

# RAZLIKE U FIZIOLOŠKIM I BIOKEMIJSKIM POKAZATELJIMA OPTEREĆENJA NATJECATELJSKIH IZVEDABA U BOKSU I KICKBOXINGU

---

Žaja, Marko

Doctoral thesis / Disertacija

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:161469>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Marko Žaja

**RAZLIKE U FIZIOLOŠKIM I BIOKEMIJSKIM  
POKAZATELJIMA OPTEREĆENJA  
NATJECATELJSKIH IZVEDABA U BOKSU I  
KICKBOXINGU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Marko Žaja

**DIFFERENCES IN PHYSIOLOGICAL AND  
BIOCHEMICAL PERFORMANCE  
INDICATORS OF COMPETITIVE  
PERFORMANCES IN BOXING AND  
KICKBOXING**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

MARKO ŽAJA

**RAZLIKE U FIZIOLOŠKIM I BIOKEMIJSKIM  
POKAZATELJIMA OPTEREĆENJA  
NATJECATELJSKIH IZVEDABA U BOKSU I  
KICKBOXINGU**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Hrvoje Sertić

Prof. dr. sc. Branka Matković

Zagreb, 2023.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Marko Žaja

**DIFFERENCES IN PHYSIOLOGICAL AND  
BIOCHEMICAL PERFORMANCE  
INDICATORS OF COMPETITIVE  
PERFORMANCES IN BOXING AND  
KICKBOXING**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Prof. Hrvoje Sertić, PhD

Prof. Branka Matković, PhD, MD

Zagreb, 2023.

## ŽIVOTOPISI MENTORA

**BRANKA MATKOVIĆ**, rođ. Jeričević, rođena je 30. svibnja 1953. godine u Borovu. Hrvatica je i državljanka Republike Hrvatske. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Zagrebu s odličnim uspjehom. Godine 1971. upisala je Medicinski fakultet u Zagrebu na kojemu je diplomirala 1977. godine. Obvezni liječnički staž obavila je u Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice u Zagrebu. Stručni ispit položila je u travnju 1979. godine pri Republičkom komitetu za zdravstvenu i socijalnu zaštitu u Zagrebu.

Na Medicinskom fakultetu u Zagrebu upisala je 1978. godine postdiplomski studij Sportske medicine na kojemu je diplomirala 1981. godine. U rujnu 1983. godine završila je izradu magistarskog rada pod naslovom *Normativne vrijednosti aerobnog kapaciteta i respiracijskih funkcija učenika starih 15 godina* i uspješno ga obranila u prosincu iste te godine. Doktorsku disertaciju pod naslovom *Relacije aerobnog kapaciteta i morfoloških karakteristika u djece* obranila je u prosincu 1990. godine.

U srpnju 1979. godine zaposlila se na Fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu kao pripravnica na Katedri za kineziološku fiziologiju i patologiju. Sudjeluje u izvođenju vježbi iz Kineziološke fiziologije, Sportske medicine i Biološke antropologije. U listopadu 1980. godine postaje asistentica iz Kineziološke fiziologije te vodi vježbe na redovnom studiju Fakulteta fizičke kulture i na postdiplomskim studijima Medicine rada i Sportske medicine Medicinskog fakulteta u Zagrebu te postdiplomskom studiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Od 2000. godine nositeljica je predmeta Fiziologija sporta i vježbanja u okviru redovitih i izvanrednih studija. Godinu dana nakon postaje nositeljica predmeta Dijagnostika u sportu na doktorskom studiju Kineziološkog fakulteta, a od 2008. godine i izbornog predmeta Fiziologija sporta u ekstremnim uvjetima. Sudjeluje u nastavi u okviru izbornog predmeta Sportska medicina na Medicinskom fakultetu u Zagrebu te u nastavi poslijediplomskih specijalističkih studija istog fakulteta u okviru Fizikalne medicine i rehabilitacije te Medicine rada i sporta. Bila je mentorica većeg broja diplomskih radova studenata Kineziološkog fakulteta te 12 magistarskih radova i devet doktorskih disertacija.

U studenome 1992. godine izabrana je u zvanje znanstvene suradnice za područje medicine. Godine 2003. promaknula se u zvanje više znanstvene suradnice, a 2009. godine postaje znanstvena savjetnica. U veljači 1997. godine izabrana je za docenticu na predmetu

Kineziološka fiziologija. U svibnju 2003. godine postaje izvanredna profesorica na istom predmetu, a u listopadu 2009. godine na predmetu Fiziologija sporta i vježbanja postaje redovita profesorica. U trajno zvanje izabrana je 29. listopada 2015. godine.

Od 1997. do 2001. godine obavljala je dužnost zamjenice predstojnika Zavoda za kineziološku antropologiju, a od listopada 2001. godine u dva mandata bila je prodekanica za znanstveni rad Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od listopada 2005. godine bila je predstojnica Zavoda za Kineziološku antropologiju i metodologiju Kineziološkog fakulteta u dva mandata. Predstojnica je Katedre za medicinu sporta i vježbanja od 2010. godine. Od 2013. do 2022. bila je savjetnica dekana za nastavu i studente.

Bila je voditeljica projekata *Alpsko skijanje* (1996. - 2002.) i *Primijenjena fiziologija tenisa* (2002. - 2006.) na Kineziološkom fakultetu pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, ali i voditeljica projekta *Znanje o prehrani i prehrambene navike sportaša* koji je dio programa Zdravstveni aspekti tjelesne aktivnosti pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti, odgoja i sporta Republike Hrvatske (2007. - 2014.).

Također je bila voditeljica projekta *Oksidacijski stres uzrokovan nogometnom utakmicom* (2015. - 2017.) te projekta *Utjecaj različite izvedbe miofascijalnog samoopuštanja pjenastim valjkom na sindrom odgođene mišićne boli* (2017. - 2019.).

U okviru svojeg istraživačkog rada sudjelovala je kao članica ekipe u većem broju znanstvenih projekata, a trenutačno je istraživačica na projektu *Genske predispozicije za sport i promjena biomarkera starenja organizma uslijed rekreativnog bavljenja sportom* koji je financirao CEKOM MD.

Od 1995. godine urednica je časopisa *Hrvatski športskomedicinski vjesnik* u izdanju Hrvatskog olimpijskog odbora. Časopis redovito izlazi od 1985. godine, a bavi se tematikom sportske medicine. Od 2001. godine glavna je urednica istog časopisa. Od 2017. godine članica je uredništva časopisa *Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*.

Aktivno sudjeluje u radu Društva za sportsku medicinu Hrvatskog liječničkog zbora. Bila je u dva mandata članica Upravnog vijeća Hrvatskog košarkaškog saveza i Vijeća Hrvatske olimpijske akademije. Također je članica Komisije za skrb o ženama u sportu Hrvatskog olimpijskog odbora.

**HRVOJE SERTIĆ** rođen je 1963. godine u Zagrebu. Na Fakultetu za fizičku kulturu diplomirao je 1988. g. Zaposlen je na istoimenom fakultetu od 1991.g. Poslijediplomski studij pohađao je na istom fakultetu te stekao stupanj magistra znanosti 1994. g. Doktorirao je na istoimenom fakultetu 2000. g. U znanstveno-nastavnom zvanju je od 2013. g. kao redoviti profesor u trajnom zvanju na predmetima Judo i Borilački sportovi. Također, nositelj je predmeta Streljaštvo na Sveučilišnom i Stručnom studiju. Objavio je preko sto devedeset znanstvenih i stručnih radova iz područja juda i borilačkih sportova. Autor je knjiga iz juda, borilačkih sportova i streljaštva. Pozvani je predavač na Fakulteti za šport Univerze v Ljubljani, Slovenija te na Fakultetu za sport i tjelesni odgoj Univerziteta u Sarajevu i Beijing sport University, NR Kina. Bio je vanjski suradnik i na Fakultetu prirodoslovnih matematičkih i odgojnih znanosti – smjer fizička kultura na Sveučilištu u Mostaru te od 2022.g. obnaša dužnost vanjskog suradnik Sveučilišta u Slavonskom Brodu.

Mentor je osam doktorskih disertacija, te šest magistarskih radova i preko 160 diplomskih radova na sveučilišnom i veleučilišnom (stručnom) studiju. Bio je voditelj i glavni istraživač znanstveno istraživačkog projekta odobrenog i financiranog od Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta RH: „Praćenje promjena antropološkog statusa djece u hrvatskim sportovima“. Uz redovite nastavne obveze na predmetima Judo i Borilački sportovi, na dodiplomskom sveučilišnom studiju izvodi nastavu na hrvatskom i engleskom jeziku (za strane studente u ERASMUS razmjeni).

Bio je voditelj i predavač na više od 50 licenciranih trenerskih seminara u zadnjih 20-ak godina za više naših Nacionalnih saveza borilačkih sportova (judo, karate, boks, tae kwon do, kickboxing).

Nositelj je bio različitih funkcija:

- zamjenik Predstojnika Zavoda za kineziologiju sporta obnaša u periodu od 1999. do 2001.godine.
- Od 2001. godine obnaša funkciju prodekana za nastavu i studentska pitanja na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u dva mandatna razdoblja 2001/2002. i 2002/2003. godine te je reizabran na istu funkciju za mandatno razdoblje 2003./2004. i 2004/2005.
- Od 2005./06. do 2008./09.g. obnaša dužnost zamjenika pročelnika Odjela za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta (OIT DV)



- od 2009./10. godine postaje v.d. Pročelnika OIT DV. do 2011.g.
- Od akademske godine 2011/12 izabran je na funkciju Predstojnika Studijskog centra za Izobrazbu trenera (SCIT-a) na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu na mandatno razdoblje 2011/12 – 2012/13. te reizabran na istu funkciju na novo mandatno razdoblje 2013/14- 2014/15.g.
- Savjetnik dekana za stručne studije u razdoblju od 2015. - 2019.g.
- Bio je u dva mandata predsjednik Hrvatskog akademskog sportskog saveza ( član Hrvatskog Olimpijskog odbora)
- Bio je član Upravnog odbora Hrvatskog judo saveza u dva mandata
- Član je izvršnog odbora EUPEA (European Physical Education Association) u svojstvu znanstvenog savjetnika od 2014.g. do 2017.g. te od 2017.g. do 2019. g. u funkciji predstavnika za jugoistočnu Europu.
- Izabran je za člana Matičnog odbora za polje pedagogije, edukacijsko rehabilitacijske znanosti, logopedije i kineziologije pri Agenciji za znanost i visoko obrazovanje u sazivu za razdoblje od 2017. do 2021.g. (podpredsjednik za tehnološki razvoj i inovacije).

Judom se bavi od 1972. godine i nosilac je majstorskog zvanja 7. dan (IJF) (crveno bijeli pojas). Tijekom natjecateljske karijere bio je višestruki prvak Hrvatske i bivše države (SFRJ), a nastupao je za obje reprezentacije. Osvajač je niza odličja na međunarodnim turnirima na klupskoj i reprezentativnoj razini. Bio je u sastavu Hrvatske judo reprezentacije na prvom nastupu na turniru 17.02.1991.g. u Italiji. Zadnji nastup za reprezentaciju Hrvatske u judu imao je na 1. Svjetskim vojnim igrama 1995.g. u Rimu ( Italija). Tijekom natjecateljske karijere nastupao je za AJK Mladost iz Zagreba i JK Tenri iz Udina (Italija). Trenerski posao je obavljao u AJK Mladost Zagreb, JK Jaska te Dojo Keshiro Abbe (Corridonia – Italija). Od 1994. do 2000. g. obnašao je više funkcija izbornika i glavnog trenera juniorskih i seniorskih muških i ženskih selekcija Hrvatske. Izbornik je i glavni trener studentske reprezentacije Hrvatske od 1994. i od 2000.g. je predsjednik Stručno trenerske komisije Hrvatskog judo saveza.

Nagrađen je visokim stručnim priznanjem za unapređenje struke, diplomom i zlatnom značkom od strane Hrvatskog saveza pedagoga fizičke kulture 1999. godine. Povodom obilježavanja 50 godišnjice osnutka i djelovanja Zagrebačkog judo saveza i Hrvatskog judo saveza, 2001. g. nagrađen je kao prvi doktor znanosti iz judo sporta za izniman doprinos u razvoju juda.

Predsjednik je organizacijskog odbora i urednik 5 dosada održanih međunarodnih znanstvenih konferencija od 2015 do 2019.g. pod nazivom „Scientific and Professional Conference on Judo: Applicable Research in Judo“, u suorganizaciji Europske judo unije, Hrvatskog judo saveza i Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U području znanosti višestruko je nagrađivan na međunarodnim znanstvenim konferencijama i simpozijima u organizaciji Europske Judo Unije (EJU) te je dobio 1 nagradu na 1. Europskom znanstvenom kongresu o Judu (2008.g.) u organizaciji Europske judo unije, zatim 3 nagradu na European Science of Judo Symposium. Montpellier, Francuska. (2014.g.) te 2 nagradu na European Science of Judo Research Symposium. Antalya, Turkey, (2015.g.).

Također je bio jedan od devet pozvanih predavača na Svjetskom znanstvenom simpoziju o judu (2009.g.) u organizaciji International Judo Federation (IJF).

Bio je voditelj i predavač na trenerskom judo seminaru AFRICAN JUDO UNION, 2017.g. u Casablanci u Maroccu.

Sudjelovao je više puta kao supervizor na državnim prvenstvima Rusije u judu od 2018.g. do 2022.g. za sve uzrasne kategorije od kadeta, juniora, mlađih seniora (U23) i seniora.

U 2022.g. delegiranjem od strane Svjetske judo federacije bio je voditelj i predavač trenerskog seminara za judo trenere u Abu Dhabi-u (Ujedinjeni Arapski Emirati).

Član je Znanstvene komisije Europske judo unije (EJU).

Aktivno se služi engleskim i talijanskim jezikom.

## ZAHVALA

Hvala izv. prof. dr. sc. Ivanu Segediju, svim prijateljima i kolegama koji su svojim promišljanjima, sugestijama i kontinuiranom potporom znatno doprinijeli poboljšanju ovog rada.

Posebno zahvaljujem prof. dr. sc. Hrvoju Sertiću, svojem mentoru, koji me vodio u znanstvenom i stručnom radu te zadužio svojim odnosom i važnim savjetima od diplomskog rada a potom i tijekom cijelog poslijediplomskog studiranja.

Veliku zahvalu izražavam svojoj komentorici prof. dr. sc. Branki Matković koja je svojim zapažanjima, savjetima i korekcijama uvelike doprinijela kvaliteti ovog rada.

*Za moju obitelj: oca Antu, majku Katiju, sestru Orjenu,  
suprugu Maju, sinove Antu i Ivana, kćer Emu Anđelu*

# RAZLIKE U FIZIOLOŠKIM I BIOKEMIJSKIM POKAZATELJIMA OPTEREĆENJA NATJECATELJSKIH IZVEDABA U BOKSU I KICKBOXINGU

## SAŽETAK

*Fiziološko opterećenje aktivnosti jedno je od glavnih mjerila za efikasno programiranje treninga. Problem rada ogleda se u činjenici da, iako boks i kickboxing spadaju u grupu polistrukturnih sportova u kojima se rezultat postiže sličnim tehničko-taktičkim sredstvima, ipak postoje određene razlike u fiziološkom opterećenju same natjecateljske izvedbe. Cilj rada bio je usporediti fiziološke pokazatelje opterećenja između natjecateljskih izvedaba u boks i kickboxingu. Dobili su se iznimno vrijedni rezultati na uzorku od 20 vrhunskih natjecatelja koji su pristupili natjecateljskim izvedbama u ova dva sporta. Uvidom u rezultate deskriptivne statistike i t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti frekvencije srca, serumskog laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze, dokazano je kako postoje razlike u svim pokazateljima fiziološkog i biokemijskog opterećenja između borbe u boks i borbe u kickboxingu te možemo zaključiti da kod kickboxing borbe ipak postoji nešto veće opterećenje za organizam. Neke od njih su vidljive samo numerički, a neke su i statistički značajne. Kod parametra pokazatelja frekvencije srca uočava se da u oba sporta opterećenje kontinuirano raste tijekom sve tri runde te su oscilacije u frekvenciji srca izraženije kod kickboxinga nego kod boksa. Pokazatelj većih oscilacija u frekvenciji srca jest i uzrok tomu da tijekom kickboxing borbe nije bilo moguće kontinuirano zadržati progresivno opterećenje iz razloga veće globalne zakiseljenosti organizma. Kod varijable laktata i laktat-dehidrogenaze postoji i statistički značajna razlika u korist kickboxinga, dok se kod varijable kreatin-kinaze uočava isključivo numerička razlika.*

*Tijekom kickboxing borbe koriste se i nožne tehnike udaranja i tehnike udaranja koljenima koje u boks nisu dopuštene pa se za mobilizaciju tih ekstremiteta koriste brojnije mišićne skupine čija aktivacija potom uzrokuje veće zakiseljenje organizma. Dodatno zakiseljenje kod kickboxinga izaziva i veća masa donjih ekstremiteta koji prilikom kolizije s tijelom protivnika ostavljaju i veće posljedice koje se potom vide i po dobivenim rezultatima fiziološkog i biokemijskog opterećenja.*

*Temeljem općeg cilja definirani su parcijalni ciljevi za koje su postavljene dvije hipoteze. Prva hipoteza kako je fiziološko opterećenje u kickboxingu statistički značajno veće nego u boksu potvrđena je, ali ipak samo parcijalno. Naime, statistički značajno veće fiziološko opterećenje u kickboxingu u odnosu na boks potvrđeno je u dva od četiri parametra (laktati i laktat-dehidrogenaza), dok je kod kreatin-kinaze postojala samo numerička razlika. Kod frekvencije srca zabilježena je numerička razlika u korist boksa, koja samo u trećoj rundi doseže statističku značajnost. Druga hipoteza kako postoji značajna povezanost između vrijednosti primitka kisika i razine anaerobnog praga s uspjehom u boks i kickboxing borbi, potvrđena je u potpunosti slijedom analize spiroergometrijskih pokazatelja.*

*Ovo istraživanje predstavlja značajan iskorak, kako zbog dizajna studije (direktne usporedbe fizioloških i metaboličkih promjena tijekom natjecateljske boks i kickboxing izvedbe) tako i po broju uključenih ispitanika, elitnih hrvatskih sportaša. Temeljem ovih rezultata stekla su se nova saznanja koja će biti od koristi u trenažnim procesima u boksu i kickboxingu.*

***Ključne riječi:*** *kickboxing, boks, frekvencija srca, primitak kisika, natjecateljska izvedba, laktati, kreatin-kinaza, laktat-dehidrogenaza.*

# **DIFFERENCES IN PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PERFORMANCE INDICATORS OF COMPETITIVE PERFORMANCES IN BOXING AND KICKBOXING**

## **ABSTRACT**

*Physiological activity load is one of the main criteria for efficient training programming. The problem of the study is reflected in the fact that, although boxing and kickboxing belong to the group of polystructural sports in which the result is achieved by similar technical-tactical means, there are still certain differences in the physiological load of the competitive performance itself. The aim of this research was to compare the physiological load indicators between competitive performances in boxing and kickboxing. Extremely valuable results were obtained on a sample of 20 top athletes who participated in competitive performances in these two sports. Results of descriptive statistics and t-test, which we used to compare the obtained values of heart rate, serum lactate, creatine kinase and lactate dehydrogenase, proved that there are differences in all indicators of physiological and biochemical load between boxing and kickboxing, and we can conclude that in kickboxing there is still a slightly greater load on the body. Some of the differences were only numerically, and some are statistically significant. Regarding the heart rate, in both sports the load continuously increases during all three rounds, and the oscillations in the heart rate are more pronounced in kickboxing than in boxing. The indicator of larger oscillations in the heart rate is also the reason why during the kickboxing fight it was not possible to continuously maintain the progressive load due to the greater global organism acidity. Regarding the lactate and lactate dehydrogenase variables, there is also a statistically significant difference in favour of kickboxing, while in the creatine kinase variable, only a numerical difference was observed.*

*During a kickboxing fight, foot kicking techniques and knee kicking techniques are used, which are not allowed in boxing, so more numerous muscle groups are used to mobilize these extremities, the activation of which then causes greater acidification of the body. Additional acidification in kickboxing is caused by a larger mass of the lower extremities, which, when colliding with the opponent's body, leaves greater consequences, which can then be seen in the obtained results of physiological and biochemical stress.*

*Based on the general goal, partial goals of the research were defined for which two hypotheses were set. The first hypothesis that the physiological load in kickboxing is statistically significantly higher than in boxing was confirmed, but still only partially. Namely, a statistically significantly higher physiological load in kickboxing compared to boxing was confirmed in two of the four parameters (lactate and lactate dehydrogenase), while there was only a numerical difference in creatine kinase. In terms of heart rate, a numerical difference was recorded in favour of boxing, which reached statistical significance only in the third round. The second hypothesis, that there is a significant connection between the value of oxygen intake and the level of the anaerobic threshold with success in boxing and kickboxing, was fully confirmed by the analysis of spiroergometric indicators.*

*This research represents a significant step forward, both due to the design of the study (direct comparison of physiological and metabolic changes during competitive boxing and kickboxing performances) and the number of subject's involved, elite Croatian athletes. Based on the results, new knowledge was gained that will be useful in training processes in boxing and kickboxing.*

**Key words:** *kickboxing, boxing, heart rate, oxygen intake, competitive performance, lactates, creatine kinase, lactate dehydrogenase.*



# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	BOKS I KICKBOXING.....	3
2.1.	NASTANAK I RAZVOJ BOKSA.....	4
2.2.	NASTANAK I RAZVOJ KICKBOXINGA .....	6
2.3.	RAZLIČITOSTI KICKBOXINGA I BOKSA.....	9
2.4.	PODJELE PO TEŽINSKIM KATEGORIJAMA .....	17
2.5.	SUDAČKA PRAVILA U BOKSU I KICKBOXINGU .....	28
2.6.	SLIČNOSTI KICKBOXINGA I BOKSA .....	31
2.7.	FIZIOLOŠKA POZADINA KICKBOXINGA I BOKSA.....	34
2.7.1.	FREKVENCIJA SRCA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI.....	34
2.7.2.	LAKTATI KAO POKAZATELJI INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI .....	43
2.7.3.	KREATIN-KINAZA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI.....	50
2.7.4.	LAKTAT-DEHIDROGENAZA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI.....	54
3.	CILJ ISTRAŽIVANJA .....	58
4.	HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	60
5.	METODE RADA.....	62
5.1.	UZORAK VARIJABLI.....	63
5.2.	UZORAK ISPITANIKA.....	63
5.3.	OPIS EKSPERIMENTALNOG POSTUPKA .....	63
5.4.	METODE OBRADE PODATAKA.....	65
6.	REZULTATI.....	66
7.	RASPRAVA.....	89

8.	ZAKLJUČAK .....	121
9.	LITERATURA.....	124
10.	ŽIVOTOPIS AUTORA.....	135
11.	POPIS OBJAVLJENIH RADOVA .....	138

## **1. UVOD**

Cilj svake natjecateljske sportske aktivnosti jest pobijediti protivnika ili protivničku ekipu korištenjem tehničko-taktičkih sredstava dopuštenih pravilima te sportske aktivnosti. Kickboxing i boks spadaju u polistrukturalne acikličke sportove u kojima je rezultat borbe binarna varijabla pobjeda ili poraz. Polistrukturalni aciklički sportovi podrazumijevaju aktivnosti koje se sastoje od mnogo strukturnih jedinica, a koje se aciklički javljaju odnosno koriste. Osim toga, boks i kickboxing spadaju u polistrukturalne borilačke sportove udaračkog karaktera u kojima se rezultat u borbi postiže korištenjem ručnih (boks i kickboxing) i nožnih tehnika (samo kickboxing), a koje se manifestiraju u različitim natjecateljskim disciplinama. Tijekom borbe u ova oba sporta koristi se veći broj tehničkih elemenata, a broj korištenih napadačkih tehnika jedan je od najvažnijih uvjeta za pobjedu u borbi (El Ashker, 2011). Optimalno taktički pripremljen borac ima sposobnost izvoditi nizove napada koristeći kombinacije raznih tehnika povezujući ih u seriju sa što manje gubitka energije, a istovremeno zadržavati dovoljno sigurnu obrambenu poziciju tijela, a koja bi onemogućila neki iznenadni kontranapad protivnika. Sagledavajući u cjelini i boks i kickboxing borbu, može se reći da je tehničko taktička priprema najvažniji aspekt pripreme sportaša, a uvjet za njihovu efikasnu manifestaciju jest optimalna razina funkcionalnih i motoričkih sposobnosti. U procesu sportske pripreme bez iznimke se govori o integraciji elemenata tehničke, taktičke i kondicijske pripreme koja omogućuje efikasnu situacijsku izvedbu. Naime, poznato je da anaerobni glikolitički mehanizmi za stvaranje energije u obliku ATP-a u organizmu počinju preuzimati dominantnu ulogu u aktivnosti ako ista traje više od 30 sekundi (Matković i Ružić, 2009), a koja se nastavlja odvijati visokim intenzitetom. U oba ova analizirana sporta intenzivna aktivnost sportaša traje puno više od tih graničnih vrijednosti te su sudionici borbe izloženi gotovo maksimalnom iscrpljivanju. Istraživanjima je dokazano kako su i kickboxing borba i boksačka borba dovoljno visokog intenziteta za poticanje anaerobnog metabolizma (Gshoh i suradnici, 1995, De Lira i suradnici, 2013). U tim se uvjetima organizam sportaša nalazi u stanju svojevrsnog fiziološkog stresa. Kako bi se došlo do optimalne razine treniranosti, koja je potrebna da se podnesu napori tijekom natjecateljske borbe, sportaši se tijekom pripreme za borbu izlažu vrlo intenzivnim trenažnim operatorima. Visoko intenzivne trenažne aktivnosti neminovno uzrokuju mišićni katabolizam, tj. svojevrsno razaranje mišićne stanice (Kim i suradnici, 2007). Visoki fiziološki stres u borbi i treningu dovodi do smanjenog mišićnog radnog kapaciteta, smanjene sposobnosti za održavanjem visoke razine tehničke efikasnosti (Salci, 2015), a istodobno visoka razina markera mišićnog oštećenja povezana je sa smanjenim kontrakcijskim svojstvima mišića kao što je brzina kontrakcije (Zubac i suradnici, 2017). Kako

bi se organizam pripremio za ovakvo stanje tijekom borbe, prijeko potrebno ga je pripremiti na iste ili slične uvjete tijekom precizno programiranog trenažnog procesa. Treniranjem u uvjetima visokog fiziološkog stresa potiče se efikasniji rad mehanizama za otklanjanje štetnih nusprodukata te povisuje razinu tolerancije na iste. Budući da se mnogi procesi, koji se odvijaju u tijelu tijekom trenažne ili natjecateljske aktivnosti, ne mogu direktno mjeriti, a zbog invazivnog karaktera samog postupka mjerenja bilo je potrebno izdvojiti one vrijednosti pokazatelja koji će biti dobar reprezentant intenziteta aktivnosti, a istovremeno neće zahtijevati postupak mjerenja koji bi naštetio sportašu. Kada se govori o uobičajenim fiziološkim pokazateljima opterećenja, onda sportska praksa izdvaja vrijednosti frekvencije srca, vrijednosti laktata, vrijednosti kreatin-kinaze te laktat-dehidrogenaze u krvi.

## **2. BOKS I KICKBOXING**

Budući da su većem dijelu javnosti, kao i dijelu čitatelja ovog rada, boks i kickboxing relativno nepoznate sportske aktivnosti, autor smatra da bi se trebalo kratko osvrnuti na neke najvažnije karakteristike ovih sportskih aktivnosti, a kako bi rezultati ovog istraživanja mogli biti stavljeni u ispravan kontekst.

## 2.1. NASTANAK I RAZVOJ BOKSA

Boks je globalno priznat i popularan, aciklički i polistrukturalni udarački borilački sport. Zapravo su svi borilački sportovi polistrukturalni i aciklički. Gibanja (tehnika sporta) su aciklična jer se izvode u dinamičnim i varijabilnim uvjetima direktnog sukoba s protivnikom. Cilj im je simbolična destrukcija i kontrola protivnika (Sertić, 2004). Korijeni boksa datiraju u daleku prošlost. Boks je i sveukupno gledano jedan od najstarijih sportova u svijetu pa postoje određeni dokazi da su se ljudi još u antička vremena, prije 4000 godina, njime bavili (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021). Stari zapisi o šakanju pronađeni su u Perziji i Egiptu, na otocima Egejskog mora, u Mikeni, Sparti i Rimu. Neki elementi boksa postojali su i kod primitivnih naroda Havajskih i Tong otoka, gdje su se borci natjecali ruku obavijenih kokosovim vlaknima. Također, i u staroj Kini zabilježeni su tragovi boksa. Postoje dokazi da su borbe slične boksu u Europi postojale još u kameno doba. Na jednoj posudi iz Vača prikazana su dva borca u stavu boksača. Postoje i drugi brojni dokazi o postojanju boksa još od početaka ljudske civilizacije. Jedan od prvih pisanih dokaza o borbi šakama u Europi jest znamenita vaza s Knososa na Kreti koja potječe iz 4000. g. pr. n. e. Na crtežima Beni Hasana, iz vremena 3000. g. pr. n. e., nailazi se na tragove boksa i u starom Egiptu.

Svi navedeni dokazi jasno pokazuju postojanje preteče boksa još u najstarije vrijeme, u svrhu očuvanja ljudske egzistencije (Didić, 2008). Njegova velika popularnost i rasprostranjenost širom svijeta najintenzivnije se počela razvijati sredinom 20. stoljeća. Danas je boks jedan od najpopularnijih i najpraćenijih sportova općenito. Borbe u najelitnijim organizacijama putem medija globalno su praćene, a najbolji i najuspješniji pojedinci imaju iznimno visoku popularnost i izrazito visoka primanja. Taj financijski aspekt posebno je došao do izražaja u doba uvođenja takozvanih *pay per view* kanala putem kojih su se najveće borbe mogle početi gledati u cijelom svijetu uz adekvatnu cijenu ovisno o važnosti pojedine boksačke priredbe. Takve najvažnije boksačke priredbe održavaju se po profesionalnim pravilima te postoji niz svjetskih boksačkih organizacija i saveza nadležnih za organizaciju i održavanje tih boksačkih priredbi u svijetu. Ipak, postoji nekoliko njih koje su globalno prepoznate kao najkvalitetnije, a

to su: WBA (*World Boxing Association*, 2022), WBC (*World Boxing Council*, 2022), IBF (*International Boxing Federation*, 2022) i WBO (*World Boxing Organization*, 2022). Kada iz organizacijskog i logističkog aspekta gledamo boks po amaterskim (olimpijskim) pravilima, situacija je puno jednostavnija. Na globalnoj razini postoji samo jedna relevantna svjetska boksačka organizacija koja se zove IBA (*International boxing association*, 2022), a promovira i bavi se organizacijom amaterskih boksačkih natjecanja te je član Međunarodnog olimpijskog odbora (*International Olympic Committee*, 2022) i svih globalnih organizacija koje su nadležne za sport u svijetu. Današnji boks značajno je evoluirao u odnosu na početke ovog sporta te su se njegova pravila mijenjala tijekom vremena. Boks se tako razvijao da su se boksači prvo borili u mjestu pa je uključeno kretanje boraca, potom su bili ucrtani krugovi kao borilište izvan kojeg se nije smjelo izići pa je naposljetku uveden ring. U samim počecima boksa boksači su se borili golim šakama pa su se potom uvele bandaže kao zaštita šaka. Danas boksači na službenim borbama nose boksačke rukavice te ispod njih i zaštitne bandaže, dok amateri u mlađim uzrastima i žene nose kacige za glavu. Iz tog aspekta danas uočavamo i jedan zanimljivi povratak u prošlost. Naime, u određenim dijelovima svijeta postaju popularne i pojedine profesionalne organizacije u kojima boksači ne nose rukavice, nego kao i u stara vremena samo bandaže. To je takozvani *Bare knuckle boxing* (*Bare Knuckle Fighting Championship*, 2022). U počecima boksa nije bilo vremenskih ograničenja mečeva pa su se zbog predugih borbi, koje su često znale trajati i po više sati, a bile su gotovo nehumano iscrpljujuće i opasne, uvela ograničenja trajanja. Danas po pravilima olimpijskog boksa u seniorskom uzrastu borba traje tri runde po tri minute. Borbe po profesionalnim pravilima mogu trajati od četiri do 12 trominutnih rundi, a po jednim i drugim pravilima pauza između rundi traje jednu minutu. Dugi niz godina borbe za najveće titule održavale su se u 15 rundi, ali danas u svijetu više ne postoje organizacije koje prakticiraju toliku duljinu trajanja. Suvremeni boks svoje korijene ima u Engleskoj gdje su se određena natjecanja spominjala još 1719. godine. Boks je uvršten u program modernih Olimpijskih igara od 1904. godine. Prvo amatersko prvenstvo Europe održalo se 1924. godine, a prvo svjetsko prvenstvo 1974. godine. U proteklih nekoliko godina evidentna je sve veća ekspanzija boksa u ženskoj populaciji. Iz tog razloga uvedena su nacionalna, kontinentalna i svjetska prvenstva za žene, a ženski boks uveden je i u program Olimpijskih igara. Također one najuspješnije boksačice dobivaju priliku boriti se i u boksu po profesionalnim pravilima. Najatraktivnije borbe za pojasove prvakinja dostižu iznimno veliku globalnu vidljivost putem medija i također se kao i kod muškaraca prodaju putem sustava *pay per view* pa se prvakinje u najjačim organizacijama imaju priliku boriti za vrlo visoke financijske iznose.



Tablica 1. Hipotetska struktura važnosti i utjecaja pojedinih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti na sportski rezultat u boksu prema mišljenju autora

<b>MOTORIČKA/ FUNKCIONALNA SPOSOBNOST</b>	<b>BOKS PO AMATERSKIM/ OLIMPIJSKIM PRAVILIMA</b>	<b>BOKS PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA</b>
<b>MAKSIMALNA SNAGA</b>	VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>REPETITIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>EKSPLOZIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>BRZINA</b>	JAKO VAŽNA	VAŽNA
<b>ANAEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>AEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>FLEKSIBILNOST</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>RAVNOTEŽA</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>KOORDINACIJA</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>PRECIZNOST</b>	JAKO VAŽNA	VAŽNA

## 2.2. NASTANAK I RAZVOJ KICKBOXINGA

Kickboxing je polistrukturalan, acikličan i moderan borilački sport koji svoje korijene ima u Americi. U svojem početnom obliku nastao je krajem šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Naime, Amerikanac Mike Anderson je kao jedan od začetnika ovog sporta 1972. godine napisao prva pravila kickboxinga (Kermeci, 2017). Ta su pravila u početku osmišljena i napisana kao alat kojim su Mike Anderson i suradnici htjeli popularizirati tradicionalni karate koji je imao određena ograničenja u pravilima, a koja su htjeli zaobići. Tako su osim dopuštenog punog kontakta i mogućnosti knock outa uvedena i promijenjena oprema natjecatelja u smislu

rukavica i raznobojnih dresova koji su bili atraktivniji za publiku i medije. Potom je propisano i potpuno ukidanje gornjeg dijela sportske odjeće kako bi se izazvala još veća reakcija javnosti, a samim time i popularizacija.

Iz aspekta saveza koji su se brinuli o organizaciji kickboxing natjecanja tijekom povijesti bilo je puno oscilacija i problema, ali u današnjem vremenu situacija je puno kvalitetnije sistematizirana. U Hrvatskoj je jedini priznati savez koji se brine i promiče kickboxing Hrvatski kickboxing savez (*Hrvatski kickboxing savez, 2022*), punopravni član Hrvatskog olimpijskog odbora (*Hrvatski olimpijski odbor, 2022*) i svjetske kickboxing organizacije WAKO (*World Association of Kickboxing Organizations, 2022*). WAKO je danas jedina svjetska kickboxing organizacija priznata od svih relevantnih globalnih sportskih saveza i organizacija počevši sa SPORT ACCORD (*SportAccord, 2022*), organizacijom koja se nekad nazivala GAISF (*General association of international sports federations*), nastavno na WADA (*The World Anti-Doping Agency, 2022*) organizaciju, nadležno tijelo na globalnoj razini koje se brine o problematici zlouporabe dopinga u sportu te zaključno s MOO-om (*Međunarodni olimpijski odbor*). WAKO ima potpuni kredibilitet i suverenitet po pitanju natjecanja po amaterskim (olimpijskim) pravilima, ali situacija u dijelu natjecanja po profesionalnim pravilima jest dosta složenija. U samim počecima kickboxinga isprofiliralo se nekoliko najkvalitetnijih i najcjenjenijih svjetskih saveza (PKA, WKA, WAKO PRO, ISKA, K1), a s vremenom su se pojavljivale i još neke profesionalne organizacije. Neke od tih organizacija su se u međuvremenu ugasile, a danas u svijetu postoji niz kvalitetnih i cijenjenih svjetskih organizacija koje se bave promocijom kickboxinga te organizacijom natjecanja za pojasove prvaka po profesionalnim pravilima među kojima se najviše ističu GLORY (*GLORY Kickboxing, 2022*), ONE CHAMPIONSHIP (*ONE Championship, 2022*), WAKO PRO (*WAKO PRO, 2022*), ISKA (*International Sport Karate and Kickboxing Association, 2022*) i još neke. Najveći upliv u *mainstream* medije i najširu globalnu popularnost i vidljivost uspjela je postići organizacija pod upečatljivim nazivom K-1 koja se pojavila 1993. godine te je u sljedećim godinama postala istinski borilački brend. Najjači adut i prepoznatljivost K-1 organizacija postigla je činjenicom da su se u samom početku natjecanja odvijala samo u jednoj kategoriji, i to onoj najatraktivnijoj superteškoj odnosno apsolutnoj. S vremenom su čelni ljudi K-1 organizacije pokušavali u program natjecanja implementirati još neke težinske kategorije. Međutim, te kategorije nisu uspjele postići toliku razinu globalne prepoznatljivosti. Popularnost koju je generalno probudila K-1 organizacija diljem svijeta učinila je i kickboxing kao sport još popularnijim. To je, između ostalog, bio razlog da se jednoj kickboxing disciplini (*thai kickboxing*) dodijeli naziv *K-1 style*. Naziv discipline kickboxinga, koji je do tada egzistirao,

svakako je morao biti promijenjen. Razlog tomu bio je razumljivo negodovanje svjetskog saveza tajlandskog boksa čiji su se čelni ljudi bunili na prefiks *thai* jer i tajlandski boks (tajlandski boks je nacionalni sport Tajlanda) u svojem izvornom obliku nosio naziv *muay thai*. Velika je sličnost između K-1 kickboxing discipline i tajlandskog boksa, ali je u svjetskim borilačkim i sportskim krugovima nakon nekog vremena situacija iskristalizirana. Danas egzistiraju dva ravnopravna svjetska saveza koji su postali međunarodno priznati unutar svih relevantnih globalnih multisportskih organizacija, a međusobni odnosi su na visokoj razini. Veliki broj nacionalnih saveza, klubova i sportaša kvalitetno i uspješno surađuju, a nerijetki su i primjeri gdje pojedini natjecatelji, treneri i organizatori uspješno participiraju u oba ova sporta. S obzirom na korijene kickboxinga u karateu Mike Anderson i suradnici u početnoj su fazi kickboxing nazivali *full contact* karate tako da je taj naziv *full contact* ostao i dan danas u disciplini kickboxinga koja se naziva *full contact*. Ondašnji *full contact* karate i u današnjem vremenu ima veliku sličnost s kickboxing disciplinom *full contact* tako da s pravom možemo konstatirati da je *full contact* disciplina najstarija kickboxing disciplina iz koje su se poslije razvile i ostalih pet kontaktnih kickboxing disciplina. Kickboxing je tijekom svojih razvojnih faza doživljavao brojne promjene kako iz aspekta samih pravila tako i iz logističkog i organizacijskog aspekta. Godina koja je možda i najjače obilježila pedesetak godina dugu povijest ovog sporta jest 2021. Naime, te je godine Međunarodni olimpijski odbor donio odluku o prijemu kickboxinga u članstvo. Od tog trenutka možemo kazati da je kickboxing postao olimpijski sport te je već uvršten u program Europskih igara 2023. u Poljskoj. Jedini još neostvareni veliki strateški cilj preostaje sudjelovanje na Olimpijskim igrama na razini cijelog svijeta. Ulazak u program svjetskih Olimpijskih igara bit će ostvarenje ciljeva brojnih generacija kickboksača iz više od 100 država i sa svih kontinenata.

Tablica 2. Hipotetska struktura važnosti i utjecaja pojedinih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti na sportski rezultat u kickboxingu po K-1 pravilima prema mišljenju autora

<b>MOTORIČKA/ FUNKCIONALNA SPOSOBNOST</b>	<b>K-1 KICKBOXING PO AMATERSKIM/ OLIMPIJSKIM PRAVILIMA</b>	<b>K-1 KICKBOXING PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA</b>
<b>MAKSIMALNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>REPETITIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>EKSPLOZIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>BRZINA</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>ANAEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>AEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>FLEKSIBILNOST</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>RAVNOTEŽA</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>KOORDINACIJA</b>	VAŽNA	VAŽNA
<b>PRECIZNOST</b>	VAŽNA	VAŽNA

### **2.3. RAZLIČITOSTI KICKBOXINGA I BOKSA**

Ako se sagledava boks kao cjelina i kickboxing kao cjelina, pa ih se tako pokušava uspoređivati, uviđa se vrlo veliki broj različitosti. Međutim, ako se ova dva sporta sagledavaju odvojeno, razvidno je da imaju i veliki broj zajedničkih značajki kako iz vizualnog aspekta tako i iz logističkog i organizacijskog aspekta. Prvo se treba pojasniti aspekt različitosti u cjelini. Jedna od glavnih razlika očituje se u činjenici da su u boksu dopušteni udarci samo rukama, dok su u kickboxingu, osim glazbenih formi koje su neborbena disciplina, dopušteni udarci i rukama i nogama, a u jednoj kickboxing disciplini (*K-1 style*) dopušteni su i udarci koljenima. Nadalje, boks ima samo jednu natjecateljsku disciplinu, dok kickboxing ima čak sedam natjecateljskih disciplina (*full contact, low kick, K-1 style, light contact, kick light, point fight, glazbene forme*).

Razlika se ogleda i u činjenici da se u boksu koristi samo jedna vrsta borilišta, i to je ring, dok se kod kickboxinga natjecanja odvijaju i u ringu (*full contact, low kick, K-1 style*), ali i na tatami borilištu (*light contact, kick light, point fight*, glazbene forme) ovisno o disciplini. U boksu rukavice imaju univerzalni oblik, dok se u kickboxingu jedna disciplina, od njih sedam, odvija bez rukavica (glazbene forme), a u jednoj od njih rukavice imaju nešto drukčiji oblik i otvorene su iznutra (*point fight*). Još jedna važna i lako uočljiva razlika jest u konkurenciji seniora, a tiče se nošenja zaštitne kacige tijekom borbe. Naime, u boksu seniori (samo muškarci) koji se bore po amaterskim (olimpijskim) pravilima ne nose zaštitne kacige, dok u kickboxingu po amaterskim (olimpijskim) pravilima svi natjecatelji imaju obvezu nošenja kaciga.

Kada se promatraju različitosti između boksa i kickboxinga, u pogledu ozljeda koje nastaju uslijed treninga ili natjecanja, glavna razlika očituje se u ozljedama nogu gdje kickboksaci imaju cijeli niz vrlo čestih ozljeda nastalih uslijed kolizije donjih ekstremiteta s tijelom protivnika, dok takvih ozljeda u boksu nema. Velike su različitosti i u duljini trajanja natjecanja. Primjerice, u kickboxing disciplini glazbene forme vrijeme predviđenog trajanja jest varijabilno i ovisi o glazbenoj podlozi, dok je u boksu vrijeme neovisno o uzrastu i spolu uvijek određeno rundama čiji se broj i duljina trajanja mijenja ovisno o spolu, uzrastu i pravilima po kojima se pojedino natjecanje odvija. U ostalih šest kickboxing disciplina (*full contact, low kick, K-1 style, point fight, light contact, kick light*) vrijeme je, kao i u boksu, označeno rundama, a duljina trajanja runde, kao i pauze između rundi, ovisi o ostalim varijablama. U boksu su te varijable nešto manje komplicirane, a također ovise o spolu, uzrastu i vrsti natjecanja te o podjeli koja podrazumijeva činjenicu je li riječ o amaterskom (olimpijskom) ili profesionalnom načinu natjecanja.

U boksu po olimpijskim pravilima (muškarci i žene) duljina trajanja borbe ovisi o uzrastu i vrsti natjecanja, stoga se razlikuje podjela na mlađe kadete, starije kadete, juniore, mlađe seniore i seniore. Mlađi kadeti natječu se u tri runde po jednu minutu s jednom minutom odmora između rundi. Stariji kadeti natječu se u tri runde po jednu i pol minutu s jednom minutom odmora između rundi. Juniori se natječu u tri runde po dvije minute s jednom minutom odmora između rundi. Mlađi seniori natječu se u tri runde po tri minute s jednom minutom odmora između rundi. Seniori imaju dodatnu podjelu i na uzrast ispod 23 godine. Oba ta uzrasta također se natječu u tri runde po jednu minutu s jednom minutom odmora između rundi.

*Tablica 3. Podjele boksa po amaterskim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o dobnom uzrastu*

<b>BOKS PO AMATERSKIM (OLIMPIJSKIM) PRAVILIMA</b>	
MLAĐI KADETI (10 - 11 g.)	3x1 min, odmor između rundi 1 min
STARIJI KADETI (12 - 13 g.)	3x1,5 min, odmor između rundi 1 min
JUNIORI (14 - 15 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min
MLAĐI SENIORI (16 - 17 g.)	3x3 min, odmor između rundi 1 min
SENIORI U22 (18 - 22 g.)	3x3 min, odmor između rundi 1 min
SENIORI (18 - 40 g.)	3x3 min, odmor između rundi 1 min

U boksu, u konkurenciji muških natjecatelja po profesionalnim pravilima borbe, ovisno o rangu natjecanja, mogu trajati od minimalno tri runde po tri minute s minutom odmora između rundi. Ta dimenzija primjenjuje se vrlo rijetko, i to isključivo u jednodnevnom turnirskom načinu borenja. Trajanje borbi produljuje se ovisno o važnosti i rangu natjecanja te mogu imati različite duljine trajanja, uključujući četiri, šest, osam, deset i 12 rundi. U velikoj većini mečeva runde traju po tri minute s jednom minutom odmora. Postoje i određene iznimke u pojedinim državama u kojima runde mogu trajati dvije minute, dok pauza uvijek traje jednu minutu. Boksaci u boksu po profesionalnim pravilima ne nose zaštitne kacige.

