https://doi.org/10.3390/nu10060697), PMID [29848993](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29848993/).
37. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Zawieja BE, Michałowska P, Podgórski T. The gender dependent influence of sodium bicarbonate supplementation on anaerobic power and specific performance in female and male wrestlers. *Sci Rep*. 2020;10(1):1878. doi: [10.1038/s41598-020-57590-x](https://doi.org/10.1038/s41598-020-57590-x), PMID [32024852](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32024852/).
38. Lopes-Silva JP, Da Silva Santos JF, Artioli GG, Loturco I, Abbiss C, Franchini E. Sodium bicarbonate ingestion increases glycolytic contribution and improves performance during simulated taekwondo combat. *Eur J Sport Sci*. 2018;18(3):431-40. doi: [10.1080/17461391.2018.1424942](https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1424942), PMID [29355092](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29355092/).
39. Artioli GG, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AC, Gualano B, Lancha Junior AH. Can sodium bicarbonate intake contribute to judo fights performance? *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(6):371-5. doi: [10.1590/S1517-86922006000600014](https://doi.org/10.1590/S1517-86922006000600014).
40. Gough LA, Rimmer S, Sparks SA, McNaughton LR, Higgins MF. Post-exercise supplementation of sodium bicarbonate improves acid base balance recovery and subsequent high-intensity boxing specific performance. *Front Nutr*. 2019;6:155. doi: [10.3389/fnut.2019.00155](https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00155), PMID [31632978](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31632978/).
41. Felipe LC, Lopes-Silva JP, Bertuzzi R, McGinley C, Lima-Silva AE. Separate and combined effects of caffeine and sodium-bicarbonate intake on judo performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(2):221-6. doi: [10.1123/ijsp.2015-0020](https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0020), PMID [26182440](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26182440/).
42. Oliveira LF, de Salles Painelli V, Nemezio K, Gonçalves LS, Yamaguchi G, Saunders B et al. Chronic lactate supplementation does not improve blood buffering capacity and repeated high-intensity exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(11):1231-9. doi: [10.1111/sms.12792](https://doi.org/10.1111/sms.12792), PMID [27882611](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27882611/).
43. Šančić J, Scruton A, Prosoli R, Štefan L, Sporiš G, Madić D et al. Active recovery vs sodium bicarbonate: impact on lactic acid removal following a specific judo effort. *Arch Budo*. 2017;13:315-22.
44. Tobias G, Benatti FB, de Salles Painelli V, Roschel H, Gualano B, Sale C et al. Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. *Amino Acids*. 2013;45(2):309-17. doi: [10.1007/s00726-013-1495-z](https://doi.org/10.1007/s00726-013-1495-z), PMID [23595205](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23595205/).
45. Bonitch-Domínguez J, Bonitch-Góngora J, Padiá P, Feriche B. Changes in peak leg power induced by successive judo bouts and their relationship to lactate production. *J Sports Sci*. 2010;28(14):1527-34. doi: [10.1080/02640414.2010.512641](https://doi.org/10.1080/02640414.2010.512641), PMID [21038167](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21038167/).
46. Obmiński X, Lerczak K, Witek K, Pintera M. Studies on lactate peak in blood following judo match. *J Combat Sports Martial Arts*. 2010;2:95-9.

