



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG
VASPITANJA



**EFEKTI AKUTNE REDUKCIJE
TELESNE MASE NA MOTORIČKE
SPOSOBNOSTI I BIOHEMIJSKE
MARKERE MIŠIĆNIH FUNKCIJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
Doc. dr Tatjana Trivić

Kandidat:
Roberto Roklicer

Novi Sad, 2022. godine

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА¹

| | |
|---|---|
| Врста рада: | Докторска дисертација |
| Име и презиме аутора: | Роберто Роклицер |
| Ментор (титула, име, презиме, звање, институција) | Доц. др Татјана Тривић, доцент Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Новом Саду |
| Наслов рада: | Ефекти акутне редукције телесне масе на моторичке способности и биохемијске маркере мишићних функција |
| Језик публикације (писмо): | Српски (_____ латиница _____) или (навести ћирилица или латиница) |
| Физички опис рада: | Унети број: Страница _____ 55 _____ Поглавља _____ 9 _____ Референци _____ 130 _____ Табела _____ 11 _____ Слика _____ Графикона _____ 3 _____ Прилога _____ |
| Научна област: | Физичко васпитање и спорт |
| Ужа научна област (научна дисциплина): | Основне научне дисциплине у спорту и физичком васпитању |
| Кључне речи / предметна одредница: | Акутна редукција телесне масе, борилачки спортови, биохемијски маркери, перформансе |
| Резиме на језику рада: | Краткорочна регулација телесне масе је широко распрострањена у борилачким спортовима. Рестриктивна дијета, принудна глад, или добровољна редукција телесне масе заокупља пажњу научника, здравствених и спортских радника. Нагла редукција телесне масе (RWL) се односи на методе које спортиста користи у циљу смањења телесне масе у последњој недељи пре такмичења, при чему се у просеку изгуби око 5% телесне масе. Циљ овог истраживања био је да се испита утицај рапидне редукције телесне масе на промене биохемијских маркера скелетних мишића, срчаног мишића и бубрежне функције, као и на моторичке способности и афективна стања (упитник POMS) рвача и џудиста (N=18). Студија је дизајнирана тако да се састојала из иницијалног мерења и две експерименталне фазе. Експериментални третман, након иницијалног мерења (ИМ), одвијао се у две фазе са циљем да се испитају акутни ефекти редукције телесне масе на моторичке способности и биохемијске маркере када се 5% телесне масе редукује у комбинацији са спорт-специфичним тренингом (прва фаза) у |

¹ Аутор докторске дисертације потписао је и приложио следеће Обрасце:

5б – Изјава о ауторству;

5в – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије и о личним подацима;

5г – Изјава о коришћењу.

Ове Изјаве се чувају на факултету у штампаном и електронском облику и не кориче се са тезом.

| | |
|---|--|
| | <p>односу на промене које су изазване само високоинтензивним спорт-специфичним тренингом без редукације телесне масе (друга фаза). Примена рапидне редукације телесне масе уз високоинтензивни специфични тренинг је изазвала статистички значајне промене испитиваних маркера, моторичких способности и стања расположења. Такође, у фази када је примењен само високоинтензивни специфични тренинг, регистрована је промена активности испитиваних маркера у мањој мери него када се исти комбиновао са RWL. За општу добробит и безбедност спортиста, неопходно је увести одређене измене у правилнике о такмичењу код борилачких спортова који се класификују по тежинским категоријама.</p> |
| <p>Датум прихватања теме од стране надлежног већа:</p> | |
| <p>Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)</p> | |
| <p>Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)</p> | <p>Председник: проф. др Сергеј Остојић, редовни професор, Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Новом Саду Члан: Проф. др Патрик Дрид, редовни професор, Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Новом Саду Члан: Проф. др Миодраг Драпшин, Медицински факултет, Универзитет у Новом Саду Члан:</p> |
| <p>Напомена:</p> | |

KEY WORD DOCUMENTATION²

| | |
|--|--|
| Document type: | Doctoral dissertation |
| Author: | Roberto Roklicer |
| Supervisor (title, first name, last name, position, institution) | Doc. dr Tatjana Trivić |
| Thesis title: | Effects of rapid weight loss on motor skills and biomarkers of muscle functions |
| Language of text (script): | Serbian language (____latin____) or (cyrillic or latin script) _____language |
| Physical description: | Number of: Pages _____ 55 _____ Chapters _____ 9 _____ References _____ 130 _____ Tables _____ 11 _____ Illustrations _____ Graphs _____ 3 _____ Appendices _____ |
| Scientific field: | Physical education and sport |
| Scientific subfield (scientific discipline): | Basic scientific disciplines in sport and physical education |
| Subject, Key words: | Rapid weight loss, combat sports, biomarkers, performance |
| Abstract in English language: | Short-term regulation of body weight is highly prevalent in combat sports. Restrictive diets, forced starvation, or voluntary weight loss are attracting the attention of scientists, sport and health workers. Rapid weight loss (RWL) refers to the methods used by an athlete to lose weight within the last week before the competition, whereby an average of 5% of body weight is lost. The aim of this study was to examine the effect of rapid weight reduction on changes in biochemical markers of skeletal muscle, heart muscle and renal function, as well as on motor skills and mood states (POMS questionnaire) of wrestlers and judokas (N=18). The study consisted of an initial measurement and two experimental phases. Experimental treatment, after initial measurement (IM), took place in two phases in order to examine the acute effects of weight reduction on motor skills and biochemical markers when 5% of body weight is reduced in combination with sports-specific training (first phase - P1) in relation to changes that are caused only by high-intensity sports-specific training without weight reduction (second phase - P2). The application of rapid weight loss with high-intensity specific training caused statistically significant changes in the examined markers, motor skills and |

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

| | |
|---|--|
| | <p>mood. However, in the phase when only high-intensity specific training was applied, a change in the activity of the tested markers was registered to a lesser extent than when it was combined with RWL. For the welfare and safety of athletes, it would be recommended to intervene, ie to introduce certain modifications in the rules of competition in combat sports, which are classified by weight categories.</p> |
| Accepted on Scientific Board on: | |
| Defended: (Filled by the faculty service) | |
| Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution) | <p>President: Prof. dr Sergej Ostojić, Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad</p> <p>Member: Prof. dr Patrik Drid, Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad</p> <p>Member: Prof dr. Miodrag Drapšin, Faculty of Medicine, University of Novi Sad</p> <p>Member:</p> |
| Note: | |

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. OPŠTI DEO..... | 3 |
| 2.1. Promene metabolizma tokom kratkotrajnog gladovanja..... | 3 |
| 2.2. Senzitivni markeri mišićnih oštećenja | 4 |
| 2.3. Srčani biomarkeri..... | 8 |
| 2.4. Biomarkeri akutnog oštećenja bubrega..... | 10 |
| 2.5. Uticaj rapidnog skidanja telesne mase na stanje raspoloženja..... | 12 |
| 3. PROBLEM, PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA..... | 14 |
| 4. HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA..... | 15 |
| 5. METODE ISTRAŽIVANJA..... | 16 |
| 5.1. Uzorak ispitanika..... | 16 |
| 5.2. Eksperimentalni dizajn..... | 16 |
| 5.3. Opis specifičnog treninga..... | 18 |
| 5.4. Protokol..... | 19 |
| 5.5. Metode analize..... | 22 |
| 5.5.1. Metode analize biohemijsko hematoloških parametara..... | 22 |
| 5.6. Metode obrade podataka..... | 23 |
| 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA..... | 24 |
| 6.1. Praćenje vrednosti telesne kompozicije ispitanika..... | 24 |
| 6.1.1. Rezultati parametara koji se odnose na aerobne sposobnosti ispitanika..... | 25 |
| 6.1.2. Praćenje srčane frekvence u oporavku..... | 25 |
| 6.1.3. Praćenje parametara za procenu performansi vertikalnog skoka..... | 26 |
| 6.1.4. Praćenje snage stiska šake u tri vremenske tačke..... | 28 |
| 6.2. Efekti eksperimentalnih tretmana na kompletnu krvnu sliku..... | 28 |
| 6.3. Senzitivni markeri mišićnih oštećenja..... | 30 |
| 6.4. Biomarkeri akutnog oštećenja bubrega..... | 32 |
| 6.5. Srčani biomarkeri..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 6.6. Lipidni status ispitanika..... | 35 |
| 6.7. Uticaj ekseprimentalnog tretmana na afektivna stanja (POMS)..... | 36 |
| 7. DISKUSIJA..... | 38 |
| 8. ZAKLJUČAK..... | 47 |
| 9. LITERATURA..... | 48 |

SAŽETAK

Kratkoročna regulacija telesne mase je široko rasprostranjena u borilačkim sportovima. Restriktivna dijeta, prinudna glad, ili dobrovoljna redukcija telesne mase zaokuplja pažnju naučnika, zdravstvenih i sportskih radnika. Nagla redukcija telesne mase (RWL) se odnosi na metode koje sportista koristi u cilju smanjenja telesne mase u poslednjoj nedelji pre takmičenja, pri čemu se u proseku izgubi oko 5% telesne mase. Cilj ovog istraživanja bio je da se ispita uticaj rapidne redukcije telesne mase na promene biohemijskih markera skeletnih mišića, srčanog mišića i bubrežne funkcije, kao i na motoričke sposobnosti i afektivna stanja (upitnik POMS) rvača i džudista (N=18). Studija je dizajnirana tako da se sastojala se iz inicijalnog merenja i dve eksperimentalne faze. Eksperimentalni tretman, nakon inicijalnog merenja (IM), odvijao se u dve faze sa ciljem da se ispitaju akutni efekti redukcije telesne mase na motoričke sposobnosti i biohemijske markere kada se 5% telesne mase redukuje u kombinaciji sa sport-specifičnim treningom (prva faza – P1) u odnosu na promene koje su izazvane samo visokointenzivnim sport-specifičnim treningom bez redukcije telesne mase (druga faza – P2). Primena rapidne redukcije telesne mase uz visokointenzivni specifični trening je izazvala statistički značajne promene ispitivanih markera, motoričkih sposobnosti i stanja raspoloženja. Takođe, u fazi kada je primenjen samo visokointenzivni specifični trening, registrovana je promena aktivnosti ispitivanih markera u manjoj meri nego kada se isti kombinovao sa RWL. Za opštu dobrobit i bezbednost sportista, neophodno je uvesti određene izmene u pravilnike o takmičenju kod borilačkih sportova koji se klasifikuju po težinskim kategorijama.

ABSTRACT

Short-term regulation of body weight is highly prevalent in combat sports. Restrictive diets, forced starvation, or voluntary weight loss are attracting the attention of scientists, sport and health workers. Rapid weight loss (RWL) refers to the methods used by an athlete to lose weight within the last week before the competition, whereby an average of 5% of body weight is lost. The aim of this study was to examine the effect of rapid weight reduction on changes in biochemical markers of skeletal muscle, heart muscle and renal function, as well as on motor skills and mood states (POMS questionnaire) of wrestlers and judokas (N=18). The study consisted of an initial measurement and two experimental phases. Experimental treatment, after initial measurement (IM), took place in two phases in order to examine the acute effects of weight reduction on motor skills and biochemical markers when 5% of body weight is reduced in combination with sports-specific training (first phase - P1) in relation to changes that are caused only by high-intensity sports-specific training without weight reduction (second phase - P2). The application of rapid weight loss with high-intensity specific training caused statistically significant changes in the examined markers, motor skills and mood. However, in the phase when only high-intensity specific training was applied, a change in the activity of the tested markers was registered to a lesser extent than when it was combined with RWL. For the welfare and safety of athletes, it would be recommended to intervene, ie to introduce certain modifications in the rules of competition in combat sports, which are classified by weight categories.

1. UVOD

Gubitak telesne mase je univerzalno poznat fenomen. Restriktivna dijeta, prinudna glad, ili dobrovoljna redukcija telesne mase zaokuplja pažnju naučnika, zdravstvenih i sportskih radnika. Prebrzi gubitak telesne mase je neodrživ, a prebrzo gubljenje kilograma može dovesti do brojnih komplikacija. Kratkoročna regulacija telesne mase je široko rasprostranjena u borilačkim sportovima. Akutna redukcija telesne mase (RWL – rapid weight loss) često se sprovodi u sportovima koji su uslovljeni težinskim kategorijama (Franchini i sar., 2012; Khodae i sar., 2015; Reale i sar., 2017; Barley i sar., 2019; Matthews i sar., 2019).

Primena RWL je najzastupljenija u džudu, rvanju, boksu i tekvondu. U sportovima kao što su jahanje i veslanje (Sundgot-Borgen i sar., 2013; Khodae i sar., 2015) sportisti takođe redukuju telesnu masu ali u manjem stepenu. Pre nego što se razmotri zastupljenost, učestalost i primena različitih metoda redukcije telesne mase, važno je utvrditi zahteve i pravila određenog borilačkog sporta. U zavisnosti od sporta, vreme između zvaničnog merenja i takmičenja može znatno da varira, što svakako utiče na strategiju skidanja telesne mase koju sportisti primenjuju (Reale i sar., 2016; Matthews i sar., 2018). Vremenski raspon između zvaničnog merenja i početka takmičenja kreće se između 2 i 24 sata, u zavisnosti od pravila sporta. Nakon oficijalnog merenja, sportisti u borilačkim sportovima uglavnom teže da nadoknade većinu „izgubljene“ telesne mase do početka takmičenja (Pettersson i sar., 2013; Coswig i sar., 2019; Matthews i Nicholas, 2016). Brza nadoknada telesne mase vrši se u cilju sticanja takmičarske prednosti, s obzirom da se smatra da je teži borac u prednosti nad lakšim (Franchini i sar., 2012; Reale i sar., 2016; Coswig i sar., 2019; Matthews i sar., 2019).

Nagla redukcija telesne mase se odnosi na metode koje sportista koristi u cilju smanjenja telesne mase u poslednjoj nedelji pre takmičenja, pri čemu se u proseku izgubi od 2% do 10% telesne mase (Franchini i sar., 2012; Khodae i sar., 2015; Reale i sar., 2017; Barley i sar., 2019; Matthews i sar., 2019). Rezultati istraživanja pokazuju da oko 80% sportista iz borilačkih sportova primenjuju određene metode redukcije telesne mase. Tu spadaju sportisti koji se takmiče u mešovitim borilačkim veštinama (MMA), brazilskoj džiu-džici (BJJ), džudžici, tekvondu (TKD), džudu, boksu, muai-tai/kik-boksu i rvanju (Brito i sar., 2012; Crighton i sar., 2015; Barley i sar., 2018; Reale i sar., 2018). Zastupljenost RWL nije jednaka u svim borilačkim sportovima, pri čemu

učestalost gubljenja telesne mase varira i u zavisnosti od nivoa takmičenja (Crighton i sar., 2015; Reale i sar., 2018). U džudu, kako bi postigli željenu težinu, sportisti koriste brojne metode koje im pomažu da pravovremeno redukuju telesnu masu. Strategije koje se najčešće primenjuju su smanjen kalorijski unos uz redukciju obroka, pojačana fizička aktivnost, smanjen unos tečnosti kao i korišćenje saune (Berkovich i sar., 2016). Istraživanja ukazuju da hipohidracija ne samo da negativno utiče na zdravlje, već može negativno uticati i na aerobne sposobnosti (Cheuvront i Kenefick, 2014), mišićnu snagu (Judelson i sar., 2007; Hayes i Morse, 2010; Savoie i sar., 2015), anaerobnu snagu i performanse (Judelson i sar., 2007; Jones i sar., 2008; Kraft i sar., 2011; Savoie i sar., 2015), i mišićnu izdržljivost (Periard i sar., 2012; Savoie i sar., 2015). Takođe, utvrđeni su negativni efekti brzog gubitka telesne mase na različite performanse specifične za određeni borilački sport (Hall i Lane, 2001; Koral i Dosseville, 2009; Alves i sar., 2018; Barley i sar., 2018).

Sportisti često pribegavaju i primeni zabranjenih metoda brzog skidanja kilograma kako bi postigli željenu težinu. Uprkos tome što su laksativi i diuretici na listi nedozvoljenih supstanci od strane Svetske antidoping agencije (WADA), upotreba istih i dalje predstavlja jedan od učestalih načina regulisanja telesne mase (Franchini i sar., 2012). Iako metode rapidne redukcije telesne mase uglavnom imaju za cilj da dovedu sportistu u određenu prednost, postoje i potencijalni negativni aspekti gubljenja kilograma na ovaj način. Ustanovljeno je da naglo gubljenje telesne mase negativno utiče na performanse u pogledu ispoljavanja snage, sile, izdržljivosti, fleksibilnosti kao i spretnosti tokom takmičenja (Houston i sar., 1981; Guastella i sar., 1988; Webster i sar., 1990; Fogelholm i sar., 1993; Tarnopolsky i sar., 1996; Filaire i sar., 2001; Hall i Lane, 2001).

Autori upozoravaju na negativne posledice rapidnog gubitka telesne mase kao što je dehidracija, pražnjenje depoa glikogena i redukcija bezmasne telesne mase što bi moglo da objasni smanjenje performansi kod takmičara (Artioli i sar., 2016). Naime, ovo nisu jedine moguće posledice s obzirom da je u nekim studijama ustanovljeno i smanjenje kognitivnih funkcija sportista nakon redukcije mase na ovaj način (Choma i sar., 1998; Filaire i sar., 2001; Hall i Lane, 2001; Landers i sar., 2001). Približno 65% ljudskog tela se sastoji od vode što ga čini dobrim izvorom za značajno i privremeno smanjenje telesne mase (Khodae i sar., 2015). Prema tome, namernu dehidraciju sportisti često praktikuju uoči takmičenja, što posledično može dovesti do brojnih zdravstvenih komplikacija kao što je i akutna bubrežna insuficijencija (Oppliger i sar., 1996).

2. OPŠTI DEO

2.1. Promene metabolizma tokom kratkotrajnog gladovanja

Jedan od najčešćih simptoma uzrokovan brzim gubitkom telesne mase u borilačkim sportovima su nedostatak energije, vrtoglavica i pojava grčeva u mišićima. U početnom stadijumu gladovanja koriste se hranljive materije kao izvor energije. Masne kiseline se oslobađaju procesom lipolize i predstavljaju osnovne hranljive materije. Jetra oksiduje veći deo svojih masnih kiselina delimično, pretvara ih u ketonska tela, koja odlaze u krv. Posledično, u početnom stadijumu gladovanja nivo masnih kiselina i ketonskih tela u krvi raste. Tokom aktivnosti, mišići koriste masne kiseline, ketonska tela i glukozu iz glikogena. Prema rezultatima istraživanja (Adam i sar., 2006) povećana produkcija ketonskih tela usled brzog gubitka telesne mase ima štetan uticaj na mišiće i kosti. Iako ograničen unos hrane može biti efikasan za brzu redukciju telesne mase, postoje dokazi o povezanosti ograničenog unosa hrane sa kardiovaskularnim oboljenjima i drugim dugoročnim neželjenim efektima. Smanjen unos nutrijenata praćen je promenama u efikasnosti mitohondrija, alteracijama u cirkulišućim hormonima i potrošnji energije koja služi za minimizovanje energetske deficita. Prema tome, energetske deficit i izuzetno nizak nivo telesnih masti predstavljaju značajan fiziološki izazov za organizam.

Redukcija telesne mase dovodi do gubitka metabolički aktivnog tkiva, a samim tim i do smanjenja bazalnog metabolizma (BMR – Basal Metabolic Rate) (Ravussin i sar., 1985; Leibel i sar., 1995). S obzirom na to da je brzina bazalnog metabolizma dinamička, ograničen unos energije i gubitak telesne mase utiču na brojne komponente potrošnje energije. Često vrednosti bazalnog metabolizma ostaju snižene nakon povratka telesne mase pojedinca i neophodno je određeno vreme kako bi se vratile na svoj početni nivo. U periodu nakon prestanka restriktivne dijeta, vrlo često se telesna masa ponovo vraća na vrednosti pre redukcije (Dulloo i sar., 1997; Weyer i sar., 2000; Dulloo i sar., 2012) i to pretežno kao masna telesna komponenta. Ovo predstavlja fenomen koji je poznat kao gojaznost nakon gladovanja.

Dokazano je da se hiperplazija adipocita može javiti u ranoj fazi vraćanja telesne mase (Jackman i sar., 2008), a da su ponovljeni ciklusi redukcije i povratka telesne mase kod sportista koji su klasifikovani u težinske kategorije povezani sa dugoročnim porastom telesne mase (Saami i sar., 2006). Iz tog razloga, sportistima koji primenjuju agresivne metode redukcije telesne mase,

odnosno gladovanja, tokom takmičarske sezone je mnogo teže da postignu optimalnu telesnu kompoziciju za narednu takmičarsku sezonu. Pri kratkotrajnom gladovanju, sportisti treba da teže minimiziranju navedenih (metaboličkih) adaptacija, kako bi održali zadovoljavajući nivo bezmasne telesne mase, izvora energije kao i da vode računa o optimalnom oporavku nakon redukcije telesne mase. U cilju postepenog gubitka telesne mase, sportisti bi redukciji trebali da pristupe postepeno tako što će ishranu redukovati na taj način da postignu male energetske deficite.