Kod ženskog boksa po profesionalnim pravilima situacija je nešto drukčija u pogledu trajanja borbi te duljina trajanja runde iznosi dvije minute s jednom minutom odmora, a broj rundi ovisi o rangu natjecanja i važnosti pojedine borbe.

Kod žena se oni najveći i najvažniji mečevi za najprestižnije naslove održavaju u 10 dvominutnih rundi. Boksalice u boksu po profesionalnim pravilima ne nose zaštitne kacige.

Tablica 4. Podjele boksa po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o spolu

BOKS PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA	
MUŠKARCI	ŽENE
4x3 min odmor između rundi 1 min	4x2 min odmor između rundi 1 min
6x3 min odmor između rundi 1 min	6x2 min odmor između rundi 1 min
8x3 min odmor između rundi 1 min	8x2 min odmor između rundi 1 min
10x3 min odmor između rundi 1 min	10x2 min odmor između rundi 1 min
12x3 min odmor između rundi 1 min	

U kickboxingu po olimpijskim pravilima, u pogledu duljine trajanja natjecanja, imamo generalno tri skupine. Prva je najjednostavnija i u nju pripada samo disciplina glazbenih formi za koju smo već naveli da ovisi o duljini trajanja glazbene podloge izvedbe. U drugu skupinu možemo uvrstiti tri tatami discipline (*light contact, kick light, point fight*), dok u treću skupinu možemo uvrstiti tri ringovne discipline (*full contact, low kick, K-1 style*).

Na tatamiju (*light contact, kick light, point fight*) se djeca, kod kojih se natjecanja održavaju isključivo u *point fight* disciplini kickboxinga, natječu u dvije runde po jednu minutu s pola minute odmora između te dvije runde. Mlađi kadeti natječu se u dvije runde po minutu i pol s jednom minutom odmora. Stariji kadeti natječu se u dvije runde po dvije minute s jednom minutom odmora između rundi. Juniori i seniori natječu se u tri runde po dvije minute s minutom odmora između rundi. Kod svih uzrasta i disciplina muškarci i žene u kickboxingu po amaterskim (olimpijskim) pravilima imaju istu duljinu trajanja i broj rundi. U tablici 5. prikazat će se podjela tatami disciplina kickboxinga po amaterskim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o uzrastu.

Tablica 5. Podjele kickboxinga (tatami discipline) po amaterskim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o uzrastu

<b>KICKBOXING (TATAMI DISCIPLINE) PO AMATERSKIM (OLIMPIJSKIM) PRAVILIMA</b>	
DJECA (6 - 9 g.)	2x1 min, odmor između rundi 30 s
MLAĐI KADETI (10 - 12 g.)	2x1,5 min, odmor između rundi 1 min
STARII KADETI (13 -15 g.)	2x2 min, odmor između rundi 1 min
JUNIORI (16 - 18 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min
SENIORI (19 - 40 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min

U ringu (*full contact, low kick, K-1 style*) natjecanja se u sve tri uzrasne kategorije koje danas egzistiraju, mlađi juniori, juniori i seniori, odvijaju u trajanju od tri runde po dvije minute s jednom minutom odmora između rundi. U tablici 6. prikazat će se podjela ringovnih disciplina kickboxinga po amaterskim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o uzrastu natjecatelja.

Tablica 6. Podjele kickboxinga (ringovne discipline) po amaterskim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o uzrastu

<b>KICKBOXING (RING DISCIPLINE) PO AMATERSKIM (OLIMPIJSKIM) PRAVILIMA</b>	
MLAĐI JUNIORI (14 - 15 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min
JUNIORI (16 - 18 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min
SENIORI (19 - 40 g.)	3x2 min, odmor između rundi 1 min

U kickboxingu se po profesionalnim pravilima borbe, kao i u boksu, održavaju u vrlo različitim duljinama trajanja pojedinačne borbe. Razlikuje se i broj rundi i duljina trajanja pojedine runde ovisno o važnosti i rangu natjecanja, kao i o eventualnom jednodnevnom turnirskom načinu borenja. Kickboksači u kickboxingu po profesionalnim pravilima ne nose zaštitne kacige neovisno o tome bore li se u ringovnim ili tatami disciplinama.

Kod tatami kickboxing disciplina (*light contact, kick light, point fight*), koje se rijetko održavaju po profesionalnim pravilima, runda uvijek traje dvije minute. Odmor između rundi traje jednu minutu. Ovisno o važnosti i rangu natjecanja, te borbe mogu trajati od tri do sedam rundi.



U kickboxingu se u ringu po profesionalnim pravilima (*full contact, low kick, K-1 style*) borbe mogu održavati također u različitom broju rundi, kao i u različitoj duljini trajanja pojedine runde. Kao i u boksu po profesionalnim pravilima niz je čimbenika o kojima ovise te brojke, rang natjecanja, važnost natjecanja, kao i činjenica je li riječ samo o jednoj borbi unutar jednog natjecateljskog dana. Unutar kickboxinga u ringu po profesionalnim pravilima uočavamo i još nekoliko značajnih razlika. Naime, u *full contact* disciplini, runde uvijek traju po dvije minute s minutom odmora između rundi, a broj pojedinih rundi ovisi o rangu i značaju natjecanja te taj broj može biti tri, pet, sedam ili deset rundi, a one najveće i najznačajnije borbe za svjetske naslove ugovaraju se u dvanaest rundi. U *low kicku* su se nekada borbe održavale u istim dimenzijama kao i u *full contactu*. Danas u *low kicku* i K-1 disciplini runde mogu trajati dvije ili tri minute. Broj rundi ovisi o važnosti natjecanja te se borbe održavaju u tri ili pet rundi. One najznačajnije borbe rade se u pet trominutnih rundi. U jednodnevnom turnirskom načinu borenja, po kojem u danu pojedinac može imati čak tri borbe, broj rundi je ograničen na tri, a broj minuta, ovisno o rangu turnira, može biti dvije ili tri minute, dok odmor između rundi uvijek traje jednu minutu. U tablici 7. prikazat će se podjela tatami disciplina kickboxinga po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja odnosno natjecateljica.

*Tablica 7. Podjele kickboxinga (tatami discipline) po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja*

<b>KICKBOXING (TATAMI DISCIPLINE) PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA</b>	
<b>MUŠKARCI</b>	<b>ŽENE</b>
3x2 min odmor između rundi 1 min	3x2 min odmor između rundi 1 min
5x2 min odmor između rundi 1 min	5x2 min odmor između rundi 1 min
7x2 min odmor između rundi 1 min	7x2 min odmor između rundi 1 min

U tablici 8. prikazat će se podjela *full contact* discipline kickboxinga po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja odnosno natjecateljica.

*Tablica 8. Podjele kickboxinga (full contact disciplina) po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja*

<b>KICKBOXING (FULL CONTACT DISCIPLINA) PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA</b>	
MUŠKARCI	ŽENE
3x2 min odmor između rundi 1 min	3x2 min odmor između rundi 1 min
5x2 min odmor između rundi 1 min	5x2 min odmor između rundi 1 min
7x2 min odmor između rundi 1 min	8x2 min odmor između rundi 1 min
10x2 min odmor između rundi 1 min	10x2 min odmor između rundi 1 min
12x2 min odmor između rundi 1 min	

U tablici 9. prikazat će se podjela u *low kick* i *K-1 style* disciplinama kickboxinga po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja odnosno natjecateljica.

*Tablica 9. Podjele kickboxinga (low kick i K-1 style disciplina) po profesionalnim pravilima prema duljini trajanja pojedine borbe ovisno o rangu natjecanja i spolu natjecatelja*

<b>KICKBOXING (LOW KICK I K-1 DISCIPLINA) PO PROFESIONALNIM PRAVILIMA</b>	
MUŠKARCI	ŽENE
3x2 min odmor između rundi 1 min	3x2 min odmor između rundi 1 min
5x2 min odmor između rundi 1 min	5x2 min odmor između rundi 1 min
3x3 min odmor između rundi 1 min	3x3 min odmor između rundi 1 min
5x3 min odmor između rundi 1 min	5x3 min odmor između rundi 1 min

Uočava se da razlike u pogledu trajanja pojedine borbe između boksa i kickboxinga mogu, ali to ne znači da nužno i moraju, biti vrlo izražene. Kada se usporedno promatra situacija iz aspekta podjele po težinskim kategorijama, i u tom međusobnom uspoređivanju uočavaju se brojne različitosti između ova dva sporta. U boksu su natjecatelji, osim po spolu i uzrastu,

podijeljeni i po težinskim kategorijama. Takva je situacija i u šest disciplina kickboxinga (*full contact, low kick, K-1, point fight, light contact, kick light*), dok jedino kod glazbenih formi u kickboxingu nema težinskih kategorija jer je to prezentacijska, neborbena disciplina. Različite su i težinske kategorije i podjele između ova dva sporta te ovise o spolu, uzrastu i pravilima iz aspekta podjele na amaterska (olimpijska) i profesionalna pravila. Kada analiziramo podjele na težinske kategorije u boksu i kickboxingu po profesionalnim pravilima, uočava se da ima dosta elemenata koji utječu na distribuciju. Najvažniji element jest taj da i u kickboxingu i u boksu u današnjem vremenu u svijetu postoji mnogo organizacija koje se bave promocijom i organizacijom borbi po profesionalnim pravilima. Problem se potom uočava da svaka ta organizacija ima neke svoje posebnosti u pravilima pa tako i u podjeli težinskih kategorija, a tu je i element broja rundi i same duljine trajanja pojedine runde.

Naime, kako generalno sport u svijetu ima svoj razvojni put u vremenu tako i borilački sportovi kontinuirano provode određene izmjene i modifikacije, pa i promjene limita težinskih kategorija u svrhu atraktivnosti i prepoznatljivosti te drugih različitih razloga od kojih se posebno izdvaja zdravstveni aspekt. Naime, nagle samoinducirane promjene tjelesne mase (TM) pred natjecanje, prisutne poglavito u sportovima s težinskim kategorijama, predstavljaju značajan zdravstveni rizik. (Zubac, 2016). Sportaši su općenito pod većim rizikom za razvoj poremećaja u jedenju (engl. *eating disorders*, ED) s obzirom na pritisak da se postigne sastav tijela koji optimizira izvedbu. Djeca i adolescenti predstavljaju najvulnerabilniju skupinu sportaša. U posljednjem desetljeću bilježi se značajan porast učestalosti ED među sportašima, što je dovelo do zaokreta u pristupu i publikaciji novih smjernica za postupak licenciranja mladih sportaša. Učestale i/ili nagle promjene tjelesne mase, kao i trajno promijenjen odnos prema jelu i slici o izgledu vlastita tijela, dovode do poremećenog unosa hrane i znatnog oštećenja fizičkog i psihoemocionalnog zdravlja. U skupini mladih sportaša, adolescenata, pridružene metaboličke komplikacije zbog fizioloških osobitosti razdoblja rasta i spolnog razvoja potencijalno su ireverzibilne, stoga mogu dovesti do cjeloživotnog oštećenja zdravlja. U najtežim oblicima, izvjesno su i fatalne ako su kasno prepoznate (Žaja, 2018). Rezultati recentne francusko-kanadske studije potvrdili su zabrinjavajuće podatke. Među 999 sportaša dobi između 14 i 17 godina, njih 16,9 % izjavilo je kako su tijekom svoje sportske karijere usvojili ekstremno ponašanje kontrole tjelesne mase (Boudreault i suradnici, 2022). Liječnička komisija Međunarodnog olimpijskog odbora (IOC) izdala je preporuke vezane za zdravstvene rizike koje nose nezdrave prakse kontrole TM i sastava tijela sportaša. Fokus na nisku TM, nagle promjene mase i sadržaj tjelesne masti, u kombinaciji s propisima u nekim sportovima osjetljivim na kilažu i s težinskim kategorijama, smatraju se čimbenicima rizika za

ekstremnu dijetu, ED i brojne povezane zdravstvene posljedice među sportašima. U preporukama se navodi potreba za sportskim i spolno specifičnim preventivnim programima, kriterijima za podizanje uzbune i *ustezanja od natjecanja* za sportaše s ED i izmjene pravilnika u nekim sportovima. Ključna područja istraživanja uključuju razvoj standardnih metoda za procjenu sastava tijela kod elitnih sportaša; mjere probira za ED među sportašima; razvoj i testiranje preventivnih programa te istraživanje kratkoročnih i dugoročnih učinaka ovih poremećaja na zdravlje i performance sportaša (Sundgot-Borgen i suradnici, 2013.). Medicinski timovi sportaša moraju sustavno provjeravati sportaše oba spola s ciljem otkrivanja rizika ili već razvijenog poremećaja u jedenju kao dio evaluacije prije sudjelovanja u natjecanjima (Joy i suradnici, 2016.).

S obzirom na gore nabrojane razloge potrebno se fokusirati na usporedbe težinskih kategorija između boksa i kickboxinga po amaterskim (olimpijskim) pravilima.

## **2.4. PODJELE PO TEŽINSKIM KATEGORIJAMA**

U ovom poglavlju navest će se sve težinske kategorije kod oba spola u svim uzrastima po amaterskim (olimpijskim) pravilima. Podjele po profesionalnim pravilima su izostavljene jer u svijetu ringovnih borilačkih sportova u današnjem vremenu egzistira preveliki broj organizacija koje se brinu o natjecanjima na globalnoj razini kako u boksu tako i u kickboxingu pa bi bilo nemoguće kvalitetno predstaviti sve podjele s obzirom na to da gotovo svaka organizacija ima svoje težinske limite i podjele.

U sljedećim tablicama prikazat će se podjele u svim uzrastima u kojima egzistiraju službena natjecanja. Kod kickboxinga prikazat će se i dodatna podjela između tri ringovne discipline (*full contact, low kick, K-1*) i tri discipline koje se održavaju na tatamiju (*point fight, light contact, kick light*). U tablici 10. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod djece od šest do devet godina u kickboxingu, a natjecanja za ovaj uzrast odvijaju se samo u *point fight* disciplini.

Tablica 10. Podjela na težinske kategorije kod djece (od šest do devet godina) u kickboxingu (natjecanja se odvijaju samo u point fight disciplini)

MUŠKARCI	ŽENE
do 24 kg	do 24 kg
od 24 do 27 kg	od 24 do 27 kg
od 27 do 30 kg	od 27 do 30 kg
od 30 do 33 kg	od 30 do 33 kg
od 33 do 36 kg	od 33 do 36 kg
više od 36 kg	više od 36 kg

U tablici 11. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod mlađih kadeta i mlađih kadetkinja (od 10 do 12 godina) u kickboxingu, a takva natjecanja odvijaju se isključivo kod tatami disciplina *point fight*, *light contact* i *kick light*, dok natjecanja za taj uzrast još nisu dopuštena u ringovnim kickboxing disciplinama *full contact*, *low kick* i *K-1*.

Tablica 11. Podjele na težinske kategorije kod mlađih kadeta i mlađih kadetkinja (od 10 do 12 godina) u kickboxingu (natjecanja se odvijaju kod tatami disciplina *point fight*, *light contact* i *kick light*)

MUŠKARCI	ŽENE
do 28 kg	do 28 kg
od 28 do 32 kg	od 28 do 32 kg
od 32 do 37 kg	od 32 do 37 kg
od 37 do 42 kg	od 37 do 42 kg
od 42 do 47 kg	od 42 do 47 kg
više od 47 kg	više od 47 kg

U tablici 12. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod starijih kadeta i starijih kadetkinja (od 13 do 15 godina) u kickboxingu, a takva se natjecanja također odvijaju samo kod tatami disciplina *point fight*, *light contact* i *kick light*, dok natjecanja za taj uzrast također nisu dopuštena u ringovnim kickboxing disciplinama *full contact*, *low kick* i *K-1*.

*Tablica 12. Podjela na težinske kategorije kod starijih kadeta i starijih kadetkinja (od 13 do 15 godina) u kickboxingu (natjecanja se odvijaju samo kod tatami disciplina point fight, light contact i kick light)*

MUŠKARCI	ŽENE
do 32 kg	do 32 kg
od 32 do 37 kg	od 32 do 37 kg
od 37 do 42 kg	od 37 do 42 kg
od 42 do 47 kg	od 42 do 46 kg
od 47 do 52 kg	od 46 do 50 kg
od 52 do 57 kg	od 52 do 55 kg
od 57 do 63 kg	od 55 do 60 kg
od 63 do 69 kg	od 60 do 65 kg
više od 69 kg	više od 65 kg

U tablici 13. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod mlađih juniora i mlađih juniorki (od 15 do 16 godina) u kickboxingu, a natjecanja za taj uzrast odvijaju se samo kod ringovnih disciplina *full contact*, *low kick* i *K-1*. Treba također istaknuti da je uzrast mlađih juniora uveden u sustav natjecanja prije nekoliko godina na zahtjev mnogih reprezentacija diljem svijeta čiji natjecatelji nastupaju u ringovnim disciplinama u kojima je do te godine bio dopušten nastup tek od juniorskog uzrasta. Ovom odlukom Svjetskog kickboxing saveza (WAKO) ispravljena je dugogodišnja diskriminacija natjecatelja diljem svijeta koji u ranijim uzrastima nisu smjeli nastupati pa su bili prisiljeni nastupati u tatami disciplinama u kojima je proces priprema, kao i samo natjecanje puno drukčiji. Veliki broj najvećih svjetskih stručnjaka u području ringovnih kickboxing disciplina danas smatra da bi se i za ringovne discipline također trebalo uvesti pravo nastupanja i kadetima uz ponešto korigirana pravila u smislu skraćenog trajanja borbe i još više zaštitne opreme. U tom slučaju postigla bi se ravnopravnost tatami i ringovnih disciplina unutar kickboxinga.

Tablica 13. Podjela na težinske kategorije kod mlađih juniora i mlađih juniorki (od 15 do 16 godina) u kickboxingu (natjecanja se odvijaju samo kod ring disciplina *full contact*, *low kick* i *K1*)

MUŠKARCI	ŽENE
do 42 kg	do 36 kg
od 42 do 45 kg	od 36 do 40 kg
od 45 do 48 kg	od 40 do 44 kg
od 48 do 51 kg	od 44 do 48 kg
od 51 do 54 kg	od 48 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 56 kg
od 57 do 60 kg	od 56 do 60 kg
od 60 do 63,5 kg	više od 60 kg
od 63,5 do 67 kg	
od 67 do 71 kg	
od 71 do 75 kg	
od 75 do 81 kg	
više od 81 kg	

U tablici 14. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod juniora i juniorki (od 17 do 18 godina) u kickboxingu, i to kod ringovnih disciplina *full contact*, *low kick* i *K-1*, dok će se u tablici 15. prikazati težinske kategorije kod juniora i juniorki (od 16 do 18 godina) u kickboxingu kod tatami disciplina *point fight*, *light contact* i *kick light*.

Tablica 14. Podjela na težinske kategorije kod juniora i juniorki (od 17 do 18 godina) u kickboxingu (podjela kod ring disciplina full contact, low kick i K1)

MUŠKARCI	ŽENE
do 51 kg	do 48 kg
od 51 do 54 kg	od 48 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 56 kg
od 57 do 60 kg	od 56 do 60 kg
od 60 do 63,5 kg	od 60 do 65 kg
od 63,5 do 67 kg	od 65 do 70 kg
od 67 do 71 kg	više od 70 kg
od 71 do 75 kg	
od 75 do 81 kg	
od 81 do 86 kg	
od 86 do 91 kg	
više od 91 kg	

Tablica 15. Težinske kategorije kod juniora i juniorki (od 16 do 18 godina) u kickboxingu (podjela kod tatami disciplina point fight, light contact i kick light)

MUŠKARCI	ŽENE
do 57 kg	do 50 kg
od 57 do 63 kg	od 50 do 55 kg
od 63 do 69 kg	od 55 do 60 kg
od 69 do 74 kg	od 60 do 65 kg
od 74 do 79 kg	od 65 do 70 kg
od 79 do 84 kg	više od 70 kg
od 84 do 89 kg	
više od 94 kg	

U tablici 16. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod mlađih kadeta i mlađih kadetkinja (od 10 do 11 godina) u boksu, dok će se u tablici 17. prikazati podjela na težinske kategorije kod kadeta i kadetkinja (od 12 do 13 godina) također u boksu.



Tablica 16. Podjela na težinske kategorije kod mlađih kadeta i mlađih kadetkinja (od 10 do 11 godina) u boksu

MUŠKARCI	ŽENE
od 37 do 40 kg	od 34 do 36 kg
od 40 do 42 kg	od 36 do 38 kg
od 42 do 44 kg	od 38 do 40 kg
od 44 do 46 kg	od 40 do 42 kg
od 46 do 48 kg	od 42 do 44 kg
od 48 do 50 kg	od 44 do 46 kg
od 50 do 52 kg	od 46 do 48 kg
od 52 do 54 kg	od 48 do 51 kg
od 54 do 60 kg	od 51 do 54 kg
od 60 do 63 kg	od 54 do 57 kg
od 63 do 66 kg	od 57 do 60 kg
od 66 do 70 kg	od 60 do 64 kg
od 70 do 75 kg	od 64 do 70 kg
od 75 do 80 kg	
od 80 do 90 kg	

Iz tablice 16. razvidno je da kod mlađih kadeta i mlađih kadetkinja u boksu ne postoji apsolutna, superteška kategorija odnosno kategorija natjecateljica i natjecatelja više od 90 kod muškaraca odnosno više od 70 kilograma kod žena.

Tablica 17. Podjela na težinske kategorije kod kadeta i kadetkinja (od 12 do 13 godina) u boksu

MUŠKARCI	ŽENE
od 37 do 40 kg	od 34 do 36 kg
od 40 do 42 kg	od 36 do 38 kg
od 42 do 44 kg	od 38 do 40 kg
od 44 do 46 kg	od 40 do 42 kg
od 46 do 48 kg	od 42 do 44 kg
od 48 do 50 kg	od 44 do 46 kg
od 50 do 52 kg	od 46 do 48 kg
od 52 do 54 kg	od 48 do 51 kg
od 54 do 60 kg	od 51 do 54 kg
od 60 do 63 kg	od 54 do 57 kg
od 63 do 66 kg	od 57 do 60 kg
od 66 do 70 kg	od 60 do 64 kg
od 70 do 75 kg	od 64 do 70 kg
od 75 do 80 kg	
od 80 do 90 kg	

Iz tablice 17. razvidno je da kod kadeta i kadetkinja u boksu ne postoji apsolutna, superteška kategorija odnosno kategorija natjecateljica i natjecatelja više od 90 kod muškaraca odnosno više od 70 kilograma kod žena.

Tablica 18. prikazuje podjelu težinskih kategorija kod juniora i juniorki (od 14 do 15 godina) u boksu.

*Tablica 18. Podjela na težinske kategorije kod juniora i juniorki (od 14 do 15 godina) u boksu*

<b>MUŠKARCI</b>	<b>ŽENE</b>
od 44 do 46 kg	od 44 do 46 kg
od 46 do 48 kg	od 46 do 48 kg
od 48 do 50 kg	od 48 do 50 kg
od 50 do 52 kg	od 50 do 52 kg
od 52 do 54 kg	od 52 do 54 kg
od 54 do 57 kg	od 54 do 57 kg
od 57 do 60 kg	od 57 do 60 kg
od 60 do 63 kg	od 60 do 63 kg
od 63 do 66 kg	od 63 do 66 kg
od 66 do 70 kg	od 66 do 70 kg
od 75 do 80 kg	od 75 do 80 kg
više od 80 kg	više od 80 kg

Kada se analizira tablica 18., uočava se da kod juniora i juniorki, za razliku od kadeta i kadetkinja, u boksu postoji apsolutna, superteška kategorija odnosno kategorija natjecateljica i natjecateljica više od 80 kod muškaraca odnosno više od 70 kilograma kod žena.

Tablica 19. prikazuje težinske kategorije kod mlađih seniora i mlađih seniorki (od 16 do 17 godina) u boksu, dok tablica 20. prikazuje podjelu na težinske kategorije kod U22 (od 18 do 22 godina), također u boksu, u muškoj i ženskoj konkurenciji.

*Tablica 19. Težinske kategorije kod mlađih seniora i mlađih seniorke (od 16 do 17 godina) u boksu*

<b>MUŠKARCI</b>	<b>ŽENE</b>
od 46 do 48 kg	od 45 do 48 kg
od 48 do 51 kg	od 48 do 50 kg
od 51 do 54 kg	od 50 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 54 kg
od 57 do 60 kg	od 54 do 57 kg
od 60 do 63,5 kg	od 57 do 60 kg
od 63,5 do 67 kg	od 60 do 63 kg
od 67 do 71 kg	od 63 do 66 kg
od 71 do 75 kg	od 66 do 70 kg
od 75 do 80 kg	od 70 do 75 kg
od 80 do 86 kg	od 75 do 81 kg
od 86 do 92 kg	više od 81 kg
više od 92 kg	

Kada se analizira tablica 19., uočava se da kod mlađih seniora odnosno mlađih seniorki, juniora i juniorki u boksu postoji apsolutna, superteška kategorija s tom razlikom da je kod natjecatelja limit pomaknut s više od 80 kod muškaraca na više od 92 kilograma, a kod natjecateljica je pomaknut s više od 70 kilograma na više od 81.

Tablica 20. Podjela na težinske kategorije kod uzrasta U22 (od 18 do 22 godina) u boksu

MUŠKARCI	ŽENE
od 46 do 48 kg	od 45 do 48 kg
od 48 do 51 kg	od 48 do 50 kg
od 51 do 54 kg	od 50 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 54 kg
od 57 do 60 kg	od 54 do 57 kg
od 60 do 63,5 kg	od 57 do 60 kg
od 63,5 do 67 kg	od 60 do 63 kg
od 67 do 71 kg	od 63 do 66 kg
od 71 do 75 kg	od 66 do 70 kg
od 75 do 80 kg	od 70 do 75 kg
od 80 do 86 kg	od 75 do 81 kg
od 86 do 92 kg	više od 81 kg
više od 92 kg	

Kada se pogleda tablica 20., uočava se da je podjela težinskih kategorija kod U22 istovjetna podjeli mlađih seniora odnosno mlađih seniorki.

Tablica 21. prikazat će težinske kategorije kod seniora i seniorki (od 19 do 40 godina) u kickboxingu, i to kod ringovnih disciplina *full contact*, *low kick* i K-1, dok će se u tablici 22. prikazati podjela na težinske kategorije kod seniora i seniorki (18 do 40 godina) u kickboxingu u podjeli kod tatami disciplina *point fight*, *light contact* i *kick light*.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Svi broježani podaci u tablicama koji se odnose na boks su preuzeti sa stranice International Boxing Association, a svi broježani podaci koji se odnose na kickboxing su preuzeti sa stranice World Association of Kickboxing organizations.

Tablica 21. Težinske kategorije kod seniora i seniorki (19 do 40 godina) u kickboxingu (podjela kod ring disciplina full contact, low kick i K-1)

MUŠKARCI	ŽENE
do 51 kg	do 48 kg
od 51 do 54 kg	od 48 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 56 kg
od 57 do 60 kg	od 56 do 60 kg
od 60 do 63,5 kg	od 60 do 65 kg
od 63,5 do 67 kg	od 65 do 70 kg
od 67 do 71 kg	više od 70 kg
od 71 do 75 kg	
od 75 do 81 kg	
od 81 do 86 kg	
od 86 do 91 kg	
više od 91 kg	

Tablica 22. Težinske kategorije kod seniora i seniorki (18 do 40 godina) u kickboxingu (podjela kod tatami disciplina point fight, light contact i kick light)

MUŠKARCI	ŽENE
do 57 kg	do 50 kg
od 57 do 60 kg	od 50 do 55 kg
od 63 do 69 kg	od 55 do 60 kg
od 69 do 74 kg	od 60 do 65 kg
od 74 do 79 kg	od 65 do 70 kg
od 79 do 84 kg	više od 70 kg
od 84 do 89 kg	
više od 94 kg	

U tablici 23. prikazat će se podjela na težinske kategorije kod seniora i seniorki (od 18 do 40 godina) u boksu.

Tablica 23. Podjela na težinske kategorije kod seniora i seniorki (od 18 do 40 godina) u boksu

MUŠKARCI	ŽENE
od 46 do 48 kg	od 45 do 48 kg
od 48 do 51 kg	od 48 do 50 kg
od 51 do 54 kg	od 50 do 52 kg
od 54 do 57 kg	od 52 do 54 kg
od 57 do 60 kg	od 54 do 57 kg
od 60 do 63,5 kg	od 57 do 60 kg
od 63,5 do 67 kg	od 60 do 63 kg
od 67 do 71 kg	od 63 do 66 kg
od 71 do 75 kg	od 66 do 70 kg
od 75 do 80 kg	od 70 do 75 kg
od 80 do 86 kg	od 75 do 81 kg
od 86 do 92 kg	više od 81 kg
više od 92 kg	

Iz priloženih tablica podjela u boksu i svim disciplinama kickboxinga kako po uzrasnim tako i po težinskim kategorijama, uočava se veliki broj različitosti, čak i unutar samog kickboxinga, pogotovo ako se gledaju razlike između ringovnih i tatami disciplina. Kada se gledaju samo uzrasti seniora, pa se uspoređi boks i kickboxing (ringovne discipline), ipak je u tom segmentu razvidno da razlike u podjelama po težinskim kategorijama između ova dva sporta nisu toliko velike.

## 2.5. SUDAČKA PRAVILA U BOKSU I KICKBOXINGU

Sudačka pravila u boksu i kickboxingu također imaju puno evidentnih različitosti. Suđenje je jedno od najvažnijih segmenata svakog sporta. Takav je slučaj i kod borilačkih sportova. Kao što se i kompletna logističko-organizacijska struktura sportova mijenjala tijekom vremena, tako se i sudački dio mijenjao i imao svoje faze. U današnjem vremenu situacija se poprilično stabilizirala te su posljednjih nekoliko godina promjene u sudačkim pravilima puno rjeđe.

Posebnost je kickboxinga, koja se ogledava u činjenici da postoje sedam različitih disciplina, razlog da su i sudačka pravila vrlo kompleksna, pa je tako i usporedba između sudačkih pravila između ova dva sporta tim teža. Kickboxing je podijeljen na tri ringovne discipline (*full contact, low kick, K-1*), tri tatami discipline (*point fight, light contact, kick light*) te glazbene forme kao neborbenu disciplinu koja je ipak pretežito prezentacijskog karaktera. Glazbene forme kao takve logično imaju i izdvojen način suđenja te kod te discipline suci uglavnom ocjenjuju kompletni umjetnički dojam izvedbe.

Kod ringovnih disciplina dopušteno je korištenje svih tehnika punom snagom. Kao jedan od krajnjih ciljeva borenja u ringu jest i nokaut kao način pobjede. Svaki *knock-down* udarac posebno se vrednuje, a pobjeda nokautom uvijek se jako cijeni. Svaki pravilno upućen udarac koji pogodi cilj dovoljnom snagom da bude vidljiv i učinkovit upisuje se kao bod, a kod *knock-down* udarača borac dobiva i bonus bod.

Kod tatami disciplina postoje dva različita pristupa borenju i sudačkim pravilima. Uočava se glavna razlika između *point fighta* s jedne te *light contacta* i *kick lighta* s druge strane u smislu načina borenja gdje je kod natjecanja u *point fightu* borba isprekidana te suci prilikom svakog uspješnog udarača zaustavljaju borbu i natjecatelje vraćaju u početni stav, dok je kod *light contacta* i *kick lighta* borba kontinuirana te se akcije ne prekidaju. Kod sve tri tatami discipline nije dopušteno udarati punom snagom te krajnji cilj samim time nisu nokaut udarci nego su takve tehnike zabranjene. Ako centralni sudac procijeni da je određena tehnika napravljena prejako, slijede interne odnosno javne opomene, a potom i minus bodovi. Bodovni suci također vrednuju samo pravilne i precizne udarce, a za razliku od ringovnih disciplina na tatamiju pogodak nogom u glavu nosi dva boda. Zabranjeno je izlaziti s borilišta. Suci nakon izlazaka prekidaju borbu, potom izdaju prvo usmeno upozorenje, pa javne opomene i minus bodove. Tijekom borbi u kickboxingu kontinuirano se mogu pratiti rezultati na semaforima od kojih je jedan okrenut prema zapisničkom stolu, po jedan semafor prate treneri natjecatelja, dok je jedan semafor okrenut prema publici.

U boksu semafori pokazuju rezultat tek poslije svake runde kada suci rezultatom upisuju svoj dojam dominacije pojedinog boksača. Za razliku od amaterskog kickboxinga u boksu su, osim centralnog suca, uključena petorica bodovnih sudaca, a u kickboxingu trojica. Taj iskorak koji je boks odradio u smislu broja bodovnih sudaca pokazao se ispravnim te danas rjeđe, nego u vrijeme kada su bodovno sudila trojica sudaca, dolazi do sudačkih preglasavanja. Veliki broj kickboxing stručnjaka diljem svijeta danas smatra kako bi iskorak u smislu povećanja broja bodovnih sudaca s tri na pet uvelike doprinio poboljšanju kvalitete sudačkih odluka. Odluka o pobjedniku može biti jednoglasna (kada se svi suci slažu o tome tko je pobjednik), podijeljena



(kada pobjednika odlučuje većina sudaca) ili većinska (kada većina sudaca odluče da je pobjednik jedan boksač). U amaterskom (olimpijskom) boksu sustav je bodovanja posve različit od sustava u amaterskom (olimpijskom) kickboxingu. Za razliku od bodovanja u kickboxingu, gdje se boduju svi dovoljno kvalitetni udarci pojedinačno, u boksu suci gledaju opći dojam u rundi u smislu energetskog dojma, pričinjene štete na protivniku, tehnike izvođenja udaraca i obrana te općenito dominacije. Potom se runda dodijeli jednom ili drugom boksaču. Ako je runda bila posve izjednačena, moguće je i da se runda odboduje neodlučeno, ali takva je praksa rijetka. U boksu runde počinju s 10:10, a potom se na kraju svake runde boksaču, za kojeg je procijenjeno da je bio lošiji, oduzima jedan bod. Ako je ta razlika bila izrazito velika, mogu se oduzeti i dva boda, a bod se oduzima i u slučaju nespornog odbrojavanja (*knock-downa*) ili zbog druge javne sudačke opomene. Na kraju borbe (ako naravno ne dođe do nokauta ili prekida zbog ozljede) zbroje se bodovi i pobjednik je onaj borac koji ima više bodova. Razlike su posebno uočljive po amaterskim (olimpijskim) pravilima, dok su kod profesionalnog načina borenja one puno manje izražene. Kod profesionalnog načina borenja suci kod oba sporta ne upotrebljavaju nikakve semafore te treneri i natjecatelji tijekom borbe nemaju saznanja koji je borac u prednosti i rezultat saznaju tek nakon što se službeno objavi (osim u slučaju nokauta ili prekida borbe iz nekog drugog razloga). Generalno sustav sudačkog bodovanja je kod profesionalnog načina borenja u boksu i kickboxingu gotovo istovjetan i primjenjuje se sustav vrlo sličan bodovanju kod amaterskog boksa. Naime, suci gledaju opći dojam iz energetskog aspekta i aspekta pričinjene štete protivniku u rundi te se potom runda dodijeli jednom ili drugom borcu. Ako je runda bila posve izjednačena, ona se odboduje neodlučeno. Runde počinju s 10:10, a potom se na kraju svake runde lošijem borcu oduzima jedan bod. Ako je bila izrazita dominacija, mogu se oduzeti i dva boda ovisno o tome kolika je bila dominacija u pojedinoj rundi. Bod se oduzima i u slučaju *knock-downa*, kao i zbog druge javne sudačke opomene. Ako borba ne završi nokautom ili prekidom zbog ozljede, na kraju borbe zbroje se bodovi i pobjednik je onaj borac koji ima više bodova. Uočava se i da određene manje razlike postoje i između sudačkih pravila kod profesionalnog načina borenja između nadležnih svjetskih federacija unutar pojedinog sporta, ali generalno pravila su gotovo istovjetna. I u boksu i u kickboxingu po profesionalnim pravilima meč boduju trojica bodovnih sudaca, dok tijekom borbe vodi centralni sudac u ringu.

## 2.6. SLIČNOSTI KICKBOXINGA I BOKSA

U prethodnom poglavlju opisuju se određene različitosti između boksa i kickboxinga, ali razvidno je isto tako da ova dva sporta imaju i jako puno sličnosti. Oba su ova sporta borilački, udarački sportovi, polistrukturalni su i aciklički. Oba ova sporta imaju podjele po spolu, uzrastu, težinskim kategorijama i na amaterska (olimpijska) i profesionalna natjecanja. I u boksu i u kickboxingu po olimpijskim pravilima trajanje je pojedinačne borbe puno kraće sveukupno u smislu broja minuta te je maksimalni broj rundi tri od borenja po profesionalnim pravilima. Isto tako po profesionalnim pravilima borbe su puno dulje i u sveukupnoj minutaži, kao i u maksimalnom mogućem broju rundi koji je u oba sporta limitiran na maksimalnih 12. Natjecanja u oba sporta održavaju se u ringu (u boksu je cjelokupni program u ringu, a u kickboxingu je u tri od sedam disciplina), a borbe se odvijaju po rundama (osim u jednoj kickboxing disciplini). I kickboxing i boks imaju široku publiku te pobuđuju veliki interes u javnom prostoru i njima se natjecateljski i rekreativno bavi više milijuna ljudi na svim kontinentima i u velikom broju zemalja. Tijekom povijesti je veliki broj boraca trenirao oba ova sporta, a nerijetki su slučajevi da su natjecatelji također postizali vrhunske rezultate i u kickboxingu i u boksu. Kod oba sporta uobičajeno je pravilo (osim u situacijama kada je više borilišta jedno pokraj drugog pa zvono može omatati tijekom borbe na susjednom borilištu, u tim situacijama na kraju rundi ubacuje se jastučić u borilište) da gong označava početak i kraj borbe. U kickboxingu po olimpijskim pravilima treneri sjede u kutu i dopušteno je sudjelovanje dvojice trenera, dok kod boksa po olimpijskim pravilima i kod oba sporta po profesionalnim pravilima u kutu natjecatelja smiju biti trojica trenera. I u boksu i u kickboxingu tijekom odmora između rundi u borilište smije ući samo jedan trener. Kod oba ova sporta natjecatelj prije početka same borbe ne smije ući u borilište sve dok se u njemu ne pojavi centralni sudac. Istovjetna pravila kod mlađih uzrasta vrijede i po pitanju obveze nošenja zaštitnih kaciga kod boksa i kod kickboxinga. Naime, u tim uzrastima dopušten je nastup isključivo sa zaštitnom kacigom. Također, lako uočljiva sličnost očituje se i u konkurenciji profesionalaca gdje kod oba ova sporta natjecatelji nastupaju bez zaštitnih kaciga, a borci ne nose dresove i od pojasa naviše su goli. Sličnost između ova dva sporta evidentna je i po ozljedama nastalim uslijed udaraca u glavu, a očituju se u porezotinama i posjekotinama po licu najčešće oko predjela očiju, kao i plavicama koje nastaju na glavi. Kod boksa i kickboxinga dopušteni su udarci punom snagom te vrlo često dolazi do prekida borbe uslijed ozljeda, kao i tehničkih ili klasičnih nokauta. S obzirom na učestale ozljede koje katkad nažalost mogu biti i vrlo opasne (kao i u

većini kontaktnih sportova) kod oba ova sporta službena natjecanja ne smiju se održavati bez nazočnosti adekvatne licencirane liječničke službe koja mora biti sposobna ukazati prvu pomoć u slučaju ozljeda natjecatelja (Žaja, 2012).

Razvidno je da kickboxing i boks imaju niz različitosti kada se promatraju same tehnike, sudačka pravila, težinske i uzrasne kategorije, duljina trajanja borbi i ostali segmenti borenja općenito. Upravo iz tog razloga bilo je vrlo važno pobrojiti sve različitosti, ali i podudaranja i sličnosti kako bi se istraživanje provelo baš u onim segmentima u kojima se ova dva sporta preklapaju. Kada se parcijalno analiziraju tehnička pravila, uviđa se da kod ova dva sporta imamo preklapanje u borilištu gdje se održavaju natjecanja kod tri kickboxing discipline, a to su *full contact*, *low kick* i *K-1 style* gdje se kod te tri discipline kao i u boksu borbe odvijaju u ringu. Kada se sagledavaju sudačka pravila, uviđa se da kickboxing kod ringovnih disciplina po profesionalnim pravilima ima preklapanje s boksom i kod amatera i kod profesionalaca tako da se primjenjuju pravila po kojima se vrednuje dominacija po sustavu bodovanja runde koja započinje s 10:10, pa se bodovi oduzimaju lošijem natjecatelju. Kod oba sporta centralni sudac je u ringu, dok bodovni sjede do ringa te boduju borbe na sudačkim listama. Kod uzrasnih kategorija u oba sporta uzrast seniora jest od 18 godina uz dopušten nastup u toj konkurenciji i onim natjecateljima koji su napunili 17 godina. Kada se sagledavaju težinske kategorije u cjelini, generalno ih se kod oba ova sporta može podijeliti u četiri skupine, i to: lake, srednje, lako teške i teške težinske kategorije. Po pitanju duljine trajanja borbi i ovdje je došlo do preklapanja kod ringovnih disciplina po profesionalnim pravilima te se uočava da u *K-1 styleu* i *low kick* disciplini po profesionalnim pravilima borba može trajati tri runde po tri minute s jednom minutom odmora, baš kao i u boksu po amaterskim (olimpijskim) pravilima. Kada su se sagledali svi ovi parametri i preklapanja, odlučeno je da se za potrebe istraživanja borbe odrade u ringu, u seniorskom uzrastu, u jednoj ženskoj kategoriji (lako do 55 kilograma) te četiri muške težinske kategorije (lako do 65, srednjoj do 75, lako teškoj do 85 te superteškoj više od 85 kilograma).

U boksu su natjecateljske izvedbe odrađene po amaterskim (olimpijskim) pravilima, dok su borbe u kickboxingu odrađene u *K-1 style* disciplini po pravilima profesionalnih borbi (osim činjenice da je zbog sprječavanja težih ozljeda korištena zaštitna oprema, kaciga i štitnici za noge) u cilju kako bi se izjednačila duljina trajanja mečeva (tri runde po tri minute s jednom minutom odmora između rundi), a bodovanje sudaca bilo odrađeno po istim principima (runde počinju s 10:10, a potom se lošijem natjecatelju oduzimaju bodovi). Borbe su se održale u ringu koji zadovoljava natjecateljske dimenzije kod oba sporta.

Kako bi se unutar raspoloživih razlika osigurala što veća potencijalna diferencijacija između ova dva sporta, kod kickboxinga je odabrana upravo *K-1 style* disciplina kod koje postoji najširi spektar raspoloživih tehnika koje se smiju primjenjivati tijekom borenja (Sertić i suradnici, 2015).

Tablica 24. Hipotetska struktura važnosti i utjecaja pojedinih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti na sportski rezultat u boksu i kickboxingu po K-1 pravilima usporedno prema mišljenju autora

<b>MOTORIČKA/ FUNKCIONALNA SPOSOBNOST</b>	<b>BOKS PO AMATERSKIM/ OLIMPIJSKIM PRAVILIMA</b>	<b>BOKS PO PROFESIONAL NIM PRAVILIMA</b>	<b>K-1 KICKBOXING PO AMATERSKIM/ OLIMPIJSKIM PRAVILIMA</b>	<b>K-1 KICKBOXING PO PROFESIONALN IM PRAVILIMA</b>
<b>MAKSIMALNA SNAGA</b>	VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>REPETITIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>EKSPLOZIVNA SNAGA</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>BRZINA</b>	JAKO VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA
<b>ANAEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>AEROBNA IZDRŽLJIVOST</b>	JAKO VAŽNA	JAKO VAŽNA	VAŽNA	JAKO VAŽNA
<b>FLEKSIBILNOST</b>	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA
<b>RAVNOTEŽA</b>	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA
<b>KOORDINACIJA</b>	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA
<b>PRECIZNOST</b>	JAKO VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA	VAŽNA

Ako sagledavamo ovu hipotetsku tablicu važnosti pojedinih motoričkih odnosno funkcionalnih sposobnosti usporedno za boks i kickboxing po K-1 pravilima, mogu se izvući dosta vrijedni zaključci. Naime, uviđa se da gotovo sve motoričke sposobnosti gotovo u potpunosti imaju

otprilike istu ili sličnu važnost za ova dva sporta. Iznimka je, ali samo djelomično, kod motoričkih sposobnosti maksimalne snage, brzine i preciznosti. Posebno je upečatljiva činjenica da je kod usporedbe dviju funkcionalnih sposobnosti u jednoj, a riječ je o anaerobnoj izdržljivosti, hipotetska procjena u potpunosti ista i jako je važna i za boks i za K-1 kickboxing po amaterskim odnosno olimpijskim pravilima, ali i po profesionalnim pravilima. Kod aerobne izdržljivost jedina se razlika ogledava kod K-1 kickboxinga po amaterskim pravilima gdje je procjena da je ta funkcionalna sposobnost važna, a nije jako važna. To se objašnjava činjenicom da borbe u kickboxingu po amaterskim pravilima imaju duljinu trajanja od tri runde po samo dvije minute s jednom minutom odmora između rundi, dok u boksu kao i K-1 kickboxingu po profesionalnim pravilima runda traje tri minute i može biti ugovorena u više od tri runde.

## **2.7. FIZIOLOŠKA POZADINA KICKBOXINGA I BOKSA**

U sljedećem poglavlju opisat će se pokazatelji opterećenja odnosno intenziteta sportske aktivnosti koji su u ovom istraživanju predstavljali varijable. To su frekvencija srca, serumski laktati, kreatin-kinaza i laktat-dehidrogenaza.