47. Serrano MA, Salvador A, González-Bono EG, Sanchís C, Suay F. Relationships between recall of perceived exertion and blood lactate concentration in a judo competition. *Percept Mot Skills*. 2001;92(3 Pt 2):1139-48. doi: [10.2466/pms.2001.92.3c.1139](https://doi.org/10.2466/pms.2001.92.3c.1139), PMID [11565922](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11565922/).
48. Ahmaidi S, Portero P, Calmet M, Lantz D, Vat W, Libert JP. Oxygen uptake and cardiorespiratory responses during selected fighting techniques in judo and kendo. *Sports Med Train Rehabil*. 1999;9(2):129-39. doi: [10.1080/15438629909512551](https://doi.org/10.1080/15438629909512551).
49. Franchini E, de Moraes Bertuzzi RCM, Takito MY, Kiss MA. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol*. 2009;107(4):377-83. doi: [10.1007/s00421-009-1134-2](https://doi.org/10.1007/s00421-009-1134-2), PMID [19636586](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19636586/).
50. Marcon G, Franchini E, Jardim JR, Barros Neto TL. Structural analysis of action and time in sports: judo. *J Quant Anal Sports*. 2010;6(4):10. doi: [10.2202/1559-0410.1226](https://doi.org/10.2202/1559-0410.1226).
51. Baudry S, Roux P. Specific circuit training in young judokas: effects of rest duration. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80(2):146-52. doi: [10.1080/02701367.2009.10599548](https://doi.org/10.1080/02701367.2009.10599548), PMID [19650379](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19650379/).
52. Santos L, González V, Iscar M, Brime JI, Fernandez-Rio J, Egocheaga J et al. A new individual and specific test to determine the aerobic-anaerobic transition zone (Santos Test) in competitive judokas. *J Strength Cond Res*. 2010;24(9):2419-28. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181e34774](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e34774), PMID [20802284](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20802284/).
53. Sbriccoli P, Bazzucchi I, Di Mario A, Marzattinocci G, Felici F. Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):738-44. doi: [10.1519/R-20245.1](https://doi.org/10.1519/R-20245.1), PMID [17685696](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17685696/).
54. Degoutte F, Jouanel P, Filaire E. Energy demands during a judo match and recovery. *Br J Sports Med*. 2003;37(3):245-9. doi: [10.1136/bjism.37.3.245](https://doi.org/10.1136/bjism.37.3.245), PMID [12782550](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12782550/).
55. Franchini E, Sterkowicz S, Meira CM, Jr, Gomes FRF, Tani G. Technical variation in a sample of high level judo players. *Percept Mot Skills*. 2008;106(3):859-69. doi: [10.2466/pms.106.3.859-869](https://doi.org/10.2466/pms.106.3.859-869), PMID [18712208](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18712208/).
56. Franchini E, Artioli GG, Brito CJ. Judo combat: time-motion analysis and physiology. *Int J Perform Anal Sport*. 2013;13(3):624-41. doi: [10.1080/24748668.2013.11868676](https://doi.org/10.1080/24748668.2013.11868676).
57. Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, Lancha AH. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(2):206-17. doi: [10.1123/ijsnem.17.2.206](https://doi.org/10.1123/ijsnem.17.2.206), PMID [17507744](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17507744/).
58. Kazemi M, Hashemvarzi S, FallahMohammadi Z. The combined effect of creatine and sodium bicarbonate supplementation on blood lactate and anaerobic power in young taekwondo players. *Int J Sports Stud*. 2013;3(9):963-9.
59. Koozehchian MS, Sarshin A, Fallahi V, Rahimi A, Kaviani M, Forbes S et al. Effects of creatine and sodium bicarbonate supplementation on exercise performance in elite taekwondo players. *FASEB J*. 2020;34(S1);Suppl 1:1-. doi: [10.1096/fasebj.2020.34.s1.09278](https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.09278).
60. Радовановић Д, Понорац Н. Исхрана спортиста – физиолошке основе и смернице. [Ниш: факултет спорта и физичког васпитања Универзитета у Нишу]. ISBN 978-86-87249-69-1; 2015.
61. McNaughton LR. Bicarbonate ingestion: effects of dosage on 60 s cycle ergometry. *J Sports Sci*. 1992;10(5):415-23. doi: [10.1080/02640419208729940](https://doi.org/10.1080/02640419208729940), PMID [1331493](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1331493/).