2.2. Senzitivni markeri mišićnih oštećenja

Enzimi prisutni u humanom organizmu sintetisu se u ćelijama i svoju funkciju većinom obavljaju u ćelijama u kojima su sintetisani. Biološki su aktivni proteini koji katalitički ubrzavaju hemijske procese u organizmu. Katalizuju jednu ili nekoliko reakcija, pri čemu je kod većine enzima životni vek u plazmi od 24 do 48 sati. Katalitičko delovanje mogu da ostvaruju u intracelularnim i ekstracelularnim prostorima. Iako utiču na brzinu neke reakcije, enzimi nemaju sposobnost da utiču na prirodu reakcije niti na njen konačan ishod. Oni deluju kao katalizatori gde smanjuju aktivacionu energiju što rezultuje ubrzavanjem hemijske reakcije a samim tim povećavaju brzinu stvaranja produkta. Hemijske reakcije katalizovane enzimima su uglavnom reverzibilnog karaktera. Naime, sposobnost enzima da deluju kao katalizatori nije konstantna i može je modifikovati više faktora. Jedan od najvažnijih faktora je pH vrednost. Smanjenje pH vrednosti uzrokovano fizičkim vežbanjem naziva se metabolička acidoza. Kao posledica smanjenja pH vrednosti, dolazi do inhibicije aktivnosti enzima uključenih u ćelijske energetske sisteme. Aktivnost enzima u plazmi daleko je niža nego u tkivima. Međutim, u patološkim stanjima, usled oštećenja tkiva i ćelija, enzimi se pojavljuju u cirkulaciji u većoj količini.

U profesionalnom i amaterskom sportu, česta je pojava oštećenja mišića, pri čemu uzroci mogu biti različiti. Oštećenje može biti uzrokovano dugotrajnim intenzivnim treningom, ili kao posledica uticaja metaboličkih i mehaničkih faktora (Brancaccio i sar., 2010). U zavisnosti od uzroka koji je prethodio oštećenju mišića, postoje indikatori pomoću kojih se takve promene mogu pratiti. Poznato je da usled oštećenja mišića dolazi do morfoloških promena: oštećenja sarkomera, citoskeletnih elemenata i sarkolema (Kim i Lee, 2015). Pored gubitka mišićne funkcije i smanjene proizvodnje sile, mišićna oštećenja su praćena povećanjem koncentracije mioglobina (Mb) i aktivnosti kreatin kinaze (CK) u krvi (Clarkson i Hubal, 2002; Peake i sar., 2005). U zavisnosti od

nivoa oštećenja, vrednosti ovih markera mogu se čak udvostručiti u odnosu na referentne vrednosti zdravih pojedinaca (Brancaccio i sar., 2010). Povećanje koncentracije ovih markera u krvi može se pojaviti zbog fiziološki ili patološki izazvanog oštećenja mišićnog tkiva. Pored pomenutih markera, enzimi kao što su aldolaza (ALD), karboanhidraza (KA), aspartat aminotransferaza (AST), laktat dehidrogenaza (LDH) takođe predstavljaju pouzdane markere za procenu mišićne adaptacije na trening (Kim i sar., 2007; Mamczur i Dzugaj, 2008).

Enzimi mogu imati ključnu ulogu u dijagnostikovanju određenih patoloških stanja. S obzirom da se mnogi od unutarćelijskih enzima obično ne nalaze u krvi, određivanje i praćenje aktivnosti specifičnih enzima može pomoći pri otkrivanju latentnih poremećaja zdravstvenog stanja.

Aldolaza je glikolitički enzim koji postoji u 3 oblika odnosno izoforme (A, B i C). Ovaj enzim podstiče pretvaranje glukoze u energiju i prisutan je u velikim količinama u mišićnom tkivu. Izoform fruktoze-1,6-bisfosfata aldolaze se vezuje za vlakna citoskeleta koja sadrže aktin i predstavlja aldolazu tipa A (tip mišića) koja objašnjava specifični obrazac vezivanja za tkivo. U citosketu jetre izražena je aldolaza tipa B (tip jetre), dok je aldolaza tipa C izražena u mozgu i u drugim nervnim tkivima (Kusakabe i sar., 1997). Povećana količina aldolaze u krvi ukazuje na mogućnost oštećenja mišićnog tkiva kao i različitih oboljenja jetre. Pored navedenog, povišena koncentracija aldolaze tipa A u serumu može se javiti kao odgovor na dermatomiozitis, polimiozitis, mišićnu distrofiju i upalnu bolest mišića (Ukaji i sar., 1999). Vrednosti aldolaze rastu kod infarkta miokarda, dostižu maksimum uglavnom u roku od 24 – 48 sati i vraćaju se u okvir referentnih vrednosti u narednih pet dana. Kod ovih mišićnih bolesti javlja se povećanje prvenstveno izoenzima A aldolaze (Taguchi i Takagi, 2001). Iako se trenutno ne istražuje opširno, aldolaza zajedno sa kreatin kinazom (CK) predstavlja pogodan biomarker za procenu stanja adaptacije skeletnih mišića na trening (Brancaccio i sar., 2010).

Aktivnost kreatin kinaze povezana je sa promenom telesne mase (Swaminathan i sar., 1988) i fizičkom aktivnošću pojedinca. Povišena aktivnost CK uočava se u mirovanju kod sportista u odnosu na fizički neaktivne osobe, kao posledica redovnih treninga kroz koje sportisti svakodnevno prolaze (Hortobagyi i Denhan, 1989). Najveća aktivnost u serumu konstatovana je nakon vežbanja i to nakon prolongiranih fizičkih aktivnosti kao što su maraton (Nuviala i sar., 1992) i triatlon (Denvir i sar., 1999). Porast aktivnosti CK nije indukovano isključivo dugotrajnim

fizičkim aktivnostima. Intenzivna fizička aktivnost oštećuje i strukturu skeletnih mišićnih ćelija na nivou sarkolema i Z-diskova (Hornemann i sar., 2000) rezultujući povećanjem ukupnog nivoa CK (Noakes, 1987; Epstein, 1995). Rezultati istraživanja ukazuju da vežbe sa sopstvenom težinom (weight-bearing exercise) koje uključuju ekscentrične mišićne kontrakcije, kao što je trčanje nizbrdo izazivaju najveći porast aktivnosti CK u serumu (Malm i sar., 2004). Ukupna koncentracija CK zavisi i od uzrasta, pola, rase, mišićne mase, fizičke aktivnosti i klimatskih uslova (Brancaccio i sar., 2007). Iako su vrednosti CK povezane sa određenim individualnim karakteristikama mišića, smatra se da CK u serumu nakon vežbanja značajno raste i varira od 300 do 500 U/L (Brancaccio i sar., 2007). Referentne vrednosti CK kod zdravih osoba kreću se u rasponu od 22-198 U/L. Smatra se da vrednosti iznad referentnog opsega mogu ukazati na oštećenje mišića. Vreme oslobađanja CK u plazmu i eliminisanje iz nje zavisi pre svega od nivoa utreniranosti pojedinca, vrste, intenziteta i trajanja fizičke aktivnosti. Neki autori navode da aktivnost ovog enzima raste najčešće osam sati nakon treninga snage pri čemu se vrednosti CK udvostručuju u odnosu na referentne vrednosti (Hurley i sar., 1995). Istraživanje je pokazalo da povišen nivo CK u serumu, nastao kao posledica ekscentričnog načina vežbanja, ostaje na povišenom nivou između drugog i sedmog dana nakon vežbanja (Serrao i sar., 2003). Merenje i praćenje serumske CK u mirovanju i nakon treninga bi mogao biti važan i pouzdan marker za sportske lekare i trenere (Brancaccio i sar., 2006). Generalno, sportisti imaju viši nivo CK u mirovanju (Koutedakis i sar., 1993) u odnosu na netrenirane osobe, što je posledica veće mišićne mase kao i svakodnevnih treninga. Takođe, značajno povišene vrednosti uočavaju se kod bolesti srca i oštećenja skeletnih mišića. Aktivnost serumske CK je značajno povišena u svim tipovima mišićne distrofije. Razni faktori utiču na stepen povećanja aktivnosti ovog enzima u serumu tokom i nakon vežbanja. Postoje značajne razlike u nivoima CK u serumu tokom mirovanja, gde su vrednosti kod žena niže u odnosu na muškarce (Fu i sar., 2002). Nakon vežbanja, odnosno mišićne aktivnosti, razlike između muškaraca i žena su detektabilne (Amelink i sar., 1988). Osim CK, transaminaze i laktat-dehidrogenaza (LDH) mogu biti pokazatelji mišićnih oštećenja.

Povećana aktivnost laktat dehidrogenaze koristi se kao indirektni marker oštećenja mišića izazvanog vežbanjem. Fizička aktivnost uzrokuje značajan porast laktat-dehidrogenaze (LDH) (Mena i sar., 1996; Gombacci i sar., 2002). Laktat-dehidrogenaza je enzim koji katalizuje reverzibilnu oksidaciju laktata u piruvat. Nalazi se u citoplazmi skoro svih ćelija. Koncentracija LDH u tkivu je oko 500 puta veća nego u plazmi pri čemu i najmanje oštećenje tkiva izaziva porast

aktivnosti u serumu. Nakon dugotrajnih treninga izdržljivosti, kao što su maratoni, vrednosti LDH se mogu udvostručiti i ostati povećane i do dve nedelje (Kobayashi i sar., 2005). Od intenziteta i obima fizičkog napora zavisi stepen povećanja koncentracije LDH (Priest i sar., 1982; Stokke, 1982; Munjal i sar., 1983). Promena koncentracije LDH u serumu može ukazati na oštećenje ćelija, a specifični porast izoenzima može biti koristan za dijagnozu kod ne-traumatične akutne rabdomiolize.

Ekscentrični način vežbanja izaziva mnogo veći porast nivoa enzima u serumu od koncentričnog načina vežbanja. Značajan porast koncentracije LDH uočava se između trećeg i petog dana (Nosaka i sar., 1992; Friden i sar., 1989), a ponekad čak i nakon sedmog dana nakon ekscentričnog načina vežbanja (Brown i sar., 1999). Koncentracija LDH nakon fizičke aktivnosti zavisi i od nivoa utreniranosti ispitanika. Studija koju su sprovedli Klappinska i saradnici (2001) ukazuje na povećanu aktivnost LDH tokom perioda oporavka nakon sprinta od 300 metara. U ovom istraživanju, kod atletičara (takmičari) nije došlo do značajnog povećanja LDH odmah nakon izvedenog sprinta. Značajan porast nivoa ovog enzima uočava se 2h nakon trčanja. Za razliku od sportista, kod ispitanika kontrolne grupe nivo LDH vrednosti su značajno porasle odmah nakon sprinta čak za oko 25% ($p < 0,05$), i ostale su povišene u praćenom periodu oporavka (20 sati nakon sprinta).

Faktor nekroze tumora alfa (TNF α) je inflamatorni citokin koji učestvuje u sistemskoj inflamaciji, proizvode ga makrofagi (monociti) tokom akutne upale i odgovoran je za niz signalnih događaja unutar ćelija koji dovode do nekroze ili apoptoze. Ovaj protein takođe ima ulogu u otpornosti na infekcije. Povećanje koncentracije TNF α u plazmi zavisi od vrste, intenziteta i trajanja fizičke aktivnosti. Neki autori smatraju da je koncentracija ovog citokina u mišićima nakon povrede kao i nakon ekscentrične vežbe još uvek nedovoljno utvrđena. Pokazano je da TNF α ne utiče na upalu mišića povezanu sa vežbanjem, ali da može poboljšati oporavak mišićne funkcije (Rice i sar., 2008).

U ljudskom telu postoje razlike u fiziološkim i biohemijskim procesima pre i nakon fizičke aktivnosti. Da bi dobili uvid u stanje organizma koriste se brojni testovi, odnosno biohemijski markeri u krvi. Pod uticajem fizičke aktivnosti može doći do oštećenja skeletnih mišića. Kreatin kinaza, laktat dehidrogenaza, transaminaze, aldolaza i mioglobin su najčešće korišćeni markeri za procenu oštećenja skeletnih mišića pod uticajem fizičke aktivnosti.

2.3. Srčani biomarkeri

Jedno od osnovnih pitanja sportske kardiologije odnosi se na utvrđivanje efekata intenzivne fizičke aktivnosti na kardiovaskularno zdravlje sportista kao i rizik neželjenih pojava. Biomarkeri su objektivni pokazatelj medicinskog stanja. Biomarkeri koji se koriste za predikciju nepoželjnih kardioloških događaja mogu se podeliti u tri grupe:

1. Biomarkeri koji se koriste za detektovanje nekroze miokarda i ishemije miokarda.
2. Biomarkeri hemodinamskog opterećenja
3. Upalni i prognostički biomarkeri

U prvu grupu spadaju markeri koji se koriste za detektovanje miokardijalne nekroze kao što su mioglobin, troponini, kreatin kinaza (CK) i njen izoenzim kreatin kinaza MBI (S-CK-MB). Biomarkeri ishemije miokarda su ishemijom modifikovani albumin (IMA) i srčani protein koji vezuje masne kiseline (H-FABP). Druga grupa obuhvata biomarkere hemodinamskog opterećenja, odnosno atrijski natriuretski peptid (ANP), moždani natriuretski peptid (BNP) i N terminalni proBNP (NT-proBNP). U treću grupu spadaju biomarkeri usmereni na inflamaciju i obuhvataju C reaktivni protein i homocistein.

Kreatin kinaza (CK) je citosolni enzim. Najviše ga ima u srčanom i skeletnim mišićima, a manje u mozgu. Katalizuje reverzibilnu reakciju fosforilacije kreatina (Cr) u fosfokreatin (PCr). Reakcija se odvija u mitohondrijama pri čemu je donor fosforne grupe mitohondrijalni ATP koji nastaje u procesu oksidativne fosforilacije. U citoplazmi fosfokreatin i ADP daju ATP, koji se koristi za mišićne kontrakcije, a ponovo se oslobađa kreatin. Kreatin kinaza se sastoji od dve podjedinice M (mišićne) i B (moždane). Njihovom kombinacijom nastaju tri izoenzima. CK-MM (glavni izoenzim skeletnog i srčanog mišića), CK-MB (izoenzim miokarda) i CK-BB izoenzim (tzv.moždani izoenzim).

Aktivnost CK u plazmi povišena je kod svih oblika mišićne distrofije, regeneracije i povećane mišićne aktivnosti. Razni faktori utiču na stepen povećanja aktivnosti CK u serumu tokom i nakon vežbanja. Takođe, značajno povišene vrednosti uočavaju se kod bolesti srca i oštećenja skeletnih mišića.

Kreatin kinaza MB izoenzim (MBI (S-CK-MB)) katalizuje reverzibilnu reakciju prenosa fosfata između kreatin-fosfata i adozin-difosfata (ADP). Koncentracija CKMB može se odrediti merenjem njegove katalitičke aktivnosti ili merenjem mase, odnosno imunohemijskom metodom. Osim miokarda, i drugi mišići imaju male količine ovog izoenzima. Stanja koja se karakterišu hroničnom destrukcijom i regeneracijom skeletnih mišića (mišićne distrofije ili intenzivna fizička aktivnost) uzrokuju povišene vrednosti CK-MB izoenzima (Lee i Goldman, 1986).

Po listi preporuka evropskih i američkih kardiologa, troponin i BNP pružaju adekvatne informacije kod postavljanja dijagnoze i prognoze srčane slabosti. Postoje tri vrste natriuretskih peptida: tip A, B i C. Kada dođe do opterećenja komora pritiskom i volumenom oslobađa se B tip. Istraživanja ukazuju da intenzivna fizička aktivnost indukuje povećanje NT-proBNP (Sharma i sar., 2015; Predel, 2014). Neki autori su proučavali oštećenje miokarda primenom ehokardiografije i magnetne rezonance kako bi povezali nivoe cTn i NT-proBNP sa odsustvom dokaza oštećenja miokarda. Porast NT-proBNP može odražavati fiziološku reakciju bez patološkog oštećenja kardiomiocita.

Test visoke osetljivosti na srčani troponin (*hs-cTnT*) jeste najnovija generacija laboratorijskog testa srčanih enzima koji omogućava otkrivanje vrlo niskog nivoa troponina T u krvi. Troponinski kompleks se sastoji od tri proteinske subjediniče – troponina C (komponenta koja vezuje kalcijum), troponina I (inhibitorna komponenta) i troponina T (komponenta koja se vezuje za tropomiozin). Troponin je lokalizovan primarno u miofibrilima (94-97%), a prisutan je i u citoplazmi (3–6%). Oslobođanje srčanog troponina u cirkulaciju je karakteristično za akutni infarkt miokarda (Thygesen i sar., 2018). Pojavom visoko osetljivih (high sensitivity, hs) testova za određivanje srčanog troponina (*hs-cTnT*) omogućeno je određivanje veoma niskih koncentracija troponina u krvi osoba iz opšte populacije i sportista. Srčani troponin spada u kontraktilne troponine srčanog mišića. Prema tome, povećana koncentracija u krvi prvenstveno ukazuje na oštećenje srčanog mišića (Odqvist i sar., 2018).

Rezultati istraživanja ukazuju na povišenu koncentraciju cTn nekoliko sati nakon intenzivnog vežbanja (Shave i sar., 2007; Cirer-Satre i sar., 2019). Značajno detektabilne vrednosti cTn uočavaju se kod sportista nakon dugotrajnih fizičkih aktivnosti kao što su maratoni, vožnja bicikla na duge staze i triatloni (Shave i sar., 2010; Vilela i sar., 2014). Prema tome, oslobođanje cTn izazvano vežbanjem može biti povezano sa fiziološkim, a ne patološkim odgovorom

organizma na vežbanje (Eijsvogels i sar., 2016; Aakre i Omland, 2019). Stoga, hs- cTnT se može koristiti kao pouzdan marker u detekciji srčanog odgovora na vežbanje, i toleranciji na različita trenajna opterećenja (Cirer-Sastre i sar., 2019). Nivo povećanja koncentracije ovog markera u krvi uzrokovan vežbanjem, direktno je u vezi sa obimom i intenzitetom treninga koji se primenjuje (Eijsvogels i sar., 2016). Visok nivo utreniranosti i fizičke aktivnosti povezani su sa nižim mortalitetom i prevalencijom maligniteta, kao i nižom stopom oboljevanja od kardio vaskularnih bolesti (Corrado i sar., 2003; Harmon i sar., 2015). Ipak, i pored brojnih zdravstvenih koristi fizičke aktivnosti, intenzivna fizička aktivnost može delovati kao pokretač životno ugrožavajućih stanja. Faktori koji utiču na porast biomarkera nakon intenzivne fizičke aktivnosti su intenzitet i trajanje, dob i aerobni kapacitet. Rezultati istraživanja ukazuju na porast srčanih biomarkera nakon intenzivne fizičke aktivnosti (Stewart i sar., 2016). Ipak, tačan klinički značaj, kao ni uzrok povišenih srčanih biomarkera nakon fizičke aktivnosti nije poznat.

2.4. Biomarkeri akutnog oštećenja bubrega

Osnovna uloga bubrega u organizmu je uklanjanje produkata metabolizma i metabolita lekova, reapsorpcija glukoze, amino kiselina i drugih malih molekula kao i regulacija acido-bazne ravnoteže. Predmet ovog istraživanja su bili produkti metabolizma (urea, kreatinin, mokraćna kiselina i elektroliti) kao i Cistatin C, endogeni marker funkcije bubrega. Bubrežni biomarkeri predstavljaju merljive indikatore specifičnog biološkog stanja. Iako je bubreg organ koji može tolerisati izlaganje različitim uticajima, predisponirajući faktor kao što je dehidracija može predstavljati dodatan rizik za nastanak akutnog oštećenja bubrega. Ipak, uočavaju se individualne razlike u osetljivosti na dejstvo istih faktora rizika, što je posebno izraženo kod sportista koji redukuju svoju telesnu masu. Akutna bubrežna insuficijencija (ABI) se definiše kao naglo smanjenje bubrežne funkcije koja se razvija tokom perioda od nekoliko časova do nekoliko dana usled čega dolazi do akumulacije azotnih materija (urea, kreatinin) i drugih nemerljivih produkata metabolizma (Bellomo i sar., 2012). Iako se smatralo da dehidracija nije povezana sa dugoročnim negativnim efektima na funkciju bubrega, ovakvo mišljenje je opovrgnuto (Roncal-Jimenez i sar., 2015). Poznato je da je akutna bubrežna insuficijencija povezana sa dehidracijom, pri čemu i blaga dehidracija može biti faktor rizika u progresiji bolesti bubrega. Uzimajući u obzir da sportisti koji

se bave borilačkim sportovima redukuju svoju telesnu masu i do 10 puta godišnje (Giannini Artioli i sar., 2010), česta dehidracija može uticati na funkciju bubrega.

U cilju procene funkcije bubrega preporučuje se određivanje koncentracije kreatinina u serumu, i određivanje klirensa kreatinina. Kreatinin je produkt metabolizma kreatin-fosfata u mišićima i njegova koncentracija zavisi direktno od količine mišićne mase. Iz organizma se izbacuje isključivo bubrezima i to pre svega glomerularnom filtracijom i u mnogo manjoj meri tubulskom sekrecijom. Produkcija kreatinina je relativno konstantna. Porast vrednosti serumskog kreatinina registruje se tek nakon nastanka tubularnog oštećenja bubrega (Murray i sar., 2002). Različiti faktori utiču na vrednost kreatinina u serumu kao što su: starost, pol, mišićna masa, metabolizam mišića, nutritivni status, hidracija, lekovi, unos proteina i mnogi drugi.