### **2.7.1. FREKVENCIJA SRCA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI**

Vitalni znakovi (lat. *signa vitae*) pokazatelji su osnovnih funkcija organizma. Redovito se mjere četiri glavna vitalna znaka: tjelesna temperatura, frekvencija srca, frekvencija disanja i arterijski krvni tlak. Ove vitalne mjere igraju ključnu ulogu u procjeni i praćenju općeg tjelesnog stanja osobe, fizičke kondicije kao i prilagodbe organizma na različite fizičke napore. Vitalni znakovi imaju važnu ulogu u kineziologiji gdje se koriste poglavito u procesu procjene kvalitete treninga i stupnja utreniranosti sportaša. Od gore navedenih, frekvencija srca je najčešće korišten vitalni znak u sportu. (Šimunović, 2013).

U današnjem vremenu napretka kinezioloških znanosti, praćenje opterećenja sportaša u trenažnim procesima kao i na natjecanjima zauzimaju sve veću i važniju ulogu. Multidisciplinarnim pristupom znanstvenici, kondicijski pa čak i oni treneri koji nisu usko specijalizirani za kondicijsku pripremu sportaša, danas rutinski prate fiziološka opterećenja. Iz tog razloga diljem svijeta traje potraga za najučinkovitijim metodama prikupljanja i analiza

tih istih podataka, što dovodi do ogromnog porasta empirijskih i primijenjenih istraživanja. Praćenje opterećenja sportaša u trenažnom procesu izuzetno je bitno za kvalitetno doziranje i prilagodbu trenažnom procesu kao i za razumijevanje efekta treninga, procjenu umora sportaša a potom i oporavka kako bi se smanjio rizik preopterećenja koje može dovesti do ozljeđivanja ili bolesti. Iako je u modernim vremenima došlo do naglog porasta u ovim istraživanjima, ipak velik broj spoznaja o praćenju sportaša još uvijek dolaze iz osobnih iskustava, prikaza pojedinih slučajeva ili malih serija ili pak ostaju neobjavljene (Bourdon i sur. 2017; Lundstrom i sur. 2023; Slimani, Znazen i sur. 2018).

Općenito, mjere opterećenja treninga mogu se podijeliti na unutarnje ili vanjske. Unutarnja opterećenja tijekom treninga definiraju se kao biološki (i fiziološki i psihološki) stresori nametnuti sportašu tijekom treninga ili sportske izvedbe, natjecanja. Za procjenu unutarnjeg opterećenja uobičajeno se koristi mjerenje varijabli poput frekvencije srca, serumskih laktata, potrošnje kisika i ocjene subjektivnog osjećaja opterećenja. Vanjska trenažna opterećenja predstavljaju objektivne mjere rada koji sportaš obavlja tijekom treninga ili natjecanja. Analiziraju se neovisno o unutarnjim opterećenjima i najčešće uključuju izlaznu snagu, ubrzanje, brzinu, analizu vremena i gibanja, parametre globalnog sustava za pozicioniranje (GPS) te parametre izmjerene pomoću akcelerometra. (Bourdon i sur. 2017.)

## **Frekvencija srca**

Frekvencija srca, ili srčana frekvencija, osnovni je pokazatelj srčane aktivnosti. Predstavlja broj otkucaja srca u minuti odnosno brzinu izmjene srčanih ciklusa, mjereno brojem srčanih kontrakcija u jednoj minuti. Frekvencija srca jedna je od ključnih vitalnih mjera koje se koriste u kineziologiji jer pruža dragocjene informacije o funkcioniranju srčanog sustava i kardiovaskularne kondicije te omogućava procjenu intenziteta tjelesne aktivnosti. Praćenje otkucaja srca nudi priliku za izravnu i jednostavnu procjenu fiziološkog profila izvedbe specifične za disciplinu i jeftinu procjenu fizioloških zahtjeva (de Lira, 2013). Broj otkucaja srca može varirati ovisno o potrebama tijela, uključujući potrebu za unosom kisika i izlučivanja ugljičnog dioksida. Tijekom vježbanja, frekvencija srca se povećava kako bi tijelo osiguralo dovoljno kisika i hranjivih tvari mišićima. Pomoću mjerenja frekvencije srca, kineziolozi mogu prilagoditi trenažni proces prema individualnoj razini kondicije, postavljajući optimalan intenzitet vježbanja za postizanje zadanih izvedbenih ciljeva ali i poboljšanja kardiovaskularnog zdravlja. Redovito praćenje frekvencije srca može pomoći u ranom otkrivanju problema sa srcem te omogućiti pravovremenu intervenciju što u kineziologiji

predstavlja važnu preventivnu mjeru obzirom na rizike koje mogu nositi ekstremni tjelesni napori kojima se izlažu sportaši (Lundstrom, 2023; Slimani, Znazen i sur. 2018)

Lijeva i desna srčana klijetka kontrahiraju se istovremeno stoga se računaju kao jedan otkucaj srca. Lijeva strana srca puni se oksigeniranom krvlju iz pluća za vrijeme pauze između dva otkucaja. Srce potom kontrakcijom izbacuje krv bogatu kisikom na periferiju, do mišića. Desna se klijetka puni venskom krvlju s periferije koja se vraća iz mišića, koja potom kontrakcijom srca odlazi u pluća (Hall, 2017).

Frekvencija srca može se mjeriti putem zapisa elektrokardiograma ili mjerenjem pulsa. Puls naime predstavlja ritmično širenje stijenki arterija izazvano tlačnim valom kojim lijeva srčana klijetka pri svakoj sistoli u njih ubacuje krv. Može se mjeriti centralno ili periferno. Frekvencija srca je u zdravih osoba jednaka pulsom mjenom u bilo kojoj perifernoj točki, stoga se ova metoda zbog jednostavnosti i dostupnosti izvedbe, najčešće koristi u svakodnevnoj praksi pri procjeni učinkovitosti trenajnih modaliteta i spremnosti sportaša. Mjerenje frekvencije srca perifernim pulsom provodi se palpacijom prstima na mjestima na kojima su arterije pristupačne dodiru i mogu se pritisnuti uz kost: na donjem dijelu podlaktice uz palčanu kost (radijalna arterija), na vratu (karotidna arterija), u lakatnoj jami medijalno od tetive bicepsa (brahijalna arterija), u koljenskom zglobu (poplitealna arterija), na unutarnjoj strani gležnja iznad petne kosti (tibijalna arterija) i na hrptu stopala (dorzalna arterija stopala). Tetiva bicepsa najlakše se uočava kada je lakat lagano flektiran. Karotidni puls mjeri se s unutarnje strane sternokleidomastoideusa, pri čemu je potreban oprez kako se ne bi dodirivale obje karotidne arterije istovremeno što bi moglo kompromitirati dotok kisika u mozak. Radijalna se arterija najčešće palpira kažiprstom i srednjim prstom. (Hall, 2017; Šimunović 2013). Danas je dostupan i veliki broj malih mjernih uređaja, tzv. pulsmetri, koji se mogu jednostavno koristiti za periferno mjerenje pulsa.

Za vrijeme mjerenja pulsa procjenjuje se frekvencija i ritam pulsa. U odrasle zdrave osobe frekvencija srca sinus ritma u mirovanju iznosi 60 do 100 otkucaja u minuti. Kako bi se pravilno izmjerila frekvencija srca putem perifernog pulsa, potrebno je mjeriti broj otkucaja srca tijekom 30 sekundi i dobivenu vrijednost umnožiti dva puta. Ukoliko je smanjen broj otkucaja srca govorimo o bradikardiji (grč. *bradus*, sporo; *kardia*, srce). Usporena frekvencija srca u zdrave odrasle osobe, sinus bradikardija, definira se kao broj otkucaja srca  $< 60$  / minuti. Ovo stanje srećemo među mlađim osobama, osobito sportašima i u snu. S druge strane može se javiti zbog utjecaja brojnih drugih čimbenika poput bolesti, lijekova, hipotermije ili poremećenog ritma srca, aritmije. Bradikardija može biti uzrokovana problemima u provođenju električnih impulsa ili oštećenjem srčanog tkiva. Ubrzana frekvencija srca, sinus tahikardija (grč. *tachus*, brzo;

*kardia*, srce) definira se kao broj otkucaja srca  $> 100$  / minuti. Uobičajeno se viđa kod zdravih osoba pri tjelesnom naporu ili može biti uzrokovana raznim bolestima ali i emocijama zbog simpatičkog podražaja putem živčanih vlakana ili serumskih katekolamina. Ubrzana frekvencija srca također može biti odraz hiperdinamične cirkulacije, javiti se kao nuspojava lijekova ili u okviru aritmije. Tahikardija se javlja tijekom intenzivne tjelesne aktivnosti ili kao odgovor na neprimjeren trenažni proces (Šimunović, 2013).

Srčani ritam može biti pravilan ili nepravilan. Zdravo srce normalno kuca na pravilan i usklađen način jer mišićne stanice srca, miociti, koji imaju jedinstvena električna svojstva, stvaraju električne impulse koji pokreću niz organiziranih kontrakcija srčanog mišića, miokarda. Poremećaji srčanog ritma, aritmije, i poremećaji provođenja u miokardu mogu uzrokovati abnormalnosti u stvaranju i/ili provođenju tih električnih impulsa (Draghici i Taylor, 2016).

Stanice koje stvaraju početni električni impuls svakog normalnog otkucaja srca nazivaju se sinoatrijski (SA) ili sinusni čvor i nalaze se u nakupini na mjestu spoja gornje šuplje vene i visokog lateralnog dijela desnog atrija. Električno pražnjenje ovih elektrostimulatorskih stanica podražuje susjedne stanice što dovodi do podraživanja daljnjih dijelova srca i to u pravilnom nizu. Impulsi se provode specijaliziranim internodalnim vlaknima i nespecijaliziranim atrijskim miocitima kroz atrije do atrioventrikularnog (AV) čvora koji se nalazi na desnoj strani interatrijskog septuma. Brzina provođenja samog AV čvora je spora, čime se odgađa provođenje impulsa prema ventrikulima. Vrijeme provođenja u AV čvoru ovisi o srčanoj frekvenciji, a na njega utječu autonomni tonus i cirkulirajući katekolamini kako bi se neovisno o frekvenciji atrija maksimalno povećao minutni volumen (Oberman i Bhardway, 2021). Atriji su električno izolirani od ventrikula fibrozim prstenom, osim u anteroseptalnom području gdje se nalazi nastavak AV-čvora, Hisov snop, koji ulazi u vrh interventrikularnog septuma. Tamo se račva u lijevu i desnu granu snopa koje završavaju u Purkinjeovim vlaknima. Desna grana snopa provodi impulse u prednju i apikalnu endokardnu regiju desne klijetke. Lijeva grana snopa grana se na lijevoj strani interventrikularnog septuma. Njezin prednji dio (lijevi prednji hemisnop) i stražnji dio (lijevi stražnji hemisnop) podražuju lijevu stranu interventrikularnog septuma pa se taj dio ventrikula prvi električki aktivira. Iz tog se razloga interventrikularski septum depolarizira s lijeva na desno, nakon čega slijedi gotovo istodobna aktivacija oba ventrikula počevši od endokarda kroz zid ventrikula do površine epikarda (Bettes, 2013).

Nepravilan puls može biti potpuno nepravilan ili nepravilan u pravilnim razmacima. Kod zdravih osoba postoji fiziološka dnevna varijacija frekvencije srca, najniže su vrijednosti u jutarnjim satima, neposredno pred buđenje. Blago povećanje frekvencije srca u udisaju (inspiriju) i smanjenje frekvencije u izdisaju (ekspiriju) normalna je pojava i naziva se



respiratorna sinus aritmija. Ovaj fenomen nastaje zbog oscilacija vagusnog tonusa, i najčešće ga vidamo među populacijom mladih zdravih osoba. Starenjem se ove oscilacije smanjuju, no ne nestaju potpuno. Apsolutno pravilan sinusni ritam je patološka pojava koja se viđa u bolesnika s autonomnom denervacijom (npr. kod uznapredovale šećerne bolesti) ili u bolesnika s ozbiljnim srčanim zatajenjem (Delić Brkljačić, 2018).

## **Uloga praćenja frekvencije srca u planiranju treninga**

Fizička sposobnost osnovni je atribut za ostvarivanje sportskih rezultata. Frekvencija srca odražava trenutno fizičko stanje sportaša kao i njegov sportski status u realnom vremenu. Praćenjem frekvencije srca u različitim periodima sportskog natjecanja i trenažnih procesa dobiva se uvid u status fizičke kondicije sportaša koji potom omogućava kvalitetniji pristup izradi plana i programa trenažnih procesa. Podaci o otkucajima srca dobiveni praćenjem frekvencije srcamogu odražavati promjenu intenziteta treninga u stvarnom vremenu kako bi ih treneri analizirali. (Tian i sur. 2023.)

Uobičajeno se pri planiranju treninga, neovisno o sportu, treba obratiti pozornost na osnovne sastavnice kao što je intenzitet, potom učestalost u smislu ponavljanja pojedinih aktivnosti, zatim količina izvedenih aktivnosti pri jednom vježbanju te progresivno opterećenje koje se može odnositi na povećanje broja jednog ili više nabrojanih elemenata tijekom vremena ili o pravom opterećenju. Kakav će biti odnos navedenih elemenata treninga ovisi o individualnim karakteristikama pojedinog sportaša, njegovoj podnošljivosti i fiziološkim principima. Najčešće su količina i učestalost u recipročnom odnosu prema intenzitetu, te je povećanjem jednog elementa potrebno smanjenje drugog. Istovremeno povećanje sva tri elementa je ograničeno općenitim mogućnostima izdržljivosti ljudskog organizma. Glavni cilj svakog trenera u osnovi je pronaći optimalan opseg trenažnog procesa kako bi sportaš ostvario najveću korist u kontekstu specifičnih potreba, U ovom procesu od velike su pomoći brojne fiziološke varijable od kojih se najčešće koristi frekvencija srca na osnovu koje se proces u stvarnom vremenu prilagođava fiziološkim karakteristikama pojedinog sportaša. Ukoliko se provode kruto zadani planovi treniranja koji nisu individualizirani i ne uvažavaju specifične potrebe, rezultati neće biti optimalni i moguće je povećanje rizika pretreniranosti ili ozljeda (Papišta, 2013). Tako je za bolje razumijevanje fizioloških kapaciteta koji se nalaze u osnovi boksačke izvedbe od iznimne koristi poznavanje kardiovaskularne potrebe i stupnja aktiviranja anaerobnog metabolizma pojedinog sportaša za vrijeme sportske izvedbe odnosno meča. Na temelju ovih varijabli, koje služe kao referentne vrijednosti, može se optimizirati trenažni

proces u smislu poboljšanja i praćenja režima treninga sportaša. S druge strane, poznavanje ovih varijabli temelj je za planiranje strategije sportske izvedbe, jer pružaju uvid u potencijal i ograničenja pojedinog sportaša. Praćenje frekvencije srca nudi priliku za izravnu i jednostavnu procjenu fiziološkog profila izvedbe specifične za disciplinu i jeftinu procjenu fizioloških zahtjeva. U ovom kontekstu, maksimalno stupnjevano testiranje tjelovježbe obično se koristi za određivanje fiziološke reakcije na tjelovježbu. Međutim, iako se čine neupitne vrijednosti za optimizaciju treninga, do danas je dostupan oskudan broj znanstvenih istraživanja u literaturi o fiziološkim zahtjevima borilačkih sportova što nameće potrebu novih dobro dizajniranih studija (de Lira i sur. 2013). Praćenje frekvencije srca je jedan od najrelevantnijih pokazatelja opterećenja i metoda koja osigurava sličnu kvantifikaciju kardiovaskularnih zahtjeva kao i intenziteta vježbanja tijekom trenažnih procesa i službenih natjecanja kod početnika kao i kod vrhunskih sportaša u borilačkim sportovima. Praćenjem frekvencije srca kod sportaša tijekom treninga ili natjecanja trener dobiva kvalitetan uvid u kardiovaskularne potrebe natjecatelja te time omogućuje kvalitetno praćenje doziranja treninga. Na taj način pruža se mogućnost optimalizacije pripreme za sve one fiziološke zahtjeve koji se očekuju u natjecateljskoj izvedbi. Praćenje ove vitalne mjere predstavlja i veliku pomoć kod donošenja odluka koje su vezane uz tehničko-taktičke odluke trenera te pružaju uvid u umor sportaša koji je nastao kao posljedica natjecanja. Broj znanstvenih dokaza koji kažu da bi se praćenje frekvencije srca u borilačkim sportovima trebalo mjeriti sa drugim varijablama pokazatelja opterećenja poput mjerenja laktata, laktat-dehidrogenaze, metaboličkih pragova ili karakteristike vremena i kretanja je u velikom rastu. Praćenje više vrsta varijabli pružilo bi još preciznije kvantifikacije opterećenja u borbi kao i još točniju procjenu potrošnje energije. Po svemu se čini da je u borilačkim sportovima provođenje specifičnih treninga koji odgovaraju stvarnoj borbenoj situaciji u smislu intenziteta borbe (postotak maksimalne frekvencije srca) potrebno za brzi oporavak otkucaja srca između rundi i uzastopnih mečeva (Slimani, Znazen i sur. 2018).

Aerobno vježbanje definira se kao neprekinuta ritmična tjelesna aktivnost koja se provodi kroz dulje vrijeme. Umor se uobičajeno javlja na razini koju može podržavati aerobni metabolizam neprekinuto kroz minimalno pet minuta nakon čega se postupno pojačava. U ovom procesu je moguće ubacivati kraće periode jačeg napora kako bi se potakao anaerobni metabolizam. Aerobni metabolizam započinje najčešće u periodu od 2 minute nakon što je započeta tjelesna aktivnost. Za vrijeme aerobnog opterećenja organizma dolazi do povećavanja potrošnje kisika i srčanog rada na temelju povećanja udarnog volumena srca uz smanjenje frekvencije srca u mirovanju. Navedeni procesi djeluju preventivno u smislu smanjenja rizika smrtnosti od bolesti srca kao i ukupne stope smrtnosti. Ipak, pretjerano vježbanje može dovesti do preopterećenja

organizma i povećava stanično disanje, poglavito ukoliko trenažni proces nije optimiziran odnosno prilagođen prema individualnim sposobnostima i potrebama sportaša. Neki od primjera aerobnih vježbi su brzo hodanje i trčanje, plivanje, potom bicikliranje, veslanje i kajakarenje ili klizanje. Tu su također i vježbe pomoću sprava za aerobno treniranje poput pokretne trake ili penjanje po ljestvama (Delić Brkljačić, 2018).

Frekvencija srca usko je povezana s razinom tjelesne aktivnosti zbog čega se u cilju kvalitetnog doziranja opterećenja redovito prati tijekom trenažnih procesa. U odrasle zdrave netrenirane osobe frekvencija srca u mirovanju iznosi od 60 do 80 otkucaja u minuti. Sportaši imaju značajno niže vrijednosti frekvencije srca u mirovanju koje uobičajeno kreću u rasponu od vrlo niskih 30 do 50 otkucaja u minuti. Sporiji rad srca u sportaša u odnosu na opću netreniranu populaciju, odraz je prilagodbe organizma na dugotrajne treninge koji dovode do hipertrofije srčane mišićne mase i time povećanja udarnog volumena. Na ovaj način se uz manji broj otkucaja postiže izbačaj jednake količine krvi prema periferiji, odnosno mišićima kao kod netrenirane osobe s višom frekvencijom (Hall, 2017). Također, treningom dolazi do vagalne stimulacije tj. dominacije parasimpatikusa nad simpatikusom što također utječe na niže vrijednosti frekvencije srca kod treniranih osoba u mirovanju i submaksimalnom opterećenju. U procesu optimizacije treninga, poglavito za kontrolu funkcionalne pretreniranosti sportaša, od velike koristi je podatak o jutarnjoj frekvenciji srca. Stoga se preporuča redovit nadzor jutarnjih vrijednosti u mirovanju s naglaskom na moguća odstupanja u odnosu na najnižu izmjerenu vrijednost. Tako je na primjer razlika  $\geq 12$  otkucaja više vrijednosti jutarnje frekvencije u odnosu na najnižu frekvenciju srca u mirovanju znak akutne pretreniranosti sportaša, stoga se preporuča u tom danu smanjiti intenzitet treninga ili napraviti pauza.

Maksimalna vrijednost frekvencije srca fiziološki se tijekom godina smanjuje, i taj proces uobičajeno započinje već u pubertetu, u periodu od 10. do 15. godine života. Prosječno se u zdrave osobe vrijednosti frekvencije srca smanjuje za jedan otkucaj po minuti na što se ne može utjecati treningom. Maksimalna frekvencija srca ( $FS_{max}$ ) može se okvirno procijeniti kao razlika 220 - godine života. Za izračunavanje ciljane frekvencije srca (FS) može se koristiti i Karvonenova formula:

$$\text{ciljna FS} = [(0,50 \text{ do } 0,85) \times (FS_{max} - FS_{\text{mirovanja}})] + FS_{\text{mirovanja}}$$

Međutim, što je osoba tjelesno spremnija ili manje spremna u odnosu na prosjek, to je preciznost navedenih jednadžbi manja (Draghici i Taylor, 2016). Važno je ovdje naglasiti kako se ovaj način procjenjivanja maksimalne frekvencije srca može koristiti samo u području

rekreacije, za elitne sportaše i vrhunski sport općenito nužna su precizna mjerenja maksimalne frekvencije srca svakog pojedinog sportaša. Maksimalna frekvencija srca može se kod sportaša odrediti primjerice u trčanju progresivnim testom na traci, a kod plivača plivanjem nekoliko kraćih dionica (npr. 100 m) maksimalnim intenzitetom s kratkom pauzom. Ako na treningu sportaš ima frekvenciju srca višu nego uobičajeno ili ako se umara, a ne može podići frekvenciju srca svojim uobičajenim ritmom, možemo zaključiti kako se radi o umoru. Vrijednost maksimalne frekvencije srca omogućava određivanje frekvenciju srčane zone opterećenja pomoću kojih se lakše kontrolira trenažni proces, iako je točnije određivanje zone frekvencije srca, tzv. pulsne zone, potrebno odrediti postotkom od anaerobnog praga. Prema različitim autorima postoji različiti broj pulsni zona, no treneru je najvažnije da mu ovi podatci pružaju mogućnost kontrole nad trenažnim procesom. Najčešće treneri na treninzima rade između četiri do šest pulsni zona (Hall, 2017).

U prvoj zoni ili zoni regeneracije (Z1) provode se regeneracijski treninzi. To je početna aktivacija na početku treninga ili relaksacija na kraju treninga s ciljem ubrzanja oporavka. U ovoj zoni frekvencija srca iznosi do 60 % FS<sub>maxa</sub>. Druga zona ili zona ekstenzivnog aerobnog treninga (Z2) pulsna je zona u kojoj se provode dugi aerobni treninzi s ciljem razvoja izdržljivosti i povećanja udarnog volumena srca. U ovoj zoni frekvencija srca iznosi od 60 do 70 % FS<sub>maxa</sub>. Treća zona ili zona intenzivnog aerobnog treninga (Z3) pulsna je zona u kojoj se frekvencija srca kreće od 70 do 80 % FS<sub>maxa</sub>. Režim rada još je aerobni i pogodan je za privikavanje srca na rad najvećim mogućim udarnim volumenom pri većoj frekvenciji srca. Vrlo se često u treningu koristi kombinacija Z2 i Z3 upravo radi privikavanja srca na tu radnju. U četvrtoj zoni ili zoni praga (Z4) frekvencija srca je između 80 i 88 % FS<sub>maxa</sub>. Kod vrhunskih sportaša aerobnog tipa treniranosti i više od 90 % od FS<sub>maxa</sub>. U ovoj pulsnoj zoni radi se na povećanju anaerobnog praga odnosno razvijanju sposobnosti da tijelo pri što većem intenzitetu radi većinski u aerobnom režimu rada. U petoj zoni ili zoni maksimalnog primitka kisika frekvencija je srca više od 90 % od FS<sub>maxa</sub>. Radom u ovoj pulsnoj zoni tijelo izvršava prilagodbu na stres povećanjem maksimalnog primitka kisika. Za takav režim rada koriste se dionice u trajanju najčešće tri do pet minuta i četiri do šest ponavljanja s pauzom između radnih intervala približno jednakom kao i sam rad (omjer 1:1). Katkad se koriste i kraće dionice, a veći broj ponavljanja.

Primjer pulsnih zona opterećenja (Papišta, 2013):

<i>Zone intenziteta - trčanje</i>	<i>Frekvencija srca - FS (brzina trčanja)</i>
<i>Regeneracijska zona:</i>	<i>&lt;127 (&lt;9,5 km/h)</i>
<i>Zona ekstenzivnog aerobnog treninga:</i>	<i>127 - 150 (9,5 - 12,0 km/h)</i>
<i>Zona intenzivnog aerobnog treninga jedan:</i>	<i>150 - 162 (12,0 - 14,0 km/h)</i>
<i>Zona intenzivnog aerobnog treninga dva - zona praga:</i>	<i>162 - 168 (14,0 - 15,5 km/h)</i>
<i>Zona maksimalnog primitka kisika:</i>	<i>&gt;168 (&gt;15,5 km/h)</i>

	<i>postotak (%) maksimalne frekvencije srca – FSmax</i>
<i>Regeneracijska zona:</i>	<i>&lt;60 %</i>
<i>Zona ekstenzivnog aerobnog treninga:</i>	<i>60 - 70 %</i>
<i>Zona intenzivnog aerobnog treninga jedan:</i>	<i>70 - 80 %</i>
<i>Zona intenzivnog aerobnog treninga dva- zona praga:</i>	<i>80 - 88 %</i>
<i>Zona maksimalnog primitka kisika:</i>	<i>&gt;89 %</i>

Za trening po pulsni zonama praktičnije je koristiti pulsmetar nego palpatorno kontrolirati zonu opterećenja. Tada je moguće trening prebaciti na digitalna pomagala te detaljnije analizirati u kojem je dijelu treninga sportaš bio u kojoj pulsnoj zoni (Papišta, 2013).

Suvremena kineziologija danas ima uvid u donedavno nezamislive količine i vrste podataka i metrika za prikupljanje informacija o treninzima, natjecanjima i oporavku sportaša. Jedna od najčešće korištenih mjera, posebice kod sportova izdržljivosti ostaje do danas varijabilnost frekvencije srca. Varijabilnost otkucaja srca predstavlja fluktuacije u promjenama uzastopnih otkucaja srca, što pruža uvid u autonomnu funkciju srca i cjelokupno fiziološko stanje. Analiza varijabilnosti frekvencije srca provodi se mjerenjem fluktuacija srčanog ritma otkucaj po otkucaj i procjenom obrazaca opažene varijabilnosti tijekom određenog vremenskog razdoblja. Taj postupak radi se analizom R-R intervala u elektrokardiogramu ili uz bolje pulsmetre ili mjerenjem intervala između pojedinih otkucaja. Ova mjera, umjesto prosječne vrijednosti otkucaja srca, procjenjuje varijabilnost unutar slijeda otkucaja srca. Sportaši koji se bave sportovima izdržljivosti pokazuju bolju srčanu autonomnu funkciju od nesportaša, s nižim otkucajima srca u mirovanju i većom varijabilnošću. Upotreba mjerenja varijabilnosti frekvencije srca porasla je u posljednjem periperiod općoj populaciji sportaša a posebno je

korisna kod sportova izdržljivosti. Varijabilnost otkucaja do otkucaja fiziološki je fenomen kojeg su ljudi odavno svjesni ali prvi službeni podaci u znanstvenoj literaturi pojavili su se tek krajem 1990-tih godina. Fiziološka osnova odraz je individualnog autonomnog živčanog sustava, posebice simpatičkog nasuprot parasimpatičkog živčanog sustava, pri čemu se veća varijabilnost pripisuje povećanoj aktivnosti parasimpatikusa. U početku je ova mjera okupirala interes medicinske zajednice ali unatrag dvadesetak godina raste i interes kineziologa pa je varijabilnost frekvencije srca uključena u detaljnija istraživanja. Ta metoda se smatra dosta prikladnim neinvazivnim alatom za procjenu i praćenje individualne prilagodbe treningu, kao i za procjenu pretreniranosti te alat za biofeedback ali i za procjenu oporavka od potresa mozga posebice u boričkim sportovima (Lundstrum i sur. 2023). Ipak, velik dio istraživanja iz ovog područja proučavao je rekreativne i dobro trenirane sportaše a tek manji broj istraživanja bavio se proučavanjem vrhunskih sportaša i to s kontradiktornim rezultatima. Kod vrhunskih sportaša rezultati istraživanja povezuju i povećanja i smanjenja varijabilnosti frekvencije srca s negativnom prilagodbom dok su znakovi pozitivne prilagodbe, poput povećanja kardiorespiratorne sposobnosti, povezani s atipičnim istodobnim smanjenjem varijabilnosti. Za razliku od tih rezultata, rezultati istraživanja među rekreativcima i dobro treniranim sportašima sugeriraju ovu varijablu kao dobar alat za procjenu individualne prilagodbe na trening izdržljivosti. Iz tog razloga tek ostaje za utvrditi koje su mogućnosti praktične primjene kod vrhunskih sportaša. (Plews i sur. 2013.)

### **2.7.2. LAKTATI KAO POKAZATELJI INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI**

Laktat (mliječna kiselina) metabolit je koji nastaje razgradnjom glukoze koja je glavni izvor energije za stanicu u anaerobnom metabolizmu. Laktat se u tijelu nalazi u obliku u dva izomera: L-laktat i D-laktat. Primarno se u ljudskom organizmu stvara L-laktat, stoga će u daljnjem tekstu biti govora o njemu, dok D-laktat stvaraju crijevne bakterije kod velikog opterećenja neprobavljenim ugljikohidratima. Laktat se proizvodi u većini organa i tkiva tijekom glikolize iz piruvata u anaerobnim uvjetima, a najveći udio proizvodnje odvija se u skeletnim mišićima, eritrocitima i mozgu. U uvjetima smanjene dostupnosti kisika, kao kod intenzivnog vježbanja, povećava se brzina proizvodnje laktata. Uobičajeno se laktat brzo po sintezi metabolizira u jetri i u manjoj mjeri bubrezima, te nešto u mozgu i sporim mišićnim stanicama. U pojedinim patološkim stanjima mliječna kiselina se nakuplja zbog povećane proizvodnje ili smanjenog metabolizma, a u nekim slučajevima zbog njihove kombinacije (Hall, 2017).

Glukoza je glavni izvor energije u procesu aerobnog disanja te se može reći kako predstavlja najvažnije metaboličko gorivo. U ljudskom organizmu glavni metabolički put iskorištavanja glukoze proces predstavlja glikolize. Glukoza ulazi u stanicu na dva osnovna načina: olakšanom difuzijom pomoću membranskog prijenosnika glukoze neovisnom o natriju - GLUT, i sekundarno aktivnim prijenosom pomoću prijenosnika u ko-transportu s natrijem - SGLT. U stanicama koje sadrže GLUT4 transportere prijenos glukoze u stanicu odvija se pod nadzorom inzulina. Ove stanice nalazimo u raznim organima kao što su skeletni mišići, srce, mozak i masno tkivo. Nakon što se glukoza transportira u stanicu, u citosolu ulazi u metabolički put razgradnje glikolitičkim enzimima čiji je krajnji produkt piruvat. Daljnji metabolički put piruvata ovisi o tome kakav je redoks status pojedinih tkiva. (Navale i Paranjape, 2016).

Ukoliko se radi o aerobnim uvjetima, u mitohondriju se piruvat oksidacijski dekarboksilira pomoću kompleksa piruvat-dehidrogenaze u acetil CoA koji nakon toga ulazi u ciklus limunske kiseline. Ovim se procesom acetil CoA potpuno oksidira te se oslobađaju reducirani koenzimi i ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>).

Kada je stanica u anaerobnim uvjetima, redukcija piruvata se odvija posredstvom enzima laktat dehidrogenaze i u tom procesu nastaje konačan proizvod, laktat. Na ovaj način može se nastaviti glikoliza u anaerobnim uvjetima putem stvorenog NAD<sup>+</sup>, dok s druge strane laktat ulazi u Corijev ciklus. Tijekom anaerobnog stanja, kada se jedna molekula glukoze pretvara u dvije molekule laktata, postoji neto prinos od dvije molekule ATP-a. Metabolički put laktata nastavlja se u tkivu jetre i bubrega gdje se prevodi u piruvat i procesom glukoneogeneze nastaje glukoza. Na taj način glukoza je ponovno dostupna tkivima za oksidaciju. Uobičajeno, kada se organizam nalazi u standardnim uvjetima, mliječna se kiselina stvara najizraženije u skeletnim mišićima, mozgu i eritrocitima. Ovaj metabolički put posebno je važan u stanjima intenzivne mišićne aktivnosti kada se u jetri i bubrezima vrlo brzo metabolizira do glukoze. Tijekom glikolize (Embden- Meyerhofov ciklus) glukoza se dijeli na dvije 3-C molekule piruvata u aerobnim uvjetima odnosno u laktat tijekom anaerobnih uvjeta, uz proizvodnju male količine energije. Stvaranje laktata potrebno je za ponovnu konverziju NADH u NAD<sup>+</sup> tijekom anaerobnog metabolizma (Murray i suradnici, 2011).

### **Značaj proizvodnje laktata**

Tijekom visokog intenziteta aerobni načini dobivanja energije nisu u mogućnosti osigurati svu potrebnu energiju. Oksidativna fosforilacija (rekonverzija NADH u NAD<sup>+</sup>) se ne može u tom trenutku povećati. Stanica tada mora rabiti neku drugu reakciju u kojoj se NAD<sup>+</sup> regenerira u

samoj citoplazmi te se piruvat reducira u laktat. Tako generirani NAD<sup>+</sup> ponovno se koristi za neprekidan rad metaboličkog puta. U eritrocitima nema mitohondrija, stoga eritrociti dobivaju energiju samo anaerobnom glikolizom gdje je krajnji proizvod laktat (Vasudevan i suradnici, 2011.) te stoga vrijednosti laktata niti u potpunom mirovanju nisu nula.

Ipak, laktat je ujedno i koristan izvor energije. Glukoneogeneza je proces kojim se molekule glukoze proizvode od prekursora koji nisu ugljikohidrati. To uključuje laktat, glukogene aminokiseline, glicerol iz masti i propionil CoA izveden iz masnih kiselina. Laktat i glukogene aminokiseline najvažniji su supstrati za glukoneogenezu. Laktat koji nastaje u mišićima prenosi se u jetra. U stanicama jetre laktat dehidrogenaza (LDH) pretvara laktat u piruvat. Piruvat ulazi u ciklus glukoneogeneze stvarajući glukozu. Tijekom vježbanja upravo je ovaj metabolički put, poznat pod nazivom Corijev ciklus, od iznimne važnosti (Hall, 2017; Murray i suradnici, 2011). Corijev ciklus podrazumijeva proces u kojem se glukoza pretvara u laktat u mišićima. Potom se u jetrima ovaj laktat ponovno pretvara u glukozu. U mišićima koji se aktivno kontrahiraju nedostaje kisika, stoga se piruvat reducira u laktat koji se može nakupljati u mišićima. Smatra se da su grčevi mišića često povezani s napornom mišićnom tjeļovježbom posljedica nakupljanja laktata. Kako bi spriječilo nakupljanje laktata, tijelo koristi između ostaloga i Corijev ciklus. Nakupljen laktat iz mišića difundira u krv. Laktat tada dolazi do jetre gdje se oksidira u piruvat i tako se kanalizira u glukoneogenezu. Regenerirana glukoza može tada ući u krv, a zatim u mišiće. Ovaj se ciklus naziva Corijev ciklus, a njegov značaj tumačimo činjenicom kako laktat proizveden u mišićima tijelo može učinkovito ponovno koristiti. Ipak, ovo je proces koji troši energiju. Tijekom vježbanja visoka je proizvodnja laktata koji jetra rabe za proizvodnju glukoze. Ovaj proces treba ATP u značajnim količinama, što je osigurano pojačanim metabolizmom. To dovodi do povećane potrošnje kisika. Tako se tumači *dug kisika* nakon intenzivnog vježbanja (Vasudevan i suradnici, 2011; Hall, 2017).

Srčani mišić, kao i skeletni mišić, rabi kemijsku energiju za rad kontrakcije. Otprilike 70 do 90 % te energije normalno se dobiva iz oksidativnog metabolizma masnih kiselina, a oko 10 do 30 % dolazi iz drugih hranjivih tvari, posebno laktata i glukoze. Isti osnovni metabolički sustavi prisutni su u mišićima i u drugim dijelovima tijela. Međutim, posebne kvantitativne mjere aktivnosti triju metaboličkih sustava iznimno su važne u razumijevanju granica tjelesne aktivnosti. To su sljedeći sustavi: sustav fosfokreatin, sustav anaerobne glikolize i aerobni sustav. Oporavak mišićnog metaboličkog sustava nakon vježbanja podrazumijeva sljedeće korake. Na isti način na koji se energija iz fosfokreatina može koristiti za rekonstituciju ATP-a, energija iz sustava anaerobne glikolize može se koristiti za rekonstituciju i fosfokreatina i ATP-a. Potom se energija iz oksidativnog metabolizma aerobnog sustava može upotrijebiti za



rekonstituciju svih ostalih sustava, ATP-a, fosfokreatina i sustava anaerobne glikolize (Hall, 2017).

### **Mišićni metabolizam tijekom vježbanja**

Laktat je proizvod anaerobnog metabolizma glukoze. Tijekom vježbanja se u skeletnim mišićima glikogen pretvara u laktat. Mišići rabe glikogen za kratke, aktivne navale aktivnosti. Glikogen se tada brzo razgrađuje u laktat koji se mora transportirati u jetra kako bi se podvrgao glukoneogenezi (Corijev ciklus). Međutim, za aerobne vježbe i trčanje na duge udaljenosti mišići rabe masne kiseline kao gorivo.

Nakon umjerenog vježbanja dolazi do odgovora na stres koji povećava glukozu u krvi. Piruvat i laktat u plazmi povećani su dva puta. Arterijski pH i pCO<sub>2</sub> se smanjuju. Uočava se blagi porast kreatinina, mokraćne kiseline, kreatin-kinaze (CK), LDH, aspartat-aminotransferaze (AST) i aldolaze. Naporna tjelovježba ima izraženije učinke na iste parametre. Kortizol u plazmi povišen je bez ikakvih izraženih dnevnih varijacija. Povećani su aldosteron, hormon rasta i prolaktin, dok su pH, bikarbonat i pO<sub>2</sub> smanjeni. Osobe koje se podvrgavaju sustavnom treningu poput sportaša imaju veći CK, ureju, mokraćnu kiselinu i kreatinin zbog povećanog metabolizma mišića (Ravel 1995).

Važno je razlikovati pojam laktacidoze koji označava patološko stanje kada je razina laktata u krvi veća od 5 mmol/ L, praćena niskim pH krvi i smanjenom razinom bikarbonata. Tijekom normalnog metabolizma proizvedene kiseline mogu biti hlapljive kiseline poput ugljične kiseline ili nehlapljive (fiksne) kiseline poput laktata, keto kiseline, sumporne kiseline i fosforne kiseline. Laktat i keto kiseline proizvode se u relativno fiksnim količinama normalnom metaboličkom aktivnošću, primjerice jedan mol glukoze proizvodi dva mola mliječne kiseline. Mliječni laktatni anion akumulira se kada u acidozi brzina proizvodnje premašuje stopu potrošnje (Bullock i Henze, 1999).

Koncentracija laktata može se analizirati iz uzorka krvi (plazme) ili cerebrospinalnog likvora (CSL). Koncentracija laktata u krvi spada među neke od najvrjednijih dijagnostičkih biomarkera (Zschocke i Hoffmann, 1999). Standardni postupak uzimanja uzorka krvi obuhvaća venepunkciju ili punkciju arterije bez poveske te miješanje krvi s hladnom 8 % perklornom kiselinom. Uzorak se stavlja na led i skladišti na -20 °C do analize u laboratoriju metodom spektrofotometrije što bi se trebalo napraviti u roku od sedam dana. Uzimanje krvi za određivanje laktata mora se obaviti izbjegavajući hipoksiju tkiva kako se ne bi dobile lažno povišene vrijednosti (Topić i suradnici, 2004).

Vrijednost koncentracije laktata u krvi i u CSL-u koja se smatra graničnom je 2 mmol/ L, a za visoku vrijednost uzima se četiri mmol/ L. Uz lažno pozitivan nalaz pretrage, do kojeg može doći zbog pogreške u predanalitičkoj ili analitičkoj fazi, postoje mnogi drugi uzroci koji mogu dovesti do povišenja koncentracije laktata. Načelno, možemo ih podijeliti u primarne i sekundarne. Primarni uzroci uključuju prirođene metaboličke bolesti kao što su poremećaji respiratornog lanca, manjak piruvat-dehidrogenaze, glikogenoze i poremećaji glukoneogeneze. U sekundarne uzroke ubrajamo šok, ishemiju, konvulzije, lijekove i brojne druge prikazane u tablici 1. (Navale i Paranjape 2016). U tablici 25. prikazat će se uzroci povišenih koncentracija laktata u krvi i/ ili cerebrospinalnom likvoru.

Tablica 25. Uzroci povišenih koncentracija laktata u krvi i/ili cerebrospinalnom likvoru  
(Benoist i sur., 2003)

<p><b>Primarno povišena koncentracija laktata</b> (prirođene bolesti metabolizma)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• poremećaji respiratornog lanca</li> <li>• manjak piruvat-dehidrogenaze</li> <li>• glikogenoze tip 0, I i III</li> <li>• poremećaji glukoneogeneze</li> </ul>
<p><b>Sekundarno povišena koncentracija laktata</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pojačan rad mišića</li> <li>• hiperventilacija</li> <li>• regionalna tkivna ishemija</li> <li>• srčano zatajenje</li> <li>• šok</li> <li>• zatajenje jetre</li> <li>• proljev</li> <li>• dugotrajne uroinfekcije</li> <li>• intrakranijske infekcije</li> <li>• dijabetička ketoacidoza</li> <li>• konvulzije</li> <li>• malignomi</li> <li>• operativni zahvati</li> <li>• lijekovi i toksini</li> </ul>
<p><b>Lažno povišena koncentracija laktata</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• predanalitička faza</li> <li>• analitička faza</li> </ul>

### Uloga mjerenja laktata u krvi za procjenu učinkovitosti treninga

Prema Matković i Ružić (2009), mehanizam dobivanja energije razgradnjom glukoze u anaerobnim uvjetima rezultira padom pH vrijednosti krvi (normalan pH iznosi 7,4) uz porast

koncentracije vodikovih (H<sup>+</sup>) iona jer laktat prelazi iz mišića u krv. Padom pH vrijednosti krvi dolazi do zakiseljenja čitavog organizma što osoba percipira kao umor i/ili bol. Kako bi se postigao učinkovit trenažni proces potrebna je primjena suvremenih relevantnih i objektivnih metoda praćenja procesa i to u stvarnom vremenu. Na ovaj način trener može optimizirati trening jer ima kvalitetan uvid u napredovanje izvedbe sportaša, ili, u slučaju da se napredak ne ostvaruje, lakše može objektivno sagledati uzroke koji do toga dovode. Takav pristup omogućava dobru prilagodu treninga individualnim potrebama i specifičnostima pojedinog sportaša. Među fiziološkim varijablama pokazatelja opterećenja posebno se izdvaja mjerenje laktata u krvi koje prema nekim autorima predstavlja najprecizniju a time i najbolju metodu praćenja trenažnog procesa od strane trenera. Ukoliko pak treneru nije dostupan laktatomjer, kvalitetnu kontrolu trenažnog procesa pruža mjerenje frekvencije srca sportaša ili treniranje primjenom standardiziranih plivačkih setova. Primjena mjerenja laktata u krvi s ciljem optimizacije treninga u kineziologiju je uveo dr. Alois Mader sedamdesetih godina XX stoljeća. Ovu mjeru isprva koristi kao zamjenu testiranju potrošnje kisika kod sportaša što se do danas potvrdilo kao najbolja metoda u praćenju učinkovitosti treninga u plivanju. Testiranje laktata u krvi sportaša može biti iznimno informativno o reagiranju sportaša na trening, čak ako u treningu uopće ne rabi laktatomjer. Obzirom da većina laktata koji se anaerobnim metabolizmom tijekom tjelesne aktivnosti stvori u mišićima prelazi u krv, vrijednosti izmjerene u krvi vjerodostojno odražavaju lokalni milje, odnosno porast u samim mišićima.

Na ovom mjestu važno je istaknuti pojam *laktatnog praga* koji se definira kao najveća brzina pri kojoj se postiže ravnoteža izmjene laktata kada su količine laktata koji iz mišića ulaze u krv jednake onoj koja iziđe iz krvi. Ova mjera predstavlja stanje u kojoj plivač postiže najveću brzinu plivanja pri kojoj ne dolazi do daljnjeg nakupljanja laktata u mišićima. Ukoliko u daljnjem trenažnom procesu dolazi do smanjivanja serumske koncentracije laktata u podlozi se može raditi o nekoliko mehanizama: a) smanjeno je stvaranje laktata u mišićima, b) postignuta negativna bilanca: količina laktata koji iz mišića izlazi u krv premašuje količine proizvedenog laktata, c) kombinacija ova dva mehanizma. U konačnici, u podlozi se može raditi i o unaprijeđenju učinkovitosti navedenih mehanizama. Nasuprot tome, ukoliko se vremenom bilježi porast serumskih laktata tijekom trenažnog procesa u kojem sportaš pliva istim intenzitetom, to nam govori u prilog smanjenja sposobnosti anaerobnog metabolizma što rezultira povećanim nakupljanjem laktata u mišićima. Prema rezultatima nekoliko istraživanja, nadzor trenažnog procesa praćenjem serumskih laktata je najpouzdanije do vrijednosti koncentracija  $\leq 5$  mmol/L (Jacobs & Kaiser 1982, Jorfeldt i suradnici, 1978). Naime, rezultati ukazuju kako je brzi porast serumskih laktata nakon 4-5 mmol/L zapravo mnogo brži te da se

pri tim razinama nakupljanje laktata u mišićima pri većem intenzitetu neproporcionalno više povećava u mišićima nego u krvi. Ipak, na treningu se lako može zamijetiti kada je sportaš *prošao* anaerobni prag. Mjerenje laktata direktno iz mišića bilo bi točnije od mjerenja laktata u krvi, poglavito za treninge tolerancije na laktate i produkcije laktata. Međutim, radi se o invazivnoj i zahtjevnoj metodi kod koje je potrebno uzorkovanje mišićnog tkiva tijekom odmora od radnog intervala, uzorkovano tkivo mišića potrebno je odmah zamrznuti i naknadno analizirati. Stoga ova metoda nije primjenjiva za rutinsku uporabu već se koristi poglavito u znanstveno-istraživačke svrhe. Pored toga radi se o postupku koji je vrlo skup te se u konačnici ne primjenjuje u praksi (Papišta, 2013). Uzimajući u obzir gore navedene spoznaje možemo zaključiti kako je mjerenje laktata u krvi najbolji i najprecizniji postupak za kontrolu aerobnih i anaerobnih metaboličkih procesa u stanici tijekom tjelesne aktivnosti. Konačno, danas je dostupan rastući broj znanstvenih dokaza kako bi optimalno praćenje opterećenja tijekom trenajnog procesa trebalo uključivati kombinaciju više dostupnih metoda analize fizioloških varijabli opterećenja i to optimalno primjeno multidisciplinarnog pristupa. Brojni autoriteti danas smatraju kako bi praćenje frekvencije srcasportaša u borilačkim sportovima trebalo kombinirati s drugim varijablama pokazatelja opterećenja kao što su uzorci laktata u krvi i laktat-dehidrogenaze potom metabolički pragovi ili karakteristike vremena i kretanja, Na taj bi se način mogao pružiti precizniji uvid u kvantifikaciju borbenog opterećenja i procjenu potrošnje energije (Slimani, Znazen i sur. 2018).