62. Stellingwerff T, Boit MK, Res PT, International Association of Athletics Federations. Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. *J Sports Sci.* 2007;25;Suppl 1:S17-28. doi: [10.1080/02640410701607213](https://doi.org/10.1080/02640410701607213), PMID [18049980](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18049980/).
63. Maughan RJ, King DS, Lea T. Dietary supplements. *Food, Nutrition and Sports Performance II.* 2004 Aug 2:153-85.
64. Van Montfoort MC, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate, and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(7):1239-43. doi: [10.1249/01.mss.0000132378.73975.25](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000132378.73975.25), PMID [15235332](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15235332/).
65. McNaughton LR, Gough L, Deb S, Bentley D, Sparks SA. Recent developments in the use of sodium bicarbonate as an ergogenic aid. *Curr Sports Med Rep.* 2016;15(4):233-44. doi: [10.1249/JSR.0000000000000283](https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000283), PMID [27399820](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27399820/).
66. Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium bicarbonate improves swimming performance. *Int J Sports Med.* 2008;29(6):519-23. doi: [10.1055/s-2007-989228](https://doi.org/10.1055/s-2007-989228), PMID [18004687](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18004687/).
67. Wu CL, Shih MC, Yang CC, Huang MH, Chang CK. Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7(1):33. doi: [10.1186/1550-2783-7-33](https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-33), PMID [20977701](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20977701/).
68. Hobson RM, Harris RC, Martin D, Smith P, Macklin B, Elliott-Sale KJ et al. Effect of sodium bicarbonate supplementation on 2000-m rowing performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(1):139-44. doi: [10.1123/ijsp.2013-0086](https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0086), PMID [23579002](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23579002/).
69. Douroudos II, Fatouros IG, Gourgoulis V, Jamurtas AZ, Tsitsios T, Hatzinikolaou A et al. Dose-related effects of prolonged NaHCO<sub>3</sub> ingestion during high-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(10):1746-53. doi: [10.1249/01.mss.0000230210.60957.67](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000230210.60957.67), PMID [17019296](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17019296/).
70. Edge J, Bishop D, Goodman C. Effects of chronic NaHCO<sub>3</sub> ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance. *J Appl Physiol (1985).* 2006;101(3):918-25. doi: [10.1152/jappphysiol.01534.2005](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01534.2005), PMID [16627675](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16627675/).
71. Kozak-Collins K, Burke ER, Schoene RB. Sodium bicarbonate ingestion does not improve performance in women cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1994;26(12):1510-5. doi: [10.1249/00005768-199412000-00015](https://doi.org/10.1249/00005768-199412000-00015), PMID [7869886](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7869886/).
72. Dankovic G. Effects of sodium bicarbonate supplementation in martial arts. *Serb J Exp Clin Res.* 2022. doi: [10.2478/sjecr-2022-0016](https://doi.org/10.2478/sjecr-2022-0016).
73. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, Stauffacher S, Impellizzeri FM, Maffiuletti NA. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):556-60. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d), PMID [20647944](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20647944/).
74. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review: brief review. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):1015-24. doi: [10.1519/JSC.0b013e31816eb518](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816eb518), PMID [18438210](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18438210/).
75. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(s2);Suppl 2:95-102. doi: [10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x), PMID [20840567](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20840567/).
76. Morales J, Alamo JM, García-Massó X, Buscà B, López JL, Serra-Añó P et al. Use of heart rate variability in monitoring stress and recovery in judo athletes. *J Strength Cond Res.* 2014;28(7):1896-905. doi: [10.1519/JSC.0000000000000328](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000328), PMID [24276307](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24276307/).

77. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287(3):R502-16. doi: [10.1152/ajpregu.00114.2004](https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004), PMID [15308499](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15308499/).
78. Mueller SM, Gehrig SM, Frese S, Wagner CA, Boutellier U, Toigo M. Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10(1):16. doi: [10.1186/1550-2783-10-16](https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-16), PMID [23531361](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23531361/).
79. Sterkowicz S, Zuchowicz A, Kubica R. Levels of anaerobic and aerobic capacity indices and results for the special fitness test in judo competitors. *J Hum Kinet*. 1999;2(1):115-35.
80. Thomas SG, Cox MH, LeGal YM, Verde TJ, Smith HK. Physiological Profiles of the Canadian Judo Team. *Canadian journal of sport sciences= Journal canadien des sciences du sport*. 1989;3:142-7.
81. Little NG. Physical performance attributes of Junior and senior women, juvenile, junior and senior men judokas. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31(4):510-20. PMID [1806727](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1806727/).
82. Sterkowicz-Przybycień K, Fukuda DH, Franchini E. Meta-analysis to determine normative values for the special judo fitness test in male athletes: 20+ years of sport-specific data and the lasting legacy of Stanisław Sterkowicz. *Sports (Basel)*. 2019;7(8):194. doi: [10.3390/sports7080194](https://doi.org/10.3390/sports7080194), PMID [31426342](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31426342/).
83. Franchini E, Sterkowicz S, Szmatlan-Gabrys U, Gabrys T, Garnys M. Energy system contributions to the special judo fitness test. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011 September 1;6(3):334-43. doi: [10.1123/ijspp.6.3.334](https://doi.org/10.1123/ijspp.6.3.334), PMID [21911859](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21911859/).
84. Foresti YF, Bertucci DR, de Carvalho CD et al. Comparison between Special Judo Fitness Test, metabolic variables and energy contribution in young judo athletes. *Arch Budo*. 2020;16:227-34.
85. Ostojic SM, Markovic G, Calleja-Gonzalez J, Jakovljevic DG, Vucetic V, Stojanovic MD. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):1055-9. doi: [10.1007/s00421-009-1313-1](https://doi.org/10.1007/s00421-009-1313-1), PMID [20012445](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20012445/).
86. Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res*. 2004;18(2):353-8. doi: [10.1519/R-13113.1](https://doi.org/10.1519/R-13113.1), PMID [15142026](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15142026/).
87. Magnani Branco BH, Lopes-Silva JP, da Silva Santos J, Julio UF, Panissa VLG, Franchini E. Monitoring training during four weeks of three different modes of high-intensity interval training in judo athletes. *Arch Budo*. 2017;13:51-62.
88. Ouergui I, Ardigò LP, Selmi O, Levitt DE, Chtourou H, Bouassida A et al. Changes in perceived exertion, well-being, and recovery during specific judo training: impact of training period and exercise modality. *Front Physiol*. 2020;11:931. doi: [10.3389/fphys.2020.00931](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00931), PMID [32922306](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32922306/).
89. Zabala M, Requena B, Sánchez-Muñoz C, González-Badillo JJ, García I, Ööpik V et al. Effects of sodium bicarbonate ingestion on performance and perceptual responses in a laboratory-simulated BMX cycling qualification series. *J Strength Cond Res*. 2008;22(5):1645-53. doi: [10.1519/JSC.0b013e318181febe](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318181febe), PMID [18714219](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18714219/).
90. Robertson RJ, Falkel JE, Drash AL, Swank AM, Metz KF, Spungen SA et al. Effect of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1986;18(1):114-22. doi: [10.1249/00005768-198602000-00019](https://doi.org/10.1249/00005768-198602000-00019), PMID [3959854](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3959854/).