Za razliku od kreatinina, na nivo cistatina C daleko manje utiču faktori kao što su pol, starost i mišićna masa (Vinge i sar., 1999; Finney i sar., 2000; Shlipak, 2007). Upravo ove karakteristike čine cistatin C pogodnim markerom za procenu bubrežnih funkcija tokom i posle vežbanja (Mingels i sar., 2009). Cistatin C (Cys-C) je inhibitor cistein proteaza. Sintetiše se u skoro svim ćelijama sa jedrom i oslobađa u cirkulaciju. Zbog svoje male molekulske mase nameće se kao pogodan endogeni filtracioni marker jačine glomerulske filtracije (JGF) i kardiovaskularnih oboljenja. Istraživanje je pokazalo da kod pacijenata sa utvrđenom koronarnom bolesti srca, koncentracije cistatina C linearno su povezane sa slabijim kapacitetom za vežbanje i oporavkom srčane frekvence (HRR) (McManus i sar., 2007). Rezultati ove iste studije pokazali su da Cistatin C dodatno otkriva povezanost poremećene funkcije bubrega sa smanjenim oporavkom srčane frekvence i kapacitetom za vežbanje koji nije u potpunosti obuhvaćen merenjima zasnovanim na kreatininu. Istraživanjem koje je sprovedeno na uzorku od 70 rekreativnih maratonaca, došlo je do povećanja koncentracije cistatina C posle maratonske trke. Takođe, u toj studiji merila se i koncentracija kreatinina. Rezultati ove studije ukazali su na skoro dvostruko niže vrednosti cistatina C (21%) u odnosu na kreatinin (41%). To sugeriše da je cistatin C manje pristrasan zbog faktora oštećenja mišića. Upravo ove karakteristike čine cistatin C pogodnim markerom za procenu bubrežnih funkcija tokom i nakon vežbanja (Mingels i sar., 2009).

Urea je takođe pogodan biomarker za praćenje efekata treninga (Nunes i sar., 2012). Urea (*Blood Urea Nitrogen-BUN*) je azotno jedinjenje, koje nastaje kao krajnji produkt razgradnje belančevina i sintetiše se u jetri. Koncentracija uree u krvi nam ukazuje na bubrežnu funkciju, a

koncentracija ovog parametra zavisi i od količine unosa proteina hranom, razgradnje proteina, kao i izlučivanja urinom. Najčešće se određuje u kombinaciji sa kreatininom. Koncentracija uree se može povećati i usled dehidracije, povećanog katabolizma proteina kao i kraćeg gladovanja. Serumska koncentracija uree koristi se u sportu kao marker katabolizma proteina i glukoneogeneze pri većim trenajnim opterećenjima (Romero-Parrai sar., 2020). Usled primene RWL metoda, često dolazi do dehidracije što posledično ima negativan uticaj na funkciju bubrega. Odnos uree i kreatinina služi kao snažan indikator stanja hidriranosti. Pored navedenih markera za procenu hidratacije koriste se vrednosti osmolalnosti krvi i nivoi natrijuma. Dokazi ukazuju da čak i blaga dehidracija (npr. -1% telesne mase) može značajno povećati osmolalnost plazme.

2.5. Uticaj rapidnog skidanja telesne mase na stanje raspoloženja (Profile of Mood States – POMS)

Profil stanja raspoloženja (POMS) koristi se za procenu raspoloženja ispitanika u sportskim naukama (McNair, 1971). U poslednjih 25 godina POMS je prepoznat kao veoma značajan u domenu istraživanja psihologije vežbanja i sporta. Prva istraživanja u oblasti sporta započela su 1970-ih godina. Do 1998. godine POMS je korišćen u preko 250 naučnih članaka i to uglavnom u časopisima iz oblasti psihologije, sportske medicine i zdravstvene psihologije (LeUnes i Burger, 1998). Prvobitna verzija POMS upitnika sastojala se od ukupno 65 pitanja. Upitnik je delovao zahtevno s obzirom da je za opširan upitnik neophodna velika koncentracija i posvećenost. Za popunjavanje upitnika bilo je potrebno mnogo vremena te se morao pronaći način da se on unapredi. Kako bi ga pojednostavili, autori su težili da upitnik modifikuju i skrate. Verzija koja se danas najčešće koristi, modifikovana je od strane Terry i saradnika (2003) i sastoji se od 24 pitanja. Instrument meri šest afektivnih stanja: ljutnju, zbunjenost, depresivnost, umor, napetost i energičnost. Svako od navedenih afektivnih stanja objašnjeno je sa 4 raspoloženja koja ispitanik u datom trenutku oseća:

1. **Ljutnja:** *besno, iznervirano, zlovoljno, ogorčeno*
2. **Zbunjenost:** *zbunjeno, rasejano, dezorijentisano, nesigurno*
3. **Depresivnost:** *utučeno, obeshrabreno, bedno, nesrećno*
4. **Umor:** *iscrpljeno, pospano, umorno, istrošeno*
5. **Napetost:** *anksiozno, nervozno, uspaničeno, zabrinuto*

6. **Energičnost:** *aktivno, pobuđeno, energično, živahno*

Trenutno stanje raspoloženja koje ispitanik oseća određeno je skalom od 1 – 5. Brojevi označavaju sledeće:

1. *Veoma malo ili nimalo*
2. *Malo*
3. *Umereno*
4. *Prilično jako*
5. *Izuzetno/jako*

Osim što akutna redukcija telesne mase pred takmičenje uključuje dehidraciju, crpljenje glikogenskih depoa, smanjenje bezmasne telesne mase, slabljenje performansi sportiste, brojna istraživanja tvrde da gubitak kilograma na ovaj način negativno utiče na kognitivne sposobnosti kao i na psihološka stanja (raspoloženja) (Koral i Doseville, 2009). Filaire i sar. (2001) navode da restrikcija obroka u svrhu takmičarskog skidanja kilograma kod džudista utiče na smanjenje pozitivnog raspoloženja i pojačava negativno raspoloženje, posebno stanje napetosti, besa, umora i zbunjenosti. Naime, povećano stanje napetosti može da ima i motivišući efekat ako se ono doživljava nezavisno od stanja depresije (Lane i Terry, 2000).

Na primer, džudisti koji su favoriti, verovatno neće biti pod preterano velikim stresom tokom takmičenja te bi se kod njih mogla zapaziti pozitivna stanja raspoloženja čak i pre samog takmičenja (Koral i Doseville, 2009).

Koristivši POMS skalu kao instrument, autori navode da je kod rvača zabeleženo pojačano stanje zbunjenosti i napetosti nekoliko sati pre samog takmičenja (Marttinen i sar., 2011). Autori navode da je kombinacija rapidne redukcije mase i iščekivanje takmičenja u takvom stanju psihološki stres za sportiste. Rvači podvrgnuti proceduri skidanja kilograma koji su pod uticajem psihološkog stresa imaju tendenciju za smanjenje sportskih performansi, a posledično ovakvo stanje sportiste može negativno uticati i na takmičarski uspeh.

3. PROBLEM, PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja: Efekti akutne redukcije telesne mase na motoričke sposobnosti i biohemijske markere mišićnih funkcija.

Predmet istraživanja: Biohemijski markeri mišićnih funkcija i motoričke sposobnosti rvača i džudista.

Ciljevi istraživanja:

- Ispitati uticaj rapidne redukcije telesne mase na promene biohemijskih markera skeletnih mišića, srčanog mišića i bubrežne funkcije rvača i džudista.
- Ispitati uticaj rapidne redukcije telesne mase na motoričke sposobnosti rvača i džudista.
- Ispitati uticaj rapidne redukcije telesne mase na afektivna stanja (upitnik POMS) rvača i džudista.
- Ispitati uticaj visokointenzivnog specifičnog treninga kombinovanog sa akutnom redukcijom telesne mase na biohemijske markere skeletnih mišića, srčanog mišića, bubrežne funkcije i na afektivna stanja rvača i džudista.
- Ispitati uticaj visokointenzivnog specifičnog treninga bez redukcije telesne mase na biohemijske markere skeletnih mišića, srčanog mišića i bubrežne funkcije.

4. HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

Na osnovu problema, predmeta i postavljenih ciljeva istraživanja, kao i prethodnih istraživanja koja su se bavila sličnom problematikom formirana je generalna hipoteza:

H_g – Pojaviće se statistički značajne razlike u biohemijским markerima skeletnih mišića, srčanog mišića i bubrežne funkcije nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista

Na temelju definisane hipoteze istraživanja formulisane su i pojedinačne hipoteze:

Hipoteza **H₁** – Pojaviće se statistički značajne razlike u motoričkim sposobnostima nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista.

Hipoteza **H₂** – Pojaviće se statistički značajne razlike u afektivnim stanjima (POMS) nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista.

Hipoteza **H₃** – Pojaviće se statistički značajne razlike u biohemijским markerima skeletnih mišića, srčanog mišića, bubrežne funkcije, motoričkim sposobnostima rvača i džudista nakon primene visokointenzivnog specifičnog treninga kombinovanog sa akutnom redukcijom telesne mase i visokointenzivnog specifičnog treninga bez redukcije telesne mase.

5. METODE ISTRAŽIVANJA

5.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika činilo je 18 rvača i džudista nacionalnog takmičarskog ranga, muškog pola starosti od 19 do 33 godine. Na navedenom uzorku ispitivan je uticaj rapidnog skidanja telesne mase na telesni sastav, motoričke sposobnosti, afektivna stanja i biohemijско hematološke markere. Svi ispitanici koji su testirani, u poslednje četiri godine bili su podvrgnuti trenažnom procesu u trajanju od minimum 10 sati nedeljno. Svi učesnici su bili informisani o zahtevima studije i dali svoju saglasnost prilikom pristupanja istraživanju. Pre samog pristupanja eksperimentalnom tretmanu obavljen je detaljan medicinski pregled kako bi se utvrdilo zdravstveno stanje ispitanika.

5.2. Eksperimentalni dizajn

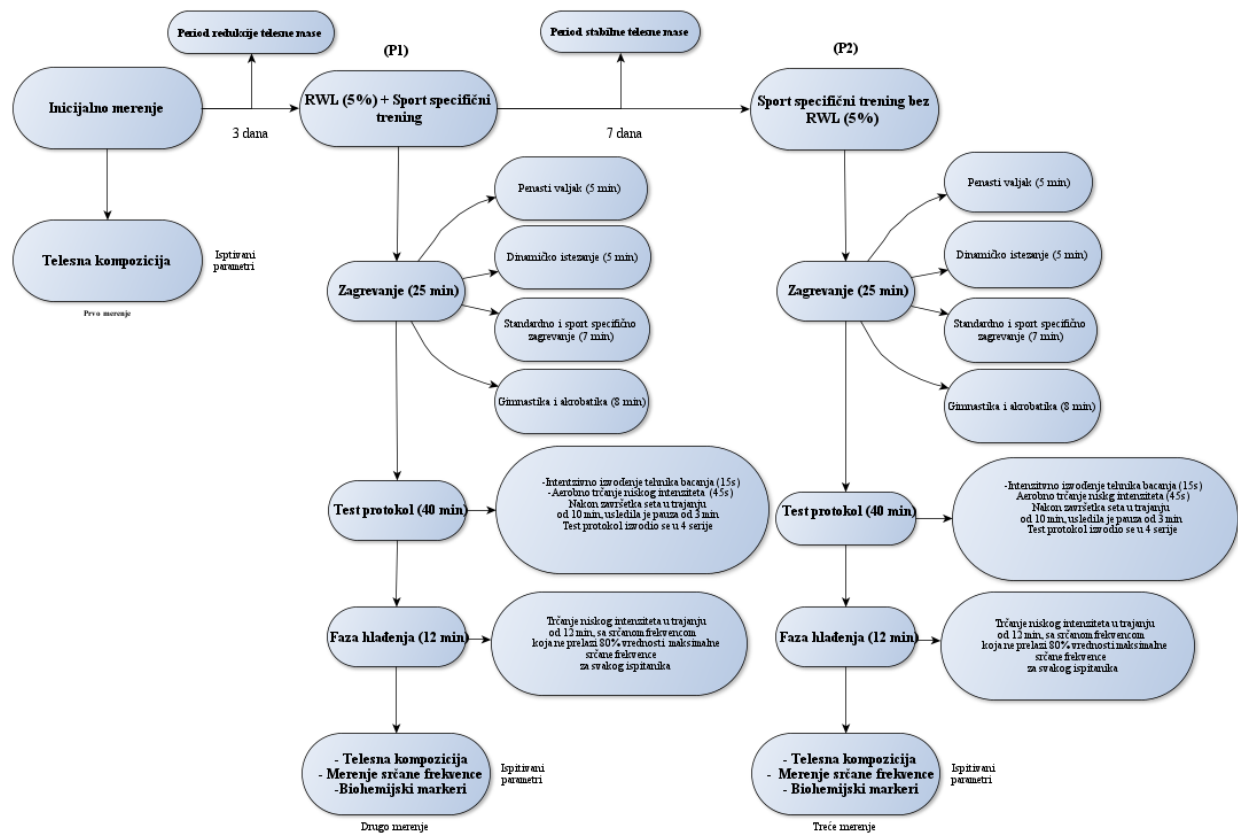
Ispitanici su bili detaljno obavešteni o samoj proceduri studije, potencijalnim rizicima učešća u studiji, kao i o obavezama učešća i mogućnostima povlačenja iz studije u svakom trenutku. Svi ispitanici su dobrovoljno pristupili studiji uz pismenu saglasnost. Studija i eksperimentalni tretmani sprovedeni su u skladu sa etičkim standardima Helsinške deklaracije (World Medical Association, 2001).

Istraživanje je sprovedeno na 18 ispitanika, od čega 9 rvača i 9 džudista nacionalnog takmičarskog ranga (prosečne telesne mase $73,36 \pm 4,42$ kg; prosečne starosti $22,44 \pm 4,53$ godina; prosečne telesne visine $174,43 \pm 3,78$ cm). Svi ispitanici uključeni u studiju primenjivali su tehnike rapidnog gubitka telesne mase u toku poslednje dve godine. Eksperimentalni tretman, nakon inicijalnog merenja (IM), odvijao se u dve faze sa ciljem da se ispitaju akutni efekti redukcije telesne mase na motoričke sposobnosti i biohemijske markere mišićnih funkcija kada se 5% telesne mase redukuje u kombinaciji sa sport-specifičnim treningom (prva faza – P1) u odnosu na promene koje su izazvane samo visokointenzivnim sport-specifičnim treningom bez redukcije telesne mase (druga faza – P2).

U prvoj fazi eksperimenta ispitanicima je sugerisano da redukuju minimum 5% svoje ukupne telesne mase u odnosu na vrednosti dobijene na inicijalnom merenju. U navedenoj fazi

eksperimenta u trajanju od 3 dana ispitanici su imali uobičajene treninge i samostalno primenjivali različite metode redukcije telesne mase. Poslednjeg dana prve faze eksperimentalnog tretmana (3.dan), svi ispitanici su u jutarnjim časovima sprovedli specifični trening nakon kojeg je usledilo drugo testiranje (merenje). U svim fazama eksperimenta (IM, P1 i P2) obuhvaćeno je određivanje sledećih parametara: telesni sastav, motoričke sposobnosti, biohemijško hematološki parametri. Uzorci krvi uzimani su iz prednje kubitalne vene. Uzorkovanje krvi sprovodilo se na sledeći način: Tokom inicijalnog merenja, uzorci krvi uzimani su ujutru između 8 i 9 sati, 10 sati od poslednjeg obroka. Drugo uzorkovanje je vršeno nakon tri dana od inicijalnog merenja (P1), nakon redukcije telesne mase i visokointenzivnog specifičnog treninga, u jutarnjim časovima minimum 10 sati od poslednjeg obroka.

POMS upitnik su ispitanici popunjavali odmah nakon inicijalnog uzorkovanja krvi i prve eksperimentalne faze.



Šema 1. Eksperimentalni tretman

Druga faza eksperimentalnog tretmana usledila je 7 dana nakon prvog eksperimentalnog tretmana i obuhvatila je iste sportiste koji su učestvovali u prvoj fazi eksperimenta. U drugoj fazi eksperimentalnog tretmana (P2) ispitivan je uticaj pojedinačne trenažne epizode, odnosno specifičnog treninga na telesni sastav, motoričke sposobnosti, i pojedine biohemijsko hematološke parametre. U navedenoj fazi ispitanici nisu redukovali svoju telesnu masu i vršeno je jedno testiranje. Testiranje i uzorkovanje krvi sprovodilo se odmah nakon specifičnog treninga u jutarnjim časovima 10 sati od poslednjeg obroka. U obe faze istraživanja, ispitanicima se pratila srčana frekvencija tokom izvođenja specifičnog treninga.

5.3. Opis specifičnog treninga

Ukupno trajanje treninga (test protokola) iznosilo je 90 minuta. Pre izvođenja specifičnog treninga svi ispitanici su se zagrejali. Ukupno trajanje zagrevanja iznosilo je 25 minuta nakon čega je usledila pauza u trajanju od 3 minuta. Nakon pauze, ispitanici su pristupili specifičnom treningu koji se sastojao od četiri serije maksimalnog broja bacanja. Svaka serija trajala je 10 minuta sa odnosom rada (bacanja) u trajanju od 15 sekundi i trčanja niskog intenziteta u trajanju od 45 sekundi. Ispitanici su između svake serije imali pauzu u trajanju od 3 minuta. Rvači su za ovaj test izvodili *Šulter* kao tehniku bacanja, a džudisti *Ipon seoi nage*. Svim učesnicima, od početka do kraja treninga bio je pričvršćen pulsmetar kako bi se pratilo intenzitet tokom čitavog treninga, kao i oporavak tokom pauze između serija.

Test je započinjao tako što ispitanik trči laganim tempom 45 sekundi u krug. Pet sekundi pre bacačkog dela, ispitanik prilazi svom sparing partneru i priprema se za izvođenje bacanja. Na zvučni signal (zvuk pištaljke) maksimalno brzo izvodi bacanje nakon čega trči do tačke udaljene 9m od sparing partnera i maksimalnom brzinom trči nazad do svog sparing partnera i izvodi bacanje. Ovaj ciklus ispitanik izvodi neprekidno u trajanju od 15 sekundi sa ciljem da se izvede što veći broj bacanja. Po isteku 15 sekundi, ispitanik započinje novi set trčanja u trajanju od 45 sekundi. Nakon što ispitanik završi 10 opisanih sekvenci, sledi pauza od 3 minuta, nakon koje ispitanik započinje narednu seriju džogiranja. Glavni deo treninga završava se nakon što je sportista završio ukupno 4 serije intenzivnog bacanja i džogiranja. Ukupno trajanje ovog dela (test protokola) iznosilo je 40 minuta. Po završetku glavnog dela treninga, ispitanici su trčali niskim

intezitetom u trajanju od 12 minuta, pri čemu srčana frekvenca nije prelazila 80% od vrednosti maksimalne srčane frekvence.

5.4. Protokol

Biohemijsko hematološki pokazatelji i markeri mišićnih oštećenja određeni su na Institutu za plućne bolesti Vojvodine i u poliklinici sa laboratorijom "EUROLAB" u Novom Sadu. Biohemijski parametri su određeni rutinski, primenom standardnih metoda na automatskom analizatoru Ilab 300 sa reagensima proizvođača Biosystems S.A.

Osnovni biohemijski i hematološki parametri koji su određivani:

- Alanin aminotransferaza (ALT)
- Aspartat aminotransferaza (AST)
- Kompletna krvna slika: broj leukocita, eritrocita, mioglobin, trombociti, hemoglobin (Hb), hematokrit (Hct), prosečna zapremina eritrocita (eng. mean cell volume-MCV), prosečni sadržaj hemoglobina u eritrocitu (eng. mean cell hemoglobin-MCH), prosečna koncentracija hemoglobina u eritrocitu (eng. mean cell hemoglobin concentration-MCHC)

Za procenu oštećenja skeletnih mišića pod uticajem fizičke aktivnosti određeni su sledeći biomarkeri:

- Kreatin kinaza (CK)
- Aldolaza (ALD)
- Laktat dehidrogenaza (LDH)
- Faktor nekroze tumora alfa (TNF α)

U cilju procene funkcije bubrega određeni su sledeći markeri:

- Urea (BUN)
- Mokraćna kiselina (URCA)
- Kreatinin (Cr)
- Cistatin C (Cys C)

Za predikciju kardioloških događaja određeni su sledeći srčani biomarkeri:

- Srčani troponin visoke osetljivosti (hs-cTn)
- Kreatin kinaza MB izoenzim (MBI (S-CK-MB))
- N terminalni proBNP (NT-proBNP)

U cilju procene lipidnog statusa određeni su sledeći markeri :

- Holesterol (CHOL)
- Trigliceridi (TG)
- Lipoprotein velike gustine (HDL)
- Lipoprotein niske gustine (LDL)

Merenja telesnog sastava antropometrija

Telesna masa ispitanika merena je svakog dana studije u 7 sati ujutru po lokalnom vremenu. Za merenje telesne kompozicije koristila se bioelektrična impedanca Omron weight scale BF511 (Omron, Japan). Ispitanici su dobili instrukcije da ne večeraju posle 21h. Takođe, savetovano im je da ne doručkuju ujutru pre merenja. Telesna visina merena je do najbližih 0,1 cm, a koristio se Martin antropometar (GPM, Switzerland).