### **2.7.3. KREATIN-KINAZA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI**

Riječ kreatin potječe od grčkog izraza *kreas*, što znači meso. Kreatin čini oko 0,5 % ukupne mišićne mase. Sintetizira se iz tri aminokiseline, glicina, arginina i metionina. Fosforilira se u kreatin-fosfat posredstvom enzima kreatin-kinaze koji je prisutan u mišićima, mozgu i jetri. Kreatin-kinaza (CK) enzim je koji ima ključnu ulogu u održavanju energetske ravnoteže stanice, katalizirajući reverzibilnu reakciju kreatina i adenzin trifosfata (ATP) u kojoj nastaju energijom bogat kreatin-fosfat (fosfokreatin ili PCr) i adenzin difosfat (ADP). Ova reakcija zahtijeva hidrolizu ATP-a. Suprotna reakcija prijenosa fosfata između PCr i ADP-a omogućuje brzu regeneraciju ATP-a u stanjima povećanih energetske potreba. Pohranjeni kreatin-fosfat u mišićima služi kao skladište neposrednog izvora energije u mišićima. Tijekom mišićne

kontrakcije energija se prvo dobiva iz hidrolize ATP-a. Nakon toga ATP se regenerira hidrolizom kreatin-fosfata. To se zove Lohmannova reakcija (Schlattner i suradnici, 2006).

### **Izoenzimi kreatin kinaze - CK**

Molekula CK se u citosolu stanice nalazi u formi dimera koji čine podjedinice, monomeri. Podjedinice se označavaju velikim slovom 'B' za mozak (od engl. *Brain*) te velikim slovom 'M' za mišiće (od engl. *Muscle*). Ove podjedinice tvore tri tkivno specifična izoenzima koji se nalaze u citosolu stanica: CK-BB, CK-MM i CK-MB. Svaka podjedinica dimera CK ima molekularnu masu od 40 kD. Za skeletne mišiće tipičan je izoenzim CK-MM. Izoenzim CK-MB možemo naći u mišićnom tkivu srca-miokardu, dok se izoenzim CK-BB nalazi uglavnom u mozgu te u drugim tkivima (Fumić i suradnici, 2006). Izoenzim CK koji se nalazi na unutarnjoj strani mitohondrijske membrane građen je kao oktamer i označava se kao mtCK. Kompleksna distribucija različitih izoenzima CK koji tvore objedinjeni sustav unutar stanice, omogućuje povezanost mjesta na kojima se proizvodi adenozin-trifosfat (ATP) što je najzastupljenije u mitohondrijima, sa mjestima potrošnje ATP-a, u citosolu. Na taj se način stvara vremenski i prostorni energetska pufer koji može održavati primjerene koncentracije ATP-a unutar stanice kada su energetske potrebe niske, ali isto tako pruža mogućnost brze regeneracije ATP-a kada je to potrebno, u povećanim zahtjevima stanice za energijom (Wallimann i suradnici, 2011). U većini se nalazi dvojna ekspresija izoenzima kreatin-kinaze pa se tako jedan citosolni izooblik nalazi u paru s mitohondrijskim CK (mtCK) izooblikom (Schlattner i suradnici, 2006).

### **Kreatin-fosfat (PCr)**

Količina ATP-a u mišićima dovoljna je za održavanje kontraktilne aktivnosti kraće od jedne sekunde. Rezervoar visoke energije skeletnim mišićima jest kreatin-fosfat koji osigurava visoke energetske zalihe ATP-a za brzo regeneriranje ATP-a Lohmannovom reakcijom, katalizirano kreatin-kinazom. Reakcija je mitohondrijska i od posebnog značaja u miokardu koji ima visoke energetske potrebe. Prijenos energije do srčanih miofibrila posredovano je kreatin-kinazom koji djeluje kao energetska prijenosnik. ATP koji se stvara unutar mitohondrija dovodi se izvan mitohondrija kreatin-fosfatnim prijenosom. Prvo se transportira unutarnjom mitohondrijskom membranom transporterom adenin nukleotida. Zatim se veza visoke energije ATP-a izmjenjuje s kreatinom posredstvom mitohondrijskog enzima kreatin-kinaze. Tako se generiran kreatin-

fosfat transportira porama vanjske mitohondrijske membrane. Unutar citoplazme kreatin-fosfat ponovno se izmjenjuje s ATP-om pomoću mišićnog izoenzima kreatin-kinaze (Hall, 2017).

## **Srčani mišić**

Srce troši više energije nego bilo koji drugi organ. Rabi oko šest kg ATP-a dnevno, 20-30 puta više od vlastite mase. Srčani mišić svoju energiju dobiva oksidativnim metabolizmom masne kiseline (60 - 90 %) i glukoze (10 - 40 %). Ketonska tijela također se normalno metaboliziraju. Osim toga, prijenos energije do miofibrila srca odvija se energetskim putovima kataliziranim kreatin-kinazom. Kreatin-fosfat koji je manja molekula od ATP-a, može lako difundirati u miofibrile iz mitohondrija. Miofibrilarna kreatin-kinaza katalizira reformaciju ATP-a. Slobodni kreatin difundira natrag. Sustav kreatin-kinaze djeluje kao energetski pufer, održavajući konstantnu razinu ATP-a. Kada se razina ADP-a poveća zbog pada PCr, dolazi do inhibiranja intracelularnih enzima koji uzrokuju zatajenje kontrakcijskog mehanizma srca. U zatajenju srca dolazi do unosa i korištenja masnih kiselina i glukoze. Kod uznapredovalog zatajenja srca razvija se inzulinska rezistencija koja dodatno smanjuje iskorištenje glukoze. U isto vrijeme, metabolizam hipertrofiranog srca prelazi s iskorištavanja masnih kiselina na glukozu (Vasudevan i suradnici, 2011).

Katalitička aktivnost CK u serumu iskazuje se u internacionalnim jedinicama (IU). IU predstavlja enzimsku aktivnost, točnije količinu enzima koja će katalizirati 1  $\mu$ mol supstrata pri predefiniranim uvjetima temperature, pH vrijednosti i koncentracije supstrata. Prema preporukama Hrvatske komore medicinskih biokemičara, svi biokemijski laboratoriji u Republici Hrvatskoj mjere katalitičku aktivnosti CK po IFCC preporučenoj metodi što omogućuje usporedivost rezultata (Hrvatska komora medicinskih biokemičara, 2022). Referentni rasponi (normale) ovise o spolu i dobi.

## **Povišena aktivnost CK u krvi**

U zdrave osobe izmjerenu aktivnost CK uglavnom čini izoenzim CK-MM koji čini oko 97 % ukupne aktivnosti enzima u poprečno-prugastim mišićima (Fumić i suradnici, 2006). U vezi s tim moguć je porast aktivnosti CK u serumu zdravih ljudi u slučaju pojačane fizičke aktivnosti, posebice pri ekscentričnoj mišićnoj kontrakciji (Iaccarino i suradnici, 2014). Jači udarci i intramuskularne injekcije također dovode do porasta aktivnosti CK u serumu. Isto vrijedi i za kirurške zahvate, biopsije mišića i elektromiografiju (EMG). Porast aktivnosti CK bilježi se i u

slučaju porasta aktivnosti izoenzima CK-MB, što se primarno susreće u odrasloj populaciji pri akutnom infarktu miokarda (Fumić i suradnici, 2006).

Kako je riječ o enzimu koji je u najvećoj mjeri zastupljen u poprečno-prugastim mišićima, porast aktivnosti CK najčešće je izravan znak postojanja oštećenja odnosno bolesti skeletnog mišića ili pojačane mišićne aktivnosti u fizičkom naporu. Iste mogu biti akutnog, subakutnog ili kroničnog tijeka. U slučaju sumnje na bolesna stanja nalaz povišene aktivnosti CK u serumu rijetko je izolirani nalaz te je najčešće popraćen postojanjem simptoma, kliničkih znakova, drugih patoloških nalaza laboratorijskih i inih pretraga (Topić i suradnici, 2004).

Najveći broj istraživanja u vezi s molekularnom, staničnom i organskom funkcijom sustava kreatin-kinaze proveden je na stanicama i tkivima s visokim i vremenski promjenjivim energetske potrebama (Wallimann i suradnici, 2011). U takva tkiva ubrajaju se poprečno-prugasti, srčani i glatki mišić, mozak, bubreg, mrežnični fotoreceptori, osjetilne stanice Cortijeva organa i spermatozoa (Wallimann i suradnici, 1992).

### **Srčani biomarkeri**

Biomarker je klinički laboratorijski test koristan u otkrivanju disfunkcije organa. Često korišteni biomarkeri za rano otkrivanje akutnog infarkta miokarda su:

1. srčani troponini, TnI i TnT
2. kreatin-kinaza, izoenzim CK-MB.

Vrijednost CK u serumu povećana je u IM. Razina CK počinje rasti unutar tri do šest sati od infarkta, stoga je procjena CK vrlo korisna za otkrivanje ranih slučajeva kada promjene u EKG-u mogu biti dvosmislene. Drugi porast može ukazivati na drugu ishemijsku epizodu. Razina CK nije povećana u hemolizi ili kod kongestivnog zatajenja srca, stoga CK ima prednosti u odnosu na laktat-dehidrogenazu. Područje ispod vrha i početnog uspona nagiba krivulje koja prati porast serumskog CK proporcionalni su veličini infarkta. Normalno CK-MB (srčani izoenzim) iznosi samo 5 % ukupne aktivnosti. Čak i udvostručenje njegove vrijednosti možda neće biti otkriveno, ako se procjenjuje samo ukupna vrijednost CK. Dakle, procjena MB izoenzima najbolji je dijagnostički marker kod sumnje na IM (Vasudevan i suradnici, 2011).

### **CK i bolesti mišića**

Razina CK u serumu izrazito je povišena kod mišićnih distrofija, prirodnih bolesti mišića, kada se prosječne vrijednosti kreću od 500 do 1500 IU/L. Kod žena nositeljica X-vezanih mišića



distrofija (heterozigoti), CK je umjereno povišen. Razina CK visoko je povišena u nagnječnoj ozljedi, prijelomu i akutnoj cerebrovaskularnoj ozljedi (Spuler, 2011). Stoga se vrijednost ukupnog CK koristi za procjenu funkcije mišića, dok se MB izoenzim procjenjuje kod infarkta miokarda (Fumić i suradnici, 2006). Referentne vrijednosti (normale) ukupne kreatin-kinaze CK u krvi su 15-100 U/L za muškarce i 10-80 U/L za žene.

#### **2.7.4. LAKTAT-DEHIDROGENAZA KAO POKAZATELJ INTENZITETA SPORTSKE AKTIVNOSTI**

Laktat-dehidrogenaza (LD) tetramer je koji pripada skupini enzima pod nazivom oksidoreduktaze koje imaju ulogu prijenosa vodika ili dodavanja kisika. Ima pet izoformi, izoenzima i sve su prisutne kod svih osoba u općoj populaciji. U određenim slučajevima svi različiti oblici mogu biti prisutni u iste osobe (Provan, 2005). Igra važnu ulogu u stvaranju energije organizma. Nalazi se u gotovo svim tjelesnim tkivima, uključujući ona u krvi, srcu, bubrezima, mozgu i plućima. Kada dolazi do oštećenja ovih tkiva, oslobađa se u krvotok ili druge tjelesne tekućine. Kako je navedeno detaljno u prethodnom poglavlju, u anaerobnom stanju katalizira reverzibilnu reakciju u kojoj se piruvat reducira u laktat. Tijekom mišićne aktivnosti laktat koji nastaje u mišićima prenosi se u jetra. U stanicama jetara pretvara laktat u piruvat koji potom ulazi u glukoneogenetski put stvarajući glukozu (Vasudevan i suradnici, 2011).

##### **Referentne vrijednosti LD u krvi**

Normalna vrijednost aktivnosti LD u serumu iznosi 100-200 IU/L. Vrijednosti u gornjem rasponu općenito se vide kod opće populacije djece. Naporne vježbe mogu blago povećati vrijednost aktivnosti enzima. Razina LD je 100 puta veća unutar eritrocita nego u plazmi pa će i manja količina hemolize rezultirati lažno pozitivnim testom što je odraz pogreške iz predanalitičke faze (Provan, 2005).

Povišene vrijednosti LD u serumu vidimo u brojnim patološkim stanjima koja su prikazana u tablici 2. Kod infarkta miokarda povećana je ukupna aktivnost LD, dok je izoenzim H4 povećan od pet do 10 puta više. Vremenski tijek razine LD nakon srčanog udara razlikuje se od onih u porastu CK. LD raste sporije od CK u krvi pa se vršne vrijednosti vide tek u drugom danu nakon ishemijskog incidenta. Veličina vršne vrijednosti LD u serumu bit će otprilike proporcionalna

veličini infarkta miokarda. Povećanje ukupne razine LD vidljivo je i kod hemolitičkih anemija, jetrenih bolesti praćenih hepatocelularnim oštećenjem, prirodnih bolesti mišića poput mišićne distrofije, potom karcinoma, leukemija i bilo kojeg stanja koje uzrokuje nekrozu tjelesnih stanica. LD se kao dodatni biomarker najčešće koristi u praćenju bolesnika s tumorom testisa i nekih vrsta leukemija (Desai, 2004). Aktivnost LD u infektivnim bolestima središnjeg živčanog sustava odraz je imunološke aktivnosti. Smatra se da se enzim oslobađa iz leukocita. Referentni raspon za aktivnost LD u likvoru iznosi do 10 % serumske aktivnosti pa je poželjno istovremeno određivanje LD-a i u serumu. U više od 90 % slučajeva aktivnost LD povećana je u bakterijskom meningitisu, a u 10 % slučajeva u virusnom meningitisu (Ravel, 1995). Napokon, povećanje serumske razine LD vidljivo je i kod intenzivnih mišićnih kontrakcija.

U kliničkoj primjeni LD ima ograničenu dijagnostičku vrijednost zbog svoje nespecifične prirode. Budući da je ukupni LD nespecifičan biomarker, povećan u mnogim uvjetima, u kliničkoj praksi je od većeg značaja proučavanje izoenzima LD kod sumnje na bolesna stanja (Bullock i Henze, 1999).

### **Izoenzimi LD**

LD enzim je tetramer građen od četiri podjedinice. Pojedina od njih može biti ili H (engl. *Heart*) ili M (engl. *Muscle*) polipeptidni lanac. Iako oba imaju istu molekularnu težinu (32kD), postoje manje varijacije u slijedu aminokiselina. Stoga je moguće pet kombinacija H i M lanaca (H<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>M, H<sub>2</sub>M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>H i M<sub>4</sub> vrste), tvoreći pet izoenzima. Svih ovih pet oblika prisutno je u općoj populaciji kod svih osoba (Desai, 2004). Izoenzimi se obično odvajaju elektroforezom celuloznog acetata pri pH 8,6. Trake se identificiraju dodavanjem reaktanata (NAD<sup>+</sup>, fenazin metosulfat) čime se napokon proizvodi reakcija u boji (s nitroplavim tetrazolijem) koja se može kvantificirati skenerom. M<sub>4</sub> oblik vidi se u skeletnim mišićima, dok se oblik H<sub>4</sub> vidi u srcu. Normalno je koncentracija LD-2 (H<sub>3</sub>M<sub>1</sub>) u krvi veća od LD-1 (H<sub>4</sub>), ali ovaj je obrazac obrnut kod infarkta miokarda. To se zove obrnuti uzorak (Topić i suradnici 2004). Tablica 26. prikazuje uzroke povišene aktivnost laktat-dehidrogenaze-LD u krvi.

Tablica 26. Uzroci povišene aktivnost laktat-dehidrogenaze-LD u krvi (Topić i sur. 2004)

• tumori testisa
• neoplazme / maligniteti
• leukemije
• bakterijski i virusni meningitis
• infarkt miokarda, pluća, bubrega
• bolesti kardiovaskularnog sistema, jetra, kolagena - vezivnog tkiva
• hemolitičke anemije
• megaloblastična anemija
• transfuzije
• trauma mišića
• mišićne distrofije - prirodene bolesti mišića
• akutni pankreatitis
• hipotenzija
• šok
• infektivna mononukleoza
• upalni proces
• crijevna-intestinalna opstrukcija
• hipotiroidizam

Na kraju ovog poglavlja važno je naglasiti kako većina relevantnih istraživanja iz područja boksa i kickboxinga, za koje smo istaknuli kako ih nema veliki broj, koristi kao pokazatelje opterećenja sportaša, odnosno intenziteta sportske aktivnosti, koncentracije laktata, laktat-dehidrogenaze i kreatin-kinaze u krvi te frekvenciju srca. Pored gore detaljno opisanih spoznaja o njihovoj fiziološkoj osnovi, to je u konačnici utjecalo i na odluku o odabiru biomarkera i vitalne mjere koje smo koristili u našem istraživanju.

Iz dostupnih istraživanja, od kojih niti jedno nije provedeno na populaciji hrvatskih elitnih boks i kickboxing sportaša, mogli smo izvući određene zaključke koji su nam pomogli prilikom izrade projekta i protokola ovog istraživanja. Među njima izdvajamo studiju Ouergui i suradnika (2014) koja je doprinijela pripremi protokola koji se odnosio na razdoblje između dvaju natjecateljskih izvedbi. U tom istraživanju autori provjeravaju je li aktivni oporavak

primijenjen nakon kickboxing meča rezultirao boljom izvedbom u anaerobnim testovima u usporedbi s pasivnim oporavkom. Kao fiziološke pokazatelje opterećenja sportaša koristili su laktat u krvi, frekvenciju srca i stopu percipiranog napora koje su analizirali prije i poslije rundi. Osamnaest kickboksaca dobrovoljno se prijavilo za sudjelovanje u kickboxing meču kojem su prethodili i nakon kojeg su ponavljani anaerobni testovi (čučanj skok, skok protiv pokreta i Wingate test gornjeg dijela tijela). Sesije oporavka sastojale su se od 10 minuta pri 50 % maksimalne aerobne brzine ili pasivnog oporavka. Serumski laktat je mjereno tri, pet i 10 minuta nakon meča, dok su frekvencija srca, stopa percipiranog napora i anaerobna snaga procijenjeni nakon razdoblja oporavka. Rezultati su potvrdili značajan porast serumskog laktata, frekvencije srca i stope percipiranog napora tijekom meča. Serumski laktat bio je statistički značajno niži nakon aktivnog oporavka u usporedbi s pasivnim i to nakon 5 i 10 minuta. Međutim, pasivni je oporavak rezultirao značajno većom srednjom snagom gornjeg dijela tijela uspoređujući ga s aktivnim oporavkom, dok čučanj skok i skok protiv pokreta nisu bili pod utjecajem vrste oporavka. Uklanjanje laktata poboljšano je s aktivnim oporavkom u usporedbi s pasivnim, iako aktivni oporavak nije poboljšao kasniji učinak.

Konačno, rezultati drugih dostupnih istraživanja u kojima su autori također rabili ove biomarkere i vitalne mjere kao varijable opterećenja sportaša u borilačkim sportovima, detaljno su analizirani u diskusiji i to u kontekstu usporedbe s rezultatima dobivenim u našem istraživanju.

### **3. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj ovog istraživanja jest utvrditi razlike u fiziološkim i biokemijskim pokazateljima opterećenja (frekvencije srca, koncentracije laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze) između natjecateljske izvedbe u boksu i kickboxingu.

## **4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**

Temeljem postavljenih ciljeva postavljene su hipoteze koje su se testirale ovim radom:

H1 - Fiziološko opterećenje u kickboxingu statistički je značajno veće nego u boksu.

H2 - Postoji značajna povezanost između vrijednosti primitka kisika i razine anaerobnog praga s uspjehom u boks i kickboxing borbi.



## **5. METODE RADA**

## **5.1. UZORAK VARIJABLI**

Uzorak varijabli u ovom istraživanju predstavljaju frekvencija srca, laktati, kreatin-kinaza i laktat-dehidrogenaza. Sve četiri varijable već ranije su detaljno opisane i objašnjene u poglavlju 2.7.

## **5.2. UZORAK ISPITANIKA**

Uzorak ispitanika u ovom istraživanju predstavlja 20 sportaša koji se bave udaračkim borilačkim sportovima boksom i kickboxingom. Svih 20 sportaša aktivni su natjecatelji, a svoja borilačka iskustva stjecali su u oba ova sporta. Također, postizali su velike sportske rezultate u boksu i kickboxingu te su osvajali medalje na državnim, europskim i svjetskim prvenstvima. Tijekom procesa u kojem su bili testirani tijekom simulacije natjecateljskih izvedaba u boksu, a potom i kickboxingu, bili su u vrlo visokom stupnju natjecateljske forme. Od ukupno 20 ispitanika dvije su ispitanice ženskog spola, a 18 muškog. Najmlađi među njima imao je 17, a najstariji 31 godinu. Ispitanice su težile 50 odnosno 52 kilograma, dok je kod muških najlakši imao 62 kilograma, a najteži 107 kilograma. Svi ispitanici poznaju sve tehnike koje se koriste tijekom boksačke odnosno kickboxing borbe te su ih u svojoj sportskoj karijeri uspješno upotrebljavali u službenim mečevima. Svi su se natjecatelji tijekom istraživanja međusobno borili unutar svojih težinskih kategorija.

## **5.3. OPIS EKSPERIMENTALNOG POSTUPKA**

Provedeno je interdisciplinarno istraživanje koje povezuje polje temeljnih medicinskih znanosti i kineziologije s naglaskom na kineziologiju sporta. Istraživanje se provelo na ukupno 20 ispitanika, vrhunskih sportaša koji se bave i natječu u ove obje sportske aktivnosti. Ispitanici koji su sudjelovali u istraživanju vrhunski su natjecatelji u oba sporta s osvojenim medaljama na nacionalnom seniorskom prvenstvu te sa statusom nacionalnog reprezentativca. Podijeljeni su u parove po kriteriju težine tijela te su se međusobno borili prema boksačkim pravilima i pravilima K-1 discipline u kickboxingu.

Testiranja i prikupljanja podataka provedena su u tri ciklusa. U prvom ciklusu ispitanici su biti podvrgnuti laboratorijskim testiranjima u dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta u

Zagrebu i dijagnostičkom centru Diomed u Splitu te su po standardiziranom dijagnostičkom postupku biti podvrgnuti progresivnom testu opterećenja na pokretnoj traci. Tijekom laboratorijskog testiranja prikupili su se podaci o apsolutnom i relativnom primitku kisika, maksimalnoj frekvenciji srca i razini aerobno-anaerobnog praga.

U razdoblju između prvog i drugog ciklusa, u kojem je prošlo dovoljno vremena da se sportaši regeneriraju, ispitanici nisu izvodili visoko intenzivne i iscrpljujuće treninge. U drugom ciklusu ispitanici su odradili međusobne boksačke borbe u simuliranom natjecateljskom okruženju u trajanju od tri runde po tri minute s jednom minutom odmora između rundi. Tijekom pauze između drugog i trećeg ciklusa sportaši su se kvalitetno regenerirali te nisu imali naporne treninge kako umor ne bi utjecao na razinu biokemijskih pokazatelja, a rezultati ispitivanja bili što egzaktniji. Tijekom trećeg ciklusa testiranja ispitanici su odradili borbe u simuliranom natjecateljskom okruženju u K-1 disciplini kickboxinga također u trajanju od tri runde po tri minute s jednom minutom odmora između rundi. Tijekom drugog i trećeg ciklusa istraživanja ispitanicima su bili uzeti uzorci krvi, a koji su poslužili za analizu fizioloških i biokemijskih pokazatelja opterećenja boks i kickboxing borbe.

Prikupljanje uzoraka krvi ispitanika odradilo se tako da su se uzorci izvadili iz ušnih resica, u pauzama između rundi te nakon odrađenih borbi. Uzimanje uzoraka krvi, analize, kao i sve laboratorijske i medicinske pretrage korištene za potrebe ovog istraživanja, obavljalo je visoko kvalificirano medicinsko osoblje i djelatnici ovlaštenog privatnog laboratorija Brayer. Analiza uzoraka krvi provela se s ciljem dobivanja informacija o razini laktata, kreatin-kinaze te kreatin-dehidrogenaze tijekom natjecateljskih izvedaba u boksu i kickboxingu.

Tijekom istraživanja natjecateljskih izvedaba u boksu i kickboxingu ispitanici su ispod dresova nosili mjerače frekvencije srca postavljene oko prsa koji su dodatno učvršćeni ljepljivom trakom. Oni nisu ozlijedili ispitanike jer su udarci u tijelo kod oba sporta dopušteni samo u prednju stranu trupa, a sam monitor bio je postavljen na leđima. Mjerenje frekvencije srca provelo se s ciljem dobivanja podataka kako bi se mogle usporediti vrijednosti o broju otkucaja između boksačke i kickboxing izvedbe, koje predstavlja važan fiziološki pokazatelj opterećenja. Kako bi simulirana natjecateljska borba bila istovjetna onoj na stvarnom natjecanju, ispitanicima je bilo rečeno da u sparing borbe ulože maksimalne napore istovjetne onima koje ulažu i na službenim natjecanjima. Kako bi ih se potaklo da borbe odrade s istim intenzitetom, simuliralo se natjecateljsko okruženje tako da su se borbe odradile u ringu službenih natjecateljskih dimenzija, sa sucima unutar ringa te trenerima koji su, kao i na natjecanju, davali sugestije svojim borcima te ih poticali na borbu. Razlika je bila jedino u činjenici da su tijekom ovog istraživanja ispitanici imali povećani obujam zaštitne opreme

(rukavice od više unci i deblje zaštitne kacige) kako bi se smanjila mogućnost prekida borbi zbog nokauta ili težih ozljeda.

## **5.4. METODE OBRADJE PODATAKA**

Dobiveni podaci obrađeni su adekvatnim standardnim statističkim metodama za obradu podataka, a uključili su deskriptivnu i kvantitativnu statistiku, multivarijatnu analizu varijance, Studentov t-test te regresijsku analizu. Podaci su obrađeni programskim paketom *Statistica for Windows (Data Analysis Software System)*, 7.1.

## **6. REZULTATI**

U ovom poglavlju obradit će se svi dobiveni rezultati u odgovarajućim tablicama. Prvo će biti predstavljeni rezultati analiza varijabli vrijednosti srčanih frekvencija u obje natjecateljske izvedbe, u boksu i kickboxingu, po K-1 pravilima za svaku rundu pojedinačno, a potom i sveukupni rezultati zbrojeni u sve tri runde kod svih 20 ispitanika (entiteta). Rezultati će deskriptivnom statistikom biti predstavljeni po prosječnim vrijednostima, a potom i po prosječnim vrijednostima maksimalne frekvencije srca kod svih 20 ispitanika. Potom će u tablicama biti predstavljeni rezultati koji su dobiveni usporedbom vrijednosti frekvencije srca po svim rundama pojedinačno i zbirno u boksu i K-1 kickboxingu putem t-testa.

Nakon varijabli vrijednosti frekvencije srca bit će predstavljeni u deskriptivnoj statistici i vrijednosti laktata koji su mjereni u obje natjecateljske izvedbe, u boksu i K-1 kickboxingu, prije i poslije borbi. Nakon što rezultati vrijednosti laktata budu predstavljeni u deskriptivnoj statistici, te vrijednosti analizirat će također t-testom usporedno boks izvedbu s K-1 kickboxing izvedbom.

Nakon varijabli vrijednosti laktata bit će predstavljeni deskriptivnom statistikom i vrijednostima kreatin-kinaze koji su također mjereni u obje natjecateljske izvedbe, u boksu i K-1 kickboxingu, prije i poslije borbi. Nakon što rezultati vrijednosti kreatin-kinaze budu predstavljeni deskriptivnom statistikom iste vrijednosti analizirat će se t-testom usporedno između boksa i K-1 kickboxing natjecateljske izvedbe.

Nakon što se predstave rezultati varijabli vrijednosti frekvencije srca, laktata i kreatin-kinaze deskriptivnom statistikom bit će predstavljeni i rezultati laktat-dehidrogenaze koji su kao i sve prethodne varijable mjereni kod svih 20 entiteta u obje natjecateljske izvedbe, u boksu i K-1 kickboxingu, prije i poslije borbi. Nakon što rezultati vrijednosti laktat-dehidrogenaze budu predstavljeni deskriptivnom statistikom iste vrijednosti analizirat će se t-testom usporedno boksačku borbu s kickboxing borbom po K-1 pravilima.

Nakon što se svi rezultati koji su dobiveni mjereći vrijednosti frekvencije srca, laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze predstave prijeći će se na analizu povezanosti rezultata u boksačkoj i K-1 kickboxing borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima i pokazateljima na razini aerobno-anaerobnog praga. Prvo će se deskriptivnom statistikom predstaviti sve dobivene vrijednosti, a potom će se iste te vrijednosti obraditi metodom regresijske analize.

Prije svih ostalih tablica rezultata u tablici 27. bit će prikazana deskriptivna statistika 20 ispitanika koji su sudjelovali u istraživanju.

Tablica 27. Deskriptivna statistika ispitanika

VAR	AS	MIN	MAX	SD
VISINA (cm)	182,30	165,00	192,00	7,90
MASA (kg)	78,95	52,00	107,00	14,72
GODINE (god)	23,90	17,00	31,00	4,06

Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; VISINA- visina ispitanika; MASA- masa ispitanika; GODINE- starost ispitanika;

Kako se vidi iz tablice, prosječna starost ispitanika bila je 23,9 godina, prosječna visina bila je 182,3 centimetra, dok je prosječna masa ispitanika iznosila 78,95 kilograma. U tablici 28. prikazana je deskriptivna statistika pokazatelja frekvencije srca u boksu.

Tablica 28. Deskriptivna statistika pokazatelja frekvencije srca u boksu

VAR	AS	MIN	MAX	SD	K-S
FS PR 1 B (o/min)	181,31	170	190	5,43	0,204
FS PR 2 B (o/min)	183,83	172	193	4,90	0,120
FS PR 3 B (o/min)	186,52	175	194	5,18	0,109
FS MAX 1 B (o/min)	186,43	175	197	4,93	0,160
FS MAX 2 B (o/min)	189,27	183	199	4,12	0,128
FS MAX 3 B (o/min)	192,24	185	201	4,55	0,150
FS PR UKUPNO B (o/min)	184,15	172,67	192	5,07	0,097
FS MAX UKUPNO B (o/min)	189,50	181,67	199	4,36	0,116

Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; FS PR 1 B- prosječna frekvencija srca tijekom prve runde u boksu; FS PR 2 B- prosječna frekvencija srca tijekom druge runde u boksu; FS PR 3 B- prosječna frekvencija srca tijekom treće runde u boksu; FS MAX 1 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u prvoj rundi u boksu; FS MAX 2 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u drugoj rundi u boksu; FS MAX 3 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u trećoj rundi u boksu; FS PR UKUPNO B- prosječna ukupna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u boksu; FS MAX UKUPNO B- prosječna ukupna maksimalna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u boksu;

U tablici 29. prikazana je deskriptivna statistika pokazatelja frekvencije srca u kickboxingu.

Tablica 29. Deskriptivna statistika pokazatelja frekvencije srca u kickboxingu

VAR	AS	MIN	MAX	SD	K-S
FS PR 1 KB (o/min)	180,35	160	189	6,520	0,167
FS PR 2 KB (o/min)	181,68	164	191	5,746	0,200
FS PR 3 KB (o/min)	184,47	177	193	4,165	0,199
FS MAX 1 KB (o/min)	186,47	173	194	4,932	0,132
FS MAX 2 KB (o/min)	189,93	179	200	4,512	0,150
FS MAX 3 KB (o/min)	191,40	183	201	4,504	0,150
FS PR UKUPNO KB (o/min)	182,23	167,33	191	5,416	0,162
FS MAX UKUPNO KB (o/min)	189,22	180,33	198,33	4,384	0,130

Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; FS PR 1 KB- prosječna frekvencija srca tijekom prve runde u kickboxingu; FS PR 2 KB- prosječna frekvencija srca tijekom druge runde u kickboxingu; FS PR 3 KB- prosječna frekvencija srca tijekom treće runde u kickboxingu; FS MAX 1 KB- maksimalna vrijednost frekvencije srca u prvoj rundi u kickboxingu; FS MAX 2 KB- maksimalna vrijednost frekvencije srca u drugoj rundi u kickboxingu; FS MAX 3 KB- maksimalna vrijednost frekvencije srca u trećoj rundi u kickboxingu; FS PR UKUPNO KB- prosječna ukupna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u kickboxingu; FS MAX UKUPNO KB- prosječna ukupna maksimalnu vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u kickboxingu;

Tablice 28. i 29. prikazuju vrijednosti frekvencije srca tijekom tri runde po tri minute s po jednom minutom odmora između rundi u boks i kickboxing borbi. Prosječna vrijednost frekvencije srca tijekom prve runde iznosi 180,35 u kickboxingu, dok kod boksačke borbe u prvoj rundi ta vrijednost iznosi 181,31 otkucaja u minuti. Tijekom druge runde prosječna vrijednost frekvencije srca u kickboxingu iznosi 181,68, a tijekom boksačke borbe vrijednost je oko 183,83 otkucaja u minuti. Vrijednost prosječne frekvencije srca tijekom posljednje, treće runde u kickboxing izvedbi iznosi oko 184,46, dok kod boksačke izvedbe prosječna vrijednost frekvencije srca iznosi oko 186,52. Kada se promatra prosječna maksimalna frekvencija srca, koja je postignuta tijekom prve runde kod kickboxing borbe, uviđa se da je dostigla razinu od oko 186,47, dok je ta vrijednost kod boksačke borbe 186,43 otkucaja u minuti. Tijekom druge runde prosječna maksimalna vrijednost frekvencije srca u kickboxingu iznosi približno 189,93, a u boksačkoj izvedbi iznosi približno 189,27 otkucaja u minuti. U posljednjoj, trećoj rundi prosječna maksimalna vrijednost frekvencije srca kod kickboxing izvedbe je 191,4, a u boksu



ta vrijednost iznosi približno 192,23 otkucaja u minuti. Ako analiziramo ukupnu prosječnu vrijednost frekvencije srca tijekom sve tri runde, uviđamo određenu numeričku razliku u korist boksačke borbe odnosno kod boksa prosječna vrijednost frekvencije srca kod sve tri runde ukupno iznosi približno 184,14 u odnosu na približno 182,23 otkucaja u minuti kod kickboxinga. Također, vrlo mala numerička razlika u korist boksačke borbe uviđa se i kod vrijednosti prosječne maksimalne frekvencije srca kada se gledaju sve tri runde zajedno. Kod boksa iznosi 189,5 u odnosu na približno 189,22 kod kickboxing izvedbe.

Kod boksačkih borbi prosječna frekvencija srca u prvoj rundi iznosi oko 181 otkucaja u minuti, u drugoj rundi gotovo 184 otkucaja, a u trećoj oko 186,5. Maksimalne vrijednosti tijekom borbi kreću se u prvoj rundi oko 186,5 otkucaja po minuti, u drugoj je oko 189 otkucaja, dok u trećoj ide više od 192.

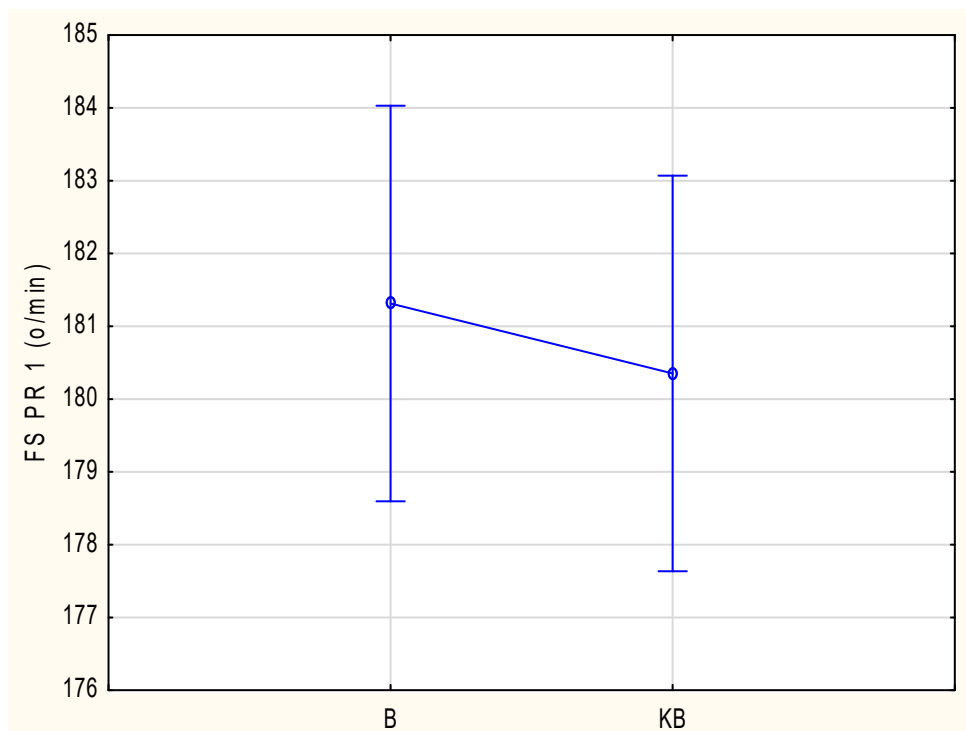
Kod kickboxing borbi prosječna frekvencija srca po rundama raste. Tijekom prve runde iznosi oko 180 otkucaja po minuti, tijekom druge runde gotovo 182 otkucaja, a tijekom treće iznosi oko 184,5. Vrijednost maksimalne frekvencije srca po rundama također raste. U prvoj rundi bio je oko 186,5 otkucaja u minuti, tijekom druge runde bio je oko 190 otkucaja a tijekom treće runde popeo se na otprilike 191,5 otkucaja u minuti. U tablici 30. prikazuju se razlike koje su dobivene t-test analizom kod pokazatelja frekvencije srca između boksa i kickboxinga.

Tablica 30. Studentov T-test za nezavisne uzorke i razlike u frekvenciji srca između boksa i kickboxing borbe

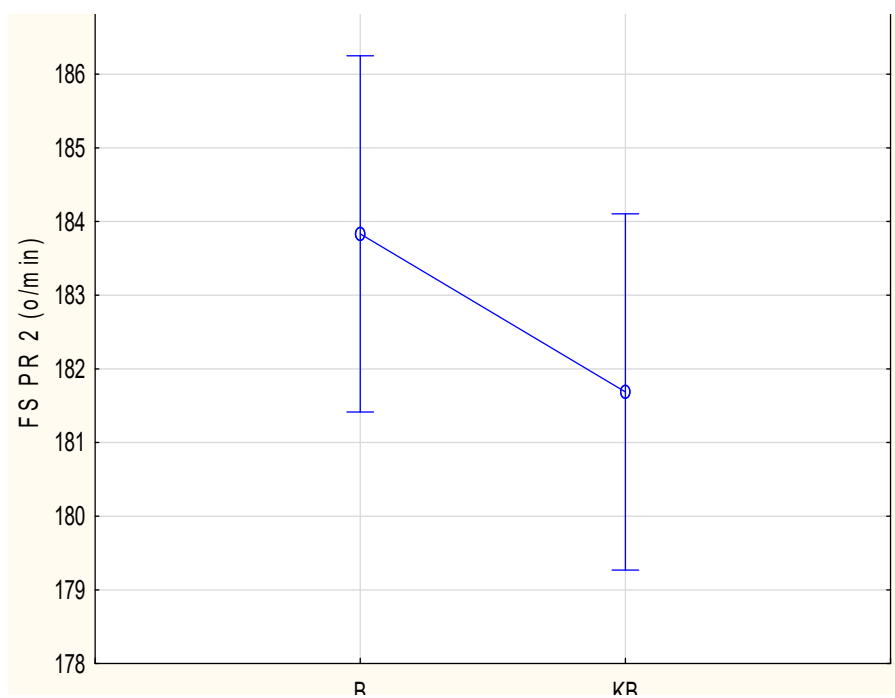
	AS	SD	N	T	Df	P
FS PR 1 B	181,31	5,435				
FS PR 1 KB	180,35	6,520	20	0,66	19	0,516
FS PR 2 B	183,83	4,901				
FS PR 2 KB	181,68	5,746	20	1,77	19	0,091
FS PR 3 B	186,52	5,182				
FS PR 3 KB	184,46	4,165	20	2,18	19	0,041
FS MAX 1 B	186,43	4,930				
FS MAX 1 KB	186,47	4,932	20	-0,02	19	0,980
FS MAX 2 B	189,27	4,127				
FS MAX 2 KB	189,93	4,512	20	-0,91	19	0,372
FS MAX 3 B	192,23	4,548				
FS MAX 3 KB	191,40	4,504	20	1,25	19	0,223
FS PR UKUPNO B	184,14	5,065				
FS PR UKUPNO KB	182,23	5,416	20	1,69	19	0,106
FS MAX UKUPNO B	189,50	4,357				
FS MAX UKUPNO KB	189,23	4,384	20	0,34	19	0,732

Legenda: AS- aritmetička sredina; SD- standardna devijacija; T- iznos t vrijednosti; FS PR 1 B- prosječna frekvencija srca tijekom prve runde u boksu; FS PR 1 KB- prosječna frekvencija srca tijekom prve runde u kickboxingu; FS PR 2 B- prosječna frekvencija srca tijekom druge runde u boksu; FS PR 2 KB- prosječna frekvencija srca tijekom druge runde u kickboxingu; FS PR 3 B- prosječna frekvencija srca tijekom treće runde u boksu; FS PR 3 KB- prosječna frekvencija srca tijekom treće runde u kickboxingu; FS MAX 1 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u prvoj rundi u boksu; FS MAX 1 KB- maksimalna vrijednost frekvencija srca u prvoj rundi u kickboxingu; FS MAX 2 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u drugoj rundi u boksu; FS MAX 2 KB- maksimalna vrijednost frekvencije srca u drugoj rundi u kickboxingu; FS MAX 3 B- maksimalna vrijednost frekvencije srca u trećoj rundi u boksu; FS MAX 3 KB- maksimalna vrijednost frekvencije srca u trećoj rundi u kickboxingu; FS PR UKUPNO B- prosječna ukupna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u boksu; FS PR UKUPNO KB- prosječna ukupna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u kickboxingu; FS MAX UKUPNO B- prosječna ukupna maksimalna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u boksu; FS MAX UKUPNO KB- prosječna ukupna maksimalna vrijednost frekvencije srca tijekom tri runde u kickboxingu;

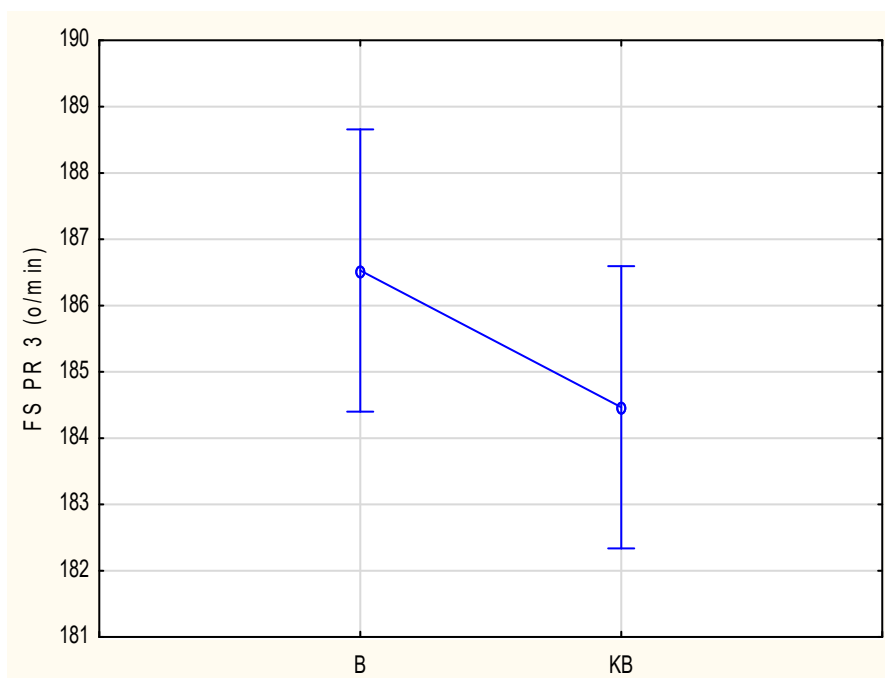
Slike 1., 2. i 3. putem grafičkog prikaza prikazuju razlike u vrijednostima prosječne frekvencije srca tijekom prve, druge i treće runde.