91. Tanner RK, Fuller KL, Ross ML. Evaluation of three portable blood lactate analysers: lactate Pro, lactate Scout and lactate Plus. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(3):551-9. doi: [10.1007/s00421-010-1379-9](https://doi.org/10.1007/s00421-010-1379-9), PMID [20145946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20145946/).
92. Granier PL, Dubouchaud H, Mercier BM, Mercier JG, Ahmaidi S, Préfaut CG. Effect of NaHCO<sub>3</sub> on lactate kinetics in forearm muscles during leg exercise in man. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28(6):692-7. doi: [10.1097/00005768-199606000-00008](https://doi.org/10.1097/00005768-199606000-00008), PMID [8784757](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8784757/).
93. Stephens TJ, McKenna MJ, Canny BJ, Snow RJ, McConell GK. Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(4):614-21. doi: [10.1097/00005768-200204000-00009](https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00009), PMID [11932569](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11932569/).
94. Tiryaki GR, Atterbom HA. The effects of sodium bicarbonate and sodium citrate on 600 m running time of trained females. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995;35(3):194-8. PMID [8775646](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8775646/).
95. Webster MJ, Webster MN, Crawford RE, Gladden LB. Effect of sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(8):960-5. doi: [10.1249/00005768-199308000-00012](https://doi.org/10.1249/00005768-199308000-00012), PMID [8396707](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8396707/).
96. Bonitch-Góngora JG, Bonitch-Domínguez JG, Padiál P, Feriche B. The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *J Strength Cond Res.* 2012;26(7):1863-71. doi: [10.1519/JSC.0b013e318238ebac](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318238ebac), PMID [21986690](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21986690/).
97. Miarka B, Del Vecchio FB, Franchini E. Acute effects and postactivation potentiation in the special judo fitness test. *J Strength Cond Res.* 2011;25(2):427-31. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181bf43ff](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bf43ff), PMID [20375739](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20375739/).
98. Detanico D, Dal Pupo JD, Franchini E, dos Santos SG. Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *J Strength Cond Res.* April 2015;29(4):1010-6. doi: [10.1519/JSC.0000000000000746](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000746), PMID [25426512](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25426512/).
99. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(5):807-13. doi: [10.1249/01.mss.0000126392.20025.17](https://doi.org/10.1249/01.mss.0000126392.20025.17), PMID [15126714](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15126714/).
100. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med.* 2010;48(6):757-67). doi: [10.1515/CCLM.2010.179](https://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179), PMID [20518645](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20518645/).
101. Ribeiro SR, Tierra-Criollo JC, Martins RABL. Effects of different strengths in the judo fights, muscular electrical activity and biomechanical parameters in elite athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2006;12:27-32.
102. Andreato LV, de Moraes SM, Esteves JV, Pereira RRA, Gomes TLM, Andreato TV et al. Physiological responses and rate of perceived exertion in Brazilian jiu-jitsu athletes. *Kinesiology.* 2012;44:173-81.
103. Brandão F, Fernandes HM, Alvez JV, Fonseca S, Reis VM. Hematological and biochemical markers after a Brazilian Jiu-Jitsu tournament in world-class athletes. *Braz J Kinesiol Hum Perform.* 2014;16:144-51.
104. Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sci.* 1997;15(2):215-22. doi: [10.1080/026404197367498](https://doi.org/10.1080/026404197367498), PMID [9258852](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9258852/).
105. Umeda T, Yamai K, Takahashi I, Kojima A, Yamamoto Y, Tanabe M et al. The effects of a two-hour judo training session on the neutrophil immune functions in university judoists. *Luminescence.* 2008;23(1):49-53. doi: [10.1002/bio.1016](https://doi.org/10.1002/bio.1016), PMID [18175295](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18175295/).

106. Laskowski R, Ziemann E, Olek RA, Zembron-Lacny A. The effect of three days of judo training sessions on the inflammatory response and oxidative stress markers. *J Hum Kinet.* 2011;30:65-73. doi: [10.2478/v10078-011-0074-1](https://doi.org/10.2478/v10078-011-0074-1), PMID [23487396](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23487396/).
107. Speranza L, Grilli A, Patruno A, Franceschelli S, Felzani G, Pesce M et al. Plasmatic markers of muscular stress in isokinetic exercise. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2007;21(1-2):21-9. PMID [18211747](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18211747/).
108. de Oliveira DC, Rossano Procida I, das Neves Borges-Silva C. Effect of training judo in the competition period on the plasmatic levels of leptin and pro-inflammatory cytokines in high-performance male athletes. *Biol Trace Elem Res.* 2010;135(1-3):345-54. doi: [10.1007/s12011-009-8499-2](https://doi.org/10.1007/s12011-009-8499-2), PMID [19711027](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19711027/).
109. Borges GF, Rama L, Pedreiro S, Alves F, Santos A, Massart A et al. Differences in plasma cytokine levels between elite kayakers and nonathletes. *BioMed Res Int.* 2013;2013:370354. doi: [10.1155/2013/370354](https://doi.org/10.1155/2013/370354), PMID [23781501](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23781501/).
110. Koga T, Umeda T, Kojima A, Tanabe M, Yamamoto Y, Takahashi I et al. Influence of a 3-month training program on muscular damage and neutrophil function in male university freshman judoists. *Luminescence.* 2013;28(2):136-42. doi: [10.1002/bio.2352](https://doi.org/10.1002/bio.2352), PMID [22407581](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22407581/).
111. Franchini E, Julio UF, Panissa VL, Lira FS, Gerosa-Neto J, Branco BH. High-intensity intermittent training positively affects aerobic and anaerobic performance in judo athletes independently of exercise mode. *Front Physiol.* 2016;7:268. doi: [10.3389/fphys.2016.00268](https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00268), PMID [27445856](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27445856/).
112. Trivić T. Alteracije biomarkera oksidativnog stresa kod vrhunskih džudista nakon suplementacije molekularnim vodonikom; 2017 ([doctoral dissertation]. Serbia: University of Novi Sad).
113. Saunders B, Elliott-Sale K, Artioli GG, Swinton PA, Dolan E, Roschel H et al.  $\beta$ -alanine supplementation to improve exercise capacity and performance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2017;51(8):658-69. doi: [10.1136/bjsports-2016-096396](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096396), PMID [27797728](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27797728/).