Za procenu performansi vertikalnog skoka kod ispitanika merene su sledeće varijable:

- Vreme čučanj-skoka (SJ vreme)
- Visina čučanj-skoka (SJ visina)
- Vreme vertikalnog skoka (CMJ vreme)
- Visina vertikalnog skoka (CMJ visina)
- Vreme vertikalnog skoka uz zamah rukama (CMJa vreme)
- Visina vertikalnog skoka uz zamah rukama (CMJa visina)
- Vreme jednonožnog vertikalnog skoka – za levu nogu (SLJL vreme)
- Visina jednonožnog vertikalnog skoka – za levu nogu (SLJL visina)
- Vreme jednonožnog vertikalnog skoka – za desnu nogu (SLJR vreme)
- Visina jednonožnog vertikalnog skoka – za desnu nogu (SLJR visina)

Čučanj skok (squat jump - SJ)

Ispitanik se na početku testa nalazi u stabilnom položaju na platformi sa težinom ravnomerno raspoređenom na obe noge i rukama položenim na bokove. Stopala su postavljena paralelno na rastojanju u širini ramena. Kada je spreman, ispitanik se savijajući u kolenima spušta do položaja čučnja sve dok se u zglobu kolena ne postigne ugao od devedeset stepeni. U navedenom položaju se zadržava nekoliko sekundi, a zatim odražavajući se sunožno, skače vertikalno što je više moguće (ne savijajući se u zglobu kolena) i doskače istovremeno s obe noge nazad na podlogu.

Vertikalni skok (Counter movement jump – CMJ)

Sportista se na početku testa nalazi u stacionarnom položaju na platformi sa težinom ravnomerno raspoređenom na obe noge a rukama položenim na bokove. Stopala su postavljena paralelno na rastojanju jednakom širini ramena. Iz ovog položaja, ispitanik odlazi u čučanj dok se u zglobu kolena ne postigne ugao od devedeset stepeni nakon čega maksimalno snažno izvodi vertikalni skok (ne savijajući se u zglobu kolena) ne zadržavajući se u položaju čučnja. Ispitanik doskače sunožno na platformu.

Vertikalni skok uz zamah rukama (CMJa – CMJ with arm swing)

Sportista se na početku testa nalazi u stacionarnom položaju na platformi sa težinom ravnomerno raspoređenom na obe noge a rukama pruženim pored tela. Stopala su postavljena paralelno na rastojanju jednakom širini ramena, kolena ispravljena, trup potpuno uspravan. Nakon 2 do 3 sekunde, iz početnog položaja, radi se kontra pokret nadole brzim savijanjem nogu, pri čemu fleksija u zglobu kolena dostiže 90 – 120 stepeni, a ruke se pomeraju nadole s ispruženim laktovima. Maksimalna fleksija u zglobu kolena vrši se istovremeno kada su ruke pružene nadole. Odmah zatim, vertikalni skok počinje eksplozivnom ekstenzijom nogu. Laktovi se savijaju i podižu do visine glave a zglob ramena i lakta se zaključavaju u momentu dostizanja najviše tačke, odnosno maksimalne visine skoka. Doskok na platformu je sa opruženim kolenima i stopalima (isti položaj kao pri odskoku).

Jednonožni vertikalni skok (Single leg jump – SLJ)

Ispitanik zauzima početni položaj oslanjajući se stopalom jedne noge na podlogu dok je druga noga savijena u kolenu. Obe šake se nalaze na bokovima. Kada je spreman, ispitanik izvodi vertikalni skok koristeći samo stajnu nogu. Nakon pravilno izvedenog skoka, ovaj test se ponavlja na drugoj nozi. Svaki od navedenih testova se izvodi u tri ponavljanja pri čemu se beleži samo najbolji ostvareni rezultat.

Procena dinamometrijske snage stiska šake

Maksimalna sila stiska merena je za obe šake pomoću prenosivog dinamometra (Takei Scientific Instruments CO., Tokyo, Japan). Dinamometar je prvo prilagođen veličini šake učesnika. Ispitanik je prema instrukcijama držao dinamometar tako da mu se ruka nalazila paralelno sa telom bez pritiskanja/pribijanja ruke uz telo. Položaj šake ispitanika bio je usmeren konstantno nadole tako da se dlan ne savija u ručnom zglobu. Sportisti su dobili instrukciju da izvrše maksimalnu voljnu kontrakciju na dinamometru u trajanju od pet sekundi. Svaki ispitanik imao je tri izvođenja pri čemu se beležio samo najbolji rezultat.

5.5. Metode analize

5.5.1. Metode analize biohemijsko hematoloških parametara

Za analizu koncentracije hematokrita koristila se konduktometrija, a za analizu koncentracije hemoglobina je korišćena fotometrija (Advia, 120 sistem, Siemens, Nemačka). Uzorak venske krvi 8ml za ostale parametre sakupljen je u epruvete (BD vacutainer). Nivoi kreatin kinaze (CK) mereni su korišćenjem CK-NAC reagensa (kreatin kinaze, aktivirane N-acetil cisteinom) pomoću Diuri aparata preporučenog od strane međunarodne federacije za kliničku hemiju (The International Federation of Clinical Chemistry - IFCC). Koncentracija mioglobina se određivala EIA metodom upotrebom dijagnostičkog analizatora TOSOH (Tosoh, Tokijo, Japan).

Aktivnost aldolaze (ALD) se odredila pomoću fruktoze-1,6-difosfatom (F-1, 6-DP), supstratom za direktno određivanje aldolaze. Brzina reakcije aldolaze merena je naknadnim smanjenjem absorpcije na 340 Nm kao posledica konverzije NADH u NAD⁺, korišćenjem randoks (RANDOX) reagensa.

5.6. Metode obrade podataka

Za sve varijable izračunati su osnovni deskriptivni statistici, i vrednosti su predstavljene kao aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD). Statistička analiza je sprovedena putem t–testa za zavisne uzorke statističkog programskog paketa za društvene nauke Statistical Package for Social Science - IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0 (Armonk, NY: IBM Corp.20.). Veličina uzorka je procenjena pomoću softvera Gpower 3.1. test za korelacijske i regresione analize (Faul i sar., 2009), sa nivoom značajnosti postavljenim na 0,80. Za sve primenjivane testove nivo statističke značajnosti alfa određen je na $p < 0,05$.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na uzorku od 18 rvača i džudista nacionalnog takmičarskog ranga, ispitan je uticaj rapidnog skidanja telesne mase na telesni sastav, motoričke sposobnosti, afektivna stanja i biohemijsko hematološke markere. Pre pristupanja istraživanju sprovedena je pilot studija na istom uzorku ispitanika pri čemu je utvrđeno da rapidna redukcija telesne mase u trajanju od tri dana utiče na porast vrednosti biohemijskih markera koji ukazuju na pojavu oštećenja skeletnih mišića (CK, Mb, Ald) (Roklicer i sar., 2020).

6.1. Praćenje vrednosti telesne kompozicije ispitanika

U tabeli 1 prikazane su vrednosti telesne kompozicije ispitanika tokom inicijalnog merenja (IM) kao i dve eksperimentalne faze istraživanja (P1 i P2).

Tabela 1. Osnovni deskriptivni statistici telesne kompozicije rvača tokom merenja u tri vremenske tačke (n=18)

| | IM | P1 | P2 |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Telesna masa (kg) | 73,36±4,42 | 69,27±4,12 ^{***} | 72,38±4,17 ^{###} |
| BMI (kg/m ²) | 24,11±0,96 ^{††} | 22,62±0,98 ^{***} | 23,64±1,07 ^{###} |
| Procenat masti (%) | 16,37±2,22 ^{††} | 12,74±3,15 ^{***} | 14,98±2,47 ^{##} |
| Procenat mišića (%) | 42,51±1,41 ^{††} | 44,64±2,14 ^{***} | 43,36±1,71 ^{##} |
| Procenat visceralne masti (%) | 6,11±1,05 [†] | 4,88±1,16 ^{***} | 5,66±1,32 ^{##} |
| Bazalni metabolizam (kcal) | 1717,33±64,98 [†] | 1677,11±61,49 | 1704,11±56,43 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); BMI – indeks telesne mase; *** statistički značajna razlika u odnosu na inicijalno merenje, $p \leq 0,001$; ### statistički značajna razlika u odnosu na fazu P1, $p \leq 0,001$; ## statistički značajna razlika u odnosu na fazu P1, $p < 0,01$; †† statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p < 0,01$; † statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p < 0,05$.

Statistički značajne razlike uočavaju se u svim ispitivanim varijablama, osim za vrednosti bazalnog metabolizma kada se uporede inicijalno merenje i prva faza istraživanja. Telesna masa, indeks telesne mase, procenat masti i procenat visceralne masti značajno su opali ($p \leq 0,001$), dok je procenat mišića značajno porastao ($p \leq 0,001$).

Kada se uporedi inicijalno merenje i druga faza istraživanja, vrednosti telesne mase i BMI su u drugoj fazi bile značajno niže ($p \leq 0,001$), kao i procenat masti, procenat visceralne masti ($p < 0,05$) i vrednosti bazalnog metabolizma ($p < 0,05$). Procenat mišićne mase bio je veći u poređenju sa inicijalnim merenjem ($p < 0,01$). Statistički značajne razlike vidljive su i kada se uporede vrednosti P1 sa P2, za sve varijable osim bazalnog metabolizma. Telesna masa, BMI ($p \leq 0,001$), procenat masti i procenat visceralne masti ($p < 0,01$) značajno su bile više u drugoj fazi. Procenat mišića u drugoj fazi istraživanja bio je značajno niži u poređenju sa P1 ($p < 0,01$).

6.1.1. Rezultati parametara koji se odnose na aerobne sposobnosti ispitanika

U tabeli 2 prikazane su vrednosti parametara koji se odnose na aerobne sposobnosti ispitanika.

Tabela 2. Srednje vrednosti aerobnih sposobnosti ispitanika

| | VO ₂ max (ml/kg/min) | VO ₂ anp (ml/kg/min) | Vmax (km/h) | TTE (min/s) | HRmax (bpm) | HRanp (bpm) |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Rvači i džudisti (n=18) | 45,02±3,73 | 39,23±3,05 | 17,93±1,04 | 7,04±0,55 | 195±8,51 | 173,5±11,83 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); VO₂max – maksimalna potrošnja kiseonika; VO₂anp – maksimalna potrošnja kiseonika na anaerobnom pragu; Vmax – maksimalna postignuta brzina trčanja na traci; TTE – vreme otkaza/iscrpljenosti; HRmax – maksimalna srčana frekvencija; HRanp – srčana frekvencija na anaerobnom pragu.

6.1.2. Praćenje srčane frekvence u oporavku

Vrednosti srčane frekvence u oporavku za dve faze istraživanja (P1 i P2) su prikazane u tabeli 3. Veće vrednosti su primećene u fazi P1 nakon svih izvedenih serija osim nakon drugog minuta oporavka u trećem setu, ali bez statističke značajnosti ($p = 0,666$).

Tabela 3. Razlike srčane frekvence u dve faze istraživanja (P1 i P2)

| | | HR-P1 (bpm) | HR-P2 (bpm) | p |
|-----------|--------|--------------|---------------|--------------|
| 1. Serija | 1. min | 164,22±14,14 | 161,77±10,30 | 0,665 |
| | 2. min | 151±13,72 | 144,88±13,86 | 0,336 |
| | 3. min | 143,77±13,31 | 136,77±13,31 | 0,097 |
| 2. Serija | 1. min | 169,77±8,94 | 158,22±12,07 | 0,034 |
| | 2. min | 151,44±11,92 | 143,88±11,78 | 0,037 |
| | 3. min | 142,66±15,04 | 138,33±10,90 | 0,285 |
| 3. Serija | 1. min | 161,22±13,22 | 159,133±14,09 | 0,730 |
| | 2. min | 138,44±9,36 | 140,88±10,82 | 0,666 |
| | 3. min | 139,88±7,30 | 128,33±13,96 | 0,083 |
| 4. Serija | 1. min | 161,66±14,63 | 160,22±11,78 | 0,816 |
| | 2. min | 141,88±18,27 | 132±15,68 | 0,227 |
| | 3. min | 128,33±13,09 | 128,22±13,68 | 0,899 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); 1. min –prvi minut oporavka nakon serije bacanja; 2. min – drugi minut oporavka nakon serije bacanja; 3. min –treći minut oporavka nakon serije bacanja; HR-P1 – vrednosti srčane frekvence zabeležene tokom prve faze istraživanja (RWL + intenzivni trening); HR-P2 – vrednosti srčane frekvence zabeležene tokom druge faze istraživanja (samo intenzivni trening); bpm –broj otkucaja u minuti.

Statistički značajna razlika uočava se i tokom perioda oporavka u dve različite faze istraživanja. Razlike su evidentne tokom prvog i drugog minuta oporavka nakon druge serije. Veće vrednosti srčane frekvence su zabeležene u prvom minutu oporavka nakon druge serije bacanja tokom P1 u poređenju sa P2 ($p=0,034$). Vrednosti HR nakon drugog minuta oporavka u drugoj seriji takođe su bile značajno veće u P1 u poređenju sa drugom fazom ($p=0,037$).

6.1.3. Praćenje parametara za procenu performansi vertikalnog skoka

Parametri za procenu performansi vertikalnog skoka kod ispitanika mereni su u tri vremenske tačke: inicijalno merenje (IM - pre redukcije telesne mase) kao i tokom prve i druge faze istraživanja (P1 i P2). Na osnovu dobijenih rezultata nisu uočene statistički značajne razlike između inicijalnog merenja i P1 ni u jednoj od ispitivanih varijabli koje su se odnosile na vrednosti eksplozivne snage donjih ekstremiteta, odnosno vertikalnog skoka ($p>0,05$).

Uočavaju se razlike u visini vertikalnog skoka (CMJ) u korist P1 u poređenju sa P2. Iako je razlika u visini skoka evidentna, na samoj je granici statističke značajnosti ($p=0,054$). Kod visine vertikalnog skoka uz zamah rukama (CMJa), takođe su primećene statistički značajne razlike. Viši skok zabeležen je u fazi P1 u odnosu na P2 ($p=0,042$). Statistički značajna razlika uočena je kod vrednosti vremena skoka (vreme provedeno u vazduhu) za desnu nogu. Zabeležene vrednosti su bile veće u P1 u odnosu na P2 ($p=0,014$).

Tabela 4. Visina vertikalnog skoka tokom dve faze istraživanja

| | IM | P1 | P2 |
|--------------------|--------------------------|------------|-------------|
| SJ – vreme (sec) | 0,61±0,04 | 0,61±0,02 | 0,60±0,03 |
| SJ – visina (cm) | 47,06±7,16 | 46,48±4,69 | 45,97±5,68 |
| CMJ – vreme (sec) | 0,66±0,02 | 0,66±0,02 | 0,65±0,04 |
| CMJ – visina (cm) | 54,17±3,58 | 54,48±4,01 | 52,22±5,99 |
| CMJa – vreme (sec) | 0,71±0,02 | 0,70±0,02 | 0,69±0,03 |
| CMJa – visina (cm) | 62,86±4,72 ^{††} | 61,79±4,01 | 59,23±5,79* |
| SLJR – vreme (sec) | 0,46±0,01 [†] | 0,47±0,01 | 0,44±0,03* |
| SLJR – visina (cm) | 25,98±2,08 | 25,47±3,47 | 24,48±3,96 |
| SLJL – vreme (sec) | 0,46±0,03 [†] | 0,46±0,02 | 0,43±0,02* |
| SLJL – visina (cm) | 27,25±3,70 [†] | 27,43±2,84 | 23,87±3,47* |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS\pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); CMJa- visina vertikalnog skoka uz zamah rukama; SLJR-vreme – vertikalnog jednonožnog skoka za desnu nogu; SLJL-vreme – vertikalnog jednonožnog skoka za levu nogu; SLJL-visina – visina vertikalnog jednonožnog skoka za levu nogu; * statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p<0,05$; [†] statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p<0,05$; ^{††} statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p<0,01$.

Kod varijable vreme skoka (vreme provedeno u vazduhu) za levu nogu, takođe su zabeležene veće vrednosti u P1 u poređenju sa P2 ($p=0,038$). Vrednost visine skoka za levu nogu bila je statistički značajno veća na prvom merenju u poređenju sa drugim merenjem ($p=0,040$). Kod svih izmerenih varijabli zapaža se značajno viši skok na inicijalnom merenju u odnosu na drugu fazu istraživanja.

Vreme vertikalnog skoka uz zamah rukama (CMJa) značajno se razlikovalo između inicijalnog merenja i P2. Statistički značajno veće vrednosti su zabeležene na inicijalnom merenju ($p=0,012$). Izmerena visina skoka (CMJa) tokom IM takođe je bila značajno viša u odnosu na P2 ($p=0,048$). Vreme skoka za levu nogu (SLJL) značajno je bilo više tokom IM u odnosu na P2. Izmerena visina skoka za levu nogu (SLJL) takođe je bila značajno viša tokom IM u poređenju sa P2 ($p=0,036$).

6.1.4. Praćenje snage stiska šake u tri vremenske tačke

Parametri dinamometrijske snage stiska šake mereni su u tri vremenske tačke: inicijalno (IM - pre redukcije telesne mase) za vreme P1 i P2. U tabeli 5 prikazane su vrednosti aritmetičke sredine i standardne devijacije.

Tabela 5. Dinamometrijska snaga stiska šake tokom istraživanja

| | IM | P1 | P2 |
|---------------|------------|------------|------------|
| HG desna (kg) | 55,55±5,81 | 56,66±7,28 | 56,44±8,35 |
| HG leva (kg) | 54,55±6,06 | 57,55±4,44 | 54±4* |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS\pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); HG desna – dinamometrijska snaga stiska desne šake, HG leva – dinamometrijska snaga stiska leve šake; * statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p<0,05$.

U poređenju snage stiska šake tokom inicijalnog merenja i faze P1 nije bilo statistički značajnih razlika za levu i desnu ruku. Statistički značajna razlika uočena je u fazi P2 kada se uporedi sa P1 ali samo za snagu stiska leve šake ($p=0,039$). U poređenju inicijalnog merenja sa P2, takođe nije bilo statistički značajnih razlika za levu i za desnu šaku.

6.2. Efekti eksperimentalnih tretmana na kompletnu krvnu sliku

Efekti eksperimentalnog tretmana na kompletnu krvnu sliku ispitanika u obe faze istraživanja prikazani su u tabeli 6. Statistički značajan porast broja leukocita i neutrofila registrovan je tokom P1 ($p=0,000$) i P2 ($p=0,000$) u poređenju sa inicijalnim merenjem. Broj neutrofila je u P2 značajno

bio niži u odnosu na P1 ($p=0,048$). Limfociti su značajno opali tokom P1 ($p=0,002$) i P2 ($p=0,022$) u odnosu na inicijalno merenje. Vrednosti ove varijable značajno su bile više u P2 u poređenju sa P1 ($p=0,001$). Broj monocita značajno se menjao tokom eksperimenta. Značajno više vrednosti zabeležene su tokom obe faze istraživanja ($p=0,001$) u odnosu na IM. Značajno niže vrednosti eozinofilnih granulocita registrovane su tokom prve ($p=0,003$) i druge ($p=0,007$) faze eksperimenta u poređenju sa IM. Broj bazofilnih granulocita značajno se smanjio tokom P1 u poređenju sa IM ($p=0,035$).