Slika 1. Razlika u vrijednostima frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u prvoj rundi

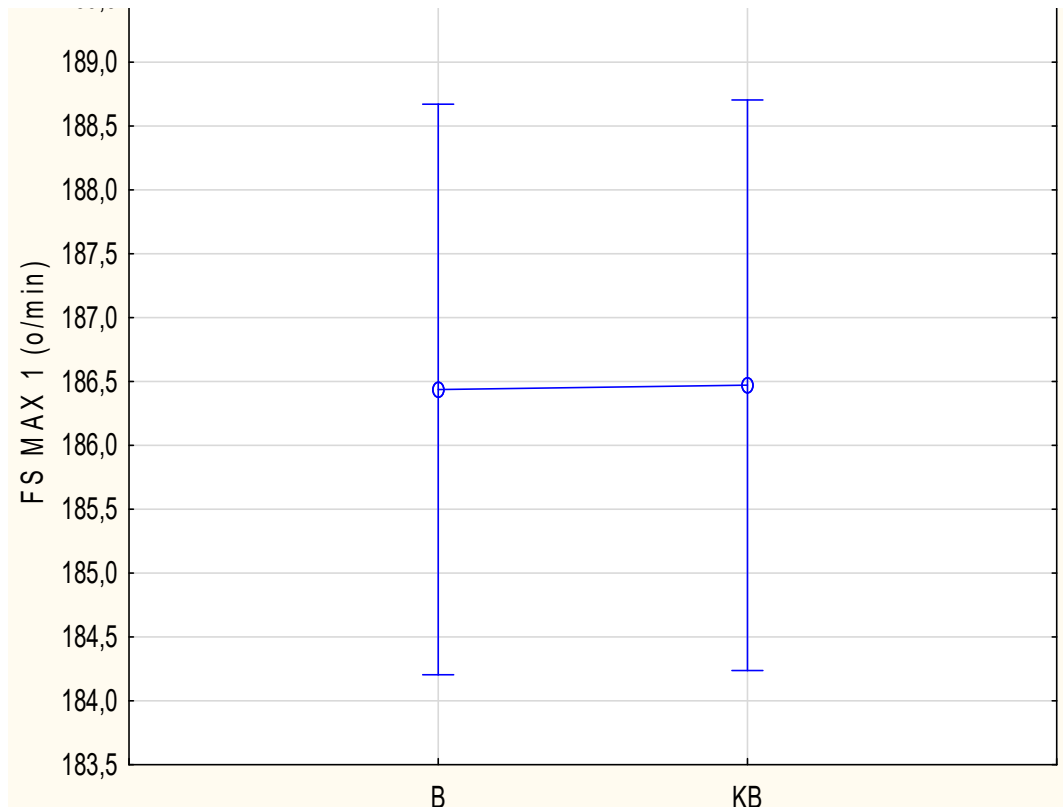


*Slika 2. Razlika u vrijednostima prosječne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u drugoj rundi*

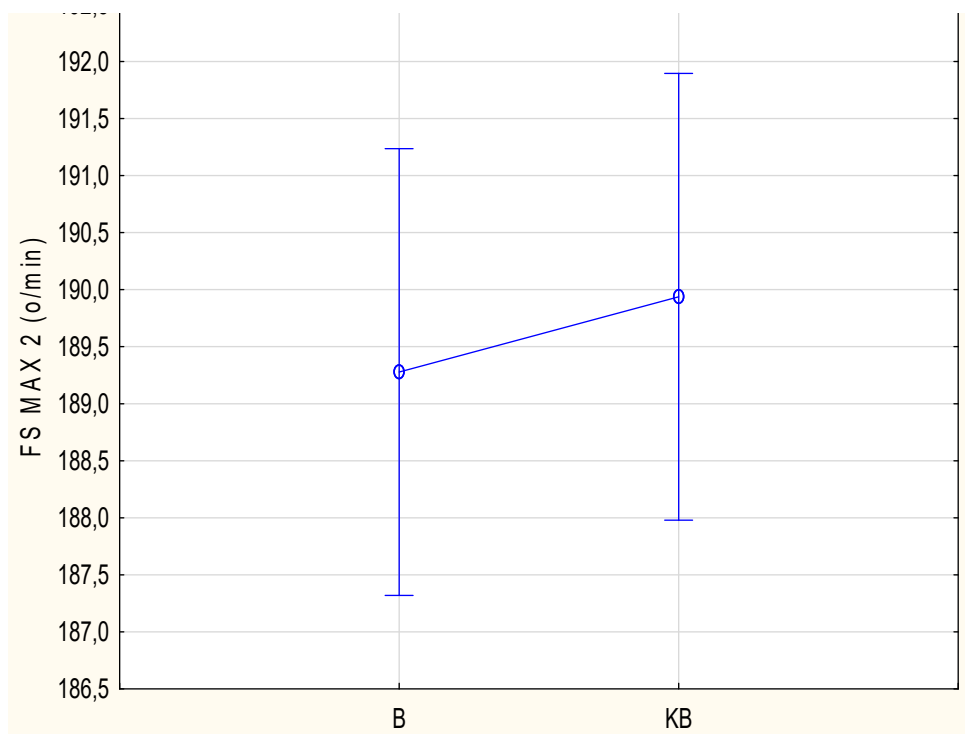


*Slika 3. Razlika u vrijednostima prosječne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u trećoj rundi*

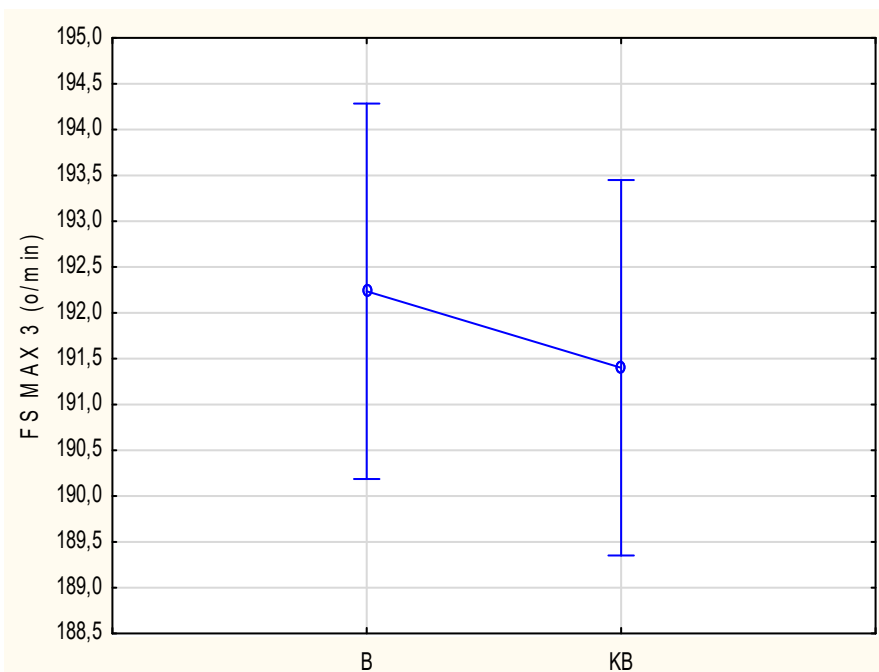
Slike 4., 5. i 6. putem grafikona prikazuju razlike u vrijednostima maksimalne frekvencije srca tijekom prve, druge i treće runde.



Slika 4. Razlika u vrijednostima maksimalne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u prvoj rundi

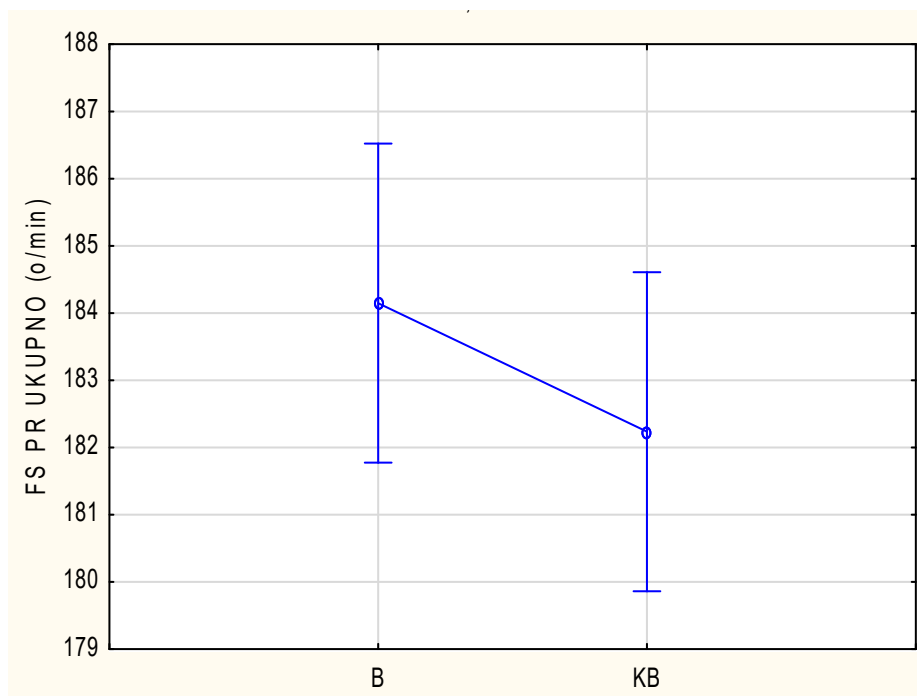


Slika 5. Razlika u vrijednostima maksimalne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u drugoj rundi

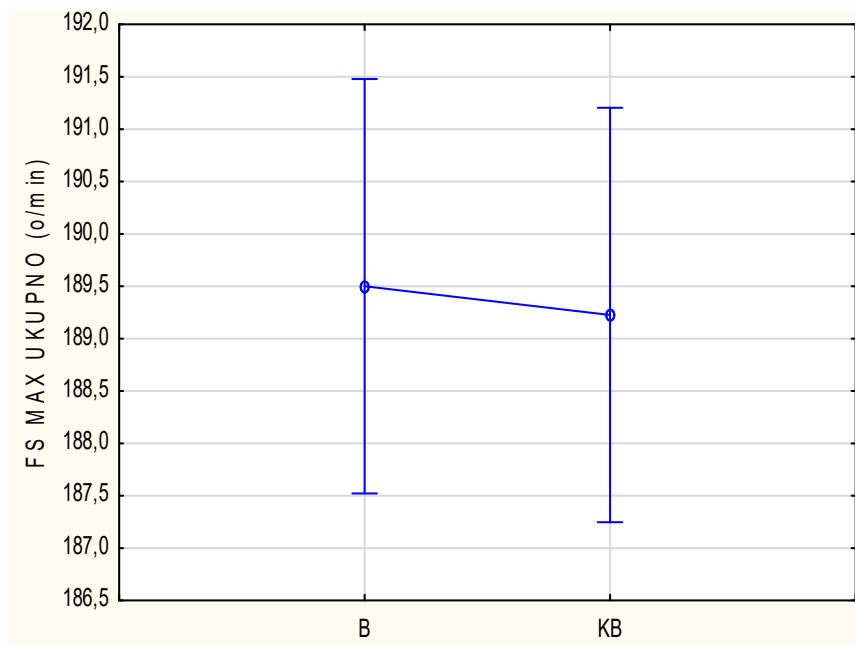


Slika 6. Razlika u vrijednostima maksimalne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) u trećoj rundi

Slike 7. i 8. prikazat će razlike u vrijednostima prosječne odnosno maksimalne frekvencije srca između boksačke i kickboxing borbe tijekom sve tri runde.



Slika 7. Razlika u vrijednostima prosječne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) tijekom sve tri runde



Slika 8. Razlika u vrijednostima maksimalne frekvencije srca između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) tijekom sve tri runde

Sukladno rezultatima t-testa uviđaju se male numeričke razlike u korist boksačke izvedbe koje se očitavaju u prosječnim vrijednostima frekvencije srca pojedinačno u svakoj od tri runde i u sveukupnom prosjeku (184,14 kod boksa nasuprot 182,23 kod kickboxinga). Kod maksimalne frekvencije srca vrijednosti su gotovo istovjetne, 189,5 otkucaja u minuti kod boksa nasuprot 189,22 kod kickboxinga. Kod kickboxing borbe veća je vrijednost maksimalne frekvencije srca u drugoj rundi u odnosu na boks (189,27 kod boksa nasuprot 189,93 kod kickboxinga). Jedina statistički značajna razlika uočava se kod vrijednosti srčanih frekvencija tijekom posljednje treće runde. Te su vrijednosti, osim numeričke i statistički značajne, a uvidom u rezultate ostalih pokazatelja fiziološkog opterećenja, laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze, uočava se da su kod sva tri ostala parametra numerički vidljive razlike u korist kickboxinga. Osim numeričke razlike, kod sve tri varijable vidljiva je i statistički značajna razlika u korist kickboxinga kod varijabli laktata i laktat-dehidrogenaze.

U tablici 31. deskriptivnom statistikom prikazuju se pokazatelji laktata u boksu i kickboxingu.

Tablica 31. Deskriptivna statistika koncentracije laktata u krvi u boksu i kickboxingu

	AS	MIN	MAX	SD	K-S
LAKT PR B (mmol/L)	1,52	0,50	2,70	0,464	0,132
LAKT PO B (mmol/L)	9,90	5,20	15,40	2,943	0,116
LAKT PR KB (mmol/L)	1,64	1,00	3,20	0,502	0,285
LAKT PO KB (mmol/L)	11,62	7,40	15,90	2,602	0,086

Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; LAKT PR B- vrijednost laktata prije boksačke natjecateljske izvedbe; LAKT PO B- vrijednost laktata poslije boksačke natjecateljske izvedbe; LAKT PR KB- vrijednost laktata prije kickboxing natjecateljske izvedbe; LAKT PO KB- vrijednost laktata poslije kickboxing natjecateljske izvedbe

Uvidom u rezultate, koji su se dobili deskriptivnom statistikom, uočava se numerička razlika između vrijednosti koncentracije laktata u krvi nakon borbe. Vidi se da je prosječna razina koncentracije laktata u krvi nakon kickboxing borbe veća (11,62 mmol/L) nego nakon boksačke borbe (9,90 mmol/L). Minimalna je razlika i u koncentraciji laktata prije same borbe, a nakon zagrijavanja također u korist kickboxinga (1,520 mmol/L kod boksa nasuprot 1,645 mmol/L kod kickboxinga).

U tablici 32. prikazuje se razlika u pokazateljima laktata u boksu i kickboxingu dobivena t-testom.

Tablica 32. Student t-test razlika u koncentraciji laktata u krvi između boksa i kickboxing borbe

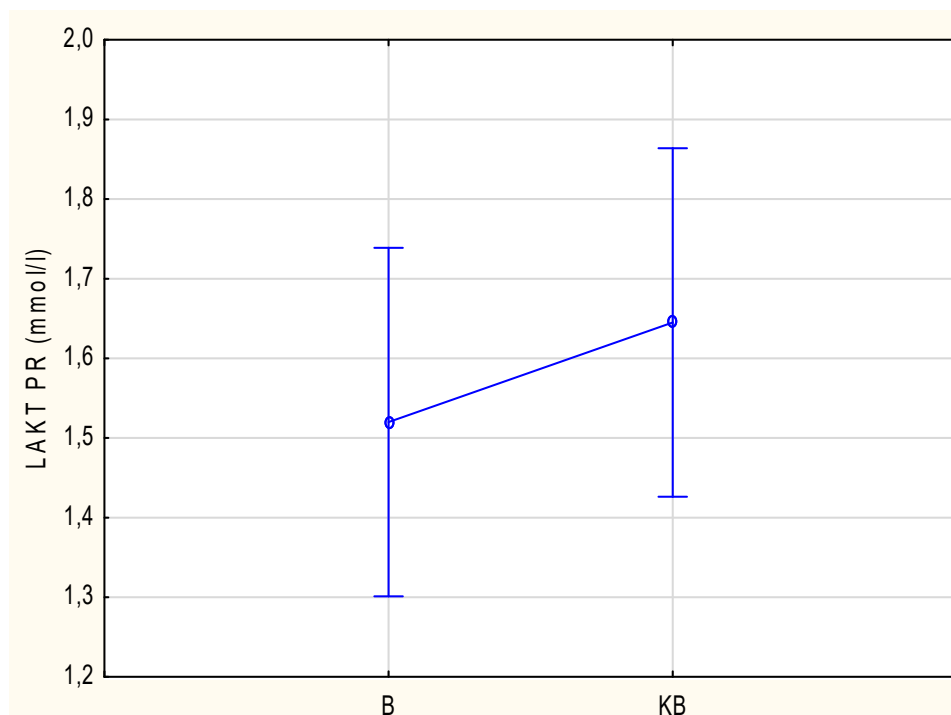
	AS	SD	N	T	Df	P
LAKT PR B (mmol/L)	1,52	0,464				
LAKT PR KB (mmol/L)	1,64	0,502	20	-0,927	19	0,365
LAKT PO B (mmol/L)	9,90	2,943				
LAKT PO KB (mmol/L)	11,62	2,602	20	-2,693	19	0,014

Legenda: AS- aritmetička sredina; SD- standardna devijacija; N- broj ispitanika; T- vrijednost T; LAKT PR B- vrijednost laktata prije boksačke natjecateljske izvedbe; LAKT PO B- vrijednost laktata poslije boksačke natjecateljske izvedbe; LAKT PR KB- vrijednost laktata prije kickboxing natjecateljske izvedbe; LAKT PO KB- vrijednost laktata poslije kickboxing natjecateljske izvedbe;

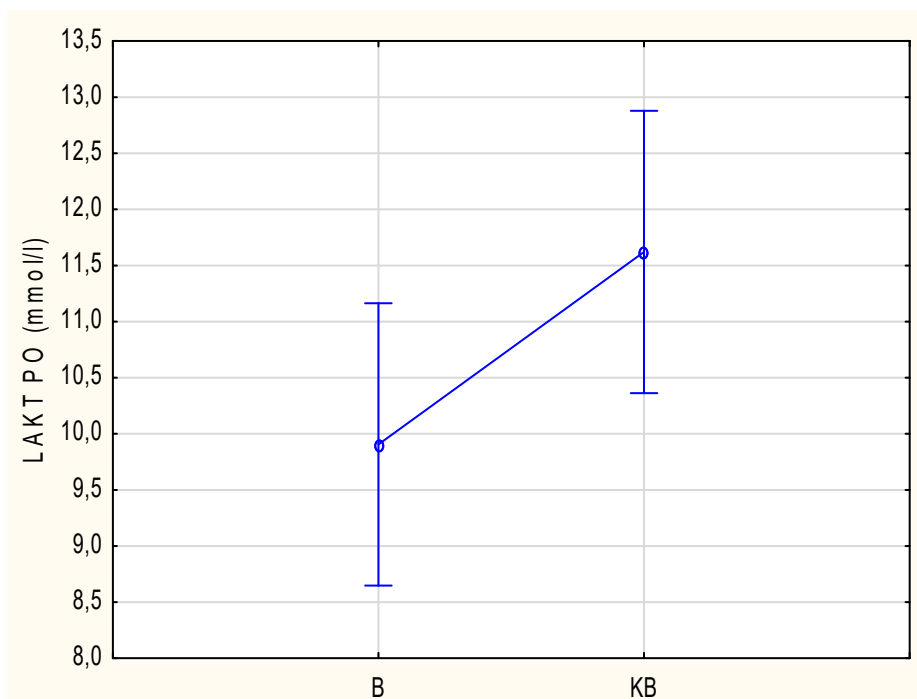
Uvidom u dobivene rezultate t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti laktata, dolazimo do zaključka kako postoji statistički značajna razlika u koncentraciji laktata u krvi



između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. Sagledavajući brojke uviđa se da kod boksa prosječne vrijednosti laktata prije borbe iznose 1,52 mmol/L, a nakon završetka prosječne vrijednosti koncentracije laktata u krvi iznose 9,90 mmol/L. Kod kickboxing borbe prosječna vrijednost koncentracije laktata u krvi prije borbe iznose 1,645 mmol/L, dok po završetku kickboxing borbe prosječna vrijednost koncentracije laktata u krvi iznosi 11,62 mmol/L. Slike 9. i 10. putem grafikona prikazuju razlike u vrijednostima laktata prije odnosno poslije borbi.



*Slika 9. Razlika u vrijednostima laktata između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) prije samog početka*



Slika 10. Razlika u vrijednostima laktata između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) poslije samog završetka

Tablica 33. prikazuje deskriptivnu statistiku pokazatelja vrijednosti laktat-dehidrogenaze u boksu i kickboxingu.

Tablica 33. Deskriptivna statistika pokazatelja koncentracije laktat-dehidrogenaze u krvi u boksu i kickboxingu

	N	AS	MIN	MAX	SD	K-S
LDH PR KB (U/L)	20	238,00	192,00	325,00	30,623	0,185
LDH PO KB (U/L)	20	277,35	217,00	393,00	40,172	0,255
LDH PR B (U/L)	20	229,35	187,00	297,00	28,228	0,203
LDH PO B (U/L)	20	255,75	217,00	346,00	27,477	0,169

N- broj ispitanika; Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; LDH PR KB- vrijednost laktat dehidrogenaze prije kickboxing natjecateljske izvedbe; LDH PO KB- vrijednost laktat dehidrogenaze poslije kickboxing natjecateljske izvedbe; LDH PR B- vrijednost laktat dehidrogenaze prije boksačke natjecateljske izvedbe; LDH PO B- vrijednost laktat dehidrogenaze poslije boksačke natjecateljske izvedbe;

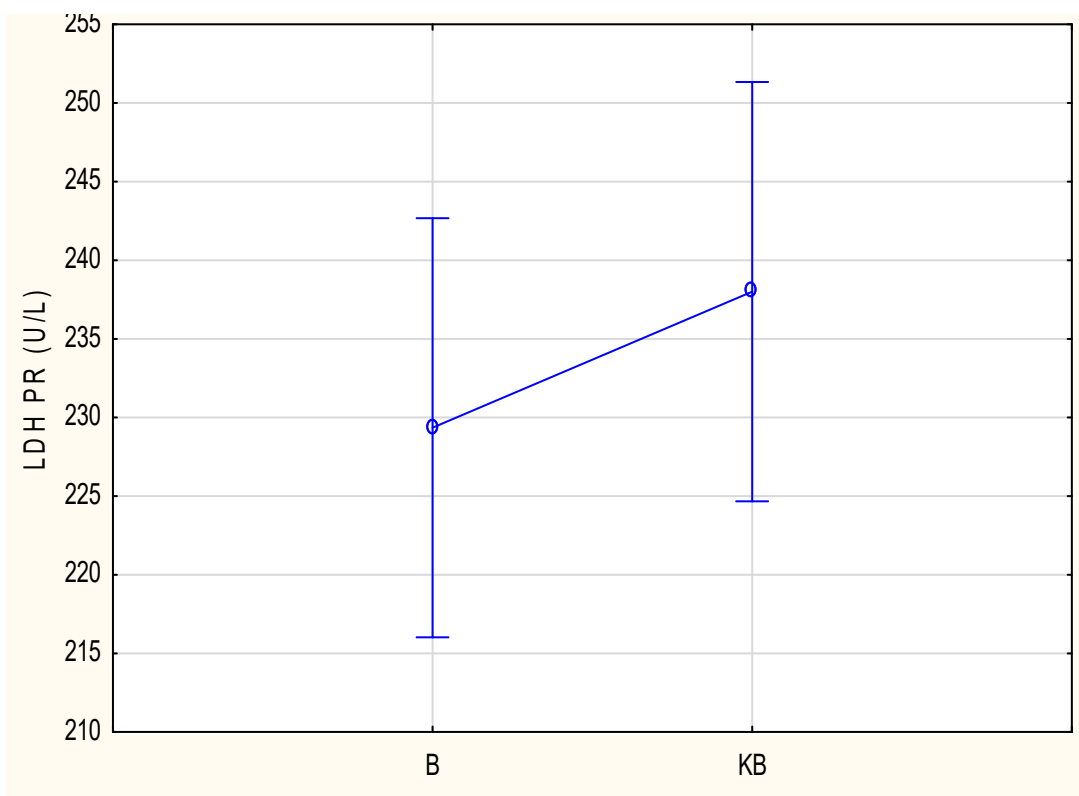
Uvidom u deskriptivne pokazatelje laktat-dehidrogenaze prije i poslije završetka boksačke odnosno kickboxing borbe uočava se da su vrijednosti numerički značajno veće nakon kickboxing borbe nego nakon boksačke borbe. Prosječna vrijednost koncentracije laktat-dehidrogenaze u krvi prije samog početka kickboxing borbe iznosi 238 U/L, a nakon kickboxing borbe iznosi 277,35 U/L, dok prosječna vrijednost koncentracije laktat-dehidrogenaze u krvi prije boksačke borbe iznosi 229,35 U/L, a nakon boksačke borbe iznosi 255,75 U/L. Tablica 34. prikazuje t-test razliku vrijednosti laktat-dehidrogenaze između boksa i kickboxinga.

*Tablica 34. Student t-test razlika vrijednosti laktat-dehidrogenaze između boksa i kickboxing borbe*

	AS	SD	N	T	df	P
LDH PR B (U/L)	229,35	28,228				
LDH PR KB (U/L)	238,00	30,623	20	-1,452	19	0,162
LDH PO B (U/L)	255,75	27,478				
LDH PO KB (U/L)	277,35	40,172	20	-3,505	19	0,002

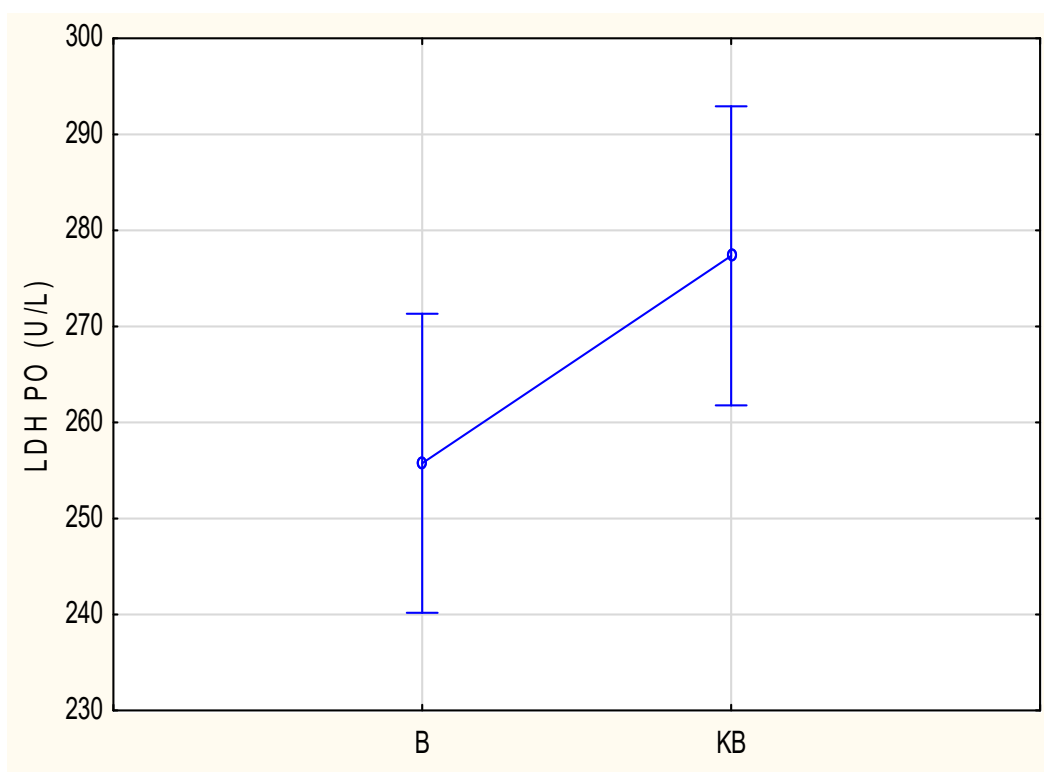
Legenda: AS- aritmetička sredina; SD- standardna devijacija; N- broj ispitanika; T- vrijednost T; LDH PR B- vrijednost laktat dehidrogenaze prije boksačke natjecateljske izvedbe; LDH PR KB- vrijednost laktat dehidrogenaze prije kickboxing natjecateljske izvedbe; LDH PO B- vrijednost laktatdehidrogenaze poslije boksačke natjecateljske izvedbe; LDH PO KB- vrijednost laktat dehidrogenaze poslije kickboxing natjecateljske izvedbe;

Uvidom u dobivene rezultate t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti laktat-dehidrogenaze, dolazimo do zaključka kako postoji statistički značajna razlika u koncentraciji laktat-dehidrogenaze u krvi između borbe u boks i borbe u kickboxingu. Slika 11. putem grafikona prikazuje razliku u vrijednostima laktat-dehidrogenaze između boksačke i kickboxing borbe nakon zagrijavanja, a prije početka.



Slika 11. Razlika u vrijednostima laktat-dehidrogenaze između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) prije samog početka

Slika 12. putem grafikona prikazuje razliku u vrijednostima laktat-dehidrogenaze između boksačke i kickboxing borbe nakon završetka.



*Slika 12. Razlika u vrijednostima laktat-dehidrogenaze između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) nakon završetka*

Tablica 35. prikazuje rezultate deskriptivne statistike pokazatelja kreatin-kinaze u boksu i kickboxingu.

*Tablica 35. Deskriptivna statistika kreatin-kinaze u boksu i kickboxingu*

	N	AS	MIN	MAX	SD	K-S
CK PR KB (U/L)	20	347,15	128,00	1168,00	237,472	0,200
CK PO KB (U/L)	20	399,55	159,00	1262,00	258,790	0,180
CK PR B (U/L)	20	295,05	123,00	673,00	141,341	0,151
CK PO B (U/L)	20	315,15	142,00	731,00	153,503	0,168

N- broj ispitanika; Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; CK PR KB- vrijednost kreatin kinaze prije kickboxing natjecateljske izvedbe; CK PO KB- vrijednost kreatin kinaze poslije kickboxing natjecateljske izvedbe; CK PR B- vrijednost laktat kreatin kinaze prije boksačke natjecateljske izvedbe; CK PO B- vrijednost kreatin kinaze poslije boksačke natjecateljske izvedbe.

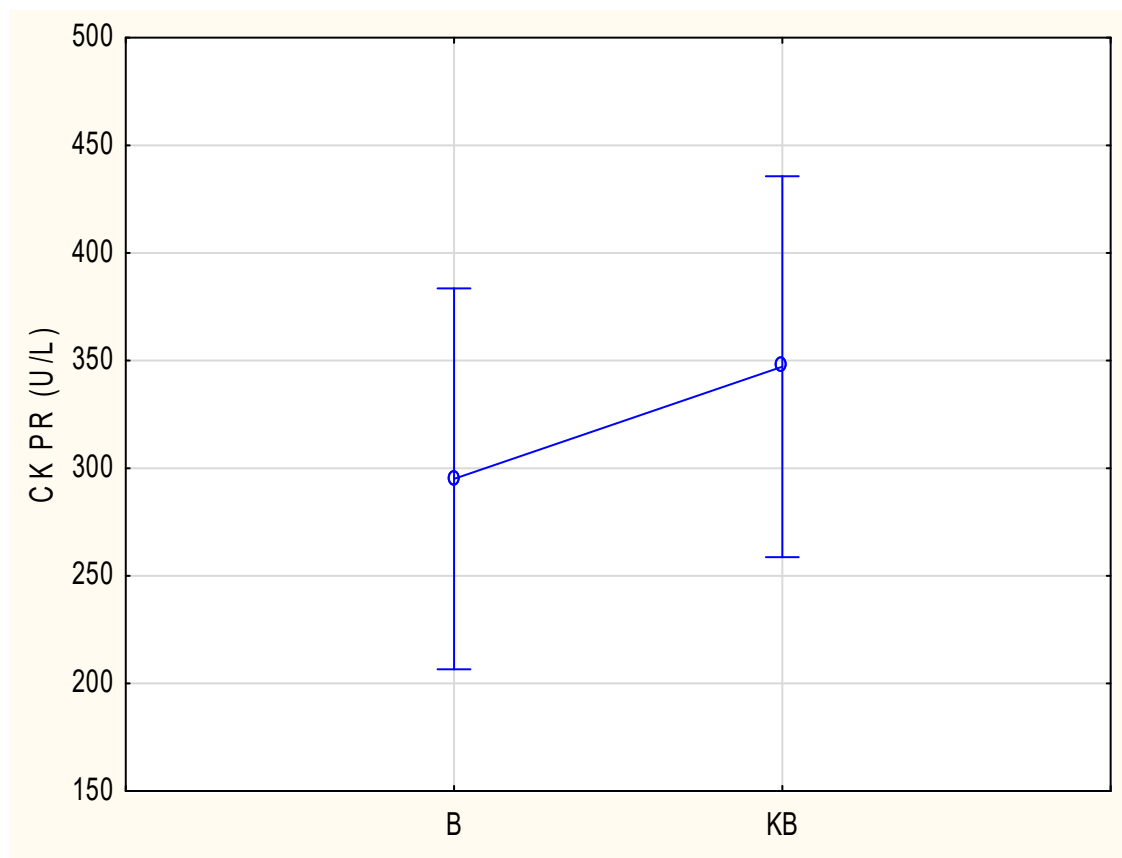
Tablica 36. prikazuje rezultate t-testa razlike vrijednosti kreatin-kinaze u boksu i kickboxingu.

*Tablica 36. Student t- test razlika vrijednosti kreatin-kinaze između boks i kickboxing borbe*

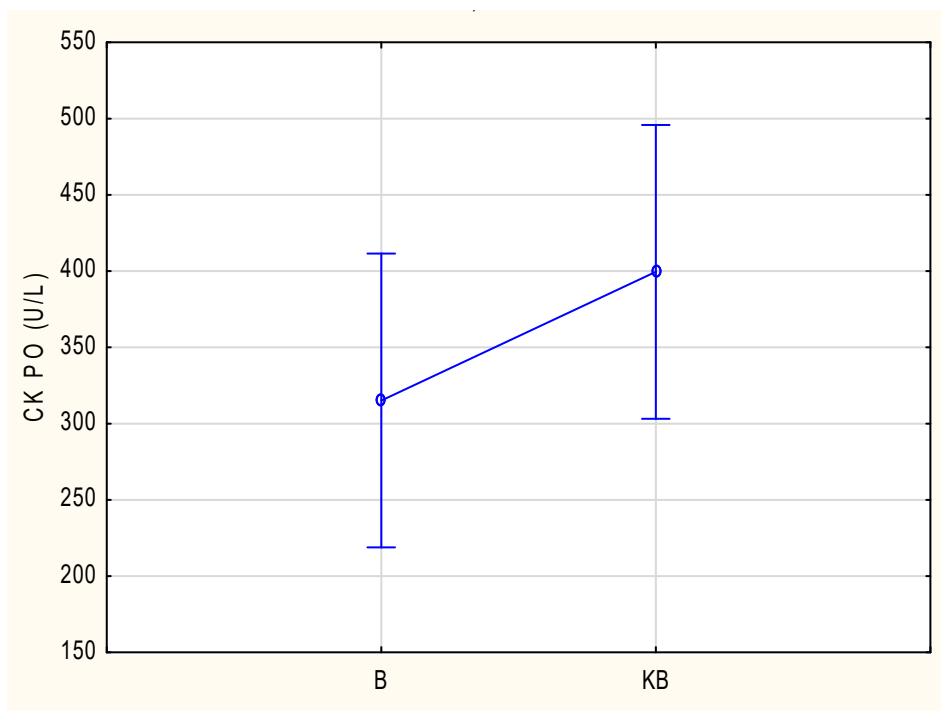
	AS	SD	N	T	df	P
CK PR B (U/L)	295,05	141,341				
CK PR KB (U/L)	347,15	237,472	20	-1,356	19	0,190
CK PO B (U/L)	315,15	153,503				
CK PO KB (U/L)	399,55	258,790	20	-1,968	19	0,063

Legenda: AS- aritmetička sredina; SD- standardna devijacija; N- broj ispitanika; T- vrijednost T; CK PR B- vrijednost kreatin kinaze prije boksačke natjecateljske izvedbe; CK PR KB- vrijednost kreatin kinaze prije kickboxing natjecateljske izvedbe; CK PO B- vrijednost kreatin kinaze poslije boksačke natjecateljske izvedbe; CK PO KB- vrijednost kreatin kinaze poslije kickboxing natjecateljske izvedbe.

Uvidom u dobivene rezultate deskriptivne statistike, kao i rezultate t-testa kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti kreatin-kinaze, uočava se kako postoji značajna numerička razlika u koncentraciji kreatin-kinaze u krvi između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. Kada gledamo vrijednost kreatin-kinaze prije početka boksačke borbe, ona približno iznosi 295, dok nakon završetka boksačke izvedbe ta vrijednost raste na približno 315. Kada se analiziraju rezultati vrijednosti kreatin-kinaze prije kickboksanske izvedbe, uviđa se da je taj iznos približno 347, dok po završetku kickboxing borbe vrijednost kreatin-kinaze iznosi približno 399. Slika 13. putem grafičkog prikaza pokazuje razliku u vrijednostima kreatin-kinaze između boksačke i kickboxing borbe prije samog početka, dok slika 14. grafikonom prikazuje razliku u vrijednostima kreatin-kinaze između boksačke i kickboxing borbe nakon završetka.



*Slika 13. Razlika u vrijednostima kreatin-kinaze između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) prije samog početka*



Slika 14. Razlika u vrijednostima kreatin-kinaze između boksačke (B) i kickboxing borbe (KB) nakon završetka

U tablici 37. prikazuju se rezultati deskriptivne statistike spiroergometrijskih pokazatelja.

Tablica 37. Deskriptivna statistika spiroergometrijskih pokazatelja

VAR	AS	MIN	MAX	SD	K-S
VO MAX (lO <sub>2</sub> /min)	4,34	2,84	5,35	0,659	0,127
REL VO MAX (mlO <sub>2</sub> /kg/min)	54,28	32,57	62,52	7,373	0,256
MAX FRE (o/min)	188,50	172,00	212,00	9,875	0,120
VO PRAG (lO <sub>2</sub> /min)	3,49	2,17	4,34	0,571	0,232
REL VO PRAG (mlO <sub>2</sub> /kg/min)	44,49	24,91	52,49	7,903	0,266
FS (o/min)	168,25	138,00	193,00	14,635	0,247

Legenda: AS- aritmetička sredina; MIN- minimalna vrijednost; MAX- maksimalna vrijednost; SD- standardna devijacija; K-S- vrijednost k-s; VOMAX- maksimalni primitak kisika; REL VO MAX- relativni maksimalni primitak kisika; MAX FRE- maksimalna frekvencija srca; VO PRAG- primitak kisika na pragu; REL VO PRAG- relativni primitak kisika na pragu; FRE- frekvencija srca.

Uvidom u dobivene rezultate deskriptivne statistike spiroergometrijskih pokazatelja ispitanika uočava se da prosječni maksimalni primitak kisika kod svih ispitanika iznosi približno 4,34

ml/kg/min, relativni maksimalni primitak kisika iznosi približno 54,29 ml/kg/min. Prosječna frkevencija srca iznosi 168,25 otkucaja u minuti dok prosječna maksimalna frekvencija srca iznosi 188,5 otkucaja u minuti. Apsolutni primitak kisika u prosjeku iznosi približno 3,49 ml/kg/min, dok relativni primitak kisika iznosi 44,49 ml/kg/min.

U tablici 38. prikazuju se rezultati povezanosti rezultata u boks borbi i kickboxing borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima.

*Tablica 38. Povezanosti rezultata u boks borbi i kickboxing borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima*

	<b>VO MAX</b> (lO <sub>2</sub> /min)	<b>REL VO MAX</b> (mlO <sub>2</sub> /kg/min)	<b>MAX FS</b> (o/min)	<b>VO PRAG</b> (lO <sub>2</sub> /min)	<b>REL VO PRAG</b> (mlO <sub>2</sub> /kg/min)	<b>FS PRAG</b> (o/min)
<b>REZ B</b>	0,56	0,54	0,25	0,49	0,41	0,34
<b>REZ KB</b>	0,46	0,55	0,46	0,39	0,42	0,40

Legenda: VOMAX- maksimalni primitak kisika; REL VO MAX- relativni maksimalni primitak kisika; MAX FRE- maksimalna frekvencija srca; VO PRAG- primitak kisika na pragu; REL VO PRAG- relativni primitak kisika na pragu; FS PRAG- frekvencija srca na pragu; REZ B- rezultat boksačke natjecateljske izvedbe; REZ KB- rezultat kickboxing natjecateljske izvedbe.

Tablica 39. prikazuje rezultate povezanosti rezultata u boksačkoj borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima putem regresijske analize, dok tablica 40. prikazuje rezultate regresijske analize povezanosti rezultata u boksačkoj borbi na razini aerobno-anaerobnog praga.



Tablica 39. Rezultati regresijske analize povezanosti rezultata u boks borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima

$R = ,67774895$   $R_c = ,45934363$  Adjusted  $R_c = ,35797056$

$F(3,16)=4,5312$   $p<,01754$  Std.Error of estimate: 1,2054

	<b>b*</b>	<b>Std.Err. of b*</b>	<b>B</b>	<b>Std.Err. of b</b>	<b>t(16)</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>			1,455	8,423	0,172	0,865
<b>VO MAX (lO<sub>2</sub>/min)</b>	<b>0,440</b>	<b>0,199</b>	<b>1,005</b>	<b>0,453</b>	<b>2,213</b>	<b>0,042</b>
<b>REL VO MAX (mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b>	0,520	0,337	0,061	0,039	1,542	0,143
<b>MAX FS (o/min)</b>	-0,166	0,328	-0,025	0,049	-0,506	0,619

Legenda: R-koeficijent korelacije; R<sup>2</sup>-koeficijent determinacije; F-testirana značajnost varijabli u modelu; p – razina značajnosti; Std.Error of estimate – standardna pogreška prognoze; b\*-standardizirani parcijalni regresijskiki koeficijent; Std.Err.of b\* - standardna pogreška standardiziranih parcijalnih regresijskikih koeficijenata; b-nestandardizirani regresijski koeficijent; t – t vrijednost stupnjeva slobode; p-value – razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Tablica 40. Rezultati regresijske analize povezanosti rezultata u boksačkoj borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima na razini aerobno- anaerobnog praga

$R = ,52654295$   $R_c = ,27724748$  Adjusted  $R_c = ,14173138$

$F(3,16)=2,0459$   $p<,14796$  Std.Error of estimate: 1,3937

	<b>b*</b>	<b>Std.Err. of b*</b>	<b>B</b>	<b>Std.Err. of b</b>	<b>t(16)</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>			-0,658	5,499	-0,119	0,906
<b>VO PRAG (lO<sub>2</sub>/min)</b>	0,389	0,255	1,025	0,672	1,525	0,146
<b>REL PRIM (mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b>	0,214	0,540	0,040	0,102	0,397	0,696
<b>FS (o/min)</b>	-0,014	0,503	-0,001	0,051	-0,028	0,977

Legenda: R-koeficijent korelacije; R<sup>2</sup>-koeficijent determinacije; F-testirana značajnost varijabli u modelu; p – razina značajnosti; Std.Error of estimate – standardna pogreška prognoze; b\*-standardizirani parcijalni regresijskiki koeficijent; Std.Err.of b\* - standardna pogreška standardiziranih parcijalnih regresijskikih koeficijenata; b-nestandardizirani regresijski koeficijent; t – t vrijednost stupnjeva slobode; p-value – razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Tablica 41. prikazuje rezultate regresijske analize povezanosti rezultata u kickboxing borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima.

*Tablica 41. Rezultati regresijske analize povezanosti rezultata u kickboxing borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima*

R= ,71418760 R<sup>2</sup>= ,51006392 Adjusted R<sup>2</sup>= ,41820091

F(3,16)=5,5524 p<,00832 Std.Error of estimate: 1,2859

	<b>b*</b>	<b>Std.Err. of b*</b>	<b>b</b>	<b>Std.Err. of b</b>	<b>t(16)</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>			-4,692	8,986	-0,522	0,608
<b>VO MAX (lO<sub>2</sub>/min)</b>	0,337	0,189	0,861	0,484	1,779	0,094
<b>REL VO MAX (mlO<sub>2</sub>/kg/min)</b>	0,533	0,321	0,070	0,042	1,659	0,116
<b>MAX FS (o/min)</b>	0,030	0,312	0,005	0,053	0,098	0,923

Legenda: R-koeficijent korelacije; R<sup>2</sup>-koeficijent determinacije; F-testirana značajnost varijabli u modelu; p – razina značajnosti; Std.Error of estimate – standardna pogreška prognoze; b\*-standardizirani parcijalni regresijskiki koeficijent; Std.Err.of b\* - standardna pogreška standardiziranih parcijalnih regresijskikih koeficijenata; b-nestandardizirani regresijski koeficijent; t – t vrijednost stupnjeva slobode; p-value – razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Tablica 42. prikazuje rezultate regresijske analize povezanosti rezultata u boksačkoj borbi na razini aerobno-anaerobnog praga.

Tablica 42. Rezultati regresijske analize povezanosti rezultata u boksačkoj borbi sa spiroergometrijskim pokazateljima na razini aerobno-anaerobnog praga

$R = ,47505818$   $R_c = ,22568027$  Adjusted  $R_c = ,08049532$

$F(3,16)=1,5544$   $p<,23924$  Std.Error of estimate: 1,6166

	<b>b*</b>	<b>Std.Err. of b*</b>	<b>B</b>	<b>Std.Err. of b</b>	<b>t(16)</b>	<b>p-value</b>
<b>Intercept</b>			-3,462	6,379	-0,543	0,595
<b>VO PRAG (ml/kg/min)</b>	0,248	0,264	0,733	0,780	0,940	0,361
<b>REL PRIM (ml/kg/min)</b>	0,113	0,559	0,024	0,119	0,203	0,842
<b>FS (o/min)</b>	0,197	0,521	0,023	0,060	0,378	0,710

Legenda: R-koeficijent korelacije;  $R^2$ -koeficijent determinacije; F-testirana značajnost varijabli u modelu; p – razina značajnosti; Std.Error of estimate – standardna pogreška prognoze; b\*-standardizirani parcijalni regresijskiki koeficijent; Std.Err.of b\* - standardna pogreška standardiziranih parcijalnih regresijskikih koeficijenata; b-nestandardizirani regresijski koeficijent; t – t vrijednost stupnjeva slobode; p-value – razina značajnosti regresijskih koeficijenata

## **7. RASPRAVA**

Ovo poglavlje donosi detaljne rezultate ovog istraživanja, ali i rezultate dosadašnjih istraživanja koja su se bavila proučavanjem istih i sličnih tema. Nakon pregledavanja relevantnih baza podataka u boksu i kickboxingu uočava se kako je to područje još nedovoljno istraženo. Isto tako, istraživanjima u borilačkim sportovima udaračkog karaktera dokazano je da je visoka razina tolerancije na negativne nusprodukte intenzivne mišićne aktivnosti, koji se javljaju u ovim vrlo intenzivnim sportovima, prijeko potrebna za učinkovitiju manifestaciju tehničko-taktičkih struktura u borbi (Davis i suradnici, 2014, Cimadoro, 2018). Među najčešće spominjanim nusproduktima intenzivnih mišićnih aktivnosti su laktati, kreatin-kinaza i laktat-dehidrogenaza (Kim i suradnici, 2007). Stoga smo za potrebe našeg istraživanja odabrali upravo ove biomarkere fiziološkog opterećenje uz vrijednosti frekvencije srca i spiroergometrijske pokazatelje. Važno je naglasiti kako smo pregledom dostupne relevantne baze podataka utvrdili da do danas nemamo na raspolaganju rezultate znanstvenih istraživanja na ovu temu, koji bi se odnosili na populaciju hrvatskih sportaša u boks ili kickboxing izvedbi.