## СКРАЋЕНИЦЕ

## СКРАЋЕНИЦЕ

**1 MET** – један метаболички еквивалент

**АДР** – аденозин-ди-фосфат

**АЛТ (ALT - alanine transaminase)** – аланин трансминаза

**АМФ** – аденозин-монофосфат

**ANOVA (АНОВА)** – Анализа варијансе, статистичка метода

**AST** – aspartate aminotransferase

**АТФ** – аденозинтрифосфата

**бЛа (bLa, blood lactate concentrations)** – концентрација лактата у крви

**Са** – калцијум

**СК** – креатин киназа

**Сl** – хлорид

**СМЈ (countermovement jump)** – скок са припремом

**ЦНС**- централни нервни сиситем

**ЦП (PCr)** – креатин фосфат

**FDA** – Америчка агенција за храну и лекове

**HR (heart rate)** – срчана фреквенција

**hsCRP** – ц реактивни протеин

**IUPAC** – Међународна унија за чисту и примењену хемију

**К** – калијум

**K2EDTA** – антигоагуланс

**lactate threshold** – лактатни праг

**LDH (lactate dehydrogenase)** – лактат дехидрогеназа

**МОК** – Међународни олимпијски комитет

**Mg** – магнезијум

**Na** – натријум

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** – натријум карбонат

**НАД<sup>+</sup> (НАДХ<sub>2</sub>, НАДХ)** – никотинамид аденин динуклеотида

**NaHCO<sub>3</sub>** – натријум бикарбонат

**P** – фосфор

**PAL (physical activity level)** – целодневна потрошња организма

**RMR (resting metabolic rate)** – потрошња у мировању

**RPE Borg's scale** – степен перципираног замора на Борговој скали

**SJFT** – специјални цудо фитнес тест

**VO<sub>2</sub>max** – максимални капацитет аеробног вежбања

## ПРИЛОЗИ

## ПРИЛОЗИ

### БИОГРАФИЈА

Др Горан Данковић, рођен је 15. новембра 1970. године у Нишу, Република Србија. Основну школу „Учитељ Таса”, гимназију „Бора Станковић“ и средњу „Медицинску школу“ завршио је у Нишу. Школске 1989/1990. године уписао је Медицински факултет Универзитета у Нишу, који је завршио 1995. године. Од 1995. године запослен је у Универзитетском клиничком центру у Нишу, на Клиници за анестезију, реаниматологију и интензивну терапију. Државни стручни испит за доктора медицине положио је 1997. године. Исте године одслужио је војни рок на Војно Медицинској Академији у Београду. Официр је Санитетске службе Војске Србије у резервном саставу. Специјалистичке студије из области *Анестезиологија са реаниматологијом* уписао је на Медицинском факултету Универзитета у Нишу 1998/1999. године. Специјалистички стаж реализовао је у Универзитетском Клиничком Центру Ниш, Клиничком Центру у Београду и на Војно Медицинској Академији у Београду. Специјалистички испит положио је 2002. године. Докторске академске студије уписао је на Факултету медицинских наука Универзитета у Крагујевцу школске 2019/2020. године, изборно подручје *Експериментална физиологија и спортска медицина*.

Усавршавао се у Кентерберију, у Великој Британији (Kent & Canterbury Hospital, NHS Trust), на Очној клиници у Будимпешти, Република Мађарска, и на Очној клиници у Варни, Република Бугарска.

Члан је Српског лекарског друштва, Удружења анестезиолога и интензивиста Србије, Лекарске коморе Србије и Олимпијског комитета Србије.

Ожењен је и отац два дечака.

