

# FIZIOLOŠKI, METABOLIČKI I SUBJEKTIVNI ODGOVOR NA KARATE BORBU

---

**Križan, Anamarija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:117:103588>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:

magistar kineziologije)

**Anamarija Križan**

**FIZIOLOŠKI, METABOLIČKI I SUBJEKTIVNI  
ODGOVOR NA KARATE BORBU**

**Diplomski rad**

Mentor:

Doc. dr. sc. Daniel Bok

Zagreb, siječanj, 2020.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor: Doc. dr. sc. Daniel Bok

---

Student: Anamarija Križan

---

# FIZIOLOŠKI, METABOLIČKI I SUBJEKTIVNI ODGOVOR NA KARATE BORBU

## Sažetak

Glavni cilj ovoga rada bio je utvrditi fiziološke zahtjeve karate borbe (*kumite*), odnosno akutne reakcije koje izaziva karate borba kako bi karate treneri znali koje kapacitete trebaju razvijati kod sportaša kroz trenažni program. Analizirane su studije koje su mjerile fiziološke parametre tijekom i nakon simulirane/natjecateljske karate borbe. Rezultati prikazuju koncentraciju laktata, frekvenciju srca, primitak kisika i subjektivnu procjenu opterećenja. Baze podataka koje su se koristile za pretraživanje literature su *Web of Science*, *Scopus*, *PubMed*, *Google znalac* i *Hrčak*. Uzorak ispitanika u tim studijama su elitni karataši i amateri u dobi od 16 do 29 godina, uključuju oba spola iako je većina studija ispitivala isključivo muški spol. Koncentracija laktata u krvi doseže vrijednosti između 8 i 12 mmol/L. Karataši provode više od 65% vremena borbe u zoni maksimalne frekvencije srca, odnosno iznad 90% maksimalne frekvencije srca. Vršna frekvencija srca tijekom natjecanja može doseći i vrijednosti koje su iznad 90% maksimalne frekvencije srca. Kod amatera tijekom simulirane borbe u trajanju od 3 minute zabilježena razina  $VO_2$  od 47%  $VO_{2max}$ , dok je kod elitnih karataša ona iznosila 72,5%  $VO_{2max}$ . Subjektivna procjena opterećenja (SPO) ukazuje da karataši percipiraju karate borbu kao donekle tešku (SPO=4), tešku (SPO=5), a ponekad i jako tešku (SPO=7). Karate borba izvodi se dominantno u aerobnom režimu rada (70%), dok su anaerobni fosfageni (20%) i anaerobni glikolitički (10%) mehanizam značajno manje zastupljeni.  $VO_2$  je tijekom borbe značajno niži u odnosu na frekvenciju srca, a razlog tome je različita dinamika porasta frekvencije srca i  $VO_2$  tijekom isprekidanih aktivnosti. Budući da  $VO_2$  tijekom borbe ne doseže vrijednosti iznad 90%  $VO_{2max}$ , situacijski treninzi ne mogu se koristiti kao trenažni program za razvoj  $VO_{2max}$ . Porast SPO nakon uzastopnih borbi može se povezati s nedovoljnim odmorom između mečeva što ukazuje na potrebu za unaprjeđenjem  $VO_{2max}$  koji je odgovoran za brži i kvalitetniji oporavak.

**Ključne riječi:** fiziološki zahtjevi, karate borba, metabolički odgovor, subjektivna procjena opterećenja, laktati, frekvencija srca, primitak kisika