Iako i boks i kickboxing imaju različite strukturne karakteristike, česta je praksa, a pogotovo u Hrvatskoj, da se isti sportaš bavi i natječe u oba ova sporta, a da pritom najčešće vrlo malo mijenja trenažne navike. Dijelom se to događa zbog utiska da je riječ o dvije gotovo iste aktivnosti. Problem u postavljanju parametara trenažnog procesa jest taj da se trenažnim operatorima treba simulirati visoko opterećenje, a da se pritom zbog prevelikog volumena rada sportaš ne dovede u stanje pretreniranosti koje može znatno unazaditi odnosno smanjiti njegovu sposobnost u manifestaciji specifičnih tehničko-taktičkih zadataka (Matos i suradnici, 2001). Sportaši koji se bave individualnim sportovima više su podložni tom riziku od sportaša u timskim sportovima (Kentta, 2001). Dijagnostika pretreniranosti obično je vrlo komplicirana jer ne postoje objektivni kriteriji koji bi upućivali o čemu je točno riječ. Iz tog se razloga više pažnje treba posvetiti prevenciji (Uusitalo, 2001) koja, između ostalog, proizlazi i iz kvalitetno određenih parametara trenažnog procesa. Dosadašnja istraživanja obrađivala su ovaj problem tako da su fiziološke pokazatelje u ovim sportskim aktivnostima dijagnosticirali na nezavisnim uzorcima ispitanika. Ovim se istraživanjem prvi put problem obrađuje tako da se isti uvid u fiziološke pokazatelje aktivnosti dobiva na istim ispitanicima koji će sudjelovati i u boksačkoj i u kickboxing borbi. Naime, u relevantnim bazama podataka nije dostupno niti jedno istraživanje sličnog dizajna, koje bi u direktnoj usporedbi analiziralo fiziološke pokazatelje opterećenja sportaša između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. Mora se također naglasiti da relevantnost i vrijednost dobivenih podataka proizlazi i iz činjenice da je odabrana grupa ispitanika reprezentativni uzorak vrhunskih sportaša i u boksu i u kickboxingu. Naime, ispitanici su odabrani prema kriterijima da su reprezentativci sudionici europskih i svjetskih

prvenstava ili osvajači medalja na najvećim međunarodnim smotrama u oba sporta. Ovakvom jedinstvenom mogućnosti trebao bi se dobiti detaljniji uvid u specifičnosti fiziološkog opterećenja prema kojemu bi se moglo s većom vjerojatnosti i sigurnosti definirati opterećenje koje se događa u boksu i kickboxingu te utvrditi njihove razlike i specifičnosti.

Dobrobiti tjelesne aktivnosti općenito dobro su poznate već dugi niz godina. Blagotvorni učinci na više organskih sustava povećavaju ukupnu otpornost organizma, zdravlje i dugovječnost. Ipak, naše razumijevanje molekularnih mehanizama, koji pokreću dobrobiti vježbanja i varijabilnost u tim učincima, ostaje rudimentarno. Veliki broj recentnih istraživanja posvećen je razotkrivanju enigme te danas svjedočimo zanimljivom razdoblju ispreplitanja kineziološke i medicinske znanosti s ciljem razotkrivanja mehanizama u podlozi.

Većina relevantnih istraživanja iz ovog područja, kako je već spomenuto, koristi kao biomarkere fiziološkog opterećenja sportaša koncentracije laktata, laktat-dehidrogenaze i kreatin-kinaze u krvi te frekvenciju srca, što je u konačnici utjecalo i na odluku o odabiru biomarkera koje smo koristili u našem istraživanju.

Uvidom u dobivene rezultate povezanosti spiroergometrijskih pokazatelja sa rezultatima u boksačkoj odnosno kickboxing borbi uviđamo da je maksimalni primitak kisika kao i relativni maksimalni primitak kisika statistički značajno povezan sa rezultatom u boksačkoj i kickboxing borbi. Maksimalna frekvencija srca statistički je značajno povezana sa rezultatom u kickboxing borbi dok nije statistički značajno povezana sa rezultatom u boksačkoj borbi dok frekvencija srca na pragu nije statistički značajno povezan sa rezultatima niti u boksačkoj niti u kickboxing borbi. Apsolutni primitak kisika statistički je značajno povezan sa rezultatom u boksu dok nije u kickboxingu. Relativni primitak kisika nije povezan sa rezultatima niti u boksačkoj niti u kickboxing borbi.

Kada se analiziraju svi pokazatelji i dobivene brojke, koje su nastale kao produkt ovog istraživanja analizom korelacije, kao nešto manje jakim alatom od regresijske analize, uviđa se da postoji značajna povezanost između spiroergometrijskih parametara maksimalnog primitka kisika, relativnog primitka kisika i frekvencije srca, generalno kao i na razini aerobno-anaerobnog praga s rezultatom u boksačkoj i u kickboxing borbi.

Do vrlo sličnih zaključaka analizom rezultata došli su i neki drugi autori iz ovog područja. Na temu spoznaja o fiziološkom i antropometrijskom profilu elitnih kickboksača prvi doprinos dao je Zabukovec sa suradnicima u svojem istraživanju iz 1995. godine, ali je veličina uzorka bila svega četiri kickboksača. Silva i sur. (2011.) također su provjerili fizičke karakteristike, i to na uzorku od 13 elitnih kickboksača iz Portugala. U međuvremenu, Ouergui sa suradnicima u svojem istraživanju iz 2015. godine uspoređuje fizičku spremnost i izvedbu 20 tuniskih

kickboksača koje su podijelili na pobjednike i gubitnike kickboxing borbe. Osim toga, Burdukiewicz i sur. (2018) uspoređuju antropometrijski profil kickboksača s različitim sportašima iz borilačkih sportova putem multivarijatne analize. Nadalje, Slimani i sur. (2017) analiziraju antropometrijski, psihofiziološki i profil aktivnosti kickboksača koristeći sustavni pregled, ali nisu predstavili nikakve kvantitativne rezultate. Općenito gledajući, publicirane studije kickboxinga provedene tijekom posljednja tri desetljeća usredotočile su se na poboljšanje izvedbe karakteristikama fizičke spremnosti, analizom kretanja u vremenu, specifičnim fizičkim procjenama i opisivanjem psiholoških čimbenika koji bi mogli utjecati na rezultat borbe (Zabukovec i sur. 1995; Ouergui i sur. 2013; Slimani i sur. 2016; Ouergui i sur. 2014.). Međutim, navedene studije teško je rabiti kao specifični pokazatelj jer ne postoji standardna distribucija za procjenu razine karakteristika tjelesne spremnosti. Utoliko rezultati metaanalize (Ružbarsky i sur. 2022), u kojoj su procijenili standardnu distribuciju više mjerenih fizičkih karakteristika kickboksača (sastav tijela, postotak tjelesne masti te aerobni i anaerobni pokazatelji performansi) zbrajanjem prethodnih studija koje su mjerile ove varijable, predstavljaju značajan doprinos današnjim spoznajama. Analiza je utvrdila da su sve odabrane karakteristike kickboksača i procijenjena distribucija varijabli fizičke spremnosti općenito primjenjive (procijenjena pogreška <5 %). Ova studija također dokazuje da kickboxing zahtijeva visoke zahtjeve za kardiovaskularni i respiratorni sustav i da bi se kickboksači trebali usredotočiti na optimizaciju svakog od njih. Studije su pokazale visoke razine maksimalne anaerobne izvedbe kickboksača. Ipak, valjanost i pouzdanost dobivenih rezultata mogla bi se dovesti u pitanje ako uključene studije imaju različite mjerne alate. Međutim, mjerenje fizičkih karakteristika postalo je uobičajeno u cijelom svijetu. Sportovi povremenog visokog intenziteta, uključujući kickboxing, uglavnom ovise o anaerobnom izvoru energije. Za kickboksače je energetski sustav ATP-PCr posebno važan jer kombinacije s velikom količinom snage mogu značiti prijevremeni završetak borbe. Rezultati analize anaerobne snage istraživanja Ružbarsky i sur. (2022), slični su onima Chabenea i sur. (2012), gdje su elitni karataši postigli vrijednosti anaerobne snage donjih udova u prosjeku  $9,1 \pm 1,1 \text{ W} \times \text{kg}^{-1}$ . Veće vrijednosti anaerobne snage postigli su kickboksači u usporedbi s kungfu sportašima, pri čemu su elitni kungfu sportaši pokazali vrijednosti anaerobne snage gornjih udova u prosjeku oko  $4,1 \pm 0,4 \text{ W} \times \text{kg}^{-1}$ . U usporedbi s boksačima, nije bilo statistički značajnih razlika u maksimalnoj anaerobnoj snazi u istraživanju Cana i suradnika iz 2018. godine, što autori objašnjavaju istom razinom izvedbe, sličnošću borilačkih vještina i sustava treninga u obje skupine. Ovi nalazi potvrđuju važnost anaerobnog treninga u izvedbi kickboksača, kao i u drugim borilačkim vještinama te sugeriraju kako sposobnost donjih udova da generiraju veliku vršnu snagu može biti važna u natjecanju.

Prema dostupnoj literaturi razvidno je kako su istraživači do sada stekli uvid u akutne fiziološke zahtjeve aktivnosti specifične za boks koristeći analize otkucaje srca (HR), laktata u krvi (BLa), unosa kisika ( $\dot{V}O_2$ ) i perceptivne mjere intenziteta. Nalazi više studija sugeriraju kako ove postavke općenito izazivaju umjerene do visoke zahtjeve za aerobnim i anaerobnim metabolizmom i perceptivnim odgovorima (Slimani, Chaabene i sur. 2017; Slimani, Davis i sur. 2017). Za razliku od spoznaja fizioloških odgovora, malo se zna o endokrinom odgovoru na aktivnost specifičnu za boks. Doista, recentni pregled rada Slimanija i suradnika iz 2018. godine o hormonskim reakcijama na borilačke sportove nažalost nije uključio boks. Unatoč tome, isti su autori pronašli umjerena do ekstremno velika povećanja prije i poslije sljedećih hormonalnih parametara u drugim borilačkim sportovima: kortizol ( $p < 0,001$ , ES = 0,79), adrenalin ( $p < 0,001$ , ES 4,22), noradrenalin ( $p = 0,005$ , ES = 3,40) i razine hormona rasta ( $p < 0,001$ , ES = 3,69). Nadalje, i ovdje je povišeni hormonski odgovor bio povezan s natjecateljskim borbama, u usporedbi sa simuliranom aktivnošću. Akutni fiziološki i hormonalni zahtjevi tijekom aktivnosti specifične za boks mogu potaknuti oštećenje mišića i upalu, iako je i tome ponovno posvećena tek ograničena pažnja i dostupan skroman broj publiciranih istraživanja (Bianco i sur. 2005; Graham i sur. 2011; Kaynar, 2019; Kilić i sur. 2019; Obminski i Turowski, 2014; Zuliani i sur. 1985). Biomarkeri oštećenja skeletne muskulaure, upale i fiziološkog stresa pronađeni su do 24 sata nakon mješovitih borilačkih vještina (MMA) i hrvanja (Ghoul i sur. 2019; Kraemer i sur. 2001; Lindsay i sur. 2017). Skupina autora (Wiechmann, Saygili, Zilkens, Krauspe i Behringer, 2016) u publikaciji iz 2016. godine navodi rezultate istraživanja kojim su utvrdili kako je volumen udaraca primljenih u MMA značajno pridonio varijanci koncentracija kreatin-kinaze (CK) i mioglobina (Mb) u krvi. Imajući na umu sličnosti u udaračkim elementima između ovih sportova, ispitivanje gore navedenih parametara čini se opravdanim i u boksu. U pogledu fizičkih i fizioloških karakteristika među natjecateljima u kickboxingu općenito, recentno je publiciran vrlo zanimljiv pregledni članak Ružbarsky i sur. (2022). Autori su analizirali dostupne spoznaje o sastavu tijela, postotku tjelesne masti i pokazateljima aerobnih i anaerobnih performansi kickboksaca na temelju istraživanja u posljednjih 10 godina. Ovaj sustavni pregled temeljio se na protokolu *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta Analysis* (PRISMA), korištenjem baza *Web of Sciences* i *Scopus*. Praćeni pokazatelji bili su somatotip i postotak tjelesne masti mjerenjem kože i analizom bioimpedancije, aerobna izvedba mjerenjem  $VO_2$  max te anaerobna izvedba Wingate testom. Pregledano je ukupno 109 studija od kojih su 15 uključili u metaanalizu. Podaci dobiveni iz studija uključivali su 285 isključivo muških sportaša (dob:  $22 \pm 5$  godina; visina:  $175 \pm 6,7$  cm; masa:  $71 \pm 8,6$  kg). Analizom je utvrđeno kako uspješni



muški kickboksači imaju nizak postotak tjelesne masti, dok u pogledu somatotipa prevladava mezomorfna komponenta. Studije su uniformno pokazale visoke razine maksimalne anaerobne izvedbe kickboksača. Autori zaključuju kako ovi rezultati mogu biti važna i objektivna osnova za procjenu nekih fizičkih karakteristika kickboksača. Također mogu poslužiti i za trenere prilikom razvijanja optimalnih planova treninga i postavljanja ciljeva treninga.

Ova zapažanja u skladu su s podacima našeg istraživanja koji također potvrđuju visoku razinu anaerobnog opterećenja sportaša u natjecateljskoj kickboxing izvedbi.

Promatrajući porast serumskih laktata nakon kickboxing borbe u odnosu na vrijednosti zabilježene nakon zagrijavanja a prije same borbe, možemo zaključiti kako postoji visok stupanj globalne zakiseljenosti sportaša. Konačno, uspoređujući izvedbe u boks i kickboxingu, u sve tri varijable koje smo odabrali kao biomarkere fiziološkog opterećenja, laktat, laktat-dehidrogenaza i kreatin-kinaza, vidljiva je numerički značajna razlika u korist kickboxinga u odnosu na boks. Ona doseže i statističku značajnost razlike kod varijabli laktata i laktat-dehidrogenaze ( $p=0.014$  i  $p=0.002$ ), s višim vrijednostima kod sportaša nakon kickboxing izvedbe, i to analizom zabilježenih vrijednosti nakon završetka samih borbi.

Finlay i suradnici (2023) objavili su vrlo zanimljive rezultate sustavnog pregleda literature o akutnim fiziološkim, endokrinim, biokemijskim odgovorima i odgovorima na izvedbu aktivnosti specifičnih za amaterski boks, potaknuti činjenicom kako prethodno nije bio dostupan ni jedan holistički pregled akutnih odgovora na aktivnosti specifične za amaterski boks. Naime, prethodna istraživanja mahom su analizirala tek pojedine zahtjeve takvih aktivnosti. Nakon pretraživanja baza podataka EBSCOhost, SPORTDiscus, PubMed i Google Scholar, u analizu su uključili 25 studija koje ispunjavaju kriterije za uključivanje u holistički pregled. Metodološku kvalitetu uključenih studija procijenili su pomoću modificiranog kontrolnog popisa Downs i Black. Metaanaliza standardiziranih srednjih razlika (SMD) nasumičnih učinaka otkrila je velika (SMD = 4,62) povećanja laktata u krvi (BLa), kortizola (SMD = 1,33), mioglobina (Mb) (SMD = 1,43), aspartat aminotransferaze (AST) (SMD = 1,37) i alanin aminotransferaze (ALT) (SMD = 0,97), uz umjereno povećanje kreatin-kinaze (CK) (SMD = 0,65). Uočili su također mala povećanja visine skoka u suprotnom pokretu (CMJ) prije-poslije (SMD = 0,33). Dosljedno veće promjene prije-poslije aktivnosti primijećene su u natjecateljskim borbama, potom tijekom sparinga, a manje u simulacijama specifičnim za boks. Nakon amaterskog boksanja izazivaju se značajni fiziološki, endokrini i biokemijski odgovori. Zanimljivo je kako se neuromuskularna izvedba i izvedba specifična za pojedini zadatak možda neće pogoršati nakon aktivnosti specifične za boks. Autori su ovim sustavnim pregledom

akutnih odgovora na aktivnosti specifične za amaterski boks utvrdili kako aktivnost specifična za amaterski boks postavlja značajan fiziološki, endokrini i biokemijski zahtjev za boksače amatere. Takvi zahtjevi naizgled nisu štetni za neuromuskularnu izvedbu ili izvedbu specifičnih zadataka, što je dokazano održavanjem, a u nekim slučajevima i poboljšanom izvedbom nakon aktivnosti specifične za boks. Nije iznenađujuće da su natjecateljske borbe i sparingi dosljedno izazivali veće akutne reakcije u usporedbi s valjanim boksačkim simulacijama. Korištenje simulacija specifičnih za boks je paradoks, pri čemu su, unatoč mogućnosti povećane mehaničke strogosti u znanstvenim istraživanjima, istraživači svjesni kako su akutni odgovori dosljedno niži od onih izazvanih u stvarnoj borbi. Sparing može pružiti najispravniji prikaz natjecateljskih borbi, iako postoje inherentni rizici stvarne borbe, kao što su posjekotine, potresi mozga i druge ozljede.

Rezultati ovog sustavnog pregleda mogu biti od pomoći u osmišljavanju i periodizaciji treninga specifičnog za boks, ovisno o željenim fizičkim prilagodbama, fazi treninga i statusu oporavka amaterskog boksača. Spoznaje proizašle iz ovog pregleda mogu također biti od pomoći za upravljanje oporavkom u odnosu na endokrine, biokemijske i izvedbene reakcije. Na primjer, sparing visokog intenziteta može biti rezerviran za kasnije faze priprema, u kojima je prioritet replicirati zahtjeve natjecanja što je moguće bliže. Nadalje, akumulacija udaraca glavom i potencijal za potres mozga u aktivnostima, kao što je sparing u blizini natjecanja, također se moraju uzeti u obzir. Provedba manje zahtjevnih aktivnosti specifičnih za boks (kao što su protokoli rada s vrećom i/ili fokuserima) u ranim fazama priprema ili čak tijekom faze sužavanja prije natjecanja nakon što dođe do prekida sparinga, može biti korisno kao alat za kondiciju. Manipulacija intenzitetom ove aktivnosti može pružiti odgovarajući stimulans u odabranim fazama pripreme, uz izbjegavanje nakupljanja umora, pretjerivanja ili pretreniranosti. Autori ističu kako amaterski boks izaziva značajan akutni fiziološki, hormonski i biokemijski odgovor koji su obično izraženiji u natjecateljskim borbama, praćenim sparingom, a manje u simuliranoj aktivnosti. Čini se kako znatni zahtjevi aktivnosti specifičnih za amaterski boks ne utječu negativno na neuromišićnu izvedbu ili izvedbu za specifičan zadatak.

U zaključku autori navode kako bi buduća istraživanja, bez obzira na način specifičan za boks, trebala imati za cilj holističiju analizu akutnih odgovora na aktivnost specifičnu za boks. Ovo se također može proširiti na praćenje duljeg trajanja ili primjenu ovoga na scenarije ponavljanja borbi, replicirajući domaće ili olimpijske amaterske boksačke turnire.

Rezultati našeg istraživanja govore također u prilog ovih tvrdnji. Analize usporedbe koncentracije lakatata i kreatin kinaze u krvi, prije i nakon borbe, očekivano potvrđuju značajan

porast u obje kategorije i to pri boks i kickboxing izvedbi. Među dvadeset ispitanika, elitnih sportaša, u našem smo istraživanju potvrdili statistički značajno više vrijednosti koncentracije laktata u krvi nakon borbe u kickboxingu u odnosu na borbu u boksu ( $p=0.014$ ). Vrijednosti serumskog laktata prije same borbe, nakon zagrijavanja, također su više u kickboxingu, ali ne dosežu statističku značajnost. S druge strane, usporedbom dobivenih vrijednosti serumske kreatin-kinaze, utvrdili smo značajne numeričke razlike u korist borbe u kickboxingu, kako prije tako i nakon izvedbe. Razlika je na samoj granici statističke značajnosti kada se promatraju vrijednosti kreatin-kinaze u krvi nakon završetka borbi.

Moguće je sa vrlo visokom vjerojatnošću, objasniti dobivene rezultate upravo većom angažiranošću većeg dijela tjelesne muskulature izvodeći udarce i blokade, nogama i rukama, a ne samo rukama kao u boksu gdje je angažirana manja skupina mišića a time i aktivnost čini nešto manje zahtjevnom odnosno ne dolazi do jednakog zamora kao u borbama K-1 kickboxinga.

Zanimljivo istraživanje u području boksa, ali ne u borbi nego tijekom rada na boksačkim fokuserima i boksačkoj vreći za udaranje, proveli su Finlay i suradnici (2020). Oni u svojem radu ispituju razlike u fizičkom odgovoru izazvanom suvremenim protokolom za boksačko-specifične vježbe (BSEP) koji se izvodi korištenjem vreće za udaranje i boksačkih fokusera. Analizirano je četrnaest muških elitnih boksača amatera (dob=  $22 \pm 2$  godine; visina=  $176,9 \pm 7,3$  cm; tjelesna masa=  $78,8 \pm 8,7$  kg; i  $V[\text{Combining Dot Above}]O_2\text{max} = 55,94 \pm 5,96$  ml·kg·min). BSEP se sastojao od tri runde po tri minute. Prosječna (HRave) i vršna (HRpeak) brzina otkucaja srca, prosjek ( $V[\text{Combining Dot Above}]O_2\text{ave}$ ) i vršna potrošnja kisika ( $V[\text{Combining Dot Above}]O_2\text{peak}$ ), koncentracije laktata u krvi (BLa), ocjena percipiranog napora (RPE), a i triaksijalna i jednoosna metrika PlayerLoad zabilježeni su tijekom svakog ispitivanja. Metrika PlayerLoad zabilježena je i na vratnoj i na lumbalnoj kralježnici. BLa se značajno povećao tijekom ciklusa, s višim vrijednostima zabilježenim u ispitivanju treninga s fokuserima (fokuseri=  $2,7 \pm 0,8$  mmol·L; vreća=  $2,3 \pm 0,9$  mmol·L). Sličan odgovor također je identificiran za HRave (fokuseri=  $160 \pm 9$  b·min; vreća=  $150 \pm 16$  b·min) i  $V[\text{Combining Dot Above}]O_2\text{ave}$  podatke (fokuseri=  $38,00 \pm 0,31$  ml·kg·min; vreća=  $34,40 \pm 1,06$  ml·kg·min). Značajan glavni učinak na vrijeme također je zabilježen za podatke RPE. Međutim, nije bilo značajnih razlika između ispitivanja. Suprotno tome, triaksijalni (PLTotal) i medijalno-lateralni (PLML) podaci bili su viši u ispitivanju s vrećom za udaranje. Postojao je i glavni učinak na vrijeme za sve metrike PlayerLoad. PLTotal, PLML i vertikalno PlayerLoad bili su značajno veći u lumbalnoj regiji u usporedbi s cervikalnom regijom. S implikacijama za specifične

pripreme za boks, rad na fokuserima bio je fiziološki zahtjevniji, ali manje mehanički zahtjevan od rada na vreći.

Kada govorimo o istraživanjima biokemijskih ili fizioloških pokazatelja opterećenja u boksu, i to baš u natjecateljskom pogledu, svakako treba istaknuti i istraživanje koje su proveli Slimani i suradnici (2017). Oni u tom radu ispituju aspekte izvedbe i fiziološke odgovore u muškim amaterskim boksačkim natjecanjima. Cilj ovog pregleda bio je predstaviti podatke o analizi performansi (vremensko-pokretna i tehničko-taktička analiza) i fiziološkim odgovorima (tj. koncentracija laktata u krvi [BLC], broj otkucaja srca i potrošnja kisika) tijekom simuliranih i službenih borbi muškaraca početnika i elitnih muškaraca amaterskih boksačkih natjecanja u bilo kojoj dobnoj kategoriji. Ovaj pregled pokazuje da je boksačko natjecanje visokointenzivan udarački borilački sport. Obično je omjer aktivnosti i odmora bio veći kod elitnih (18:1) nego kod početnika (9:1) boksača i značajne su razlike uočene između rundi (prva runda = 16:1, druga runda = 8:1 i treća runda = 6:1) kod boksača početnika. Dakle, ukupno vrijeme zaustavljanja i ukupna stop-frekvencija porasli su u sljedećim rundama kod boksača početnika. Tehničko-taktički aspekti u boksačkim borbama za elitne boksače i boksače početnike bili su različiti između rundi i ovisili su o ishodu meča (tj. pobjednici protiv gubitnika). Konkretno, pregled naglašava da su kombinacije trostrukih udaraca, ukupne kombinacije, kombinacije blok- i protuudara, totalni udarci u glavu, učinkovitost tehničke izvedbe i učinkovitost obrambenih i ofenzivnih vještina mogli doprinijeti pobjedi kod početnika i elitnih igrača boksačka natjecanja. Uočene su i veće frekvencije tehničkih pokreta u elitnim u odnosu na boksače početnike. S fiziološke točke gledišta, BLC se značajno povećao u odnosu na prvu rundu nakon treće runde u boksačkom meču za početnike. Također je bio viši u službenim nego u simuliranim elitnim boksačkim mečevima u seniorskim u usporedbi s juniorskim boksačima i u srednjoj teškoj kategoriji u usporedbi s lakim i srednje teškim kategorijama u juniorskoj boksačkoj konkurenciji. Veći postotak maksimalnog otkucaja srca (%HRmax) i maksimalnog unosa kisika ( $V[\text{Combining Dot Above}]\text{O}_2\text{max}$ ) zabilježen je u trećoj rundi u usporedbi s rundama 2 i 1 u elitnom boksačkom natjecanju. Zaključno, ovi su podaci korisni i za tehničko-taktičke i za fizičke pripreme. Oni zaključuju da boksačke i kondicijske trenere treba poticati da prilagode svoje treninge u skladu s tim posebnim karakteristikama, posebno u pogledu dobi, razine sudionika, težinskih kategorija i vrsti natjecanja.

U prilog tome govore i rezultati našeg istraživanja u kojem smo analizirajući vrijednosti prosječne i maksimalne frekvencije srca ukupno tijekom sve tri runde, potvrdili numeričke razlike u korist boksačke borbe. Statistički značajna razlika utvrdi se analizom samo u jednoj kategoriji, i to promatrajući prosječnu frekvenciju srca u trećoj rundi, ponovo s višim

vrijednostima tijekom boksačke borbe. Tablice 28. i 29. prikazuju vrijednosti frekvencije srca tijekom tri runde po tri minute s po jednom minutom odmora između rundi u boks i kickboxing borbi, kod 20 vrhunskih sportaša uključenih u naše istraživanje. Navedeno ponovno pokazuje nešto viši intenzitet u borbama u boksu kod kojih se konstatntno prikazuje nešto viša frekvencija srca nego u borbama kickboksa što se može protumačiti s većim dijapazonom kretanja tijekom borbe i većom pokretljivošću u boksačkim borbama. Razlog veće pokretljivosti leži upravo u činjenici da kod boksača noge služe za neprekidno kretanje dok kod kickboxinga uz funkciju kretanja, nogama je potrebno zadavati udarce i vršiti blokade i obrane od udaraca. Također, s obzirom da se u boksu koristi manji broj mišićnih skupina koji su i manji tjelesnom masom lakše ih je češće koristiti i izvoditi akcije jer je za pokretanje potrebna manja momentalna količina energija pa je i iz tog razloga lakše kontinuirano održavati višu razinu frekvencije srca dužem periodu.

Rezultati K-s testa ukazuju da varijable ne odstupaju statistički značajno od normalne distribucije. Također uviđa se da kod boksačkih borbi i kod kickboxing borbi vrijednosti frekvencije srca progresivno rastu tijekom borbe.

Uvidom u rezultate razvidno je da postignute razine frekvencije srca tijekom rundi progresivno rastu i u borbama po boksačkim pravilima, kao i u borbama po kickboxing pravilima. Tako se uviđa da prosječna vrijednost frekvencije srca tijekom prve runde iznosi približno oko 180,35 u kickboxingu, dok kod boksačke borbe u prvoj rundi ta vrijednost iznosi 181,31 otkucaja u minuti. Tijekom druge runde prosječna vrijednost frekvencije srca u kickboxingu iznosi približno 181,68. Tijekom boksačke borbe ona iznosi 183,83 otkucaja u minuti. Kod treće runde vrijednost prosječne frekvencije srca tijekom posljednje, treće runde u kickboxing izvedbi iznosi približno 184,46, dok kod boksačke izvedbe prosječna vrijednost frekvencije srca iznosi približno 186,52. Kada se promatra prosječna maksimalna frekvencija srca, koja je postignuta tijekom prve runde kod kickboxing borbe, uviđa se da je dostigla razinu od približno 186,47, dok je ta vrijednost kod boksačke borbe 186,43 otkucaja u minuti. Tijekom druge runde prosječna maksimalna vrijednost frekvencije srca u kickboxingu iznosi približno 189,93. U boksačkoj izvedbi ona iznosi približno 189,27 otkucaja u minuti. U posljednjoj, trećoj rundi prosječna maksimalna vrijednost frekvencije srca kod kickboxing izvedbe je 191,4. U boksu ta vrijednost iznosi približno 192,23 otkucaja u minuti. Ako analiziramo ukupnu prosječnu vrijednost frekvencije srca tijekom sve tri runde zajedno, uviđamo određenu numeričku razliku u korist boksačke borbe odnosno kod boksa prosječna vrijednost frekvencije srca kod sve tri runde ukupno iznosi približno 184,14 u odnosu na približno 182,23 otkucaja u minuti kod kickboxinga. Također vrlo mala numerička razlika u korist boksačke borbe uviđa se i kod

vrijednosti prosječne maksimalne frekvencije srca kada se gledaju sve tri runde zajedno te ona kod boksa iznosi 189,5 u odnosu na približno 189,22 kod kickboxing izvedbe.

Kod boksačkih borbi razvidno je da se prosječna frekvencija srca po rundama kreće tako da u prvoj rundi iznosi oko 181 otkucaja u minuti, u drugoj rundi gotovo 184 otkucaja, a u trećoj oko 186,5. Progres vrijednosti frekvencije srca uočljiv je i kod maksimalnih vrijednosti tijekom borbi. U prvoj rundi ona je oko 186,5 otkucaja po minuti, u drugoj je oko 189 otkucaja, dok u trećoj ide više od 192.

Kod kickboxing borbi prosječna frekvencija srca po rundama raste tako da tijekom prve runde iznosi oko 180 otkucaja po minuti, tijekom druge runde gotovo 182 otkucaja, a tijekom treće iznosi oko 184,5. Vrijednost maksimalne frekvencije srca po rundama također raste. U prvoj rundi je iznosila oko 186,5 otkucaja u minuti, tijekom druge runde oko 190 otkucaja, a tijekom treće runde popela se na otprilike 191,5.

Ono što se uočava, osim blage numeričke razlike u vrijednostima u korist boksačkih borbi, jest i činjenica da su oscilacije u minimalnim i maksimalnim vrijednostima frekvencije srca dosta veće kod kickboxing borbi nego kod boksačkih borbi. Ovi rezultati mogu se protumačiti činjenicom da kod kickboxing borbi postoje tehnike kod kojih se treba pokrenuti cijeli muskularni sustav pa na trenutke frekvencija srca radikalno naraste, ali onda treba i više vremena da sportaš prikupi energiju za novu akciju. Kod boksa je numerički vidljivo veće prosječno opterećenje jer se u akcijama troši kontinuirano podjednaka količina energije i kod napadačkih i kod obrambenih akcija, ali su iz istog razloga i oscilacije u vrijednostima frekvencije srca dosta manje. Dakle, uočava se veliko opterećenje i tijekom boksačke i tijekom kickboxing izvedbe, ali boksačko je opterećenje kontinuirano i bez prevelikih oscilacija te boksači uspijevaju zadržati visoki tempo borenja upravo iz razloga jer nemaju velikih oscilacija u frekvenciji srca i manje je globalno opterećenje. Čini se da je takva situacija kod koje postoji osim numeričke i značajna statistička razlika u srčanoj frekvenciji u korist boksa u trećoj rundi, produkt većeg globalnog zakiseljenja kod kickboxinga što se potvrdilo nakon obrade podataka dobivenih kod fizioloških pokazatelja opterećenja laktata i laktat dehidrogenaze (tablice br. 31., 32., 33. i 34.). Iz razloga takog velikog zakiseljenja kickboksači tijekom treće runde više nisu mogli zadržati kontinuirano prosječno veću frekvenciju srca.

U svojem istraživanju Karadağ (2017) je uspoređivao vrijednosti otkucaja srca (HR) i laktata u krvi (BL) kickboksača tijekom kickboxing meča. Ovo istraživanje provedeno je uz sudjelovanje 18 sportaša i 16 sportašica na prvenstvu Turske u kickboxingu, u organizaciji Turskog kickboxing saveza. Iako nije pronađena značajna razlika između dobi, HR prije borbe, HR nakon meča, BL prije i poslije borbi muškaraca i žena kickboksača, statistički je utvrđena

značajna razlika između visine ( $P < 0,05$ ) i tjelesne mase ( $P < 0,01$ ) sportaša. Dobna raspodjela sportaša određena je kao 14-23, a srednja dobna distribucija  $17,03 \pm 2,41$ . HR kod sportaša razlikuju se ovisno o razdobljima prije i poslije borbe ( $P < 0,001$ ). Kako se HR frekvencije povećavaju za 29,4 % prema HR prije borbe bez obzira na spol, taj je porast utvrđen 31,4 % za sportaše i 27,2 % za sportašice. Dok se BL sportaša nakon meča povećava za 4,02 puta u odnosu na prije meča bez obzira na spol, ovaj je porast 4,20 za boksače i 3,82 kod kickboksaića. Mečevi i runde za HR i BL koncentracije pokazale su važnost aerobnog metabolizma u kickboxingu. Međutim, značajan porast HR i BL tijekom simuliranog meča ukazala je da je anaerobni metabolizam također važan u kickboxingu.

S obzirom na to da boks i kickboxing pripadaju širokoj obitelji borilačkih sportova, vrlo je zanimljivo proučiti istraživanja koja su provedena u srodnim, posebice ringovnim udaračkim sportovima. Tako su zanimljivo istraživanje u tajlandskom boksu, koji ima puno zajedničkih elemenata s K-1 kickboxing disciplinom, proveli Cappai i suradnici (2012). Oni su u svojem radu istraživali fiziološke odgovore te su analizirali borbe u tajlandskom boksu. Ova je studija osmišljena za mjerenje određenih fizioloških varijabli povezanih s potrebom za energijom s analizom mečeva tajlandskog boksa. Angažirano je dvadeset kvalitetnih muških boraca koji su izvršili laboratorijski inkrementalni preliminarni test kako bi procijenili njihov maksimalni unos kisika i anaerobni prag. Zatim su bili uključeni na pravim natjecanjima tajlandskog boksa. Tijekom mečeva prikupljene su vrijednosti otkucaja srca (HR) i laktata u krvi (BLa). Štoviše, borbe su snimljene i analizirane za naknadno određivanje korištenih tehnika. Procijenjene su razlike između pobjednika i poraženih. Tijekom mečeva HR je bio u prosjeku  $178,9 \pm 0,3$  bpm (tj. blizu maksimalne razine postignute tijekom preliminarnog testa), dok je BLa bio  $9,72 \pm 0,6$  mmol/L. Nije bilo razlike u HR i BLa između pobjednika i gubitnika. Pobjednici i gubitnici ostvarili su slične brojke i kardiovaskularni aparat jako je bio napregnut bez razlike između pobjednika i gubitnika. Štoviše, uspješni sportaši koriste isti broj tehnika kao i gubitnici, ali s većom učinkovitošću, što ukazuje na to da strategija treninga treba imati za cilj razvoj visokih tehničkih vještina.

U skladu s ovim rezultatima, i u našem istraživanju je zabilježen značajan porast koncentracije laktata u krvi nakon meča u odnosu na prije meča, u skupini vrhunskih sportaša pri kickboxing izvedbi (tablica br. 31.). Ipak, za razliku od turske studije provedene među sudionicima nacionalnog prvenstva u kickboks, kod naših smo ispitanika uočili značajno veći porast, od inicijalnih vrijednosti  $1,64 \pm 0,5$  mmol/l pred borbu, koncentracija laktata u kickboksaića nakon meča raste na prosječnim  $11,62 \pm 2,60$  mmol/l, što predstavlja porast od 7,06 puta (tablica br. 31.), u usporedbi s 4,02 puta o čemu izvješćuje Karadag. S druge strane, promatrajući dinamiku

frekvencije srca tijekom tri runde kickboxing meča, kao i u turskoj studiji bilježi se logičan kontinuiran porast, kako prosječne vrijednosti tako i maksimalne frekvencije srca.

Komparirajući s rezultatima talijanskog tima, Cappai i suradnika, koji su analizirali frekvenciju srca i kretanje serumskih laktata tijekom borbe u tajlandskom boksu, možemo primijetiti kako su kod naših ispitanika zabilježene više prosječne ukupne vrijednosti frekvencije srca tijekom tri runde u boks i kickboxing natjecateljskoj izvedbi ( $184,14 \pm 5,06$  i  $182,23 \pm 5,41$ ), (tablica br. 30.), kao i vrijednosti serumskog laktata nakon kickboxing borbe ( $11,62 \pm 2,6$ ), (tablica br. 31.). S druge strane, vrijednosti laktata u krvi nakon boksačke natjecateljske izvedbe bile su gotovo istovjetne onima u talijanskoj studiji ( $9,90 \pm 2,94$ ).

Dobivene rezultate našeg istraživanja analizirali smo primjenom t-testa tako da smo detaljno uspoređivali rezultate prosječnih vrijednosti frekvencije srca po svakoj rundi prosječno, a potom i sveukupno za vrijeme trajanja cijele borbe, kao i maksimalne vrijednosti frekvencije srca po svakoj rundi i sveukupno tijekom tri runde (tablica br. 30.).

Iz navedenih rezultata možemo zaključiti da u sveukupnom zbroju borbe u tri runde statistički značajne razlike ne postoje. Postoji statistički značajna razlika samo u posljednjoj, trećoj rundi. Po rezultatima t-testa također uočavamo kako vrijednosti frekvencije srca kontinuirano rastu tijekom borbe i najviši su rezultati uočeni u trećoj rundi i kod boksa i kod kickboxinga. Iako ne postoje statistički značajne razlike u vrijednostima sveukupne frekvencije srca između boksa i kickboxing borbe, uočavaju se numeričke razlike u vrijednostima frekvencije srca koje nisu značajne, ali pokazuju nešto više vrijednosti frekvencije srca tijekom boksačke borbe nego kod kickboxing borbe. Te male numeričke razlike u korist boksačke izvedbe očitavaju se u prosječnim vrijednostima frekvencije srca pojedinačno u svakoj od tri runde i naravno u sveukupnom prosjeku ( $183,92$  kod boksa nasuprot  $182,23$  kod kickboxinga). Kod maksimalne frekvencije srca ta je razlika sveukupno još niža i vrijednosti su gotovo istovjetne ( $189,35$  kod boksa nasuprot  $189,22$  kod kickboxinga). Za razliku od prosječnih vrijednosti frekvencije srca, kod koje u sve tri runde ipak vidimo kako postoji mala razlika u korist boksačke borbe, uočavamo također da je kod kickboxing borbe veća vrijednost maksimalne frekvencije srca u drugoj rundi u odnosu na boks ( $189,12$  kod boksa nasuprot  $189,93$  kod kickboxinga). Ključna i jedina statistički značajna razlika uočava se kod vrijednosti srčanih frekvencija tijekom posljednje treće runde. Te vrijednosti su osim numeričke i statistički značajne, a uvidom u rezultate ostalih pokazatelja fiziološkog opterećenja, laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze uočava se da su kod sva tri ostala parametra numerički vidljive razlike u korist kickboxinga. Osim numeričke razlike kod sve tri varijable vidljiva je i statistički značajna razlika u korist kickboxinga kod varijabli laktata i laktat-dehidrogenaze (tablice br. 31., 32., 33.



i 34.). Baš ti rezultati potvrđuju veću globalnu zakiseljenost kod kickboksaca, iz čega možemo zaključiti kako upravo zbog veće globalne zakiseljenosti organizma kickboksaci nisu mogli zadržati visoku razinu frekvencije srca.

Zaključno ostaje činjenica da su isti mehanizmi pokrenuti kod boksa i kickboxinga te da su ova dva sporta funkcionalno, ako gledamo samo parametar frekvencije srca, vrlo slični te da se za razvoj sposobnosti treba služiti vrlo sličnim trenažnim i kondicijskim alatima. Osim rada na anaerobnim sposobnostima koje bi trebale podignuti razinu izvedbe tijekom boksačkih i kickboxing borbi treba naglasiti i to da aerobni trening u ovom slučaju može biti čimbenik koji pomaže u odmoru između rundi.

U svojem istraživanju El-Ashker i Nasr (2012) proučavaju učinak vježbi boksa na fiziološke i biokemijske odgovore egipatskih boksača. Sedamnaest egipatskih elitnih muških boksača (dobni raspon 18-23 godine) registriranih u Egipatskom boksačkom savezu, sudjelovali su u istraživanju. Fiziološke i biokemijske mjere dobivene su na početku i na kraju programa boksačkog treninga. Slijeđen je Studentov (T) test kako bi se ispitale vrijednosti prije i poslije testa. Podaci su pokazali da su boksačke vježbe povezane sa značajnim smanjenjem ( $p < 0,05$ ) otkucaja srca u mirovanju ( $HR_{rest}$ ), otkucaja srca oporavka nakon jedne minute ( $RHR1.$ ), oporavka otkucaja srca nakon druge minute ( $RHR2.$ ), otkucaja srca oporavka nakon treće minute ( $RHR3.$ ), vrijednosti omjera respiratorne izmjene ( $RER$ ) i koncentracije laktata ( $BL$ ) u krvi, dok su povezani sa značajnim povećanjem ( $p < 0,05$ ) vršnog otkucaja srca ( $HR_{Peak}$ ), relativnog i apsolutnog  $VO2Max$ , kreatin-kinaze ( $CK$ ) i laktata-dehidrogenaze ( $LDH$ ). Statistike autora pokazuju značajne fiziološke i biokemijske promjene na koje značajno utječu boksačke vježbe kod elitnih boksača. Ispitivanje odnosa povezanih s učincima treninga na fiziološke i biokemijske aspekte dodaje nove dimenzije koje mogu pomoći u procjeni, usmjeravanju i razvoju programa treninga.

Rezultati našeg istraživanja u skladu su sa zapažanjima egipatskog tima u studiji provedenoj među elitnim boksačima. Među 20 vrhunskih sportaša u našoj studiji zabilježene su također značajne fiziološke promjene na osnovu praćenja dinamike frekvencije srca kao i biokemijske promjene na osnovu porasta koncentracija biomarkera opterećenja, tijekom i nakon boksačke natjecateljske izvedbe. Kao što je već prethodno spomenuto, naše istraživanje pruža i dodatne uvide direktnom komparacijom izvedbe iste skupine elitnih sportaša u boksačkoj borbi u odnosu na kickboxing borbu. Rezultati analize pokazatelja fiziološkog opterećenja, laktata, laktat-dehidrogenaze i kreatin-kinaze, potvrdili su numeričke razlike u korist kickboxinga u svim kategorijama. Razinu statističke značajnosti dosežu zabilježene razlike kod varijabli laktata i laktat-dehidrogenaza i to nakon završetka borbe, s višim vrijednostima kod kickboxing

izvedbe ( $p=0.014$  i  $p=0.002$ ). Analiza razlika u vrijednosti serumske kreatin-kinaze pokazala je također numerički značajne razlike u korist kickboxing izvedbe, kako nakon zagrijavanja prije same borbe tako i nakon završetka borbe, no ove razlike ne dosežu statističku značajnost (tablice br. 31., 32., 33., 34., 35 i 36.).

Uvidom u rezultate koje smo dobili deskriptivnom statistikom uočava se numerička razlika između vrijednosti koncentracije laktata u krvi nakon borbe (tablica br. 31.). Rezultati su potvrdili kako je prosječna razina koncentracije laktata u krvi nakon kickboxing borbe veća (11,62) nego nakon boksačke borbe (9,905). Minimalna je razlika i u koncentraciji laktata prije same borbe, a nakon zagrijavanja, također u korist kickboxinga (1,520 kod boksa nasuprot 1,645 kod kickboxinga). Takve brojke produkt su uporabe više mišićnih skupina tijekom zagrijavanja, a potom i tijekom same izvedbe. Razvidno je da se tijekom kickboxing borbe koriste i tehnike udaranja nogama i koljenima koje u boksu nisu dopuštene pa se za mobilizaciju tih ekstremiteta trebaju koristiti i brojnije mišićne skupine čija aktivacija potom uzrokuje i veće globalno zakiseljenje cijelog organizma.