Tabela 6. Efekti eksperimentalnog tretmana na krvnu sliku ispitanika

| | IM | P1 | P2 |
|--------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| WBC | 5,90±1,34 ^{†††} | 13,97±4,14 ^{***} | 11,75±1,61 |
| NEUT | 3,09±1,28 ^{†††} | 11,77±4,11 ^{***} | 9,25±1,65 [‡] |
| LYMPH | 2,02±0,44 [†] | 1,26±0,14 ^{**} | 1,58±0,15 ^{†††} |
| MONO | 0,60±0,16 ^{†††} | 0,88±0,15 ^{***} | 0,85±0,16 |
| EO | 0,16±0,10 ^{††} | 0,03±0,02 ^{**} | 0,04±0,02 |
| BASO | 0,02±0,01 | 0,01±0,00 [*] | 0,01±0,00 |
| RBC | 5,17±0,28 [†] | 5,30±0,33 | 5,00±0,29 ^{††} |
| HGB | 152,11±8,69 | 154,88±6,90 | 148,11±8,82 [‡] |
| HCT | 0,437±0,021 ^{††} | 0,444±0,022 | 0,421±0,02 ^{††} |
| MCV | 84,43±2,45 | 83,65±2,23 [*] | 84,06±1,95 |
| MCH | 29,90±2,12 | 29,22±0,89 | 29,52±0,77 ^{††} |
| MCHC | 348,11±7,13 | 349,33±7,56 | 351,11±5,62 |
| RDW-SD | 39,82±2,03 | 39,66±2,03 | 39,16±2,04 |
| RDW-CV | 13,16±0,56 ^{††} | 13,25±0,58 | 13,00±0,63 [‡] |
| PLT | 225,11±41,75 | 254,88±40,55 ^{**} | 232,33±37,01 ^{†††} |
| MPV | 9,90±0,72 | 10,12±0,54 | 10,14±0,50 |
| PDW | 11,57±1,31 | 11,75±1,14 | 11,91±1,09 |
| P-LCR | 24,51±5,30 | 25,83±4,10 | 26,30±3,86 |
| PCT | 0,0022±0,00047 | 0,0025±0,00044 ^{**} | 0,0021±0,00082 |
| GLUC | 5,33±0,96 [†] | 4,51±0,41 [*] | 4,48±0,55 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS\pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); WBC – bela krvna zrnca (leukociti);

NEUT – neutrofilni granulociti; *LYMPH* – limfociti; *MONO* – monociti; *EO* – eozenofilni granulociti; *BASO* – bazofilni granulociti; *RBC* – crvena krvna zrnca; *HGB* – hemoglobin; *HCT* – hematokrit; *MCV* – prosečna zapremina eritrocita; *MCH* – prosečan sadržaj hemoglobina u eritrocitu; *MCHC* – prosečna koncentracija hemoglobina u eritrocitu; *RDW-SD* – standardna devijacija *RDW*; *RDW-CV* – koeficijent varijacije distribucije volumena eritrocita; *PLT* – trombociti; *MPV* – prosečna zapremina trombocita; *PDW* – raspodela trombocita po volumenu; *P-LCR* – procenat trombocita većeg prečnika od normalnih; *PCT* – prokalcitonin; *GLUC* – glukoza; *** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,001$; ** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p < 0,01$; * statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,05$; ††† statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p \leq 0,001$; †† statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p < 0,01$; † statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p < 0,05$; †††† statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p \leq 0,001$; ††††† statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p < 0,01$; †††††† statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p < 0,05$.

Broj crvenih krvnih zrnaca značajno je opao u P2 u odnosu na IM ($p=0,030$). Vrednosti ovog parametra bile su niže i tokom P2 u odnosu na P1 ($p=0,009$). Sadržaj hemoglobina značajno je opao u drugoj fazi u odnosu na P1 ($p=0,012$). Koncentracija hematokrita značajno se smanjila u P2 spram inicijalnog merenja ($p=0,005$). Zabeležene su niže vrednosti ove varijable tokom P2 kada su se poredile sa P1 ($p=0,010$). Prosečna zapremina eritrocita značajno se smanjila samo tokom P1 faze u odnosu na IM ($p=0,024$). Prosečan sadržaj hemoglobina u eritrocitu značajno je bio viši samo u P2 kada se poredio sa P1 ($p=0,009$). Koeficijent varijacije distribucije volumena eritrocita značajno je bio viši tokom IM ($p=0,008$) i P1 ($p=0,013$) u odnosu na P2. Nivo trombocita (PLT) značajno se povećao tokom P1 u odnosu na IM ($p=0,003$), dok su u drugoj fazi zabeležene vrednosti bile značajno niže u poređenju sa P1 ($p=0,001$). Zabeležen je značajno viši nivo prokalcitonina tokom P1 u odnosu na IM ($p=0,002$). Značajno niže vrednosti glukoze u krvi zabeležene su tokom prve ($p=0,050$) i druge faze ($p=0,046$) istraživanja poredeći sa vrednostima inicijalnog merenja.

6.3. Senzitivni markeri mišićnih oštećenja

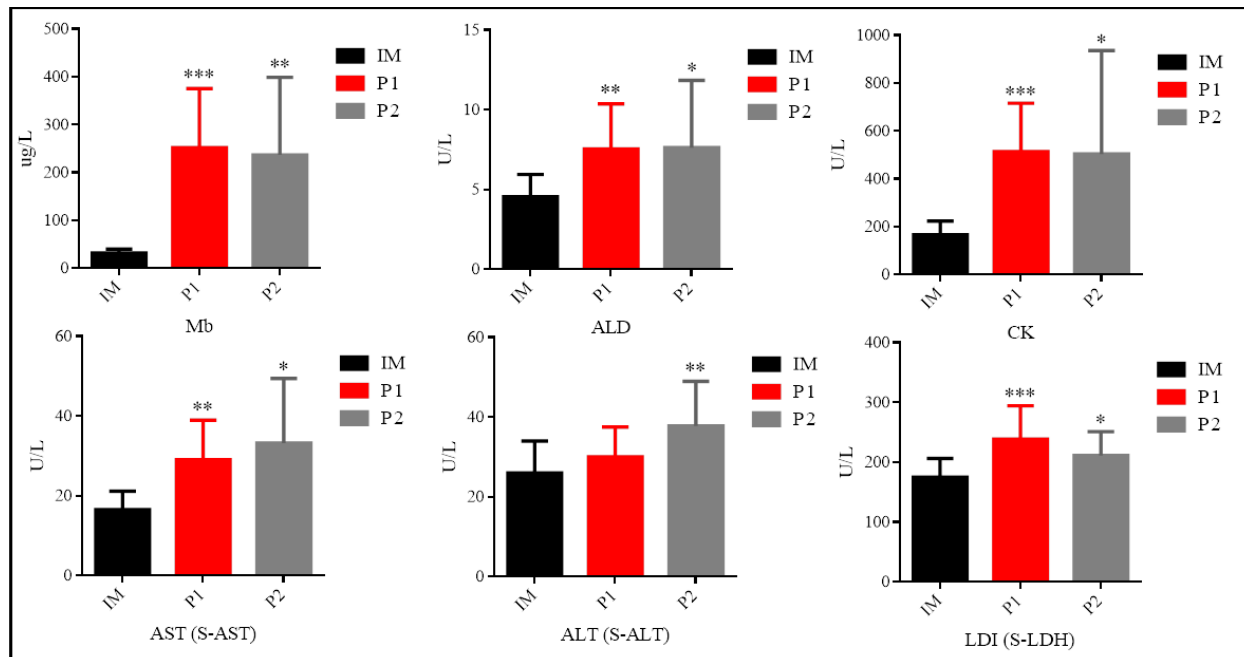
Biohemijski markeri mišićnih oštećenja predstavljeni su u tabeli 7. Statistički značajna razlika evidentna u aktivnosti aldolaze. Primećena je povećana aktivnost tokom P1 u odnosu na vrednosti dobijene tokom inicijalnog merenja ($p=0,003$). Takođe, koncentracija mioglobina se značajno povećala tokom P1 u odnosu na vrednosti dobijene inicijalnim merenjem sa još višim nivoom ($p=0,001$).

Tabela 7. Promene u analiziranim markerima mišićnih oštećenja

| | IM | P1 | P2 |
|-------------------|--------------|------------------|-----------------|
| Mb (ug/L) | 32,07±8,26 | 252,05±123,51*** | 236,70±162,14** |
| ALD (U/L) | 4,56±1,39 | 7,54±2,83** | 7,63±4,21* |
| CK (U/L) | 166,88±56,56 | 514,22±201,66*** | 504,11±432,29* |
| AST (S-AST) (U/L) | 16,55±4,61 | 29,00±9,96** | 33,22±16,19* |
| ALT (S-ALT) (U/L) | 26,00±8,03 | 30,0±7,51 | 37,77±11,22** |
| LDI (S-LDH) (U/L) | 175,33±31,21 | 238,55±56,00*** | 211,00±40,00* |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); Mb – mioglobin; ALD – aldolaza; CK – kreatin kinaza; AST – aspartat aminotransferaza; ALT – alanin aminotransferaza; LDI – laktat dehidrogenaza; *** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,001$; ** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p < 0,01$; * statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,05$.

Nivo kreatin kinaze značajno je bio povišen tokom P1 ($p \leq 0,001$) i P2 ($p \leq 0,05$) u odnosu na inicijalno merenje. Vrednosti aspartat aminotransferaze takođe su bile povišene tokom prve ($p < 0,01$) i druge faze ($p \leq 0,05$) eksperimenta u poređenju sa inicijalnim merenjem.

**Grafik 1.** Promene u analiziranim markerima mišićnih oštećenja

Nivo alanin aminotransferaze značajno je bio viši samo tokom P2 u odnosu na IM ($p < 0,01$). Vrednosti laktat dehidrogenaze značajno su bile povišene u prvoj ($p \leq 0,001$) i drugoj fazi ($p \leq 0,05$) istraživanja kada se porede sa inicijalnim merenjem. U poređenju svih ispitivanih varijabli, statistički značajnih razlika između vrednosti zabeleženih u P1 i P2 nije bilo.

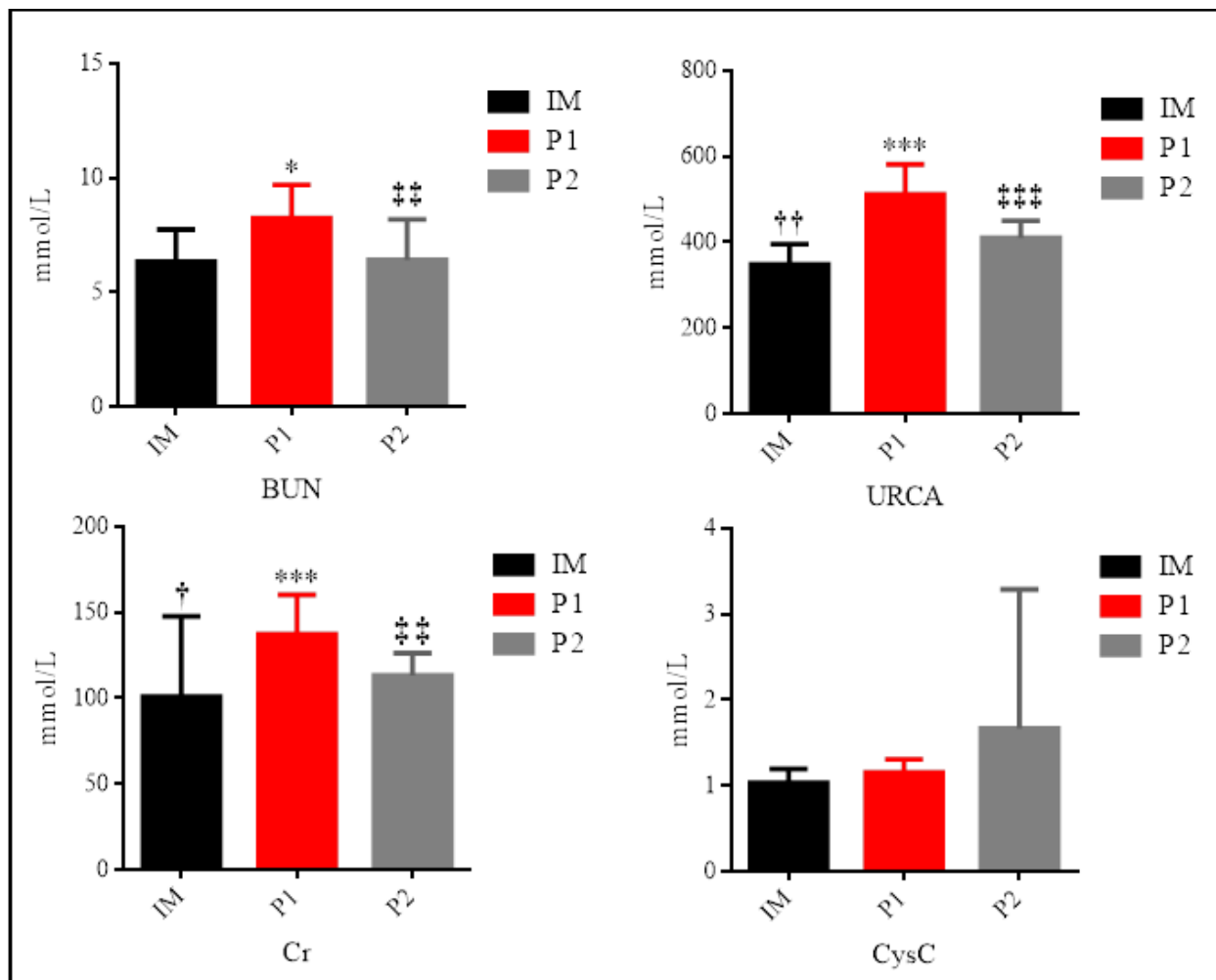
6.4. Biomarkeri akutnog oštećenja bubrega

Alteracije biohemijskih markera oštećenja bubrežnih funkcija predstavljeni su u tabeli 8. Vrednosti markera značajno su se menjale tokom faze P1 u odnosu na inicijalno merenje. Nivo uree značajno je povišen u prvoj fazi ($p = 0,011$), dok su vrednosti mokraćne kiseline ($p = 0,000$) i kreatinina ($p = 0,001$) porasli sa još većim nivoom značajnosti (Grafik 2). Vrednosti cistatina C tokom P1 bile su povišene u odnosu na IM, i to na samoj granici statističke značajnosti ($p = 0,058$). Nivo cistatina C nije se značajno menjao tokom eksperimenta. Kada smo poredili P2 sa IM, statistički značajno više vrednosti su zabeležene u drugoj fazi kod mokraćne kiseline ($p = 0,003$) i kreatinina ($p = 0,011$).

Tabela 8. Promene u analiziranim markerima akutnog oštećenja bubrega

| | IM | P1 | P2 |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| BUN (mmol/L) | 6,35±1,39 | 8,24±1,45* | 6,42±1,76 ^{††} |
| URCA (mmol/L) | 349,11±46,64 ^{††} | 511,77±70,10 ^{***} | 410,11±40,14 ^{***} |
| Cr (mmol/L) | 101,11±46,64 [†] | 137,22±23,08 ^{***} | 113,33±12,84 ^{††} |
| CysC (mg/L) | 1,04±0,16 | 1,16±0,15 | 1,67±1,62 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); BUN – Urea; URCA – Mokraćna kiselina; Cr – Kreatinin; CysC – Cistatin C; *** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,001$; * statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,05$; ^{††} statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p < 0,01$; [†] statistički značajna razlika u odnosu na P2, $p \leq 0,05$; ^{***} statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p \leq 0,001$; ^{††} statistički značajna razlika u odnosu na P1, $p < 0,01$.



Grafik 2. Promene u analiziranim markerima akutnog oštećenja bubrega

Poredeći drugu fazu sa prvom, značajno više vrednosti su uočene tokom P1 u nivoima uree ($p=0,002$), mokraćne kiseline ($p=0,000$) i kreatinina ($p=0,006$).

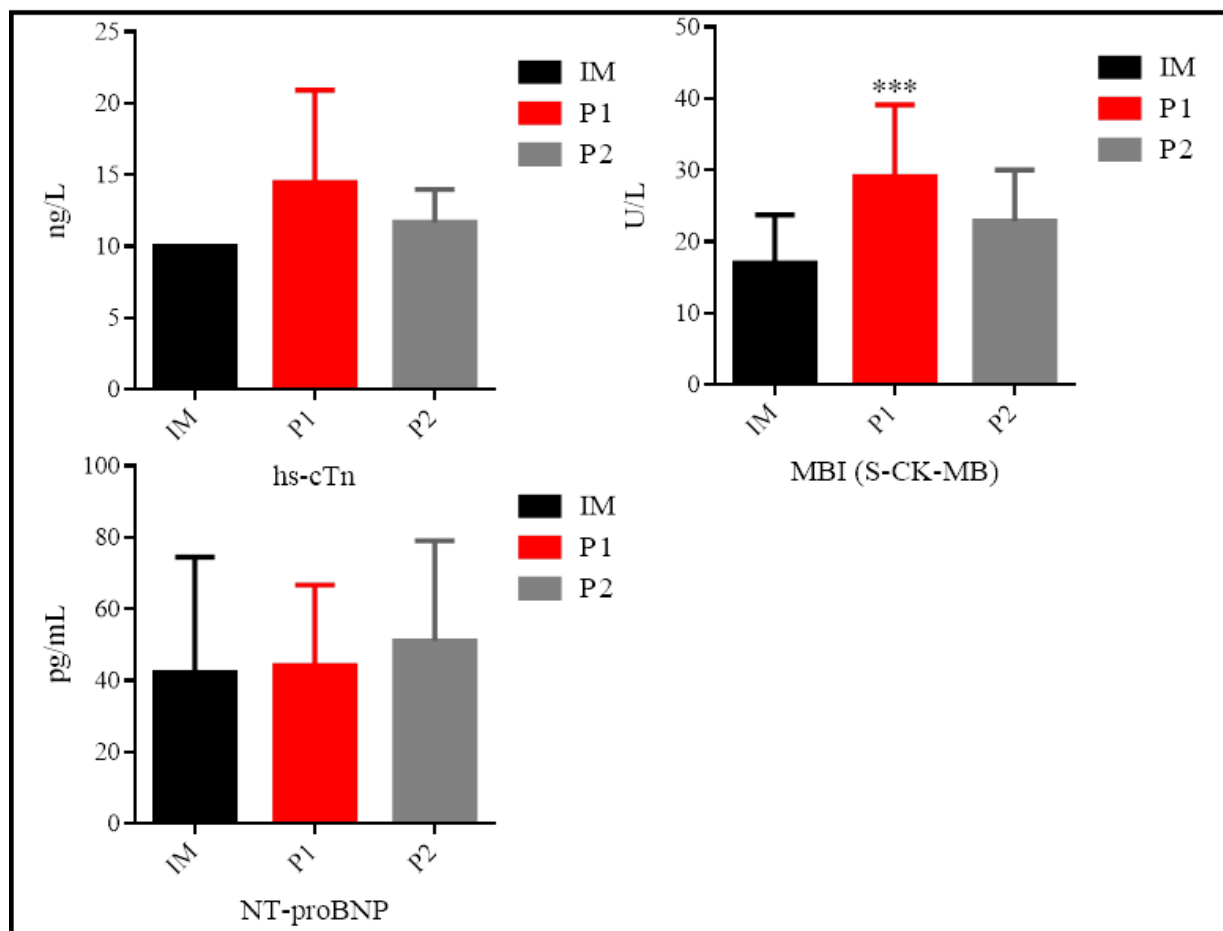
6.5. Srčani biomarkeri

U tabeli 9 predstavljena je aktivnost biohemijskih markera srčanog mišića. Rezultati ukazuju na povišen nivo srčanog troponina visoke senzitivnosti u obe tačke eksperimentalnog merenja (P1 i P2). Vrednosti ovog biomarkera nisu bile povišene na statistički značajnom nivou kada se inicijalno merenje poredilo sa P1, dok je razlika između IM i P2 bila na samoj granici statističke značajnosti.

Tabela 9. Efekti eksperimentalnog tretmana na promene u biomarkerima srčanog mišića

| | IM | P1 | P2 |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| hs-cTn(ng/L) | 10,00±0,00 | 14,48±6,44 | 11,70±2,28 |
| MBI(S-CK-MB) | 17,00±6,76 | 29,11±10,05*** | 22,88±7,18 |
| NT-proBNP(pg/mL) | 43,28±32,30 | 44,24±22,54 | 51,16±28,00 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS \pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); HscTn – srčani troponin visoke osetljivosti; MBI (S-CK-MB) – izoenzim kreatin kinaze (srčani); NT-proBNP – natriuretski peptid tipa b; *** statistički značajna razlika u odnosu na IM, $p \leq 0,001$

**Grafik 3.** Promene u biomarkerima srčanog mišića

Značajno povišene vrednosti izoenzima kreatin kinaze registrovane su jedino u prvoj fazi u odnosu na IM ($p \leq 0,001$) (Grafik 3). U toku druge faze, vidljiv je porast u odnosu na inicijalno merenje ali je dobijena razlika bila bez statističke značajnosti. Iako postoji trend porasta vrednosti natriuretskog peptida tipa b tokom P1 i P2, statistička značajnost nije bila prisutna.

6.6. Lipidni status ispitanika

U tabeli 10 prikazani su parametri lipidnog statusa ispitanika. Nivo holesterola u prvoj fazi bio je povišen u odnosu na inicijalno merenje. Iako dobijena razlika nije statistički značajna, bila je na samoj granici značajnosti ($p=0,054$).

Tabela 10. Efekti eksperimentalnog tretmana na lipidni status ispitanika

| | IM | P1 | P2 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| CHOL (mmol/L) | 4,65±0,81 | 4,92±1,02 | 4,55±0,69 |
| TG (mmol/L) | 1,03±0,31 | 0,84±0,15 | 1,04±0,41 |
| HDL (mmol/L) | 1,44±0,18 | 1,43±0,69 | 1,48±0,26 |
| LDL (mmol/L) | 2,74±0,73 | 2,89±0,87 | 2,59±0,59 |

Legenda: Vrednosti su prikazane kao aritmetička sredina i standardna devijacija ($AS\pm SD$); IM – inicijalno merenje; P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); P2 – druga faza istraživanja (samo intenzivni trening); CHOL – holesterol; TG – trigliceridi; HDL – lipoprotein velike gustine; LDL – lipoprotein niske gustine.

Vrednosti triglicerida, lipoproteina velike gustine i lipoproteina niske gustine nisu se statistički značajno menjale tokom eksperimenta.