### БИБЛИОГРАФИЈА

1. **Danković, G.**, Effects of sodium bicarbonate supplementation in martial arts. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research*. (2022). doi:10.2478/sjecr-2022-0016

2. **Danković, G.**, Stanković, N., Milošević, N., Živković, V., Russo, L., Migliaccio, G. M., Larion, A., Trajković N., and Padulo, J. Effects of Sodium Bicarbonate Ingestion on Recovery in High-Level Judokas. *International journal of environmental research and public health*. Vol. 19, iss. 20 (2022), pp. 1-9. doi:10.3390/ijerph192013389

3. Anđelković, Ž., Bratić, M., Stamenković, S., Pavlović, Lj., and **Danković, G.** The Importance of Youth Sport Camps for Sustainable (Tourism) Development. *Facta Universitatit. Series: Physical Education and Sport. Online First* (2023), pp. 1-9. doi: 10.22190/FUPES221221001A

4. Stamenković, S., **Danković, G.**, Stanković, N., Stojanović, N., and Paunović, M. Trend Change in the Morphological Features of Boys Aged Seven to Ten. *Facta Universitatis. Series: Physical Education and Sport*. Vol. 18, no. 1 (2020), pp. 103-118. doi:10.22190/FUPES200213010S.

5. Pavlović, Lj., Stojiljković, N., Stamenković, S. **Danković, G.**, Lakota, R., and Milanović, Z. The Effects of one-week skiing camp on wellness, fatigue and body composition in recreational skiers. *Homo Sporticus*. Vol. 22, iss. 1 (2020), pp. 62-65.

6. Đorđević-Jocić, J., **Danković, G.**, Veselinović, A., Živković, M., Cvetanović, M., Zlatanović, M. Prisustvo reumatoidnog faktora kod bolesnika sa skleritisom. *Acta ophthalmologica*. God. 38, br. 1/2 (2012), str. 5-11

7. Ciric, V., Saranac, Lj., Zivic, S., **Dankovic, G.**, Body standard measurements in different age and sex groups among children with newly diagnosed type 1 diabetes mellitus. *Hormone Research in Paediatrics*. Vol. 64, suppl. 1 (2005), pp. 264. . doi:10.1159/000088326. ISBN 978-3-8055-8007-6



**ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

**"УТИЦАЈ СУПЛЕМЕНТАЦИЈЕ НАТРИЈУМ БИКАРБОНАТОМ НА  
ФИЗИОЛОШКЕ И МОТОРИЧКЕ ПАРАМЕТРЕ ЦУДИСТА"**

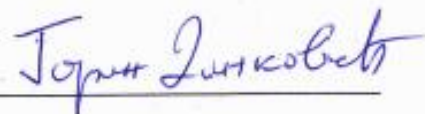
представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

*Овом Изјавом такође потврђујем:*

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица*,

У Крагујевцу, 03.02.2023. године,

Горан Т. Данковић



потпис аутора

Образац 2

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

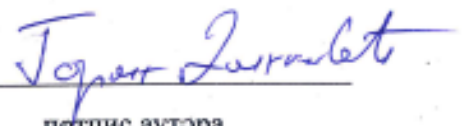
Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

**"УТИЦАЈ СУПЛЕМЕНТАЦИЈЕ НАТРИЈУМ БИКАРБОНАТОМ НА  
ФИЗИОЛОШКЕ И МОТОРИЧКЕ ПАРАМЕТРЕ ЦУДИСТА"**

истоветне.

У Крагујевцу, 03.02.2023. године,

Горан Т. Данковић



потпис аутора

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, ГОРАН Т. ДАНКОВИЋ,

дозвољавам

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

**"УТИЦАЈ СУПЛЕМЕНТАЦИЈЕ НАТРИЈУМ БИКАРБОНАТОМ НА ФИЗИОЛОШКЕ И МОТОРИЧКЕ ПАРАМЕТРЕ ЦУДИСТА"**

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

дозвољавам

не дозвољавам<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада - CC-BY-NC-ND <sup>2</sup>

У Крагујевцу, 03.02.2023. године,

Горан Т. Данковић



потпис аутора

---

<sup>2</sup> Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>