Uvidom u dobivene rezultate t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti laktata, dolazimo do zaključka kako postoji statistički značajna razlika u koncentraciji laktata u krvi između borbe u boksu i borbe u kickboxingu (tablica br. 32.). Sagledavajući brojke uviđa se da kod boksa prosječne vrijednosti laktata prije borbe iznose 1,52, a nakon završetka prosječne vrijednosti koncentracije laktata u krvi iznose 9,905, što predstavlja porast od 6,51 puta. Kod kickboxing borbe prosječna vrijednost koncentracije laktata u krvi prije borbe iznose 1,645, dok po završetku kickboxing borbe prosječna vrijednost koncentracije laktata u krvi iznosi 11,62, što predstavlja ukupni porast od 7,06 puta. S obzirom na to da je i temeljem rezultata deskriptivne statistike razvidno da postoji i numerička razlika u vrijednostima ovog biokemijskog pokazatelja opterećenja može se konstatirati da kod kickboxing borbe ipak postoji nešto veće opterećenje za organizam.

Kako je već naglašeno, u literaturi je dostupan vrlo mali broj istraživanja posvećenih ovoj temi. Istraživanje koje se bavilo sličnim temama, ali u usporedbama drugih borilačkih sportova odnosno drugih kickboxing disciplina, jest recentni rad Ouerguia i suradnika (2021) koji proučava fiziološke odgovore, analizira vremena i kretanja u kickboxingu te utvrđuje razlike između natjecanja u *full contactu*, *light contactu* i *point fightu*. Ovaj rad istraživao je fiziološke odgovore i vremensku strukturu kickboxing disciplina (*full contact*, *light contact* i *point fighting*). Procijenjeni su laktat u krvi [La] prije i poslije borbe, srednja brzina otkucaja srca (HRmean), postotak vremena provedenog u zonama HR i ocjena percipiranog napora. Vrijeme provedeno u aktivnostima visokog intenziteta (HIA), aktivnostima niskog intenziteta (LIA) i

sudačkim pauzama (P) bilježeno je prema rundama (R) i kickboxing stilovima. [La] se statistički značajno povećao nakon borbi u kickboxingu ( $p < 0,001$ ) i bio je viši nakon *light contacta* u usporedbi s borbama u *point fightu* ( $p = 0,029$ ). HRmean se nije razlikovao između kickboxing disciplina ( $p = 0,200$ ). Međutim, više je vremena utrošeno na HR zone 4 i 5 (Z4: 80-90 % i Z5: 90-100 % HRmax) nego u drugim zonama (sve  $p < 0,001$ ). Ocjena percipiranih rezultata napora bila je viša nakon *light* i *full contact* borbi u usporedbi s borbama u *point fightu* ( $p = 0,007$  i  $0,093$ , uvjetno). Aktivnosti visokog intenziteta, LIA-i i pauze nisu se statistički razlikovale po krugovima ( $p > 0,05$ ). Štoviše, vrijednosti HIA bile su niže od LIA (sve  $p < 0,001$ ), a HIA i LIA su bile veće od pauze za sve runde i stilove (sve  $p < 0,001$ ). *Full contact* izazvao je viši HIA u usporedbi s *point fightom* ( $p = 0,003, 0,001$  i  $0,002$  za rundu 1, 2 odnosno 3). Treneri i profesionalci za snagu i kondiciju trebali bi naglasiti razvoj anaerobne i mišićne snage za sve discipline, posebno za *full contact* i *light contact* i maksimalno povećanje aerobne snage ciljanjem na specifične HR zone. Štoviše, režim treninga može uključivati intervalni trening visokog intenziteta kako bi oponašao specifičnost ovih sportova korištenjem omjera napor-pauza prema različitim kickboxing disciplinama.

I ovdje možemo naglasiti rezultate našeg istraživanja koji govore u prilog značajnog fiziološkog opterećenja u kickboxing natjecateljskoj izvedbi, koje se pokazalo nešto veće u odnosu na natjecateljsku izvedbu u boksu, koje također možemo objasniti angažiranošću većeg broja i skupina mišića i mišićnih sklopova pri izvođenju tehnika napada i obrane odnosno izvodeći brojne tehničko taktičke sklopove koji zahtijevaju veću energiju i time doprinose prikazu većih vrijednosti pokazatelja fizioloških opterećenja.

Vrlo zanimljivo istraživanje koje se bavi sličnim temama, i to baš u K-1 disciplini kickboxinga, jest rad Rydzika i suradnika (2021) u kojem proučavaju fiziološke odgovore te analiziraju borbe kod elitnih kickboksača tijekom međunarodnih kickboxing natjecanja po K-1 pravilima. Cilj ovog istraživanja bio je istražiti fiziološke reakcije tijekom prave sportske borbe te izvršiti tehničko-taktičku analizu kickboxing borbe prema pravilima K-1. Istraživanje je provedeno tijekom dva ciklusa međunarodne kickboxing lige po K-1 pravilima u skupini od 15 elitnih sportaša. U stvarnom sportskom dvoboju ocjenjivani su pokazatelji tehničko-taktičke uvježbanosti. Razina laktata u krvi (LA) i broj otkucaja srca (HR) izmjereni su tijekom i nakon napada. Rezultati istraživanja pokazali su da je učinkovitost napada bila u prosjeku  $59,3 \pm 2,7$ , učinkovitost  $50,3 \pm 10,01$ , a aktivnost  $112,3 \pm 29$ . Najviša koncentracija LA bila je  $14,6 \pm 1,9$  mmol/L. Koncentracija LA nije se smanjila na početnu vrijednost nakon 20 minuta oporavka. Temeljem rezultata utvrđeno je da borba u kickboxingu izaziva jak fiziološki stres za sudionike.

Prijavljene koncentracije HR i LA pokazuju da je intenzitet borbe bio blizu maksimalnog, a anaerobni metabolizam igra važnu ulogu tijekom borbe.

Vidimo kako je najviša koncentracija laktata među elitnim kickboksačima zabilježena u ovom istraživanju, nešto viša od one zabilježene u skupini naših ispitanika nakon natjecateljske kickboxing izvedbe ( $14,6 \pm 1,9$  vrs  $11,62 \pm 2,6$ ). Rezultati našeg istraživanja potvrdili su s druge strane statistički značajno više vrijednosti koncentracije laktata u krvi (tablica br. 31.) nakon borbe u kickboxingu u odnosu na borbu u boksu ( $p=0.014$ ). Vrijednosti serumskog laktata prije same borbe, nakon zagrijavanja, također su više u kickboxingu, ali ne dosežu statističku značajnost. Sve navedeno govori u prilog značajnog fiziološkog opterećenja u kickboxing izvedbi i naglašava važnu ulogu anaerobnog metabolizma u ovom zahtjevnom sportu.

Kada govorimo o radovima, u kojima se istražuju pokazatelji opterećenja kod K-1 kickboxing discipline kao discipline koja je u svijetu borilačkih sportova u posljednjih nekoliko desetljeća u velikoj ekspanziji, trebamo istaknuti i rad Cimadoroa (2018) u kojem istražuje akutne neuromišićne, kognitivne i fiziološke odgovore na natjecanje u kickboxingu. Ova studija opisuje neuromišićne, metaboličke i kognitivne odgovore na službenu K-1 kickboxing borbu kod osam kickboksača. Mjerenja prije i poslije natjecanja uključivala su jednostavan test vremena reakcije (SRT), skok u suprotnom pokretu (CMJ), laktat u krvi (BLA) i ocjenu percipiranog napora (RPE). Dodatno, volumen udaraca svakog sudionika izvučen je iz analize podudaranja. Rezultati su pokazali da borba nije utjecala na visinu CMJ-a ( $P=0,230$  max;  $P=0,208$  prosjek). SRT je povećan nakon borbe ( $P=0,004$ ). Najviša koncentracija BLA bila je  $15,3 \pm 1,6$  mmol/L, dvije minute nakon borbe. RPE se povećao nakon borbe ( $P<0,001$ ). Analiza borbe pokazala je ukupno  $86 \pm 23$  udaraca. Za runde 1, 2 i 3, distribucija udaraca bila je 32,7 %, 32,6 % i 34,7 %. Ukupni udarci rukom bili su značajno veći ( $P<0,001$ ) od udaraca koljenima. Ukupni udarci nogom također su bili značajno veći od udaraca koljenima ( $01P=0,002$ ). Nije pronađena razlika između broja udaraca rukom i nogom ( $P=0,952$ ). Postojala je pozitivna korelacija ( $P=0,029$ ;  $r=0,76$ ) između zbroja svih udaraca u prva dva kruga i  $\Delta$ BLA. broj radnji. Nadalje, rezultati ove studije sugeriraju da visina CMJ-a nije bila osjetljiva na specifičan akutni umor izazvan borbom.

I ovdje možemo uočiti više maksimalne koncentracije laktata u krvi nakon borbe u kickboxingu u odnosu na rezultate naše studije ( $15,3 \pm 1,6$  vrs  $11,62 \pm 2,6$ ), (tablica br. 31.). Važno je naglasiti kako se radilo o značajno manjem broju uključenih sportaša u ovo istraživanje u odnosu na naše (8 vrs 20) što u konačnici može imati upliva u konačne rezultate i na mogućnost usporedbe.

Od radova u kojima su autori istraživali biokemijske pokazatelje opterećenja u K-1 kickboxingu svakako treba istaknuti i istraživanje Rydzika i suradnika (2022) koji u svojem radu istražuju

kiselinsko-baznu ravnotežu, zasićenost krvnim plinovima i tehničko taktičke vještine u kickboxing borbama prema K-1 pravilima. Kiselinsko-bazna ravnoteža (ABB) glavna je komponenta homeostaze koja je određena učinkovitim funkcioniranjem mnogih organa, uključujući pluća, bubrege i jetra te pravilnom razmjenom vode i elektrolita između ovih komponenti. Napori koje tijekom natjecanja ulažu sportaši borilačkih sportova poput kickboksaca zahtijevaju vrlo dobar anaerobni kapacitet koji se, kako su istraživanja pokazala, može poboljšati davanjem natrijeva bikarbonata. Borilačke sportove također karakterizira otvorena struktura zadataka, što znači da se kognitivne i izvršne funkcije moraju održavati na odgovarajućoj razini tijekom borbe. Cilj ovog istraživanja bio je analizirati promjene ABB-a u kapilarnoj krvi, mjereći razine  $H^+$ ,  $pCO_2$ ,  $pO_2$ ,  $HCO_3^-$ , BE i ukupne molarne koncentracije  $CO_2$  ( $TCO_2$ ) koje su zabilježene tri, a potom i 20 minuta nakon tri runde kickboxing borbe te razina tehničkih i taktičkih vještina prikazanih tijekom borbe. U istraživanju je sudjelovalo 14 kickboksaca s najvišom razinom vještina (razina prvaka). Statistička usporedba navedenih varijabli zabilježenih prije i poslije borbe urađena je korištenjem Friedmanove ANOVA. Rezultati koji su dobiveni tri minute nakon borbe,  $H^+$  i  $pO_2$  bili su viši za 41% odnosno 11,9%, dok su  $pCO_2$ ,  $HCO_3^-$ , BE i  $TO_2$  manji za 14,5%, 39,4%, 45,4% i 34,4%. Nadalje, 20 minuta nakon borbe sve su varijable imale tendenciju normalizacije i nisu se značajno razlikovale u odnosu na početne vrijednosti. Rezultati u aktivnosti napada značajno su korelirali ( $r= 0,64$ ) s promjenama  $TCO_2$ . Temeljem rezultata može se zaključiti da poremećaji u ABB-u i promjene zasićenosti krvi kisikom i ugljičnim dioksidom uočene neposredno nakon borbe ukazuju na to da anaerobni metabolizam igra veliku ulogu u kickboxing borbi. Zaključak njihovog rada je da anaerobni trening treba biti uključen u programe snage i kondicije za kickboksace kako bi se sportaši pripremili za fiziološke zahtjeve sportske borbe.

Iako su u našem istraživanju korišteni drugi biomarkeri fiziološkog opterećenja, izvedeni zaključci o globalnoj zakiseljenosti sportaša kod kickboxing natjecateljske izvedbe sukladni su rezultatima ovog recentnog istraživanja. Interesantno je za naglasiti kako su u istraživanje Rydzika i suradnika također uključeni elitni sportaši kao i u našem istraživanju, iako ponovo nešto skromnijeg broja ispitanika.

Za razliku od toga, kada se proučavaju istraživanja biokemijskih pokazatelja opterećenja u boksu, ističe se rad Hanona i suradnika (2015) poglavito prema broju uključenih sportaša. Autori u ovom radu istražuju razine krvnih laktata i acidobazne ravnoteže boksača amatera svjetske klase nakon tri runde po tri minute borbe na međunarodnom boksačkom natjecanju. Kako bi se ispitale metaboličke reakcije u krvi boksača svjetske klase uključenih u međunarodna natjecanja (test meč), 33 muška boksača (prosječno 6 SD) koji se natječu na

međunarodnoj razini u svim službenim kategorijama težine proučavana su u dvije različite prilike: test meč 1 (tim A protiv tima B) i test meč 2 (tim A protiv ekipe C). Uzorci krvi uzeti su nakon treće runde za oba test meča za sve timove osim za tim B. Za sve test mečeve i boksače srednja koncentracija laktata u krvi ([BLac]), koncentracija bikarbonata, zasićenost hemoglobinom O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>), parcijalni tlak za CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>), i pH je bio: 13,6±2,4 mmol/L; 13,2 ±2,3 mmol/L; 95,0±2,6 %; 32,0±5,5 mm Hg i 7,22±0,06 sa 7/20 konačnih pH vrijednosti 7,2. Poluvelter kategoriju (60–64 kg) karakterizirao je najveći [BLac] (14,8±2,9) u usporedbi s najtežim i lakšim boksačima (12 mmol/L). Tijekom druge borbe (tim A protiv tima C) uočena je značajna razlika između vrijednosti pH, pCO<sub>2</sub> i SaO<sub>2</sub> bez istodobne razlike u [BLac] što ukazuje na bolji kapacitet puferiranja u timu A. Ovaj rezultat naglašava potrebu za dobro razvijenim anaerobnim i puferskim kapacitetom i ukazuje na to da boksači svjetske klase moraju biti sposobni tolerirati znatnu razinu acidoze kako bi proizveli visoku razinu boksačke aktivnosti do kraja meča.

Upravo slične zaključke donosimo na osnovu rezultata našeg istraživanja na temelju porasta laktata u krvi nakon natjecateljskih kickboxing izvedbi (tablica br. 31.) i time važnosti rada na anaerobnim sposobnostima natjecatelja.

Vrlo kvalitetno istraživanje, u kojem se autori bave uspoređivanjem različitih biokemijskih i fizioloških pokazatelja opterećenja između nekoliko različitih borilačkih sportova, svakako je rad Slimanija i suradnika (2017). Oni su ocjenjivali percipirani napor kako bi kvantificirali treninge i borbena opterećenja tijekom aktivnosti specifičnih za različite borilačke sportove. Cilj ovog rada bio je sažeti podatke koji se odnose na ocjenu metoda percipiranog napora (RPE) (RPE vrijednost i session-RPE) tijekom aktivnosti specifičnih za borilački sport (tj. natjecanja i treninga) na temelju mnogih čimbenika, uključujući vrstu natjecanja. (tj. službeni nastup nasuprot sparing treningu), borbene runde, dob sudionika i mišićnih skupina te njihova korelacija s fiziološkim varijablama (tj. koncentracija laktata u krvi [La] i broj otkucaja srca [HR]). Trenutačni pregled pokazuje veći RPE u meču mješovitih borilačkih vještina (MMA) od mečeva brazilskog jiu-jitsua i kickboxinga tijekom natjecateljskog razdoblja u usporedbi s prednatjecateljskim razdobljem. To bi se moglo objasniti dužim trajanjem borbi, većim postotkom doprinosa aerobnog metabolizma u MMA-u od ostalih borilačkih sportova i razlikama u tipovima natjecanja (sparing u odnosu na službene borbe). Stoga je ovaj pregled pronašao značajne korelacije između RPE ili session-RPE, [La] i HR. Konkretno, postojala je jača korelacija između RPE i [La] tijekom službenog meča ( $r=0,81$ ) od borbenih sparinga ( $r=0,53$ ). Osim toga, prijavljena je varijacija korelacije (umjerene do velike) između metoda RPE sesije i metoda temeljenih na HR (tj. Edwardsovo opterećenje treningom [ $r$  se kretao između

0,58 i 0,95] i Banisterov impuls vježbanja [r se kretao između 0,52 i 0,86 ]. Konkretno, jača korelacija bila je očita u natjecanju u borilačkim sportovima koje zahtijevaju mnogo veći postotak doprinosa aerobnom metabolizmu (npr. karate) i kod odraslih sportaša nego u borilačkim sportovima koji se temelje na anaerobnim (npr. taekwondo) i mladim sportašima. Doista, trenutni pregled naglašava da su korelacije između metoda sesije-RPE i metoda temeljenih na HR bile veće tijekom službenog natjecanja nego na treninzima. Na sesiju-RPE utjecala je natjecateljska razina sudionika, intenzitet treninga (visoki prema niskim), modaliteti treninga (taktičko-tehnički vs. tehničko-razvojni naspram simuliranog natjecanja) i obujam treninga kod sportaša borilačkih sportova. Autori zaključuju da je ocjena percipiranog napora valjan alat za kvantificiranje unutarnjeg trenažnog i borbenog opterećenja tijekom kratkoročnih i dugotrajnih treninga te simuliranih i službenih natjecanja kod početnika i vrhunskih borilačkih sportaša. Nadalje objašnjavaju da obje metode RPE mogu biti pouzdanija mjera intenziteta ili napora kada su i anaerobni i aerobni sustavi značajno aktivirani. Autori zaključuju i da treneri, sportski znanstvenici i sportaši mogu rabiti metodu session-RPE za kvantificiranje kratkoročnih trenažnih i borbenih opterećenja kod odraslih sportaša tijekom prednatjecateljskog razdoblja mnogo više od dugotrajnog treninga i kod mladih sportaša tijekom natjecateljskog razdoblja. Također mogu koristiti RPE za praćenje borbenih i kratkoročnih i dugoročnih trening opterećenja kako bi bolje planirali i pomogli programima treninga i natjecanjima.

Ovo istraživanje, kao i više drugih prethodno navedenih, naglašava važnost sveobuhvatnog pristupa planiranju trenažnih procesa obzirom na dokazane izražene fiziološke i biokemijske promjene na koje značajno utječu boksačke, te, čini se još i značajnije, kickboxing vježbe kod elitnih sportaša. Naime, uvidom u deskriptivne pokazatelje laktat-dehidrogenaze prije i poslije završetka boksačke odnosno kickboxing borbe, u našem se istraživanju uočava da su vrijednosti numerički značajno veće nakon kickboxing borbe nego nakon boksačke borbe (tablica br. 33.). Prosječna vrijednost koncentracije laktat-dehidrogenaze u krvi prije samog početka kickboxing borbe iznosi 238, a nakon kickboxing borbe iznosi 277,35, dok prosječna vrijednost koncentracije laktat-dehidrogenaze u krvi prije boksačke borbe iznosi 229,35, a nakon boksačke borbe iznosi 255,75.

Ghosh i suradnici (1995) u svojem istraživanju proučavaju otkucaje srca i laktatni odgovor u krvi u boksu. Brzina otkucaja srca (HR) i reakcija na laktat u krvi proučavani su na 26 seniorskih boksača nacionalne razine u natjecateljskim borbama kako bi se istražio aerobno-anaerobni metabolizam i status treninga boksača. Broj otkucaja srca i koncentracija laktata u krvi mjereni su tijekom zagrijavanja i boksačkih rundi. Prosječni relativni VO<sub>2</sub> max boksača teške kategorije bio je niži ( $P < 0,05$ ) od druge dvije težinske kategorije. Nisu uočene razlike među kategorijama,

ni razlike među rundama u otkucajima srca i koncentraciji laktata u krvi boksača, osim u kategoriji od 48 do 57 kg. Prosječne razine laktata u drugoj i trećoj rundi bile su veće ( $P < 0,05$ ) nego u prvoj rundi. Kada su sve kategorije objedinile, srednja razina HR i laktata u krvi bila je 178 otkucaja/min odnosno 8,24 mMol/l. Istraživanje ističe da je u amaterskom boksu, bez obzira na težinsku kategoriju i aerobni kapacitet, anaerobna prilagodljivost boksača bila ista. Ciljevi tijekom treninga zahtijevaju da boksači podnose visoku razinu laktata u krvi (cca. 9,0 mMol/l) i visok HR (približno 180 otkucaja/min) tijekom ukupnog trajanja jedne borbe.

S time u skladu su i rezultati našeg istraživanja koji potvrđuju značajan porast laktata nakon borbi s višim dosegnutim razinama u odnosu na ovo istraživanje (tablica br. 31.). Također, možemo zaključiti kako su u našem istraživanju zabilježene više vrijednosti prosječne frekvencije srca tijekom tri runde u natjecateljskoj boksačkoj izvedbi, u odnosu na rezultate koje navode Ghosh i suradnici. S druge strane, uvidom u dobivene rezultate t-testa (tablica br. 34.) kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti laktat dehidrogenaze dolazimo do zaključka kako postoji statistički značajna razlika u koncentraciji laktat-dehidrogenaze u krvi između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. S obzirom na to da je temeljem rezultata deskriptivne statistike razvidno da postoji i numerička razlika u vrijednostima ovog biokemijskog pokazatelja opterećenja može se konstatirati da kod kickboxing borbe postoji veće opterećenje za organizam. Ponovno su takve brojke nastale kao produkt uporabe više mišićnih skupina tijekom zagrijavanja, a potom i tijekom same izvedbe. Razvidno je da se tijekom kickboxing borbe koriste i tehnike udaranja nogama i koljenima koje u boksu nisu dopuštene pa je za mobilizaciju tih ekstremiteta nužno koristiti i brojnije mišićne skupine čija aktivacija potom uzrokuje i veće globalno zakiseljenje cijelog organizma.

Istraživanja biokemijskih pokazatelja opterećenja ne trebaju se nužno bazirati na vađenjima krvnih uzoraka te upravo o toj temi u svojem radu pišu Volodchenko i suradnici (2019). U svojem radu oni istražuju korisnost izvođenja biokemijskih testova u slini kickboksča u dinamici treninga. Ovaj rad imao je cilj utvrditi prikladnost ispitivanja slina kickboksča za pokazivanje promjena biokemijskih parametara u dinamici treninga. U istraživanju je sudjelovalo osam elitnih muških sportaša (prosječna dob  $17,29 \pm 0,31$  godina, tjelesna masa  $66,82 \pm 3,46$  kg, s  $5,62 \pm 0,96$  godina trenažnog iskustva). Prije i poslije treninga definirani su pokazatelji peroksidacije lipida i glikolize (koncentracija mliječne kiseline i pirogroždane kiseline). Uočeno je značajno povećanje pokazatelja aktivnosti lipidne peroksidacije i koncentracije mliječne kiseline (četiri puta); analiza korelacijskih matrica potvrđuje odsutnost izraženih promjena. Istodobno je uočeno značajno smanjenje katalaze (10 puta s  $3,69 \mu\text{kat/L}$  na  $0,39 \mu\text{kat/L}$ ) i pirogroždane kiseline (s  $3,92 \mu\text{l/l}$  na  $0,55 \mu\text{kat/l}$ ). Ovi rezultati potvrđuju



vrijednost korištenja sline za određivanje trenažnog opterećenja kod pojedinca. Štoviše, studija je pružila informacije o važnosti indeksa koji odražavaju korelaciju različitih biokemijskih pokazatelja za procjenu dostatnosti trenažnog opterećenja. Jednostavnost uzorkovanja i informativni sadržaj sline razlozi su za korištenje ovakvih testova u praćenju funkcionalnog stanja sportaša kako bi se spriječio umor.

Vrlo zanimljivi rezultati ovog istraživanja ipak se moraju promatrati u kontekstu činjenice kako analiza biomarkera uzorkovanih iz sline do danas nije ušla u rutinsku uporabu, stoga izostaje mogućnost validne usporedbe. S druge strane, radi se o malom broju uključenih ispitanika u natjecateljskoj kickboxing izvedbi. Ipak, važno je naglasiti kako bi mogućnost neinvazivnog uzorkovanja za potrebe analize biokemijskih pokazatelja fiziološkog opterećenja sportaša zasigurno doprinjela dostupnosti i učestalosti uporabe, time i kvaliteti pristupa planiranju trenažnih procesa i samih natjecanja.

Kada proučavamo dosadašnja istraživanja, koja su bila metodološki usmjerena na pokazatelje biokemijskih opterećenja, posebice kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze, vrijedno je istaknuti i rad Callegaria i suradnika (2017). Oni su istraživali odgovore kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze nakon različitih protokola otpornosti i aerobnih vježbi. Cilj ovog istraživanja bio je istražiti odgovore kreatin-kinaze (CK) i laktat-dehidrogenaze (LDH) nakon izvođenja različitih protokola s otporom i aerobnim vježbama. Dvanaest rekreativno treniranih muškaraca (dob,  $23,2 \pm 5,6$  godina; tjelesna masa,  $84,3 \pm 9,3$  kg; tjelesna visina,  $178,9 \pm 4,5$  cm; i BMI,  $26,3 \pm 2,3$  kg·m<sup>2</sup>) dobrovoljno su sudjelovali u ovom istraživanju. Svi su subjekti nasumično raspoređeni u četiri eksperimentalna protokola (crossover): aerobni trening na 60 % VO<sub>2</sub>max; aerobni trening na 80 % VO<sub>2</sub>max; vježba otpora (RE) s bi-setom protokol; i RE sesiju s protokolom s više skupova. Uzorci krvi prikupljeni su prije, neposredno nakon i 24 sata nakon eksperimentalnih protokola. Nakon 24 sata došlo je do značajnog povećanja CK za 80 % VO<sub>2</sub>max protokola u odnosu na sesiju RE s bi-setom ( $p=0,016$ ). Neposredno nakon protokola primijetili smo značajno povećanje LDH među određenim skupinama u usporedbi s drugima, kako slijedi: više setova RE sesija vs. 60 % VO<sub>2</sub>max, bi-set RE sesija naspram 60 % VO<sub>2</sub>max, više setova RE sesija vs. 80 % VO<sub>2</sub>max i bi-set RE sesije u odnosu na 80 % VO<sub>2</sub>max ( $p = 0,008$ ,  $p = 0,013$ ;  $p = 0,002$ ,  $p = 0,004$ , respektivno). U zaključku, čini se da aerobna tjelovježba izvedena pri 80 % VO<sub>2</sub>max podiže razinu CK u plazmi više od sesija RE u dvije skupine. Međutim, činilo se da RE sesije s dva i više setova pokreću veće razine LDH u krvi u usporedbi s aerobnim protokolima koji se izvode pri 60 % i 80 % VO<sub>2</sub>max.

Iako se ovo istraživanje odnosilo na rekreativne sportaše, ono nedvojbeno potvrđuje zaključke koje možemo izvesti na temelju analize rezultata našeg istraživanja. U sve tri varijable koje smo

odabrali kao biomarkere fiziološkog opterećenja, laktat, laktat-dehidrogenaza i kreatin-kinaza, vidljiva je numerički značajna razlika u korist kickboxinga u odnosu na boks (tablice br. 31., 32., 33., 34., 35. i 36.). Ona doseže i statističku značajnost razlike kod varijabli laktata i laktat-dehidrogenaze, s višim vrijednostima kod sportaša nakon kickboxing izvedbe, i to analizom zabilježenih vrijednosti nakon završetka samih borbi.

Uvidom u dobivene rezultate deskriptivne statistike i rezultate t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti kreatin-kinaze, uočava se kako postoji značajna numerička razlika u koncentraciji kreatin-kinaze u krvi između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. Kada gledamo vrijednost kreatin-kinaze prije početka boksačke borbe, ona približno iznosi 295, dok nakon završetka boksačke izvedbe ta vrijednost raste na približno 315. Kada se analiziraju rezultati vrijednosti kreatin-kinaze prije kickboksčke izvedbe, uviđa se da je taj iznos približno 347, dok po završetku kickboxing borbe vrijednost kreatin-kinaze iznosi približno 399. Čini se da po rezultatima ovog biokemijskog pokazatelja kod kickboxing borbe postoji nešto veće opterećenje za organizam, ali ono nije potvrđeno i statistički značajnom razlikom. Ti su rezultati nastali zbog uporabe više mišićnih skupina tijekom zagrijavanja, a potom i tijekom same izvedbe. Tijekom kickboxing borbe koriste se nožne tehnike udaranja i tehnike udaranja koljenima koje u boksu nisu dopuštene pa se za mobilizaciju tih ekstremiteta trebaju koristiti i brojnije mišićne skupine čija aktivacija potom uzrokuje i veće globalno zakiseljenje cijelog organizma.

Vrlo zanimljivo istraživanje u kojem se ispituje količina kreatin-kinaze u boksu, koja se potom uspoređuje s istim biokemijskim parametrom u biciklizmu, proveli su Brayne i suradnici (1982). Oni su proučavali koncentraciju izoenzima BB kreatin-kinaze u krvi kod boksača. Izoenzim kreatin-kinaze BB (CK- BB) nalazi se u visokim koncentracijama u mozgu. Normalno se koncentracije u krvi ne mogu detektirati ili su niske. Koncentracije CK-BB u krvi mjerene su kod 16 boksača prije i poslije borbe te u 16 biciklista na stazi prije i poslije utrke. CK-BB u krvi porastao je na značajno veće koncentracije kod boksača nego kod biciklista. Broj primljenih udaraca u glavu procijenjen je kod polovice boksača i značajno je korelirao s porastom CK-BB. Ovo povećanje CK-BB u krvi može ukazivati na poremećaj krvno-moždane barijere. Zaključili su da bi ovo mogao biti jedan od mehanizama za oštećenje mozga kod boksača.

Kada istražujemo borilačke sportove, prvenstveno ringovne, udaračke sportove u koje spadaju boks i K-1 kickboxing, ne možemo nikako izbjeći pretjerani strah zainteresirane javnosti po pitanju teških ozljeda, osobito onih koje nastanu kao posljedica udaraca u glavu. Upravo tom tematikom bavili su se Graham i suradnici (2011). U svojem istraživanju proučavali su

povezanost izravnih udaraca u glavu tijekom amaterskog boksa s porastom serumskih biomarkera za ozljedu mozga. Boks izlaže sudionike fiziološkoj reakciji na vježbe visokog intenziteta, kao i izravnoj traumi tijela i mozga. U svijetu je u porastu popularnost i raširenost amaterskog boksa, a na Olimpijske igre uključene su i žene. Cilj je ovog istraživanja procijeniti odgovor na stres i moguću ozljedu mozga nastalu tijekom borbe mjerenjem serumskih biomarkera povezanih sa stresom i staničnom ozljedom mozga prije i poslije borbe. Retrospektivno je proučavano 16 muških boksača amatera. Ispitivana je populacija podijeljena u dvije skupine, i to skupinu koja je primala pretežno udarce u glavu (PTH) i skupinu koja je primala pretežno udarce u tijelo (PTB). Uzorci krvi uzeti su prije svakog natjecanja te pet minuta nakon svakog natjecanja. Analizirani su na S-100B, neuron-specifičnu enolazu (NSE), kreatin-kinazu (CK) i kortizol. PTH grupa primila je direktne udarce u glavu (udarac nije blokiran ili izbjegnut) ( $n=8$ , dob:  $17,6 \pm 5,3$ , godine; visina:  $1,68 \pm 0,13$  metara; masa:  $65,4 \pm 20,3$  kg. PTB grupa primila je udarce u tijelo uključujući i blokirane udarce, ali nije primila izravne udarce u glavu ( $n=8$ , srednja vrijednost  $\pm$  SD, dob:  $19,1 \pm 3,2$  godine; visina:  $1,70 \pm 0,75$  metara; masa:  $68,5 \pm 15$  kg). Uočena su značajna povećanja ( $P < 0,05$ ) između serumskih koncentracija prije i poslije borbe u serumskim koncentracijama PTH-a S-100B ( $0,35 \pm 0,61$  naspram  $0,54 \pm 0,73$ ,  $\mu\text{g. L}^{-1}$ ) NSE ( $19,7 \pm 14$  vs.  $31,1 \pm 26,6$ ,  $\text{ng.ml}^{-1}$ ) i kortizol ( $373 \pm 202$  naspram  $756 \pm 93$ ,  $\text{nmol. L}^{-1}$ ). U obje skupine zabilježeno je značajno povećanje ( $P < 0,05$ ) kreatin-kinaze. Ova studija pokazuje značajno povećanje neurokemijskih biomarkera kod boksača koji su dobili izravne udarce u glavu. Međutim, potreban je daljnji rad na kvantificiranju ovog volumetrijskog oštećenja mozga i dugotrajnih kliničkih posljedica.

U skladu s rezultatima koje navode autori ovih istraživanja, i u našem istraživanju bilježi se značajno povećanje serumske kreatin-kinaze tijekom natjecateljske boks izvedbe i K-1 kickboxing izvedbe. Usporedbom dobivenih vrijednosti serumske kreatin-kinaze među 20 ispitanika, elitnih sportaša, utvrdili smo i značajne numeričke razlike u korist borbe u kickboxingu u odnosu na boks, prije i nakon izvedbe. Razlika je na samoj granici statističke značajnosti kada se promatraju vrijednosti kreatin-kinaze u krvi nakon završetka borbi (tablice br. 35. i 36.).

Naravno da se takva skoro statistički značajna razlika, ali evidentna numerička razlika može objasniti upravo većim spektrom različitih tehnika koje se koriste u K-1 kickboxing disciplini. Već samo izvođenje nožnih tehnika kod kojih je prisutno izuzetno zahtjevno održavanje ravnotežnog položaja na jednoj nozi te uspostavljanje balansa nakon kružnih udaraca rukom ili nogom te udaraca nogom u letu potkrepljuje također veću tehničku ali i energetska zahtjevnost K-1 kickboxing discipline u odnosu na boks.

Sličnom tematikom bavili su se u svojem istraživanju Kilianski i suradnici (2017). Oni utvrđuju da svake godine u Sjedinjenim Državama oko 1,7 milijuna ljudi pretrpi traumatsku ozljedu mozga (TBI) te da kreatin-kinaza B plazme korelira s težinom ozljede i simptomima kod profesionalnih boksača. Od ovih TBI događaja, oko 75 % okarakterizirano je kao blage ozljede mozga. Neposredno nakon TBI, sekundarno oštećenje mozga traje satima, danima, pa čak i mjesecima. Ranije se otkrivanje neuronskih i glijalnih biomarkera pokazalo korisnim za predviđanje neuroloških ishoda. Istraživači su pretpostavili da je izoenzim kreatin-kinaza, mozak (CK-BB) osjetljiv biomarker za akutnu sekundarnu ozljedu mozga kod profesionalnih boksača. Oni su u svojem istraživanju prikupili krv (8 cc) od boksača (n=18) prije i poslije natjecanja (~30 min). Razine CK-BB u plazmi izmjerene su korištenjem multipleksnog formata baziranog na nizu multipleksnog niza Meso Scale Diagnostic (MSD) elektrokemiluminiscencije (ECL). Prikupljeni su dodatni podaci kao što su broj udaraca u glavu i ocjena simptoma (Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire). Rezultati su pokazali da su otprilike 30 minuta nakon natjecanja, razine CK-BB u plazmi bile značajno povišene u profesionalnih boksača s potresom i u korelaciji s brojem udaraca u glavu. Dodatno, analiza operativne krivulje prijemnika (ROC) dala je 77,8 % osjetljivosti i specifičnosti od 82,4 % s površinom ispod krivulje (AUC) od 90 % za CK-BB kao identifikatorom sekundarne ozljede mozga unutar ove populacije.

Ova studija opisuje otkrivanje CK-BB-a kao moždanog biomarkera za otkrivanje sekundarne ozljede mozga kod profesionalnih sportaša koji su doživjeli višestruke jake udarce u glavu. Autori zaključuju da se ovaj akutni biomarker može pokazati korisnim u praćenju sekundarne ozljede mozga nakon ozljede.

Da ozljede glave, a naročito opasne ozljede mozga, nisu rezervirane samo za borilačke sportove, posebice ringovne u koje spadaju i kickboxing i boks dokazuje i istraživanje koje su proveli Winkler i suradnici (2016). U svojem radu proučavali su povezanost traumatskih ozljeda mozga sa sportom. Traumatska ozljeda mozga (TBI) povezana sa sportom važna je briga za javno zdravlje za koju se procjenjuje da godišnje pogađa 300.000 do 3,8 milijuna ljudi samo u Sjedinjenim Američkim Državama. Iako ozljede profesionalnih sportaša dominiraju u medijima, ova skupina predstavlja samo mali udio u ukupnoj populaciji. Ovdje autori karakteriziraju demografiju TBI povezanih sa sportom u odraslih iz populacije trauma u zajednici i identificiraju prediktore produljene hospitalizacije i povećane stope morbiditeta i mortaliteta. Rabeći Nacionalni program uzorka Nacionalne banke podataka o traumi (NTDB), autori su retrospektivno analizirali podatke o TBI u vezi sa sportom kod odraslih (dob  $\geq$  18 godina) u pet sportskih kategorija, pad ili međuljudski kontakt (FIC), rolanje, skijanje/daskanje

na snijegu, konjički sport i vodeni sportovi. Multivarijabilna regresijska analiza korištena je za identificiranje prediktora produljenog boravka u bolnici (LOS), medicinskih komplikacija, stope bolničke smrtnosti i rasporeda otpusta iz bolnice. Statistička značajnost procijenjena je na  $\alpha < 0,05$ , a za svaku analizu ishoda primijenjena je Bonferronijeva korekcija za višestruke usporedbe. Rezultati pokazuju da je od 2003. do 2012. ukupno u NTDB dokumentirano 4788 TBI povezanih sa sportom kod odraslih, što je predstavljalo 18.310 incidenata na nacionalnoj razini. Konjički sport najviše je pridonio TBI-u vezanom uz sport (45,2 %). Blaga TBI predstavlja gotovo 86 % ukupnih ozljeda. Prosječni ( $\pm$  SEM) LOS u bolnici ili jedinici intenzivne njege (ICU) iznosili su  $4,25 \pm 0,09$  dana odnosno  $1,60 \pm 0,06$  dana. Stopa mortaliteta bila je 3,0 % za sve pacijente, ali je bila statistički viša kod TBI-a od rolanja (4,1 %) i vodenih sportova (7,7 %). Dob, hipotenzija pri prijemu u hitnu službu (ED) i težina ozljeda glave i ekstrakranijskih ozljeda bili su statistički značajni prediktori produljenog bolničkog i intenzivnog gubitka, medicinskih komplikacija, izostanka otpusta kući i smrti. Traumatske ozljede mozga tijekom vodenih sportova bile su na sličan način povezane s produljenim gubitkom na intenzivnoj i bolničkoj njezi, medicinskim komplikacijama i nemogućnošću otpusta kući. Dob, hipotenzija na prijemu u ED, težina ozljeda glave i ekstrakranijalne ozljede te sportski mehanizam ozljede važne su prognostičke varijable kod TBI povezanih sa sportom odraslih. Povećanje svijesti o TBI-u i korištenje kacige, osobito u konjičkim i rolačkim sportovima, ključni su elementi za smanjenje TBI događaja povezanih sa sportom kod odraslih. Vrlo zanimljivi podatci o kojima izvještavaju ove dvije američke studije, naglašavaju važnost pravilnog pristupa, kako trenažnim procesima tako i natjecateljskim izvedbama. Ne samo s ciljem postizanja izvrsnosti, što boljeg sportskog rezultata, već i iznimno važnog aspekta prevencije ozljeda i očuvanja zdravlja sportaša. Do sada objavljena znanstvena istraživanja na temu fizioloških opterećenja i mogućnosti objektivne osnove za procjenu fizičkih karakteristika sportaša u borilačkim sportovima, najčešće na ograničenom broju ispitanika i još uvijek vrlo rijetka, nedvojbeno su potvrdila značajne metaboličke promjene i otvorila brojna nova pitanja i dileme. Oskudna znanstvena literatura zasigurno predstavlja ograničavajući čimbenik za primjenu holističkog pristupa ovim sportašima. Naše istraživanje, jedno od rijetkih koji su posvećeni ovoj temi, jedinstvenog dizajna studije koja pruža mogućnost direktne usporedbe dviju borilačkih izvedbi, dobivenim rezultatima potvrđuje izrazitu kompleksnost i energetske zahtjevnost boksačke i kickboxing natjecateljske izvedbe. Kada se analiziraju svi pokazatelji i dobivene brojke koje su nastale kao produkt našeg istraživanja analizom korelacije, kao nešto manje jakim alatom od regresijske analize, uviđa se da postoji značajna povezanost između spiroergometrijskih parametara maksimalnog primitka kisika, relativnog primitka kisika i

frekvencije srca generalno, kao i na razini aerobno-anaerobnog praga s rezultatom u boksačkoj i u kickboxing borbi (tablica br. 38.). Generalno možemo ustvrditi da su gotovo svi ovi parametri u tijesnoj vezi sa uspjehom i u boksu i u kickboxingu. Maksimalna frekvencija srca koja je možda pokazatelj koji dobrim dijelom može biti uvjetovan i genetskim predispozicijama sportaša jedini nema povezanost s boksom, dok kod kickboxinga ipak postoji određena povezanost i u tom parametru.

Kada se sagledaju podaci dobiveni putem regresijske analize, kao nešto superiornijeg alata koji utvrđuje i radi predikciju eventualnog uspjeha u borbi spiroergometrijskim pokazateljima, ponovno se mogu izvući slični zaključci iako postoje određene diskrepancije u odnosu prema rezultatima dobivenim analizom korelacije. Slični rezultati dobiveni su samo kod povezanosti pokazatelja maksimalnog primitka kisika kao jedine varijable koja je pokazala takav rezultat i uspjeha u borbi, ali samo kod boksa, dok kod kickboxinga nismo dobili takav rezultat (tablica br. 39.).

Ako se sagledaju svi ovi parametri i rezultati dobiveni po svim varijablama u obje analize po korelaciji i regresijskoj analizi, mogu se konstatirati nekoliko činjenica (tablice br. 38., 39., 40., 41. i 42.). Oba ova udaračka borilačka sporta itekako su energetska zahtjevnija, ali i vrlo kompleksna te se ne može garantirati da bi se uspjeh u borbi mogao sa sigurnošću predvidjeti temeljem spiroergometrijskih pokazatelja. Međutim, evidentno je da takva povezanost postoji u nešto većoj mjeri kod boksa nego kod kickboxinga. Razlozi takvih rezultata mogu se tražiti i činjenicom da je kompleksnost kickboxinga još veća nego kod boksa i koriste se još raznovrsniji tehničko taktički elementi koji natjecateljima ostavljaju još veći prostor za kreativnost i taktiziranje nego što je to slučaj u boksu. Može se zaključiti da postoji nešto veća mogućnost da sportaš u kickboxing borbi ipak postigne određeni uspjeh, a da njegovi spiroergometrijski pokazatelji nemaju vrlo visoke razine za razliku od boksa kod kojeg je i analiza korelacije kao i regresijska analiza pokazala značajnu povezanost uspjeha i spiroergometrijskih pokazatelja poglavito kod varijable maksimalnog primitka kisika. Ta varijabla jest najreprezentativnija, a može se kazati i najvažnija kao i najčešće korištena kada se analiziraju spiroergometrijski pokazatelji pa je tim više i znakovito da se upravo po tom pokazatelju može najviše povezati uspjeh u boksu. Upravo ovakvi rezultati ovog vrlo kompleksnog i vrijednog znanstvenog istraživanja koji su potom dobili ovakve zaključke su i potvrda autorovih osobnih iskustava. Takva slična razmišljanja i zaključci nametali su se i tijekom autorove natjecateljske a potom i trenerske karijere. Konkretno za vrhunski boks potrebno je tijekom cijele runde kontinuirano držati visok nivo ritma i razmjena udaraca dok kod vrhunskih kickboxing borbi bude i ponešto više vremena za pripremu akcije jer su kombinacije dosta kompleksnije i potrebna je

koncentrirana uključivost gotovo čitavog mišićnog sustava organizma u spajanju serija udaraca ručnim i nožnim tehnikama kao i veća sila koja je potrebna u trenutku pokretanja nožnih tehnika.

Kada se istražuje uspjeh u borbi, koji bi se povezivao s određenim funkcionalnim, motoričkim ili biokemijskim rezultatima sportaša, zanimljivo istraživanje proveli su Ouergui i suradnici (2016). Oni u tom radu istražuju hormonske, fiziološke i fizičke odgovore simuliranog natjecanja u kickboxingu te procjenjuju postoji li razlika između pobjednika i gubitnika. U istraživanju je sudjelovalo 20 sportaša regionalne i nacionalne razine (srednja $\pm$  SD dob 21,3 $\pm$  2,7 g, visina 170,0 $\pm$  5,0 cm). Prije i poslije borbi mjereni su hormoni (kortizol, testosteron, hormon rasta), koncentracije laktata [La] i glukoze u krvi, kao i Wingate test gornjeg dijela tijela i performanse kontrapokretnog skoka (CMJ). Broj otkucaja srca (HR) mjereno je tijekom prve, druge i treće runde, a ocjena percipiranog napora (RPE) uzimana je nakon svake runde. Sve su borbe snimljene i analizirane kako bi se odredila duljina različitih faza aktivnosti (visokog intenziteta, niskog intenziteta i sudačka pauza) i učestalost tehnika. Hormoni, glukoza, [La], HR i RPE povećali su se (svi  $P < 0.001$ ) prije borbe do poslije borbe, dok je uočeno smanjenje za CMJ, performanse Wingate testa, tjelesnu masu (svi  $P < 0.001$ ) i vrijeme visoko-intenzivne aktivnosti ( $P = 0,05$ ). Nije bilo razlike između pobjednika i gubitnika za hormonalne, fiziološke i fizičke varijable ( $P > 0,05$ ). Međutim, pobjednici su izveli više direkata, ukupno udaraca, kružnih udaraca i napadačkih tehnika (sve  $P < 0.042$ ) od gubitnika. Oni zaključuju da je kickboxing povremeno fizički zahtjevan sport koji izaziva promjene u hormonima povezanim sa stresom koji potiču anaerobni mliječni sustav. Nadalje zaključuju da bi trening trebao biti usmjeren na poboljšanje anaerobne kondicije kickboksača i njihove sposobnosti da udaraju dovoljnom brzinom. Naposljetku zaključuju da je potrebno dalje istraživati kako bi se identificirale moguće razlike u taktičkim i mentalnim sposobnostima koje nude uvid u ono što čini pobjednike pobjednicima.