6.7. Uticaj eksperimentalnog tretmana na afektivna stanja (POMS)

Promena afektivnih stanja ispitanika merila su se POMS skalom. U ovoj fazi istraživanja poredili su se rezultati inicijalnog merenja samo sa P1 koja je uključivala redukciju telesne mase od minimum 5% i visokointenzivni sport-specifični trening. Promene afektivnih stanja i varijabli koje opisuju određeno afektivno stanje predstavljene su u tabeli 11.

Tabela 11. Uticaj rapidne redukcije telesne mase na afektivna stanja ispitanika

| Stanje | Varijabla | P1 | p |
|--------------|-----------------|------|-------|
| Ljutnja | Besno | ↑** | 0,003 |
| | Iznervirano | ↑** | 0,001 |
| | Zlovoljno | ↑* | 0,023 |
| | Ogorčeno | ↔ | 1,000 |
| Zbunjenost | Zbunjeno | ↑* | 0,050 |
| | Rasejano | ↔ | 0,325 |
| | Dezorijentisano | ↔ | 0,052 |
| | Nesigurno | ↔ | 0,347 |
| Depresivnost | Utučeno | ↑** | 0,003 |
| | Obeshrabreno | ↔ | 0,195 |
| | Bedno | ↔ | 0,139 |
| | Nesrećno | ↔ | 0,195 |
| Zamor | Iscrpljeno | ↑** | 0,001 |
| | Pospano | ↑** | 0,001 |
| | Umorno | ↑*** | 0,000 |
| | Istrošeno | ↑*** | 0,000 |
| Napetost | Anksiozno | ↑* | 0,035 |
| | Nervozno | ↑* | 0,043 |
| | Uspaničeno | ↔ | 0,169 |
| | Zabrinuto | ↔ | 0,347 |
| Energičnost | Aktivno | ↓** | 0,003 |
| | Pobuđeno | ↔ | 0,179 |
| | Energično | ↓*** | 0,001 |
| | Živahno | ↓*** | 0,000 |

Legenda: P1 – prva faza istraživanja (RWL + intenzivni trening); ↑*** - statistički značajno sniženo u odnosu na inicijalno merenje, $p \leq 0,001$; ↑** - statistički značajno sniženo u odnosu na inicijalno merenje, $p < 0,01$; ↑* - statistički značajno povišeno u odnosu na inicijalno merenje, $p \leq 0,05$; ↓*** - statistički značajno sniženo u odnosu na inicijalno merenje, $p \leq 0,001$; ↓** - statistički značajno sniženo u odnosu na inicijalno merenje, $p < 0,01$ ↔ - bez statistički značajne razlike u odnosu na inicijalno merenje.

Ljutnja - Afektivno stanje ljutnje kod ispitanika značajno je poraslo tokom P1 posmatrajući skoro svaku varijablu koja je opisuje. Stanje besa u odnosu na inicijalne rezultate značajno je poraslo ($p=0,003$) kao i stanje iznerviranosti ($p=0,001$) i stanje zlovolje ($p=0,023$), dok se stanje ogorčenosti nije značajno menjalo.

Zbunjenost - Statistički značajno povećanje javilo se jedino kod osećanja zbunjenosti tokom drugog merenja ($p=0,05$). Ostale varijable: rasejanost, dezorijentisanost i nesigurnost nisu se značajno menjale u P1.

Depresivnost - Statistički značajan porast javio se jedino kod osećanja utučenosti ($p=0,003$). Ostale tri varijable koje opisuju stanje depresivnosti nisu se značajno menjale.

Zamor - Statistički značajne promene javile su se kod sve četiri varijable koje opisuju stanje zamora. Stanje iscrpljenosti ($p=0,001$), pospanosti ($p=0,001$), umora ($p=0,000$) i istrošenosti ($p=0,000$) značajno se povećalo tokom P1.

Napetost - Statistički značajan porast javio se kod varijabli koje opisuju stanje anksioznosti ($P=0,035$) i nervoze ($p=0,043$). Stanje uspaničenosti i zabrinutosti nije se značajno menjalo.

Energičnost - Statistički značajne promene javile su se kod tri varijable koje opisuju stanje energičnosti. Vrednosti varijabli koje opisuju aktivnost ($p=0,003$) energičnost ($p=0,001$) i živahnost ($p=0,000$) statistički su značajno opale tokom P1. Varijabla koja opisuje pobuđenost nije se značajno menjala.

7. DISKUSIJA

Pilot studija imala je za cilj da utvrdi efekte trodnevne (rapidne) redukcije telesne mase na biohemijske markere mišićnih oštećenja kod džudista (Roklicer i sar., 2020). U ovoj studiji učestvovalo je 18 džudista, koji su imali za cilj da redukuju telesnu masu od 5% u pomenutom vremenskom okviru. Istraživanje se sastojalo iz dve faze. Tokom prve faze (4 dana), ispitanici su po programu svakodnevno trenirali u svojim sportskim klubovima, dok su u toku druge faze (3 dana) uz trening imali zadatak da redukuju telesnu masu primenjujući samoizabrane metode. Tokom svih sedam dana eksperimenta sportistima je merena aktivnost kreatin kinaze (CK), aldolaze (Ald) i koncentracija mioglobina (Mb) u serumu, u cilju procene oštećenja mišića. Tokom prve faze istraživanja nisu zabeležene značajne promene u ispitivanim parametrima. Vrednosti svih ispitivanih markera značajno su porasle tokom druge faze, kada su ispitanici bili podvrgnuti rapidnoj redukciji telesne mase ($p < 0,001$). Marker oštećenja mišića su najviše vrednosti dostigli šestog dana istraživanja. Ovom studijom potvrđeno je da je značajno oštećenje mišića uzrokovano akutnom redukcijom telesne mase kod džudista. Iako je zabeleženo značajno povećanje vrednosti markera koji su pokazatelji oštećenja skeletnih mišića, tačan uzrok nije poznat. Nije precizno utvrđeno da li je porast analiziranih markera posledica intenzivnih treninga i/ili RWL metoda. Kako u potpunosti nije razjašnjen porast analiziranih markera, javila se potreba da se istraži da li su nastale promene posledica intenzivnih treninga ili intenzivnih treninga u kombinaciji sa RWL. Eksperiment se sastojao iz dve faze. Prva faza istraživanja je sprovedena uz primenu visokointenzivnih sport-specifičnih treninga uz redukciju telesne mase od 5%. Druga faza istraživanja sprovedena je uz identični trening protokol bez obavezne redukcije telesne mase. Na taj način nastojalo se utvrditi u kojoj meri je oštećenje muskulature sportista (rvača i džudista) uzrokovano rapidnim (akutnim) gubljenjem telesne mase a u kojoj meri samo intenzivnim treningom.

Borilački sportovi su po prirodi okarakterisani kao sportovi visokog intenziteta, sa isprekidanim periodima akcije (aktivnosti). Džudo i rvanje mogu se svrstati u posebnu grupu sportova s obzirom da se za razliku od drugih borilačkih sportova, borba može odvijati u stojećem stavu i u parteru. Trajanje borbe u džudu za seniore iznosi pet minuta i uključuje visokointenzivne aktivnosti anaerobnog karaktera, isprekidane sa periodima pauze (Svischev, 2001). U rvanju Grčko-Rimskim stilom, pravila su se menjala tokom godina. Česta modifikacija bodovnog sistema i trajanje meča moglo je da utiče na takmičarski uspeh pojedinaca (Yoon, 2002). Prema aktuelnim

pravilima, trajanje meča u rvanju ograničeno je na dve runde po tri minuta i pauzom između rundi od 30 sekundi. S obzirom na prirodu aktivnosti tokom borbe u dva pomenuta sporta fiziološki zahtevi zasnovani su na aerobnom i anaerobnom sistemu. Za uspeh u džudu i rvanju neophodan je visok nivo utreniranosti (kondicija) kao i značajna emocionalna i psihološka stabilnost. Da bi se takmičar u rvanju ili džudu plasirao do borbe za medalju, mora da ostvari u proseku 3-4 pobe u toku jednog takmičenja. S obzirom da su ovi sportovi podeljeni u težinske kategorije, borci najčešće pribegavaju rapidnom gubljenju telesne mase kako bi se takmičili u gornjem spektru niže kategorije i tako ostvarili potencijalnu prednost nad lakšim takmičarima (Franchini i sar., 2012). Procenat telesne mase koji se redukuje pred takmičenje uglavnom iznosi oko 5%, iako su zabeleženi slučajevi gde je taj procenat iznosio i do 10% (Steen i Brownell, 1990). Sportisti uglavnom rapidno gube pomenuti procenat telesne mase u poslednjoj nedelji pred zvanično merenje (Khodae i sar., 2015). Kombinacija iscrpljujućeg treninga i brzog gubitka telesne mase pred takmičenje može uzrokovati mišićna oštećenja i ujedno povećati rizik oštećenja drugih tkiva (Torres-Luque i sar., 2016; Cavas, 2005).

Na osnovu rezultata dobijenih u ovom istraživanju evidentno je da su vrednosti svih varijabli kojima se procenjivala telesna kompozicija džudista i rvača bile značajno niže u fazi kada se uz intenzivni sport-specifični trening uključivala i rapidna redukcija telesne mase. Uočava se da su sve varijable za procenu telesne kompozicije bile statistički značajno niže osim procenta mišićne mase koja je u P1 bila viša. Takođe, bazalni metabolizam nije se značajno menjao kada se porede P1 i P2, iako su u prvoj fazi zabeležene vrednosti bile niže.

Praćenjem srčane frekvence u oporavku tokom dve faze eksperimenta ispitivao se efekat RWL na oporavak tokom sport specifičnog test protokola.

Statistički značajne razlike uočene su u dva perioda oporavka, što je bilo evidentno u prvom i u drugom minutu oporavka nakon drugog seta protokola. Veće vrednosti nakon prvog minuta oporavka u drugom setu postignute su tokom P1 ($169,77 \pm 8,94$) u odnosu na P2 ($158,22 \pm 12,07$), $p=0,034$. Takođe, u drugom minutu oporavka u istom setu značajno veće vrednosti su registrovane u P1 ($151,44 \pm 11,92$) u poređenju sa P2 ($143,88 \pm 11,78$), $p=0,037$.

Rezultati istraživanja ukazuju na trend porasta vrednosti u P1 u odnosu na P2. Dobijeni podaci ukazuju na smanjenu sposobnost oporavka srčane frekvence (HRR) kada se RWL metode sprovode uz sport-specifični trening. Posledično dolazi do povećanja zamora, odnosno sporijeg

oporavka kada se visokointenzivni sport-specifični trening sprovodi zajedno sa rapidnom redukcijom telesne mase kod rvača i džudista. Kako sportisti tokom redukcije telesne mase gube na procentu telesne tečnosti (dehidracija), svakako može uticati na više vrednosti srčane frekvence tokom P1. Tip treninga predstavlja dodatni faktor koji može uticati na srčanu frekvencu u oporavku, s obzirom da fiziološke adaptacije sportista mogu modifikovati mnoge aspekte metabolizma vežbanja. Kako je rezultatima potvrđen sporiji oporavak tokom treninga kada se izvodi u kombinaciji sa metodama skidanja kilograma, verovatno bi sportisti trebali da izmene RWL procedure pre zvaničnog merenja. U praksi, to znači da bi džudisti i rvači trebali da razmotre upotrebu bilo tipičnih metoda redukcije telesne mase ili treninga visokog intenziteta u cilju postizanja ciljane težinske kategorije. U suprotnom, na takmičenju bi najverovatnije pristupili nedovoljno oporavljeni.

Ispitanici su tokom prve faze eksperimenta pokazali bolje rezultate u pojedinim testovima procene vertikalnog skoka u poređenju sa drugom fazom. Uslovno rečeno, moglo bi se konstatovati da je redukcija telesne mase pozitivno uticala na visinu određenog skoka. Ovakvi rezultati bi se mogli tumačiti da sportista može da izvede viši skok ako poseduje manju telesnu masu. Visina skokova izmerena tokom inicijalnog merenja bila je približna vrednostima izmerenim u P1, te značajna razlika između ove dve vremenske tačke nije bila zabeležena. Studija sprovedena na uzorku džudista (Filaire i sar., 2001) nije ukazala na promene u visini čučanj skoka (SJ-čučanj skoka) i vertikalnog skoka (CMJa) nakon redukcije telesne mase u trajanju od 7 dana. Slični rezultati su dobijeni istraživanjem koje su sproveli Clarys i sar. (2010) koji ukazuju na neznačajnu promenu prosečne visine skoka kod džudista nakon redukcije telesne mase ($\geq 3\%$).

Dosadašnjim istraživanjima je potvrđeno da redukcija telesne mase ne utiče na visinu skoka. U saglasju sa publikovanim istraživanjima, rezultati eksperimenta ukazuju na neznatne promene rezultata visine analiziranih skokova.

Kao što je prikazano u rezultatima, dinamometrijska snaga stiska šake nije se značajno razlikovala tokom inicijalnog merenja i prve faze (P1) eksperimenta. Ostvarene vrednosti postignute inicijalnim merenjem i tokom druge faze su bile slične. Uprkos približnim vrednostima, statistički značajna razlika je dobijena samo između P1 i P2 ($p=0,039$). Rezultati jasno ukazuju da su ispitanici značajno jaču silu stiska šake proizveli nakon visokointenzivnog sport-specifičnog treninga u kombinaciji sa redukcijom telesne mase u odnosu na fazu gde je primenjen samo sport-

specifični trening. Prema dobijenim rezultatima moglo bi se tumačiti da je redukcija telesne mase obrnuto proporcionalno uticala na snagu stiska sportista. Takođe, jači stisak šake tokom P1 može se biti povezan sa većim procentom mišićne mase ispitanika koji je zabeležen u prvoj fazi istraživanja. Slični rezultati su dobijeni istraživanjem sprovedenim na džudistima (Roklicer i sar., 2021). U navedenom istraživanju ispitanici su redukovali telesnu masu (5%) u vremenskom period od 7 dana, pri čemu im je svaki dan merena snaga stiska šake. Rezultatima je utvrđeno da je razlika u snazi stiska šake uočena kada su se uporedili prvi i poslednji dan istraživanja. Poslednjeg dana eksperimenta, odnosno kada su takmičari bili najlakši, snaga stiska desne šake bila je statistički značajno veća ($p < 0,05$). Ovakav fenomen, mogao bi se objasniti kao psihičko/psihološko uzbuđenje takmičara koji su skidanjem kilograma dostigli svoju željenu telesnu masu neophodnu za određenu težinsku kategoriju i na taj način se pozitivno uticalo na snagu stiska šake. Studija koju su sprovedli Filaire i sar. (2001) nije pokazala statistički značajnu promenu u snazi stiska obe šake kod džudista nakon redukcije telesne mase. Takođe, Degoutte i saradnici (2006) u svojoj studiji nisu zabeležili značajne razlike u snazi stiska šake kod džudista koji su redukovali telesnu masu. Do istih rezultata su došli i Coufalova i sar. (2014) u čijoj studiji razlika u izometrijskoj snazi stiska šake kod čeških džudista nije bila uočena nakon redukcije telesne mase. Nasuprot, autori su došli do suprotnih rezultata u jednom starijem istraživanju i pokazali su značajno slabiju snagu stiska desne šake četiri dana pred takmičenje kod grupe džudista koji su redukovali 6% svoje telesne mase (Kurakake i sar., 1998). S obzirom da rezultati dosadašnjih studija nisu konzistentni, teško je sa sigurnošću tvrditi kakav uticaj ima redukcija telesne mase na dinamometrijsku snagu stiska šake kod sportista u borilačkim sportovima. Ovakvi rezultati samo potvrđuju da verovatno postoji mnoštvo faktora koji na različite načine mogu uticati na snagu stiska šake, kao što su procenat redukcije mase, takmičarski nivo i mnogi drugi.

U pogledu analiziranih parametara krvne slike ispitanika značajne promene su detektovane u obe faze eksperimenta. Broj belih krvnih zrnaca (WBC) značajno je porastao tokom obe faze istraživanja u odnosu na inicijalno merenje, a pojedine vrednosti analiziranih parametara su bile izvan referentnog okvira. Iz dobijenih rezultata vidljivo je da su veće vrednosti postignute kada su ispitanici uz sport-specifični trening redukovali telesnu masu. Ovakvi rezultati u saglasju su sa istraživanjem koje su sprovedli Nemet i sar. (2004), gde je utvrđen porast leukocita nakon jednog rvačkog treninga kod adolescenata. Broj neutrofila ($p = 0,000$) i monocita ($p = 0,001$), bio je značajno povišen tokom obe faze istraživanja u poređenju sa IM, pri čemu su vrednosti obe

varijable u obe faze istraživanja bile izvan referentnog okvira. Broj limfocita ($p=0,000$), eozofilnih ($p=0,003$) i bazofilnih granulocita ($p=0,035$) značajno se smanjio tokom P1 u odnosu na IM, pri čemu su registrovane vrednosti LYMPH i EO bile (snižene) izvan referentnih vrednosti. Tokom P2, zabeležene su takođe niže vrednosti varijabli LYMPH ($p=0,02$) i EO ($p=0,007$) sa nešto nižim nivoom statističke značajnosti, dok su vrednosti varijable BASO ostale statistički nepromenjene u odnosu na IM. Poredeći navedene varijable između P1 i P2, jedino kod varijable NEUT registrovana je statistički viša vrednost tokom P1 ($p=0,048$).

Broj crvenih krvnih zrnaca (RBC) značajno se smanjio u prvoj fazi u poređenju sa IM ($p=0,03$), a zabeležene vrednosti ove varijable tokom P2 bile su značajno niže u poređenju sa P1 ($p=0,009$). Sadržaj hemoglobina (HGB) tokom P1 bio je niži tokom P1 u odnosu na IM, gde je razlika bila na granici statističke značajnosti ($p=0,055$). Sadržaj HGB značajno je bio niži tokom P2 u poređenju sa P1 ($p=0,012$). Registrovane vrednosti koncentracije hematokrita (HCT) značajno su bile snižene tokom P2 u odnosu na IM ($p=0,005$) kao i u poređenju sa P1 ($p=0,010$).

Prosečna zapremina eritrocita značajno se smanjila jedino tokom P1 u odnosu na vrednosti dobijene na inicijalnom merenju ($p=0,024$). Prosečan sadržaj hemoglobina u eritrocitu značajno je porastao tokom P2 u poređenju sa P1 ($p=0,009$). Koeficijent varijacije distribucije eritrocita (RDW-CV) značajno je bio snižen u drugoj fazi u odnosu na IM ($p=0,008$) i na P1 ($p=0,013$).

Zabeleženo je značajno povećanje vrednosti varijable PLT u prvoj fazi eksperimenta ($p=0,003$). Takođe, vrednosti ove varijable u P1 bile su značajno više u odnosu na vrednosti dobijene u P2 ($p=0,001$). Vrednosti varijable PCT (prokalcitonin) značajno su porasle tokom prve faze istraživanja ($p=0,002$). Zabeležen je značajno niži nivo glukoze u krvi (GLUC) u prvoj ($p=0,050$) i u drugoj fazi istraživanja ($p=0,046$) u odnosu na IM.

Posmatranjem rezultata, zabeležen je blagi porast većine hematoloških parametara tokom P1. Evidentno je da akutna redukcija telesne mase značajno utiče na alteracije nivoa pojedinih hematoloških parametara.

Kada se posmatra aktivnost ispitivanih biohemijskih markera mišićne funkcije, evidentno je da je koncentracija mioglobina i aktivnost aldolaze porasla tokom P1 i P2. Interesantan je podatak da su vrednosti tokom prve faze eksperimenta, gde su se uz sport-specifični trening primenjivale metode redukcije telesne mase, bile veće nego u drugom delu studije (P2) sa приметno višim nivoom značajnosti. Na osnovu podataka, može se konstatovati da gubitak telesne mase

dodatno utiče na oštećenje skeletne muskulature. Vrednosti aldolaze u P1 dostizale su gornju granicu referentnih vrednosti (0,0–7,6 U/L), dok su tokom P2 vrednosti prelazile gornju granicu referentnih vrednosti pojedinih ispitanika. Vrednosti mioglobina u obe faze eksperimenta premašile su referentne vrednosti (0,0–73,0 ug/L), sa skoro tri i po puta većim vrednostima u odnosu na gornju granicu referentnih vrednosti zabeleženim tokom P1 i oko tri puta višim u P2. Dobijeni podaci nagoveštavaju da redukcija telesne mase dodatno utiče na porast vrednosti mioglobina, i posledično oštećenja mišića. Kreatin kinaza statistički je značajno bila viša u prvoj fazi u odnosu na IM ($p=0,000$), sa vrednostima znatno većim od referentnih vrednosti $514,22 \pm 201,66$ U/L (26–200 U/L). U drugoj fazi istraživanja vrednosti CK su takođe bile značajno povišene ($p=0,042$) i iznad gornje granice referentnih vrednosti. Oštećenje skeletnih mišića uzrokovano rapidnim gubitkom telesne mase utvrđeno je i studijom sprovedenom na džudistima (Roklicer i sar., 2020), pri čemu je koncentracija mioglobina, kreatin kinaze i aldolaze nakon tri dana redukcije telesne mase značajno porasla ($p < 0,001$).

Koncentracija aspartat aminotransferaze značajno se povećala u P1 u odnosu na inicijalne vrednosti ($p=0,009$). U P2 je takođe registrovan značajan porast u odnosu na IM sa nižim nivoom značajnosti ($p=0,026$). Vrednosti alanin aminotransferaze nisu se značajno povećale tokom P1, dok je u drugoj fazi došlo do statistički značajnog porasta ($p=0,008$) u poređenju sa inicijalnim vrednostima. Vrednosti laktat dehidrogenaze značajno su bile povišene ($p=0,001$) tokom prve faze u poređenju sa vrednostima inicijalnog merenja, pri čemu su vrednosti zabeležene u P1 premašile okvir referentnih vrednosti $238,55 \pm 56,00$ U/L (81–234 U/L). Tokom druge faze eksperimenta takođe je zabeležen značajan porast ove varijable sa nižim nivoom značajnosti ($p=0,018$).

Alteracije aktivnosti markera bubrežnih funkcija registrovane su u obe faze istraživanja. Vrednost uree u krvi (BUN) značajno je porasla tokom P1 u odnosu na inicijalno merenje ($p=0,011$) i bile su iznad gornje granice referentnih vrednosti $8,24 \pm 1,45$ mmol/L (2,5–7,5 mmol/L). U P2 nije bilo statistički značajne razlike u odnosu na inicijalno merenje. Kada se uporede vrednosti u P1 i P2, uočava se značajno niži nivo uree tokom druge faze ($p=0,002$). Značajan porast BUN ($p \leq 0,05$) nakon redukcije telesne mase već je potvrđen (Ozkan i Cicioglu, 2016).

Koncentracija mokraćne kiseline značajno je porasla tokom P1 u odnosu na inicijalno merenje ($p=0,000$), pri čemu je koncentracija URCA takođe premašila okvir referentnih vrednosti

511,77±70,10 mmol/L (155–428 mmol/L). Zabeležene su takođe značajno više vrednosti ove varijable tokom drugog merenja (P2) u poređenju sa inicijalnim merenjem ($p=0,003$). Kada se uporede vrednosti u P1 i P2, u prvoj fazi registrovane su statistički značajno više vrednosti URCA u odnosu na drugu fazu ($p=0,000$). Slični rezultati dobijeni su istraživanjem gde je zabeležen porast koncentracije mokraćne kiseline i uree ($p<0,01$) kod džudista nakon 7 dana restriktivne ishrane i redukcije telesne mase od 5% (Finaud i sar., 2006; Degoutte i sar., 2006).

Kreatinin u krvi (Cr) dostigao je značajno više vrednosti tokom prve faze istraživanja u poređenju sa inicijalnim merenjem ($p=0,001$). U P1, zabeležena je veća koncentracija u odnosu na referentne vrednosti 137,22±23,08 mmol/L (49–115 mmol/L). Tokom druge faze, ponovo je zabeležen značajan porast Cr ($p=0,011$) u odnosu na inicijalno merenje. Poredivši P1 sa P2, vrednosti Cr bile su značajno više tokom prve faze eksperimenta ($p=0,006$).

Evidentno je da visokointenzivni specifični trening kombinovan sa RWL znatno više utiče na porast vrednosti markera bubrežnih funkcija u odnosu na identičan trening bez primene RWL. Vidljiv je trend porasta analiziranih markera kada se redukcija telesne mase praktikuje uz sport-specifični trening. Studijom sprovedenom na uzorku džudista došlo se do sličnih rezultata. Nakon rapidne redukcije telesne mase (6%) u roku od 7 dana, zabeležen je značajan porast koncentracije kreatinina ($p\leq 0,05$) (Drid i sar., 2019). Značajan porast nivoa kreatinina ($p\leq 0,001$) zabeležen je i kod rvača nakon redukcije većeg procenta telesne mase (~8%) tokom dužeg vremenskog perioda (2-3 nedelje) (Karila i sar., 2008).

Koncentracija cistatina C tokom obe faze bila je blago povišena u odnosu na inicijalno merenje. Iako je porast vrednosti bio statistički neznačajan, tokom P1 je razlika bila na granici značajnosti ($p=0,058$) u poređenju sa inicijalnim merenjem. Na osnovu navedenog, vidljivo je da se koncentracija cistatina C nije značajno menjala tokom eksperimenta.

Sa druge strane, iako su vrednosti navedenih markera (BUN, URCA, Cr) bile značajno povišene tokom P2, vrednosti su ostale u granicama referentnih. Ovakvi rezultati potvrđuju da pri skidanju kilograma uz trening dolazi do većeg stepena alteracije markera bubrežnih funkcija nego samo kod intenzivnog treninga.

Porast vrednosti srčanog troponina visoke senzitivnosti registrovan je tokom P1 i P2 u poređenju sa inicijalnim merenjem. Dobijene promene ukazuju da je redukcija telesne mase uz primenu visoko intenzivnih sport-specifičnih treninga u određenoj meri uticala na aktivnost

HscTn. Nivo HscTn, nije se značajno razlikovao tokom dve faze u odnosu na IM, iako je ta razlika u P2 bila na granici statističke značajnosti ($p=0,056$). Koncentracija izoenzima kreatin kinaze (MBI (S-CK-MB)) značajno je porasla tokom prve faze istraživanja izvan gornjih granica referentnih vrednosti $29,11 \pm 10,05$ U/L ($7-25$ U/L). U drugoj fazi istraživanja porast vrednosti ovog enzima nije bio statistički značajno viši. Zabeležen je trend porasta vrednosti NT-proBNP tokom obe faze istraživanja, međutim nije uočena statistički značajna razlika u odnosu na inicijalno merenje. Dobijeni rezultati pokazuju da rapidna redukcija telesne mase svakako utiče na izvesne promene markera srčanog mišića.

Parametri lipidnog statusa sportista nisu značajno varirali tokom eksperimenta. Nivo holesterola je porastao tokom prve faze istraživanja, međutim bez statističke značajnosti. Sličan trend je zabeležen i kod ostalih analiziranih parametara lipidnog statusa (trigliceridi, HDL, LDL). Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima istraživanja sprovedenim na džudistima (Filaire i sar., 2001). Međutim, u navedenoj studiji, zabeležen je značajno povišen nivo triglicerida ($p < 0,05$) nakon redukovano režima ishrane u period od sedam dana.

Rapidna redukcija telesne mase utiče i na stanja raspoloženja kod sportista borilačkih sportova. Slačanac i sar. (2021) utvrdili su da postoji značajna povezanost rapidnog gubitka telesne mase sa varijablom koja opisuje stanje zamora ($p=0,014$). Dobijeni rezultati u saglasju su sa rezultatima našeg istraživanja s obzirom da je došlo do porasta u svim varijablama koje opisuju stanje zamora. Rezultati istraživanja koje su sproveli Fortes i sar. (2018) govore o značajnim psihološkim promenama nakon redukcije telesne mase kod džudista. Istraživanjem je ispitan uticaj akutne redukcije telesne mase (10%) tokom dve nedelje. Ustanovljeni su značajno niži nivoi stanja energičnosti nakon redukcije telesne mase, što je utvrđeno i na ispitivanom uzorku u ovom radu. Redukcija telesne mase u pomenutom procentu bila je praćena i povišenim stanjem besa, zamora i depresije. Negativan uticaj redukcije telesne mase takođe je utvrđen istraživanjem koje se bavilo promenama stanja raspoloženja kod džudista (Filaire i sar., 2001). Ispitanici u ovoj studiji imali su zadatak da redukuju 5% telesne mase u roku od nedelju dana ili manje. Dobijenim rezultatima utvrđen je značajan porast varijabli koje opisuju tenziju, bes, zamor i zbunjenost. Nalik rezultatima pomenute studije (Fortes i sar., 2018), kod ispitanika je ustanovljeno značajno smanjanje energičnosti nakon rapidnog gubitka telesne mase. Slično ovoj studiji, sprovedeno je istraživanje na džudistima sa ciljem gubitka istog procenta telesne mase za isti vremenski period (Degoutte i sar., 2006). U saglasnosti sa rezultatima našeg istraživanja, autori su došli do rezultata koji govore

da su se stanja tenzije, zamora i besa značajno povećala dok je osećaj energičnosti značajno opao nakon nagle redukcije telesne mase kod džudista nacionalnog takmičarskog nivoa. Važno je napomenuti da je u svim navedenim studijama sa kojima smo upoređivali rezultate dobijene našim istraživanjem, korišćen isti upitnik za utvrđivanje nivoa afektivnih stanja sportista (POMS; Terry i sar., 2003). Psihološko stanje sportista iz borilačkih sportova ima veoma značajnu ulogu u samoj pripremi i može u manjoj ili većoj meri uticati na takmičarski uspeh. Pokazalo se da nagla redukcija telesne mase pred takmičenje skoro uvek ima sličan ili isti uticaj na afektivna stanja boraca. Komponente stanja koje opisuju bes, napetost, zbunjenost, zamor i energičnost izgleda predstavljaju ključne psihološke parametre na koje utiče rapidna redukcija telesne mase uoči takmičenja.

Na osnovu istraživanja se može zaključiti da se generalna hipoteza:

H_g – Pojaviće se statistički značajne razlike u biohemijskim markerima skeletnih mišića, srčanog mišića i bubrežne funkcije nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista **može prihvatiti**.

Može se zaključiti da pojedinačna hipoteza:

Hipoteza **H₁** – Pojaviće se statistički značajne razlike u motoričkim sposobnostima nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista se **može prihvatiti**.

Hipoteza **H₂** – Pojaviće se statistički značajne razlike u afektivnim stanjima (POMS) nakon akutne redukcije telesne mase kod rvača i džudista se **može prihvatiti**.

Hipoteza **H₃** – Pojaviće se statistički značajne razlike u biohemijskim markerima skeletnih mišića, srčanog mišića, bubrežne funkcije, motoričkim sposobnostima rvača i džudista nakon primene visokointenzivnog specifičnog treninga kombinovanog sa akutnom redukcijom telesne mase i visokointenzivnog specifičnog treninga bez redukcije telesne mase se može **delimično prihvatiti**.

8. ZAKLJUČAK

Na osnovu problema, predmeta, postavljenih ciljeva i hipoteza, iz dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Primena rapidne redukcije telesne mase statistički je značajno uticala na alteracije biohemijskih markera bubrežnih funkcija, skeletnih i srčanog mišića kod rvača i džudista.
- Ispitivanjem je ustanovljeno da je rapidna redukcija telesne mase statistički značajno uticala na promene u nivoima motoričkih sposobnosti (eksplozivne snage nogu i izometrijske snage stiska šake) kod rvača i džudista.
- Shodno dobijenim rezultatima, utvrđeno je da akutna redukcija telesne mase utiče na promene afektivnih stanja rvača i džudista.
- Ustanovljeno je da visokointenzivni specifični trening kombinovan sa akutnom redukcijom telesne mase i visokointenzivni specifični trening bez redukcije telesne mase utiče na značajne promene u biohemijskim markerima skeletnih mišića, srčanog mišića, bubrežne funkcije i motoričke sposobnosti.

Uprkos čvrstim dokazima koji ukazuju na štetne (zdravstvene) konsekvence praktikovanja RWL, agresivne metode redukcije kao i naglog povećanja telesne mase i dalje su veoma rasprostranjene među takmičarima iz borilačkih sportova. Kako bi se praksa manipulacije telesnom masom sportista predupredila, jedna od preporuka je da se zvanično merenje takmičara vremenski približi početku samog takmičenja. U tom slučaju, sportisti ne bi imali dovoljno vremena da drastično povrate telesnu masu i na taj način ostvare znatnu težinsku prednost nad svojim protivnikom (Lakicevic i sar., 2021). Veoma je izvesno da su neophodne određene intervencije i korekcije za dobrobit kao i bezbednost takmičara iz borilačkih sportova koji se klasifikuju u težinske kategorije.

9. LITERATURA

1. Franchini, E., Brito, C.J., Artioli, G.G. (2012). Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. *Journal of the international society of sports nutrition*, 9(1), 1-6.
2. Khodaei, M., Olewinski, L., Shadgan, B., Kinningham, R.R. (2015). Rapid weight loss in sports with weight classes. *Current sports medicine reports*, 14(6), 435-441.
3. Reale, R., Slater, G., Burke, L.M. (2017). Individualised dietary strategies for Olympic combat sports: Acute weight loss, recovery and competition nutrition. *European journal of sport science*, 17(6), 727-740.
4. Barley, O.R., Chapman, D.W., Guppy, S.N., Abbiss, C.R. (2019). Considerations when assessing endurance in combat sport athletes. *Frontiers in physiology*, 10, 205.
5. Matthews, J.J., Stanhope, E.N., Godwin, M.S., Holmes, M.E., Artioli, G.G. (2019). The magnitude of rapid weight loss and rapid weight gain in combat sport athletes preparing for competition: A systematic review. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(4), 441-452.
6. Sundgot-Borgen, J., Meyer, N.L., Lohman, T.G., Ackland, T.R., Maughan, R.J., Stewart, A.D., Müller, W. (2013). How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *British journal of sports medicine*, 47(16), 1012-1022.
7. Reale, R., Cox, G.R., Slater, G., Burke, L.M. (2016). Regain in Body Mass After Weigh-In is Linked to Success in Real Life Judo Competition. *International journal of sport nutrition & exercise metabolism*, 26(6), 525-530.
8. Matthews, J.J., Stanhope, E.N., Godwin, M.S., Holmes, M.E., Artioli, G.G. (2019). The magnitude of rapid weight loss and rapid weight gain in combat sport athletes preparing for competition: A systematic review. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(4), 441-452.
9. Pettersson, S., Ekström, M.P., Berg, C.M. (2013). Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: a matter of mental advantage?. *Journal of athletic training*, 48(1), 99-108.
10. Coswig, V.S., Miarka, B., Pires, D.A., Da Silva, L.M., Bartel, C., Del Vecchio, F.B. (2019). Weight regain, but not weight loss, is related to competitive success in real-life mixed martial arts competition. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(1), 1-8.
11. Matthews, J., Nicholas, C. (2016). Extreme rapid weight loss and rapid weight gain observed in UK mixed martial arts athletes preparing for competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 27(2), 122-129.
12. Brito, C.J., Roas, A.F.C.M., Brito, I.S.S., Marins, J.C.B., Córdova, C., Franchini, E. (2012). Methods of body-mass reduction by combat sport athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 22(2), 89-97.
13. Crighton, B., Close, G.L., Morton, J.P. (2016). Alarming weight cutting behaviours in mixed martial arts: a cause for concern and a call for action. *British journal of sports medicine*, 50(8), 446-447.

14. Barley, O.R., Chapman, D.W., Abbiss, C.R. (2018). Weight loss strategies in combat sports and concerning habits in mixed martial arts. *International journal of sports physiology and performance*, 13(7), 933-939.
15. Reale, R., Slater, G., Burke, L.M. (2018). Weight management practices of Australian Olympic combat sport athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 13(4), 459-466.
16. Berkovich, B.E., Eliakim, A., Nemet, D., Stark, A.H., Sinai, T. (2016). Rapid weight loss among adolescents participating in competitive judo. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 26(3), 276-284.
17. Chevront, S.N., Kenefick, R.W. (2011). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive physiology*, 4(1), 257-285.
18. Judelson, D.A., Maresh, C.M., Anderson, J.M., Armstrong, L.E., Casa, D.J., Kraemer, W.J., Volek, J.S. (2007). Hydration and muscular performance. *Sports medicine*, 37(10), 907-921.
19. Hayes, L.D., Morse, C.I. (2010). The effects of progressive dehydration on strength and power: is there a dose response?. *European journal of applied physiology*, 108(4), 701-707.
20. Savoie, F.A., Kenefick, R.W., Ely, B.R., Chevront, S.N., Goulet, E.D. (2015). Effect of hypohydration on muscle endurance, strength, anaerobic power and capacity and vertical jumping ability: a meta-analysis. *Sports medicine*, 45(8), 1207-1227.
21. Jones, L.C., Cleary, M.A., Lopez, R.M., Zuri, R.E., Lopez, R. (2008). Active dehydration impairs upper and lower body anaerobic muscular power. *Journal of strength & conditioning research*, 22(2), 455-463.
22. Kraft, J.A., Green, J.M., Bishop, P.A., Richardson, M.T., Neggers, Y.H., Leeper, J.D. (2011). Effects of heat exposure and 3% dehydration achieved via hot water immersion on repeated cycle sprint performance. *Journal of strength & conditioning research*, 25(3), 778-786.
23. Periard, J.D., Tammam, A.H., Thompson, M.W. (2012). Skeletal muscle strength and endurance are maintained during moderate dehydration. *International journal of sports medicine*, 33(08), 607-612.
24. Hall, C.J., Lane, A.M. (2001). Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *British journal of sports medicine*, 35(6), 390-395.
25. Koral, J., Dosseville, F. (2009). Combination of gradual and rapid weight loss: Effects on physical performance and psychological state of elite judo athletes. *Journal of sports sciences*, 27(2), 115-120.
26. Alves, R.C., Alves Bueno, J.C., Borges, T.O., Zourdos, M.C., de Souza Junior, T.P., Aoki, M.S. (2018). Physiological Function Is Not Fully Regained Within 24 Hours of Rapid Weight Loss in Mixed Martial Artists. *Journal of exercise physiology online*, 21(5).
27. Houston, M.E., Marrin, D.A., Green, H.J., Thomson, J.A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Physician and sportsmedicine*, 9(11), 73-78.
28. Guastella, P., Wygand, J., Davy, K., Pizza, F. (1988). The effects of rapid weight loss on aerobic power in high school wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 20, S2.
29. Webster, S., Rutt, R., Weltman, A. (1990). Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(2), 229-234.
30. Fogelholm, G.M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T., Ruokonen, I. (1993). Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine & science in sports & exercise*, 25(3), 371-377.
31. Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., Woodcroft, C., Pulkkinen, W.J., Robinson, D.C., Henderson, J.M., MacDougall, J.D. (1996). Effects of rapid weight loss and wrestling on muscle glycogen

- concentration. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian academy of sport medicine*, 6(2), 78-84.
32. Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P., Lac, G. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International journal of sports medicine*, 22, 454–459.
 33. Artioli, G.G., Saunders, B., Iglesias, R.T., Franchini, E. (2016). It is time to ban rapid weight loss from combat sports. *Sports medicine*, 46(11), 1579-1584.
 34. Choma, C.W., Sforzo, G.A., Keller, B.A. (1998). Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 30, 746–749.
 35. Landers, D.M., Arendt, S.M., Lutz, R.S. (2001). Affect and cognitive performance in high school wrestlers undergoing rapid weight loss. *Journal of sports and exercise psychology*, 23, 307–316.
 36. Oppliger, R.A., Case, H.S., Horswill, C.A., Landry, G.L., Shelter, A.C. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(6), ix-xii.
 37. Adam-Perrot, A., Clifton, P., Brouns, F. (2006). Low-carbohydrate diets: nutritional and physiological aspects. *Obesity reviews*, 7(1), 49-58.
 38. Ravussin, E., Burnand, B., Schutz, Y., Jequier, E. (1985). Energy expenditure before and during energy restriction in obese patients. *American journal of clinical nutrition*, 41(4), 753-759.
 39. Leibel, R.L., Rosenbaum, M., Hirsch, J. (1995). Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *New England journal of medicine*, 332(10), 621-628.
 40. Dulloo, A.G., Jacquet, J., Girardier, L. (1997). Poststarvation hyperphagia and body fat overshooting in humans: a role for feedback signals from lean and fat tissues. *American journal of clinical nutrition*, 65(3), 717-723.
 41. Weyer, C., Walford, R.L., Harper, I.T., Milner, M., MacCallum, T., Tataranni, P.A., Ravussin, E. (2000). Energy metabolism after 2 y of energy restriction: the biosphere 2 experiment. *American journal of clinical nutrition*, 72(4), 946-953.
 42. Dulloo, A.G., Jacquet, J., Montani, J.P. (2012). How dieting makes some fatter: from a perspective of human body composition autoregulation. *Proceedings of the nutrition society*, 71(3), 379-389.
 43. Jackman, M.R., Steig, A., Higgins, J.A., Johnson, G.C., Fleming-Elder, B.K., Bessesen, D.H., MacLean, P.S. (2008). Weight regain after sustained weight reduction is accompanied by suppressed oxidation of dietary fat and adipocyte hyperplasia. *American Journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology*, 294(4), R1117-R1129.
 44. Saarni, S.E., Rissanen, A., Sarna, S., Koskenvuo, M., Kaprio, J. (2006). Weight cycling of athletes and subsequent weight gain in middleage. *International journal of obesity*, 30(11), 1639- 1644.
 45. Brancaccio, P., Lippi, G., Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 48(6), 757-767.
 46. Kim, J., Lee, J. (2015). The relationship of creatine kinase variability with body composition and muscle damage markers following eccentric muscle contractions. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 19(2), 123.
 47. Clarkson, P.M., Hubal, M.J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(11), S52-S69.