Ova zapažanja u skladu su s rezultatima analize dinamike laktata u naših ispitanika prije i poslije natjecateljske K-1 kickboxing izvedbe (tablica br. 31.). Zanimljiva je činjenica kako je Ouergui sa suradnicima uključio u ovu studiju upravo jednak broj elitnih sportaša, što povećava mogućnost kvalitetne komparacije dobivenih rezultata. Zaključke autora možemo stoga usporediti s onima koji su proizašli iz našeg istraživanja. I ovdje se naglašava kako je kickboxing zahtjevan sport sa značajnim promjenama anaerobnog metabolizma što je u skladu s našim zapažanjima.

Ouergui i suradnici (2013) u svojem istraživanju utvrđuju učinke kickboxing meča na mišićnu snagu gornjeg i donjeg dijela tijela, kao i povezani percipirani napor kod sportaša. Osamnaest

dobro uvježbanih kickboksaa sudjelovalo je u natjecateljskom sparingu kojem su prethodili i slijedili tri anaerobna testa: skok iz čučnjeva (SJ) i skok u suprotnom smjeru (CMJ) za noge i 30-s Wingate test za ruke. Sparing borba sastojala se od tri runde po dvije minute s razdobljem oporavka od jedne minute između rundi. Laktat u krvi (BL), broj otkucaja srca (HR) i ocjena percipiranog napora (RPE) analizirani su prije i poslije svake runde.

Rezultati su pokazali da je udaljenost okomitog skoka u SJ i CMJ bila značajno niža nakon kickboxing meča ( $27,92 \pm 3,84$  prema  $25,28 \pm 4,39$  cm;  $29,8 \pm 5,33$  naspram  $28,48 \pm 4,64$  cm, za SJ i CMJ). Isto tako, vršna i srednja snaga u Wingate testu značajno su se smanjile nakon sparing borbe ( $5,89 \pm 0,69$  vs.  $5,26 \pm 0,66$  W•kg<sup>-1</sup> i  $4,51 \pm 0,53$  vs.  $4,12 \pm 0,51$  W•kg<sup>-1</sup> za PP i MP  $P < 0,001$ ). Štoviše, otkrili su značajno povećanje BL, HR i RPE nakon kickboxing meča ( $P < 0,001$ ). BL se značajno povećao nakon druge i treće runde u odnosu na vrijednosti nakon prve runde ( $P < 0,001$ ).

Ovi nalazi pokazali su da je jedan kickboxing meč dovoljnog intenziteta da naglasi anaerobni metabolizam. Zaključuju stoga da bi protokoli treninga trebali uključivati vježbe koje treniraju anaerobne energetske putove za gornji i donji dio tijela.

U konačnici, i ovo je istraživanje potvrdilo pravilan odabir biomarkera fiziološkog opterećenja koje smo koristili za potrebe našeg istraživanja. Iako drugačijeg dizajna studije, općenitio i ovi rezultati govore u prilog naših rezultata, interpretacija i zaključaka.

Isti autori, Ouergui i suradnici (2015) u svojem radu provjeravali su može li specifični kickboxing kružni trening protokol (SKCTP) reproducirati hormonalne, fiziološke i fizičke odgovore kickboxing borbe. Dvadeset sportaša regionalne i nacionalne razine dobrovoljno se prijavilo za sudjelovanje u istraživanju (srednja vrijednost  $\pm$  SD, dob:  $21,3 \pm 2,7$  godina; visina:  $170 \pm 0,5$  cm; tjelesna masa:  $73,9 \pm 13,9$  kg). Nakon upoznavanja, SKCTP proveden je jedan tjedan prije natjecanja u kickboxingu. Kortizol, testosteron, hormon rasta (GH), koncentracija laktata u krvi [La] i glukoze, kao i Wingateov test gornjeg dijela tijela i performanse skoka protiv pokreta (CMJ) mjerene su prije i poslije SKCTP-a i borbe. Broj otkucaja srca (HR) i ocjena percipiranog napora (RPE) mjereni su tijekom rundi (R) R1, R2 i R3. Testosteron, GH, glukoza, [La], HR, RPE i CMJ nisu se razlikovali među dva stanja ( $p > 0,05$ ). Međutim, kortizol je bio viši za natjecanje ( $p = 0,038$ ), dok su i vršna ( $p = 0,003$ ) i srednja snaga ( $p < 0,001$ ) bile veće u SKCTP. Studija sugerira da SKCTP replicira hormonalne, fiziološke i fizičke aspekte natjecanja. Stoga se predlaže kao dobar oblik specifičnog treninga u kickboxingu, kao i poseban alat za procjenu koji će rabiti kickboxing treneri za kvantificiranje razine kondicije kickboksaa kada se mjere odgovori fizioloških parametara na test.



Nastavno na ovo istraživanje, isti autori Ouregui i suradnici (2017) istraživali su fiziološke odgovore i vremensku strukturu malih borbenih igara (SCG) u kickboxingu prema veličini prstena i broju sparing partnera. U istraživanju je sudjelovalo 20 sportaša s regionalne (n= 13) i nacionalne razine (n= 7) (prosjeck± SD, dob: 20,3± 0,9 godina; visina: 177± 4,8 cm; tjelesna masa: 71,8± 10,5 kg). Koncentracija laktata u krvi [La] izmjerena je prije i poslije napada, a određena je delta ( $\Delta$ ). Broj otkucaja srca (HR) mjereno je cijelo vrijeme, a HR i ocjena percipiranog napora (RPE) također su izmjereni nakon napada. Za analizu su korišteni HRpre, HRmean i postotak vršnog HR (%HRpeak). HRpeak je određen tijekom testa vježbanja ocjenjivanog na cikloergometru. Svaki sportaš bio je suočen s jednim (1 nasuprot 1; bez promjene sparing partnera), dva (1 protiv 2) i četiri protivnika (1 protiv 4) unutar runde (sparing partner mijenja se svake minute odnosno 30 sekundi) u različitim veličinama prstena (tj. 2×2 m, 4×4 m i 6×6 m). Sve su borbe snimljene i analizirane kako bi se odredilo trajanje različitih faza aktivnosti (aktivnosti visokog intenziteta [HIA], akcije niskog intenziteta [LIA] i sudačke stanke [P]). Rezultati su pokazali da su vrijednosti za HRpre i HRmean kada im se suprotstavi jedna osoba (1 prema 1) bile niže od ostalih uvjeta (svi  $p < 0,001$ ). Štoviše, %HRpeak vrijednosti u 1 protiv 1 bile su niže nego u drugim uvjetima i više u 4×4 m u usporedbi s drugim veličinama. [La]pre, post i  $\Delta$  nisu se razlikovali među svim uvjetima ( $p > 0,05$ ). Rezultati RPE bili su niži u 1 protiv 1 u usporedbi s drugim uvjetima ( $p < 0,001$ ), bez učinka veličine prstena ( $p > 0,05$ ). Za varijable vremenskog kretanja, vrijednosti HIA bile su niže u 1 prema 1 nego u 2 druga stanja i bile su duže u 2×2 m u usporedbi s 4×4 m i 6×6 m, dok su vrijednosti LIA bile više u 1 protiv 1 i niže u 2×2 m. Zaključno, čini se da su SCG dobar oblik vježbe za dovoljnu kardiovaskularnu kondiciju specifičnu za kickboxing aktivnost u usporedbi s podacima iz prethodnih studija.

Kao što je već prethodno naglašeno, opservacije iznesene u ovoj publikaciji govore u prilog specifičnosti kickboxing izvedbe sa značajnim metaboličkim opterećenjem što potvrđuju i rezultati našeg istraživanja.

Od 2000. godine, kada je otkriveno kako kontrakcija mišića oslobađa interleukin (IL-6), progresivno se identificira broj signalnih molekula povezanih s vježbanjem. Napokon se definira novi pojam, egzerkini (engl. *exerkines*), koji obuhvaća skupinu signalnih molekula (hormoni, metaboliti, proteini i nukleinske kiseline). Oslobađaju se kao odgovor na akutnu i/ili kroničnu tjelesnu aktivnost i ostvaruju učinak endokrinim, parakrinim i/ili autokrinim putovima. Izlučuju ih brojni organi, tkiva i stanice, uključujući skeletne mišiće (miokini), srce (kardiokini), jetra (hepatokini), bijelo i smeđe masno tkivo (adipokini / baptokini) te neurone (neurokini). Višestruki organski sustavi, uključujući kardiometabolički, živčani i imunološki

organski sustav istovremeno proizvode i pod utjecajem su egzerkina, što pridonosi pleiotropnom i promjenjivom odgovoru na tjelesnu aktivnost. S druge strane, egzerkini koji potječu iz više tkiva pokazali su sposobnost poboljšanja funkcije i rasta skeletnih mišića. Veliki dio početnih istraživanja bio je usmjeren upravo na skeletne mišiće, dok se recentna istraživanja brzo šire i uključuju izvore i ciljeve egzerkina koji se temelje na neskeletnim mišićima koji pridonose održavanju i obnavljanju zdravlja. Progresivno se prepoznaju kao kritični posrednici promjena povezanih s vježbanjem i zdravstvenih dobiti, posebno u njihovoj ulozi u međuorganskoj i sistemskoj komunikaciji i koordinaciji (Chow i suradnici, 2022).

Manifestiranje pozitivnog učinka egzerkina proporcionalan je intenzitetu izvođenja vježbi pod uvjetom da se rade pravilno. Potencijalne prednosti obuhvaćaju poboljšanje u psihološkoj komponenti (smanjenje stresa, poboljšanje raspoloženja i osjećaja dobiti). Na neurološkoj razini stimulira se plastičnost mozga, poboljšavaju se kognitivne sposobnosti, smanjuje alostatsko opterećenje i optimizira se kvaliteta sna. U kardiovaskularnom aspektu dolazi do angiogeneze, poboljšanja krvožilnog sustava i kardiovaskularne funkcije, snižavanja krvnog tlaka, normalizacije disautonomije i povećanja mitohondrijalne biogeneze. Poboljšava se potrošnja kisika i funkcija pluća. U mišićima se poboljšava tolerancija na vježbanje, povećava se mišićna snaga i masa, uz bolju intramuskularnu koordinaciju. Imunološki učinci podrazumijevaju smanjenje upalnih citokina, uz povećane protuupalne aktivnosti i općenito poboljšanje imunoloških funkcija. Iako ne postoji poznati lijek koji proizvodi sve te prednosti, liječnici danas nisu ni naučeni ni naviknuti propisivati tjelovježbu. Temeljem svih dokaza, očito je treba ugraditi u prevenciju i pristup, općenito za brigu o kardiovaskularnom i metaboličkom zdravlju, kako za prevenciju bolesti, tako i kao pomoćno sredstvo u liječenju brojnih stanja. Spoznaje vodećih znanstvenika svijeta iz područja sportske medicine i omike nastale tijekom istraživanja u eri pandemije bolesti COVID-19 i prolongiranih tegoba nakon preboljenja virusne infekcije govore jasno u prilog povezanosti upravo s nedostatkom tjelesne aktivnosti (Martinez, 2022).

Ukratko, egzerkini su vrlo obećavajući smjer za buduće istraživačke inicijative, s velikim potencijalom kao biomarkera za predviđanje ishoda, olakšavanje personaliziranih programa vježbanja za poboljšanje zdravlja, smanjenja bolesti, promicanja cjeloživotne otpornosti i zdravog starenja. Tematski broj časopisa *Nature* iz svibnja 2022. godine posvećen je egzerkinima i fizičkoj aktivnosti, što dovoljno govori o recentnom interesu akademske zajednice i aktualnim znanstvenim istraživanjima koja povezuju medicinu i kineziologiju. Po svemu sudeći ulazimo u novo poglavlje dinamične i zanimljive istraživačke ere u kojoj će tjelesna aktivnost, time i kineziološka znanost, biti jedan od vodećih dionika. No, za sada

analiza egzerkina nije raspoloživa za primjenu u svakodnevnoj praksi, stoga oni predstavljaju potencijal za neka buduća kineziološka istraživanja.

Na samom završetku treba uputiti jasnu poruku kako je analiza dostupne literature potvrdila kako naše istraživanje predstavlja značajan iskorak i nudi znanstveni doprinos, ne samo zbog dizajna studije koja pruža mogućnost direktne usporedbe fizioloških i metaboličkih promjena tijekom natjecateljske boks i kickboxing izvedbe u skupini elitnih hrvatskih sportaša, već i po broju uključenih ispitanika. Naime, većinom su studije, od kojih nije dostupna niti jedna provedena u skupini hrvatskih sportaša, uključivale manji broj ispitanika, poglavito one koje su analizirale rezultate elitnih sportaša.

## **8. ZAKLJUČAK**

Opći cilj ovog rada bio je usporediti fiziološke pokazatelje opterećenja između natjecateljskih izvedaba u boksu i kickboxingu. Razvidno je da su se dobili iznimno vrijedni rezultati temeljem kojih su se stekla nova saznanja koja će se koristiti u trenažnim procesima i u boksu i u kickboxingu. Posebno su takva saznanja značajna za one sportaše koji se natječu u oba ova sporta, ali su također važna i za one borce koji se natječu samo u boksu ili samo u kickboxingu. Dokazano je da postoji određena razlika u fiziološkim pokazateljima opterećenja između ova dva sporta. Kod parametra pokazatelja frekvencije srca uočava se da u oba sporta opterećenje kontinuirano raste tijekom sve tri runde. Također, uočava se i da su oscilacije u frekvenciji srca izraženije kod kickboxinga nego kod boksa. Čini se da je taj pokazatelj većih oscilacija u frekvenciji srca i uzrok tomu da tijekom kickboxing borbe nije bilo moguće kontinuirano zadržati progresivno opterećenje iz razloga veće globalne zakiseljenosti organizma. Takvi rezultati objašnjavaju se dodatno i činjenicom da je kod kickboxinga, za razliku od boksa, dopušteno koristiti i nožne tehnike i tehnike udaranja koljenima pa je za aktivaciju tih ekstremiteta potrebno uključiti i više mišićnih skupina. Iz tog razloga dolazi i do većih oscilacija u srčanoj frekvenciji, a slijedom toga potrebno je i više vremena za oporavak nakon kojeg borac može krenuti u novu akciju. Rezultati su iz tog razloga i statistički i numerički u trećoj rundi značajno veći u korist boksa. Kada se potom pogledaju rezultati ostala tri pokazatelja fiziološkog i biokemijskog opterećenja u natjecateljskoj izvedbi boksa i kickboxinga, potvrđuju se upravo ovakvi zaključci. Naime, uočava se da su i kod varijabli laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze numerički značajno veći pokazatelji kod kickboxinga nego kod boksa. Kod varijable laktata i laktat-dehidrogenaze postoji i statistički značajna razlika u korist kickboxinga, dok se kod varijable kreatin-kinaze uočava isključivo numerička razlika.

Globalnim uvidom u sve dobivene rezultate deskriptivne statistike i t-testa, kojima smo uspoređivali dobivene vrijednosti frekvencije srca, laktata, kreatin-kinaze i laktat-dehidrogenaze, uočava se kako postoje razlike u svim pokazateljima fiziološkog i biokemijskog opterećenja između borbe u boksu i borbe u kickboxingu. Neke od njih su vidljive samo numerički, a neke su i statistički značajne. Čini se da po ukupnim rezultatima ovog istraživanja možemo zaključiti da kod kickboxing borbe ipak postoji nešto veće opterećenje za organizam. Takvi rezultati, a slijedom njih i ovakvi zaključci, nastali su zbog uporabe više mišićnih skupina tijekom zagrijavanja, a potom i tijekom same izvedbe. Tijekom kickboxing borbe koriste se i nožne tehnike udaranja i tehnike udaranja koljenima koje u boksu nisu dopuštene pa se za mobilizaciju tih ekstremiteta trebaju koristiti i brojnije mišićne skupine čija aktivacija potom uzrokuje i veće globalno zakiseljenje cijelog organizma. Dodatno zakiseljenje osim toga kod kickboxinga izaziva i veća masa donjih ekstremiteta koji potom i prilikom kolizije s tijelom

protivnika ostavljaju i nešto veće posljedice koje se potom vide i po dobivenim rezultatima fiziološkog i biokemijskog opterećenja. Takav ishod dodatno se može potkrijepiti i jednom od temeljnih formula u fizici kod koje se kaže da je sila jednaka umnošku mase i akceleracije ( $F = m \times a$ ). Za pokretanje veće mase potrebna je veća sila odnosno veća energetska potrošnja, a s većom silom postiže se i veći učinak odnosno šteta na protivniku. Na temelju postavljenog globalnog cilja definirani su parcijalni ciljevi za koje su postavljene dvije hipoteze:

H1: Fiziološko opterećenje u kickboxingu bit će statistički značajno veće nego u boksu.

Ova je hipoteza potvrđena, ali ipak ne u potpunosti. Potvrđena je parcijalno. Naime, ne može se apsolutno potvrditi da je fiziološko i biokemijsko opterećenje u kickboxingu statistički značajno veće nego u boksu jer je takva situacija potvrđena u dva od četiri parametra (laktati i laktat-dehidrogenaza), dok je kod varijable kreatin-kinaze uočljiva samo numerička razlika. Kod varijable frekvencije srca uočljiva je numerička razlika u korist boksa, a koja je i potvrđena i statistički značajnom razlikom, ali takav je slučaj samo kod treće runde.

H2: Postoji značajna povezanost između vrijednosti primitka kisika i razine anaerobnog praga s uspjehom u boks i kickboxing borbi.

Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti kako postoji značajna povezanost uspjeha i spiroergometrijskih pokazatelja u boks i kickboxing borbi.

## **9. LITERATURA**

- Andersen, L. W., Mackenhauer, J., Roberts, J. C., Berg, K. M., Cocchi, M. N., i Donnino, M. W. (2013). Etiology and therapeutic approach to elevated lactate levels. *Mayo Clinic proceedings*, 88(10), 1127–1140. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.06.012>
- Bare Knuckle Fighting Championship. (2022). Dostupno na: <https://www.bareknuckle.tv/>
- Benoist, J. F., Alberti, C., Leclercq, S., Rigal, O., Jean-Louis, R., Ogier de Baulny, H., Porquet, D., i Biou, D. (2003). Cerebrospinal fluid lactate and pyruvate concentrations and their ratio in children: age-related reference intervals. *Clinical chemistry*, 49(3), 487–494. <https://doi.org/10.1373/49.3.487>.
- Bettes, G., J. (2013). Cardiac Physiology. U J. G. Bettes i suradnici (ur.), *Anatomy and Physiology* (823-886). Houston Texas: Open Stax Rice University.
- Bianco, M., Colella, F., Pannozzo, A., Oradei, A., Bucari, S., Palmieri, V., Zuppi, C., i Zeppilli, P. (2005). Boxing and "commotio cordis": ECG and humoral study. *International journal of sports medicine*, 26(2), 151–157. <https://doi.org/10.1055/s-2004-817916>
- Boudreault, V., Gagnon-Girouard, M. P., Carbonneau, N., Labossière, S., Bégin, C., i Parent, S. (2022). Extreme weight control behaviors among adolescent athletes: links with weight-related maltreatment from parents and coaches and sport ethic norms. *International review for the sociology of sport*, 57(3), 421–439. <https://doi.org/10.1177/10126902211018672>.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., i Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12 (Suppl 2), S2161–S2170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Brayne, C. E., Dow, L., Calloway, S. P., i Thompson, R. J. (1982). Blood creatine kinase isoenzyme BB in boxers. *Lancet*, 2(8311), 1308–1309. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(82\)91512-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(82)91512-4)
- Bullock, B., A i Henze, R., L. (1999). *Focus on Pathophysiology*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Stachoń, A., i Andrzejewska, J. (2018). Anthropometric profile of combat athletes via multivariate analysis. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(11), 1657–1665. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07999-3>.
- Callegari, G. A., Novaes, J. S., Neto, G. R., Dias, I., Garrido, N. D., i Dani, C. (2017). Creatine Kinase and Lactate Dehydrogenase Responses after Different Resistance and Aerobic Exercise Protocols. *Journal of human kinetics*, 58, 65–72. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0071>



- Can, I., Sadik, S. i Bayrakdaroglu, S. (2018). The Relationship between repeated sprint performance and velocity values during loaded-squat jump exercise. *J Educ Learn*, 2, 280-286.
- Cappai, I., Pierantozzi, E., Tam, E., Tocco, F., Angius, L. i Milia R. (2012). Physiological responses and matchanalysis of Muay Thai fighting. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(3), 507-516.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., i Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(10), 829–843. <https://doi.org/10.1007/BF03262297>.
- Chow, L. S., Gerszten, R. E., Taylor, J. M., Pedersen, B. K., van Praag, H., Trappe, S., Febbraio, M. A., Galis, Z. S., Gao, Y., Haus, J. M., Lanza, I. R., Lavie, C. J., Lee, C. H., Lucia, A., Moro, C., Pandey, A., Robbins, J. M., Stanford, K. I., Thackray, A. E., Villeda, S., ... i Snyder, M. P. (2022). Exerkines in health, resilience and disease. *Nature reviews. Endocrinology*, 18(5), 273–289. <https://doi.org/10.1038/s41574-022-00641-2>
- Cimadoro, G. (2018). Acute neuromuscular, cognitive and physiological responses to a Japanese kickboxing competition in semi-professional fighters. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(12), 1720–1727. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07859-8>
- Davis, P., Leithäuser, R. M., i Beneke, R. (2014). The energetics of semicontact 3 x 2-min amateur boxing. *International journal of sports physiology and performance*, 9(2), 233–239. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0006>
- Delić Brkljačić, D. (2018). Kardiologija. U Ž. Ivančević i suradnici (ur.). *MSD priručnik* (530-561). Split: Placebo d.o.o.
- Desai, S. (2004). *Clinical's guide to laboratory medicine*. Hudson: Ohio Lexi-Comp.
- Didić, E. (2008). *Boks*. Zagreb: LKM International
- Draghici, A. E., i Taylor, J. A. (2016). The physiological basis and measurement of heart rate variability in humans. *Journal of physiological anthropology*, 35(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0113-7>.
- El Ashker, S. (2011). Technical and tactical aspects that differentiate winning and losing performances in boxing. *International journal of performance analysis in sport*, 11 (2), 356-364. <http://dx.doi.org/10.1080/24748668.2011.11868555>
- El-Ashker, S. i Nasr, M. (2012). Effect of boxing exercises on physiological and biochemical responses of Egyptian elite boxers. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(1), 111 – 116. <https://doi:10.7752/jpes.2012.01018>

- Finlay, M. J., Greig, M., McCarthy, J., i Page, R. M. (2020). Physical response to pad- and bag-based boxing-specific training modalities. *Journal of strength and conditioning research*, 34(4), 1052–1061. <https://doi.org/10.1519/JSC.000000000000002928>
- Finlay, M. J., Greig, M., Page, R. M., i Bridge, C. A. (2023). Acute physiological, endocrine, biochemical and performance responses associated with amateur boxing: A systematic review with meta-analysis. *European journal of sport science*, 23(5), 774–788. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2063072>
- Fumić, K. i Bilić, K. (2006) Laboratorijski pokazatelji mišićnih bolesti. U I. Barić (ur.) *Nasljedne metaboličke bolesti; bolesti mišića- nove spoznaje* (25-34). Zagreb: Medicinska naklada.
- Ghosh, A. K., Goswami, A., i Ahuja, A. (1995). Heart rate & blood lactate response in amateur competitive boxing. *The Indian journal of medical research*, 102, 179–183.
- Ghoul, N., Tabben, M., Miarka, B., Tourny, C., Chamari, K., i Coquart, J. (2019). Mixed martial arts induces significant fatigue and muscle damage up to 24 hours post-combat. *Journal of strength and conditioning research*, 33(6), 1570–1579. <https://doi.org/10.1519/JSC.000000000000002078>
- GLORY Kickboxing. (2022). Dostupno na: <https://www.glorykickboxing.com/>
- Graham, M. R., Myers, T., Evans, P., Davies, B., Cooper, S. M., Bhattacharya, K., Grace, F. M., i Baker, J. S. (2011). Direct hits to the head during amateur boxing is associated with a rise in serum biomarkers for brain injury. *International journal of immunopathology and pharmacology*, 24(1), 119–125. <https://doi.org/10.1177/039463201102400114>.
- Hall, J. E. (2017). Membrane physiology, nerve, muscle & the heart. U J. E. Hall (ed.), *Gyuton and Hall textbook of medical physiology*, 13. ed. (45-156). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hall, J. E. (2017). Sports physiology. U J. E. Hall (ed.), *Gyuton and Hall textbook of medical physiology*, 13. ed. (1031-1043). Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Hanon, C., Savarino, J., i Thomas, C. (2015). Blood lactate and acid-base balance of world-class amateur boxers after three 3-minute rounds in international competition. *Journal of strength and conditioning research*, 29(4), 942–946. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000736>
- Hrvatska komora medicinskih biokemičara. (08. svibanj 2022.) Dostupno na: <http://www.hkmb.hr>
- Hrvatski kickboxing savez. (2022). Dostupno na: (<http://www.crokickboxing.hr/savez/>)
- Hrvatski olimpijski odbor. (2022). <https://www.hoo.hr/hr/>

- Iaccarino, L., Pegoraro, E., Bello, L., Bettio, S., Borella, E., Nalotto, L., Semplicini, C., Sorarù, G., Ghirardello, A., i Doria, A. (2014). Assessment of patients with idiopathic inflammatory myopathies and isolated creatin-kinase elevation. *Auto- immunity highlights*, 5(3), 87–94. <https://doi.org/10.1007/s13317-014-0063-1>
- International Boxing Association. (2022). Dostupno na: <https://www.iba.sport/>
- International Boxing Federation. (2022). Dostupno na: <https://www.ibf-usba-boxing.com/>
- International Olympic Committee. (2022). Dostupno na: <https://olympics.com/ioc>
- International Sport Karate and Kickboxing Association. (2022). <https://www.iskaworldhq.com/>
- Jacobs, I., i Kaiser, P. (1982). Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta physiologica Scandinavica*, 114(3), 461–466. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07010.x>
- Jorfeldt, L., Juhlin-Dannfelt, A., i Karlsson, J. (1978). Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 44(3), 350–352. <https://doi.org/10.1152/jappl.1978.44.3.350>
- Joy, E., Kussman, A., i Nattiv, A. (2016). 2016 update on eating disorders in athletes: a comprehensive narrative review with a focus on clinical assessment and management. *British journal of sports medicine*, 50(3), 154–162. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095735>
- Karadağ, M. (2017). Compare the values of blood lactate and heart rate of kickboxers during kickboxing matches. *Journal of Education and Training Studies*, 5(7),13-19. <https://doi:10.11114/jets.v5i7.2317>.
- Kaynar, Ö. (2019). Effect of sparring training model on liver enzymes and muscle damage in boxers. *Journal of Education and Training Studies*, 7(3S), 114-117. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i3S.4152>
- Kenttä, G., Hassmén, P., i Raglin, J. S. (2001). Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes. *International journal of sports medicine*, 22(6), 460–465. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16250>
- Kermeci, R. (22. ožujak 2017). Povijest kickboxinga. *Sportilus*. <https://www.sportilus.com/sportopedia/povijest-kickboxinga/>
- Kilianski, J., Peeters, S., Debad, J., Mohmed, J., Wolf, S. E., Minei, J. P., Diaz-Arrastia, R., i Gatson, J. W. (2017). Plasma creatine kinase B correlates with injury severity and symptoms in professional boxers. *Journal of clinical neuroscience:official journal of the*

- Neurosurgical Society of Australasia*, 45, 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.07.021>
- Kılıc, Y., Cetin, H. N., Sumlu, E., Pektas, M. B., Koca, H. B., i Akar, F. (2019). Effects of boxing matches on metabolic, hormonal, and inflammatory parameters in male elite boxers. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(6), 288. <https://doi.org/10.3390/medicina55060288>
- Kim, H. J., Lee, Y. H., i 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. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0362-y>
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Rubin, M. R., Triplett-McBride, T., Gordon, S. E., Koziris, L. P., Lynch, J. M., Volek, J. S., Meuffels, D. E., Newton, R. U., i Fleck, S. J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(8), 1367–1378. <https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00019>
- Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2021). Boks. U *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Pristupljeno 13. studeni 2023. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=8497>
- Lindsay, A., Carr, S., Cross, S., Petersen, C., Lewis, J. G., i Giese, S. P. (2017). The physiological response to cold-water immersion following a mixed martial arts training session. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 42(5), 529–536. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0582>
- de Lira, C. A., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., de Freitas Guina Fachina, R. J., de Almeida, A. A., Andrade, M.dosS., i da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open access journal of sports medicine*, 4, 175–182. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S44807>
- de Lira, C. A., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., de Freitas Guina Fachina, R. J., de Almeida, A. A., Andrade, M.dosS., i da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open access journal of sports medicine*, 4, 175–182. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S44807>
- Lundstrom, C. J., Foreman, N. A., i Biltz, G. (2023). Practices and applications of heart rate variability monitoring in endurance athletes. *International journal of sports medicine*, 44(1), 9–19. <https://doi.org/10.1055/a-1864-9726>.

- Martinez, C. N. (2022). *COVID-19 infection has more than 50 long-term effects*. Medscape Medical News. [https://www.medscape.com/viewarticle/973598?uac=73956CN&faf=1&sso=true&impID=4229471&src=wnl\\_edit\\_tpal](https://www.medscape.com/viewarticle/973598?uac=73956CN&faf=1&sso=true&impID=4229471&src=wnl_edit_tpal)
- Matković, B. i Ružić, L. (2009). *Fiziologija sporta i vježbanja*. Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu: Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Matos, N. F., Winsley, R. J., i Williams, C. A. (2011). Prevalence of nonfunctional overreaching/overtraining in young English athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1287–1294. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318207f87b>
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W. i Weil, P. A. (2011). *Harperova Ilustrirana Biokemija*. 28. izd. Zagreb: Medicinska naklada.
- Navale, A. M., i Paranjape, A. N. (2016). Glucose transporters: physiological and pathological roles. *Biophysical reviews*, 8(1), 5–9. <https://doi.org/10.1007/s12551-015-0186-2>.
- Oberman, R. i Bhardwaj, A. (ur.). (2021). *Physiology, Cardiac*. In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Obminski, Z. i Turowski, D. (2014). Physiological and perceptual responses to three consecutive official matches in female boxer. A case study. *Biomedical Human Kinetics*, 6(1), 116–120. <https://doi.org/10.2478/bhk-2014-0019>
- ONE Championship. (2022). Dostupno na: <https://www.onefc.com/>
- Ouergui, I., Benyoussef, A., Houcine, N., Abedelmalek, S., Franchini, E., Gmada, N., Bouhlel, E., i Bouassida, A. (2021). Physiological responses and time-motion analysis of kickboxing: differences between full contact, light contact, and point fighting contests. *Journal of strength and conditioning research*, 35(9), 2558–2563. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003190>.
- Ouergui, I., Davis, P., Houcine, N., Marzouki, H., Zaouali, M., Franchini, E., Gmada, N., i Bouhlel, E. (2016). Hormonal, physiological, and physical performance during simulated kickboxing combat: differences between winners and losers. *International journal of sports physiology and performance*, 11(4), 425–431. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2015-0052>.
- Ouergui, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Gmada, N. i Franchini, E. (2014). Effects of recovery type after a kickboxing match on blood lactate and performance in anaerobic tests. *Asian journal of sports medicine*, 5(2), 99–107.
- Ouergui, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Zarrouk, N., Rebai, H. i Chaouachi, A. (2013). Anaerobic upper and lower body power measurements and perception of fatigue during

- a kick boxing match. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 53(5), 455–460.
- Ouergui, I., Houcine, N., Marzouki, H., Davis, P., Franchini, E., Gmada, N. i Bouhlel, E. (2017). Physiological responses and time-motion analysis of small combat games in kickboxing: impact of ring size and number of within-round sparring partners. *Journal of strength and conditioning research*, 31(7), 1840–1846. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001665>
- Ouergui, I., Houcine, N., Marzouki, H., Davis, P., Zaouali, M., Franchini, E., Gmada, N., i Bouhlel, E. (2015). Development of a noncontact kickboxing circuit training protocol that simulates elite male kickboxing competition. *Journal of strength and conditioning research*, 29(12), 3405–3411. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001005>.
- Papišta, M. (2013). *Puls, laktati, maksimalni primitak kisika*. Zagreb: Kineziološki fakultet.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., i Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Provan, D. (2005). *Oxford handbook of clinical and laboratory investigation*. New York: Oxford University Press.
- Ravel, R. (1995). *Clinical laboratory medicine; clinical applications of laboratory data* (6th Ed.). St. Louis: Mosby.
- Ružbarský, P., Němá, K., Perič, T., Ambroży, T., Bąk, R., Niewczas, M., i Rydzik, L. (2022). Physical and physiological characteristics of kickboxers: a systematic review. *ARCH BUDO*, 18, 111-120.
- Rydzik, Ł., Maciejczyk, M., Czarny, W., Kędra, A., i Ambroży, T. (2021). Physiological responses and bout analysis in elite kickboxers during international K1 competitions. *Frontiers in physiology*, 12, 691028. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691028>.
- Rydzik, Ł., Mardyla, M., Obmiński, Z., Więcek, M., Maciejczyk, M., Czarny, W., Jaszczur-Nowicki, J. i Ambroży T. (2022). Acid-Base balance, blood gases saturation, and technical tactical skills in kickboxing bouts according to K1 rules. *Biology (Basel)*, 11(1), 65. <https://doi.org/10.3390/biology11010065>.
- Salci, Y. (2015). The metabolic demands and ability to sustain work outputs during kickboxing competition, *International journal of performance analysis in sport*, 15(1), 39-52. <http://dx.doi.org/10.1080/24748668.2015.11868775>

- Schlattner, U., Tokarska-Schlattner, M., i Wallimann, T. (2006). Mitochondrial creatine kinase in human health and disease. *Biochimica et biophysica acta*, 1762(2), 164–180. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2005.09.004>.
- Sertić, H. (2004). *Osnove borilačkih sportova: judo, karate, hrvanje*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Sertić, H., Žaja, M. & Segedi, I. (2015). Klasifikacija natjecateljskih kickboxing tehnika. U: Kapo, S., Kajmović, H., Rađo, I., Smajlović, N., Čović, N. i Ćirić, A. (ur.) Zbornik radova 1. konferencije Jugoistočne Europe u borilačkim vještinama i sportovima. Sarajevo: Fakultet sporta i tjelesnog odgoja Univerziteta u Sarajevu.
- Silva, J. J. R., Del Vecchio, F. B., Picanço, L. M., Takito, M. Y. i Franchini, E. (2011). Time-Motion analysis in Muay-Thai and KickBoxing amateur matches. *J Hum Sport Exerc*, 6, 490-496. <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2011.63.02>
- Slimani, M., Chaabène, H., Davis, P., Franchini, E., Cheour, F. i Chamari, K. (2017). Performance aspects and physiological responses in male amateur boxing competitions: a brief review. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 1132–1141. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001643>
- Slimani, M., Davis, P., Franchini, E. i Moalla, W. (2017). Rating of perceived exertion for quantification of training and combat loads during combat sport-specific activities: a short review. *Journal of strength and conditioning research*, 31(10), 2889–2902. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002047>
- Slimani, M., Miarka, B., Briki, W. i Cheour, F. (2016). Comparison of mental toughness and power test performances in high-level kickboxers by competitive success. *Asian journal of sports medicine*, 7(2), e30840. <https://doi.org/10.5812/asjms.30840>
- Slimani, M., Paravlic, A. H., Chaabene, H., Davis, P., Chamari, K. i Cheour, F. (2018). Hormonal responses to striking combat sports competition: a systematic review and meta-analysis. *Biology of sport*, 35(2), 121–136. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2018.71601>
- Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M. I Davis, P. (2018). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 273-292, <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1469080>
- SportAccord. (2022). Dostupno na: <https://www.sportaccord.sport/>
- Spuler, S., Stroux, A., Kuschel, F., Kuhlmeier, A. i Kendel, F. (2011). Delay in diagnosis of muscle disorders depends on the subspecialty of the initially consulted physician. *BMC health services research*, 11, 91. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-11-91>

- Sundgot-Borgen, J., Meyer, N. L., Lohman, T. G., Ackland, T. R., Maughan, R. J., Stewart, A. D. i 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092966>
- Šimunović, V. J. (2013). *Basic & General Clinical Skills*. Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- The World Anti-Doping Agency. (2022). Dostupno na: <https://www.wada-ama.org/en>
- Tian, Z., Dong, F., Hei, X. i Liu, C. (2023). Heart rate monitoring in special training for boxers. SciELO journals. [http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012022\\_0515](http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0515)
- Topić, E., Primorac, D. i Janković, S. (ur.) (2004). *Medicinskobiokemijska dijagnostika u kliničkoj praksi*. Zagreb: Medicinska naklada.
- Uusitalo, A. L. (2001). Overtraining: making a difficult diagnosis and implementing targeted treatment. *The Physician and sportsmedicine*, 29(5), 35–50. <https://doi.org/10.3810/psm.2001.05.774>
- Vasudevan, D. M., Sreekumari, S. i Kanna, V. (2011) *Textbook of biochemistry for medical students* (6th ed.). London: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Volodchenko, O. A., Podrigalo, L. V., Iermakov, S. S., Żychowska, M. T., i Jagiełło, W. (2019). The usefulness of performing biochemical tests in the saliva of kickboxing athletes in the dynamic of training. *BioMed research international*, 2019, 2014347. <https://doi.org/10.1155/2019/2014347>
- WAKO PRO. (2022). Dostupno na: <https://www.wakopro.org/>
- Wallimann, T., Tokarska-Schlattner, M. i Schlattner, U. (2011). The creatine kinase system and pleiotropic effects of creatine. *Amino acids*, 40(5), 1271–1296. <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0877-3>
- Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. i Eppenberger, H. M. (1992). Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. *The Biochemical journal*, 281(1), 21–40. <https://doi.org/10.1042/bj2810021>
- Wiechmann, G. J., Saygili, E., Zilkens, C., Krauspe, R. i Behringer, M. (2016). Evaluation of muscle damage marker after mixed martial arts matches. *Orthopedic Reviews*, 8(1), 6209. <https://doi.org/10.4081/or.2016.6209>



- Winkler, E. A., Yue, J. K., Burke, J. F., Chan, A. K., Dhall, S. S., Berger, M. S., Manley, G. T. i Tarapore, P. E. (2016). Adult sports-related traumatic brain injury in United States trauma centers. *Neurosurgical focus*, 40(4), E4. <https://doi.org/10.3171/2016.1.FOCUS15613>
- World Association of Kickboxing Organizations. (2022). Dostupno na: <https://wako.sport/>
- World Boxing Association. (2022). Dostupno na <https://www.wbaboxing.com/>
- World Boxing Conucil. (2022). Dostupno na: <https://wbcboxing.com/en/>
- World Boxing Organization. (2022). Dostupno na: <https://www.wboboxing.com/>
- Zabukovec, R. i Tiidus, P. M. (1995). Physiological and anthropometric profile of elite kickboxers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 240-242. <https://doi.org/10.1519/00124278-199511000-00007>
- Zschocke, J. i Hoffmann, G. F. (1999). *Vademecum Metabolicum*. Stuttgart: Schattauer.
- Zubac, D., Karninčić, H. i Žaja, M. (2016). Hydration status assessment among elite youth amateur boxers. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(6), 731–736.
- Zubac, D., Šimunić, B., Karinčić, H. i Ivančev, V. (2017). Skeletal muscle contraction time is an important factor in the muscle damage response in kickboxing athletes. *Archives of Budo*, 13(13), 169-178.
- Zuliani, U., Bonetti, A., Franchini, D., Serventi, G., Ugolotti, G. i Varacca, A. (1985). Effect of boxing on some metabolic indices of muscular contraction. *International journal of sports medicine*, 6(4), 234–236. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025847>
- Žaja, O. (2018). Kako prepoznati i liječiti djecu i adolescente s poremećajem u jedenju. U I. Bralić (ur.), *Izazovi tranzicijske medicine* (86-103). Zagreb: Medicinska naklada.
- Žaja, M. (2012). Sistematizacija tehnika kickboxinga s obzirom na važnost za pojedinu natjecateljsku disciplinu programa natjecanja seniora (magistarski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet.

## **10. ŽIVOTOPIS AUTORA**

MARKO ŽAJA rođen je u Splitu 1975. godine. Godine 2002. diplomirao je na Kineziološkom fakultetu u Splitu s odličnim uspjehom.

Godine 2004. upisao je znanstveni poslijediplomski studij na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu gdje je 2012. godine obranio magisterij i stekao titulu magistra kinezioloških znanosti. Od 2011. godine kao vanjski suradnik radi na Kineziološkom fakultetu, Studijskom centru za izobrazbu trenera i Hrvatskom institutu za kineziologiju u Zagrebu.

Godine 1994. bio je jedan od utemeljitelja i osnivača jednog od najuspješnijih hrvatskih borilačkih klubova, *Pit Bulla*, koji je i globalno priznat. Taj je klub stvorio cijeli niz vrhunskih hrvatskih sportaša u olimpijskom boksu, kickboxingu, savateu, sambu i tajlandskom boksu.

Borilačkim sportovima počeo se baviti kao dijete sa šest godina te se u mlađim uzrastima natjecao u karateu i taekwondou, a kao student natjecao se na fakultetu u judu i hrvanju. U ringovnim sportovima natjecao se u kickboxingu, savateu, boksu i tajlandskom boksu. Godine 1992., s nepunih 17 godina postao je seniorski prvak Republike Hrvatske na prvome prvenstvu neovisne Hrvatske u kickboxingu, a iste godine započeo je njegov rezultatski uspon i na međunarodnim ringovima. Borio se u brojnim organizacijama- WAKO, WAKO PRO, ISKA, K.I.C.K. i WKA. Od 1993. do 1999. godine pet je puta osvajao naslove prvaka Europe a od 2000. do 2002. godine tri puta je osvojio svjetski pojas. Zbog dvostruke kronične ozljede noge već s 27 godina definitivno povukao se iz natjecateljske karijere tijekom koje je nekoliko puta ušao u uži izbor od desetak sportaša za najboljeg sportaša Hrvatske po izboru Sportskih novosti, a jednom je bio drugi sportaš grada Splita.

Kao trener počeo je djelovati još tijekom studentskih dana i svoje natjecateljske karijere, a ozbiljnije se počeo baviti trenerskim pozivom nakon diplomiranja i prestanka natjecateljske karijere. Već 2003. godine Hrvatski kickboxing savez izabrao ga je za izbornika reprezentacije, a 2011. godine izabran je za dopredsjednika saveza na kojoj dužnosti je bio sve do ove godine. Niz godina bio je predstavnik HKBS-a u WAKO-u i Hrvatskom olimpijskom odboru. Iako je kao privatni poduzetnik i osoba koja je aktivna i u politici prilično zauzet obvezama i danas vrlo aktivno djeluje kao uspješni trener u klubu.

Za najboljeg trenera grada Splita proglašen je tri puta, dok je čak 11 puta ušao u uži izbor. Ukupno je u trenerskoj karijeri, bilo kao glavni trener bilo kao član stručnog stožera samo u Pit Bullu sudjelovao u osvajanju više od 150 odličja na službenim prvenstvima Europe i svijeta u uzrastu kadeta, juniora i seniora u muškoj i ženskoj konkurenciji u boksu, kickboxingu, savateu

i tajlandskom boksu uz veliki broj odličja na svjetskim i europskim kupovima te borbama za profesionalne titule prvaka.

Sudionik je Domovinskog rata kao dragovoljac u dva navrata, oba puta bez vojne obuke, prvi put sa 16 ipo godina starosti krajem 1991. i početkom 1992. godine te drugi put krajem rata u vojno redarstvenoj akciji Oluja. Vojni rok doslužio je tijekom apsolvantskog studentskog staža 2001. godine u sportskoj satniji Hrvatske vojske.

2015. izabran je u vijeće trenera svjetske kickboxing organizacije te je iste godine kao jedan od samo šest predavača na prvom Kongresu trenera svjetske WAKO organizacije održao predavanje za gotovo sve svjetske izbornike i predsjednike nacionalnih i kontinentalnih kickboxing saveza.

2023. godine je kao prvi trener u povijesti na Europskim Igrama sudjelovao u tri športa- u kickboxingu, boksu i tajlandskom boksu te je na istom natjecanju sa svojom natjecateljicom osvojio prvo, povijesno brončano odličje za kickboxing u Hrvatskoj.

Dobitnik je dvadesetak posebnih priznanja Hrvatskog kickboxing saveza, Hrvatskog boksačkog saveza, Hrvatskog savate saveza i Hrvatskog saveza tajlandskog boksa za promicanje sporta, organizacije natjecanja, osobnih sportskih rezultata te trenerskih postignuća, kao i za doprinos razvoju hrvatskih ringovnih sportova. U svojoj trenerskoj karijeri dobio je 14 državnih nagrada Republike Hrvatske za vrhunska sportska dostignuća.

,

## **11. POPIS OBJAVLJENIH RADOVA**

- Žaja, M. (2012) Sistematizacija tehnika kickboxinga s obzirom na važnost za pojedinu natjecateljsku disciplinu programa natjecanja seniora, magistarski rad, Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Blažević, S., Žaja, M., Katić, R. (2008) Integration of basic and specific motor abilities in elite karateka // Proceedings Book - 5<sup>th</sup> International Scientific Conference on Kinesiology - Kinesiology research trends and applications / Milanović, D.; Prot, F. (ur.). Zagreb: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb. str. 891-893 (međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
- Sertić, H., Segedi, I., Žaja, M. (2013) Dinamika promjena motoričkih i funkcionalnih sposobnosti natjecatelja u kickboxingu tijekom šestmesečnog trenažnog rada. U: 11. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2013. Bratislava : Trnava // (predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni).
- Sertić, H., Žaja, M., Segedi, I. (2015) Klasifikacija natjecateljskih kickboxing tehnika. U: Kapo, S., Kajmović, H., Rađo, I., Smajlović, N., Čović, N. & Ćirić, A. (ur.) Zbornik radova 1. konferencije Jugoistočne Europe u borilačkim vještinama i sportovima. Sarajevo: Fakultet sporta i tjelesnog odgoja, Univerzitet u Sarajevu, str. 52-57. // (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni)
- Zubac, D., Karninčić, H. & Žaja, M. (2016). Hydration status assessment among elite youth amateur boxers. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 56 (6), 731-736. (članak, znanstveni).