48. Peake, J.M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., Coombes, J.S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(5), 737-745.
49. Kim, H. , Lee, Y.H., Kim, C.K. (2007). Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. *European journal of applied physiology*, 99(4), 443-447.
50. Mamczur, P., Dzugaj, A. (2008). Aldolase A is present in smooth muscle cell nuclei. *Acta Biochimica Polonica*, 55(4), 799-805.
51. Kusakabe, T., Motoki, K., Hori, K. (1997). Mode of interactions of human aldolase isozymes with cytoskeletons. *Archives of biochemistry and biophysics*, 344(1), 184-193.
52. Ukaji, F., Kitajima, I., Kubo, T., Shimizu, C., Nakajima, T., Maruyama, I. (1999). Serum samples of patients with rheumatoid arthritis contain a specific autoantibody to “denatured” aldolase A in the osteoblast-like cell line, MG-63. *Annals of the rheumatic diseases*, 58(3), 169-174.
53. Taguchi, K., Takagi, Y. (2001). Aldolase. *Rinsho byori. Japanese journal of clinical pathology*, 117-124.
54. Swaminathan, R., Ho, C.S., Donnan, S.P.B. (1988). Body composition and plasma creatine kinase activity. *Annals of clinical biochemistry*, 25(4), 389-391.
55. Nuviala, R.J., Roda, L., Lapieza, M.G., Boned, B., Giner, A. (1992). Serum enzymes activities at rest and after a marathon race. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 32(2), 180-186.
56. Denvir, M.A., Galloway, P.J., Meighan, A.S., Blyth, M., Alexander, C., Fleming, C., Frame, F. (1999). Changes in skeletal and cardiac muscle enzymes during the Scottish Coast to Coast Triathlon. *Scottish medical journal*, 44(2), 49-51.
57. Hornemann, T., Stolz, M., Wallimann, T. (2000). Isoenzyme-specific interaction of muscle-type creatine kinase with the sarcomeric M-line is mediated by NH₂-terminal lysine charge-clamps. *Journal of cell biology*, 149(6), 1225-1234.
58. Noakes, T.D. (1987). Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports medicine*, 4(4), 245-267.
59. Epstein, Y. (1995). Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Israel journal of medical sciences*, 31(11), 698-699.
60. Malm, C., Sjödin, B., Sjöberg, B., Lenkei, R., Renström, P., Lundberg, I.E., Ekblom, B. (2004). Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *Journal of physiology*, 556(3), 983-1000.
61. Brancaccio, P., Maffulli, N., Limongelli, F.M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81(1), 209-230.
62. Hurley, B.F., Redmond, R.A., Pratley, R.E., Treuth, M.S., Rogers, M.A., Goldberg, A.P. (1995). Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell disruption in older men. *International journal of sports medicine*, 16(06), 378-384.
63. Serrão, F.V., Foerster, B., Spada, S., Morales, M.M.B., Monteiro-Pedro, V., Tannús, A., Salvini, T.F. (2003). Functional changes of human quadriceps muscle injured by eccentric exercise. *Brazilian journal of medical and biological research*, 36, 781-786.
64. Brancaccio, P., Limongelli, F.M., Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British journal of sports medicine*, 40(2), 96-97.
65. Koutedakis, Y., Raafat, A., Sharp, N.C., Rosmarin, M.N., Beard, M.J., Robbins, S.W. (1993). Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(3), 252-257.

66. Fu, F.H., You, C.Y., Kong, Z.W. (2002). Acute changes in selected serum enzyme and metabolite concentrations in 12-to 14-yr.-old athletes after an all-out 100-m swimming sprint. *Perceptual and motor skills*, 95(3suppl), 1171-1178.
67. Amelink, G.J., Kamp, H.H., Bär, P.R. (1988). Creatine kinase isoenzyme profiles after exercise in the rat: sex-linked differences in leakage of CK-MM. *Pflügers archiv-European journal of physiology*, 412(4), 417-421.
68. Mena, P., Maynar, M., Campillo, J.E. (1996). Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. *British journal of sports medicine*, 30(2), 122-124.
69. Gombacci, A., Tamaro, G., Simeone, R., Crocetti, G., Stupar, G. (2002). Valutazione della cinetica degli enzimi muscolari nel corso di una ultramaratona. *Sports cardiology*, 3, 31-33.
70. Kobayashi, Y., Takeuchi, T., Hosoi, T., Yoshizaki, H., Loepky, J.A. (2005). Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase, and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Research quarterly for exercise and sport*, 76(4), 450-455.
71. Priest, J.B., Oei, T.O., Moorehead, W.R. (1982). Exercise-induced changes in common laboratory tests. *American journal of clinical pathology*, 77(3), 285-289.
72. Stokke, O. (1982). Clinical chemical changes in physical activity. *Scandinavian journal of social medicine*, 93-101.
73. Munjal, D.D., McFadden, J.A., Matix, P.A., Coffman, K.D., Cattaneo, S.M. (1983). Changes in serum myoglobin, total creatine kinase, lactate dehydrogenase and creatine kinase MB levels in runners. *Clinical biochemistry*, 16(3), 195-199.
74. Nosaka, K., Clarkson, P.M., Apple, F.S. (1992). Time course of serum protein changes after strenuous exercise of the forearm flexors. *Journal of laboratory and clinical medicine*, 119(2), 183-188.
75. Friden, J., Sfikianos, P.N., Hargens, A.R. (1989). Blood indices of muscle injury associated with eccentric muscle contractions. *Journal of orthopaedic research*, 7(1), 142-145.
76. Brown, S., Day, S., Donnelly, A. (1999). Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. *Journal of sports sciences*, 17(5), 397-402.
77. Klapcinska, B., Iskra, J., Poprzecki, S., Grzesiok, K. (2001). The effects of spring (300 m) running on plasma lactate, uric acid, creatine kinase and lactate dehydrogenase in competitive hurdlers and untrained men. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(3), 306.
78. Rice, T.L., Chantler, I., Loram, L. C. (2008). Neutralisation of muscle tumour necrosis factor alpha does not attenuate exercise-induced muscle pain but does improve muscle strength in healthy male volunteers. *British journal of sports medicine*, 42(9), 758-762.
79. Lee, T.H., Goldman, L.E.E. (1986). Serum enzyme assays in the diagnosis of acute myocardial infarction recommendations based on a quantitative analysis. *Annals of internal medicine*, 105(2), 221-233.
80. Sharma, S., Merghani, A., Mont, L. (2015). Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. *European heart journal*, 36(23), 1445-1453.
81. Predel, H.G. (2014). Marathon run: cardiovascular adaptation and cardiovascular risk. *European heart journal*, 35(44), 3091-3098.
82. Thygesen, K., Alpert, J.S., Jaffe, A.S., Chaitman, B.R., Bax, J.J., Morrow, D.A., ... Windecker, S. (2019). Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *European heart journal*, 40(3), 237-269.

83. Odqvist, M., Andersson, P.O., Tygesen, H., Eggers, K.M., Holzmann, M.J. (2018). High-sensitivity troponins and outcomes after myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2616-2624.
84. Shave, R., George, K.P., Atkinson, G.R.E.G., Hart, E.M.M.A., Middleton, N., Whyte, G., ... Collinson, P.O. (2007). Exercise-induced cardiac troponin T release: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(12), 2099-2106.
85. Cirer-Sastre, R., Legaz-Arrese, A., Corbi, F., George, K., Nie, J., Carranza-García, L.E., Reverter-Masià, J. (2019). Cardiac biomarker release after exercise in healthy children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric exercise science*, 31(1), 28-36.
86. Shave, R., Baggish, A., George, K., Wood, M., Scharhag, J., Whyte, G., ... Thompson, P. D. (2010). Exercise-induced cardiac troponin elevation: evidence, mechanisms, and implications. *Journal of the American college of cardiology*, 56(3), 169-176.
87. Vilela, E.M., Bastos, J.C., Rodrigues, R.P., Nunes, J.P. (2014). High-sensitivity troponin after running--a systematic review. *Netherlands journal of medicine*, 72(1), 5-9.
88. Eijsvogels, T.M., Fernandez, A.B., Thompson, P.D. (2016). Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise?. *Physiological reviews*, 96(1), 99-125.
89. Aakre, K.M., Omland, T. (2019). Physical activity, exercise and cardiac troponins: clinical implications. *Progress in cardiovascular diseases*, 62(2), 108-115.
90. Cirer-Sastre, R., Legaz-Arrese, A., Corbi, F., López-Laval, I., Puente-Lanzarote, J., Hernández-González, V., Reverter-Masià, J. (2019). Effect of training load on post-exercise cardiac troponin T elevations in young soccer players. *International journal of environmental research and public health*, 16(23), 4853.
91. Corrado, D., Basso, C., Rizzoli, G., Schiavon, M., Thiene, G. (2003). Does sports activity enhance the risk of sudden death in adolescents and young adults?. *Journal of the American college of cardiology*, 42(11), 1959-1963.
92. Harmon, K.G., Asif, I.M., Maleszewski, J.J., Owens, D.S., Prutkin, J.M., Salerno, J.C., ... Drezner, J. A. (2015). Incidence, cause, and comparative frequency of sudden cardiac death in national collegiate athletic association athletes: a decade in review. *Circulation*, 132(1), 10-19.
93. Stewart, G.M., Yamada, A., Haseler, L.J., Kavanagh, J.J., Chan, J., Koerbin, G., ... Sabapathy, S. (2016). Influence of exercise intensity and duration on functional and biochemical perturbations in the human heart. *Journal of physiology*, 594(11), 3031-3044.
94. Bellomo, R., Kellum, J.A., Ronco, C. (2012). Acute kidney injury. *Lancet*, 380(9843), 756-766.
95. Roncal-Jimenez, C., Lanaspa, M.A., Jensen, T., Sanchez-Lozada, L.G., Johnson, R.J. (2015). Mechanisms by which dehydration may lead to chronic kidney disease. *Annals of nutrition and metabolism*, 66(Suppl. 3), 10-13.
96. Artioli, G.G., Gualano, B., Franchini, E., Scagliusi, F.B., Takesian, M., Fuchs, M., Lancha Jr, A.H. (2010). Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine & science in sports & exercise*, 42(3), 436-442.
97. Murray, P.T., Le Gall, J.R., Miranda, D.D.R., Pinsky, M.R., Tetta, C. (2002). Physiologic endpoints (efficacy) for acute renal failure studies. *Current opinion in critical care*, 8(6), 519-525.
98. Vinge, E., Lindergård, B., Nilsson-Ehle, P., Grubb, A. (1999). Relationships among serum cystatin C, serum creatinine, lean tissue mass and glomerular filtration rate in healthy adults. *Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation*, 59(8), 587-592.

99. Finney, H., Newman, D.J., Price, C.P. (2000). Adult reference ranges for serum cystatin C, creatinine and predicted creatinine clearance. *Annals of clinical biochemistry*, 37(1), 49-59.
100. Shlipak, M.G. (2007). Cystatin C as a marker of glomerular filtration rate in chronic kidney disease: influence of body composition. *Nature clinical practice nephrology*, 3(4), 188-189.
101. Mingels, A., Jacobs, L., Kleijnen, V., Wodzig, W., van Dieijen-Visser, M. (2009). Cystatin C a marker for renal function after exercise. *International journal of sports medicine*, 30(09), 668-671.
102. McManus, D., Shlipak, M., Ix, J.H., Ali, S., Whooley, M.A. (2007). Association of cystatin C with poor exercise capacity and heart rate recovery: data from the heart and soul study. *American journal of kidney diseases*, 49(3), 365-372.
103. Nunes, L.A.S., Lazarim, F.L., Brenzikofer, R., Macedo, D.V. (2012). Applicability of the reference interval and reference change value of hematological and biochemical biomarkers to sport science. In: *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*. IntechOpen.
104. Romero-Parra, N., Barba-Moreno, L., Rael, B., Alfaro-Magallanes, V.M., Cupeiro, R., Díaz, Á.E., ... Peinado, A. B. (2020). Influence of the menstrual cycle on blood markers of muscle damage and inflammation following eccentric exercise. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1618.
105. McNair, D.M., Lorr, M., Droppleman, L.F. (1971). EdITS manual for the POMS. *San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service*.
106. LeUnes, A., Burger, J. (1998). Bibliography on the Profile of Mood States in sport and exercise psychology research, 1971-1998. *Journal of sport behavior*, 21(1), 53.
107. Terry, P.C., Lane, A.M., Fogarty, G.J. (2003). Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. *Psychology of sport and exercise*, 4(2), 125-139.
108. Lane, A.M., Terry, P.C. (2000). The nature of mood: Development of a conceptual model with a focus on depression. *Journal of applied sport psychology*, 12(1), 16-33.
109. Marttinen, R.H., Judelson, D.A., Wiersma, L.D., Coburn, J.W. (2011). Effects of self-selected mass loss on performance and mood in collegiate wrestlers. *Journal of strength & conditioning research*, 25(4), 1010-1015.
110. World Medical Association. (2001). World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects. *Bulletin of the World Health Organization*, 79(4), 373.
111. Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., Lang, A.G. (2009). Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*, 41(4), 1149-1160.
112. Roklicer, R., Lakicevic, N., Stajer, V., Trivic, T., Bianco, A., Mani, D., ... Drid, P. (2020). The effects of rapid weight loss on skeletal muscle in judo athletes. *Journal of translational medicine*, 18(1), 1-7.
113. Svisehev, I. (2001). Interaction of Contestants at a Judo Competitive Contest. *2nd IJF World Judo Conference in Munich, Germany*.
114. Yoon, J. (2002). Physiological profiles of elite senior wrestlers. *Sports Medicine*, 32(4), 225-233.
115. Steen, S.N., Brownell, K.D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine and science in sports and exercise*, 22(6), 762-768.

116. Torres-Luque, G., Hernández-García, R., Escobar-Molina, R., Garatachea, N., Nikolaidis, P.T. (2016). Physical and physiological characteristics of judo athletes: An update. *Sports*, 4(1), 20.
117. Cavas, L. (2005). Does underwater rugby stimulate the over-production of reactive oxygen species?. *Cell Biochemistry and Function: Cellular biochemistry and its modulation by active agents or disease*, 23(1), 59-63.
118. Clarys, P., Ramon, K., Hagman, F., Deriemaeker, P., Zinzen, E. (2010). Influence of weight reduction on physical performance capacity in judokas. *Journal of combat sports and martial arts*, 1(2), 71-76.
119. Roklicer, R., Lakicevic, N., Stajer, V., Trivic, T., Bianco, A., Drid, P (2021). The effects of rapid weight loss on hand grip in judo athletes. In *9th International Scientific Conference on Kinesiology* (p. 326). Opatija: University of Zagreb.
120. Degoutte, F., Jouanel, P., Bègue, R.J., Colombier, M., Lac, G., Pequignot, J.M., Filaire, E. (2006). Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. *International journal of sports medicine*, 27(01), 9-18.
121. Coufalova, K., Cochrane, D.J., Maly, T., Heller, J. (2014). Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. *Archives of budo*, 10, 161-168.
122. Kurakake, S., Umeda, T., Nakaji, S., Sugawara, K., Saito, K., Yamamoto, Y. (1998). Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists. *Environmental health and preventive medicine*, 3(3), 152-157.
123. Nemet, D., Mills, P.J., Cooper, D.M. (2004). Effect of intense wrestling exercise on leucocytes and adhesion molecules in adolescent boys. *British journal of sports medicine*, 38(2), 154-158.
124. Ozkan, I., Ibrahim, C.H. (2016). Dehydration, skeletal muscle damage and inflammation before the competitions among the elite wrestlers. *Journal of physical therapy science*, 28(1), 162-168.
125. Finaud, J., Degoutte, F., Scislowski, V., Rouveix, M., Durand, D., Filaire, E. (2006). Competition and food restriction effects on oxidative stress in judo. *International journal of sports medicine*, 27(10), 834-841.
126. Drid, P., Krstulovic, S., Erceg, M., Trivic, T., Stojanovic, M.D., Ostojic, S.M. (2019). Rapid Weight Loss Negatively Affects Body Composition and Serum Creatinine in Elite Judokas. *Medicine & science in sports & exercise*, 51(6S), 863.
127. Karila, T.A.M., Sarkkinen, P., Marttinen, M., Seppälä, T., Mero, A., Tallroth, K. (2008). Rapid weight loss decreases serum testosterone. *International journal of sports medicine*, 29(11), 872-877.
128. Slačanac, K., Baić, M., Karninčić, H. (2021). The relationship between rapid weight loss indicators and selected psychological indicators on success of Croatian wrestlers. *Archives of budo*, 17, 67-74.
129. Fortes, L.S., Lira, H.A., Andrade, J., Oliveira, S.F., Paes, P.P., Vianna, J.M., Vieira, L.F. (2018). Mood response after two weeks of rapid weight reduction in judokas. *Archive of budo*, 14, 125-132.
130. Lakicevic, N., Mani, D., Paoli, A., Roklicer, R., Bianco, A., Drid, P. (2021). Weight cycling in combat sports: revisiting 25 years of scientific evidence. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 13(1), 1-6.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Потписани/а _____ Роберто Роклицер _____
(име и презиме кандидата)

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

_____ Ефекти акутне редукције телесне масе на моторичке способности и биохемијске маркере мишићних функција _____

- резултат споственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис кандидата



У Новом Саду,
Дана 27.06.2022. године

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКОГ РАДА И ДОЗВОЛА ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ ЛИЧНИХ
ПОДАТАКА**

Име и презиме аутора: Роберто Роклицер

Студијски програм: Докторске академске студије

Наслов рада: Ефекти акутне редукције телесне масе на моторичке способности и биохемијске маркере мишићних функција

Ментор: Доц. др Татјана Тривић

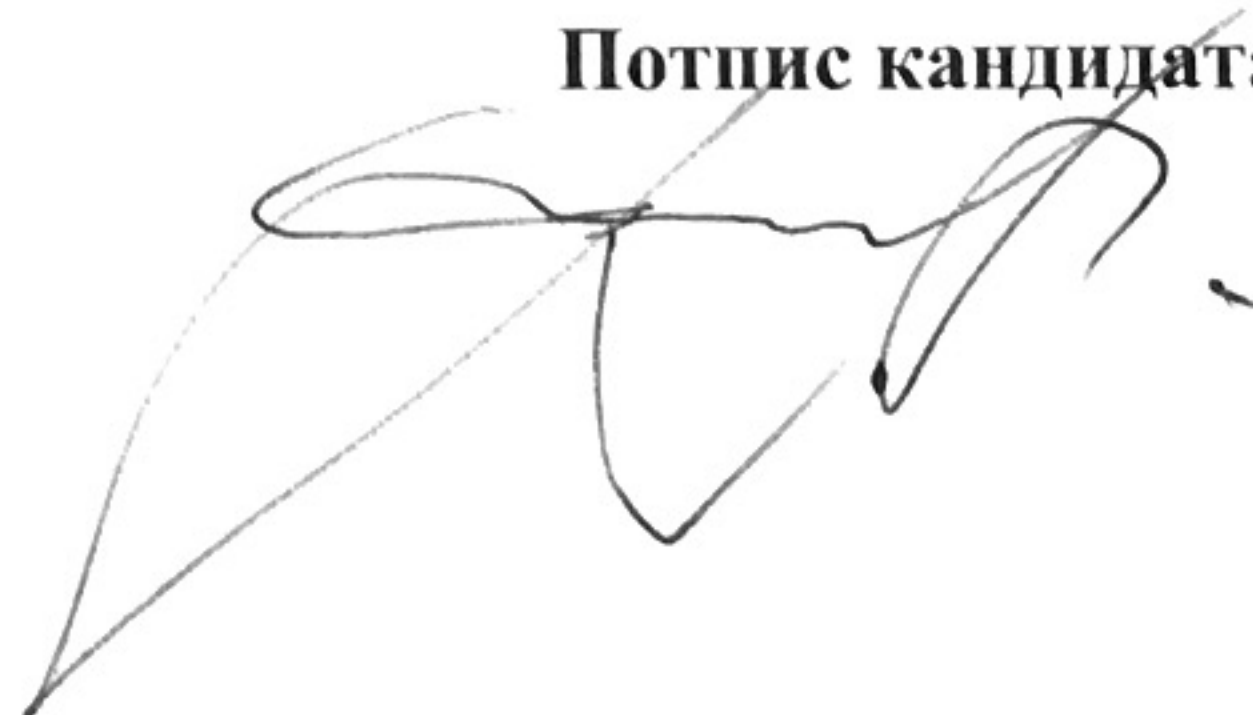
Потписани/а

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за постављање на увид јавности на порталу Дигитална библиотека дисертација Универзитета у Новом Саду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада. Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама Дигиталне библиотеке дисертација Универзитета у Новом Саду, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Новом Саду, као и у репозиторијуму НаРДуС.

У Новом Саду,
Дана 27.06.2022. године

Потпис кандидата



ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Библиотеку Факултета спорта и физичког васпитања и Централну библиотеку Универзитета у Новом Саду да у Дигиталну библиотеку дисертација Универзитета у Новом Саду унесу моју докторску дисертацију под насловом:

Ефекти акутне редукције телесне масе на моторичке способности и биохемијске маркере мишићних функција

која ће потом бити преснимљена у репозиторијум НаРДуС.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

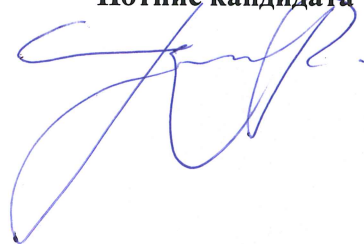
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталну библиотеку дисертација Универзитета у Новом Саду и у репозиторијум НаРДуС могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство – некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа.)

У Новом Саду,
Дана 27.06.2022. године

Потпис кандидата



1. **Ауторство** – Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прераде.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прераде.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.