# PHYSIOLOGICAL, METABOLIC AND SUBJECTIVE RESPONSE TO KARATE FIGHT

## Abstract

The essential goal of this study was to determine physiological requirements of karate fight (kumite). The study determined the acute reactions triggered by karate combat in order for karate coaches to know which capacities need to be developed through a training program. Studies that measured physiological parameters during and after simulated/competitive karate combat were analyzed. The results show heart rate, blood lactate concentration, rate of perceived exertion (RPE) and oxygen uptake. Databases used to search literature were *Web of Science*, *Scopus*, *PubMed*, *Google Scholar* and *Hrčak*. Test subjects were elite and amateur karate athletes between the ages of 16 and 29 and involving both sexes, although most studies have examined only male athletes. Blood lactate concentrations reached values between 8 and 12 mmol/L, and the values' slight increase and stagnation were noted. Furthermore, kumite athletes spent more than 65% of their fighting time in the zone of maximum heart rate, or above 90% of maximum heart rate. Results also showed that the peak heart rate during competition may reach values above 90% of the maximum heart rate. For amateurs during a simulated 3 minute fight, a level of 47% of  $VO_{2max}$  was recorded, while in elite kumite athletes it was 72.5% of  $VO_{2max}$ . Rating of perceived exertion (RPE) indicates that karate fighters perceive karate combat as somewhat difficult (RPE=4), difficult (RPE=5), and sometimes very difficult (RPE=7). Karate fight is predominantly performed in aerobic mode (70%), while anaerobic phosphagens (20%) and anaerobic glycolytic (10%) mechanism are significantly less represented.  $VO_2$  levels are significantly lower during karate fight compared to the heart rates of kumite athletes. This is due to different dynamics of heart rate and  $VO_2$  increase during intermittent activities. Because  $VO_2$  does not reach values above 90% of  $VO_{2max}$  during a karate fight, sport specific training cannot be used as a training mode for  $VO_{2max}$  development. The rise in RPE after successive fights can be linked to insufficient rest between matches, indicating the need to improve  $VO_{2max}$ , which is responsible for faster and more quality recovery.

**Key word:** physiological requirements, karate fight, metabolic response, rating of perceived exertion, lactate, heart rate, oxygen uptake

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. METODE.....	6
3. REZULTATI.....	7
3.1. LAKTATI.....	7
3.2. FREKVENCIJA SRCA .....	10
3.3. RELATIVNI I MAKSIMALNI PRIMITAK KISIKA.....	14
3.4. SUBJEKTIVNA PROCJENA OPTEREĆENJA (SPO).....	15
4. RASPRAVA.....	17
5. ZAKLJUČAK.....	21
6. LITERATURA.....	23

## 1.UVOD

Posljednjih nekoliko godina karate je postao jedan od popularnijih borilačkih sportova u svijetu i ušao je u program Olimpijskih Igrara 2020. godine u Tokiju. Na temelju toga, kvaliteta ove japanske vještine, razina sportske pripreme i atraktivnost samoga sporta je porasla. Većina zemalja je počela ulagati u sam sport i potencijalne sportaše kako bi izborila predstavnike na Olimpijskim Igrama. Kriteriji i proces skupljanja bodova za sam nastup poprilično je složen i sastoji se od većeg broja kriterija. U Hrvatskoj je također karate postao popularan na temelju osvajača svjetskih i europskih medalja posljednjih nekoliko godina, te Hrvatska ima potencijalnog predstavnika za nastup na Olimpijskim Igrama. Karate se sastoji od dvije natjecateljske discipline, a to su kate i borbe (kumite) čije bodovanje je propisano pravilnikom Svjetske karate Federacije (WKF, 2020). Kate disciplina je skup unaprijed određenih pokreta koji se sastoji od obrambenih i napadačkih tehnika i izvode se sa zamišljenim protivnikom. Takav skup poteza ima točno određeni oblik i red po kojem se tehnike izvode, a na natjecanju se mogu izvoditi pojedinačno ili ekipno (Chaabene i sur., 2015a). Disciplina *kumite* je polu-kontaktna borba sa stvarnim protivnikom prema unaprijed utvrđenim pravilima. Uključuje udarce rukama, nogama, blokove i bacanja. Karataši nastupaju pojedinačno podijeljeni u 5 težinskih kategorija (seniori: -60, -67, -75, -84, +84 kg; seniorke: -50, -55, -61, -68 i +68 kg) za oba spola. Također, karataši mogu nastupati ekipno na natjecanjima gdje u disciplini borbe mušku ekipu čine 5 članova ekipe, dok žensku ekipu čine 3 članice. Na ekipnim natjecanjima nema težinskih kategorija nego su svi natjecatelji u istoj kategoriji, te se zbrajaju rezultati natjecatelja u ekipi. Borba za muške i ženske seniorske kategorije po novim pravilima traje 3 minute (prije su ženske kategorije trajale 2 minute sve osim finalnog meča koji je trajao 3 minute), dok za mlađe uzrasne kategorije (U21, juniori/juniorke, kadeti/kadetkinje) traje 2 minute ne uključujući sudačke prekide. Sudački prekidi borbe služe za dodjeljivanje kazni ili bodova, te znaju trajati i do nekoliko sekundi. Na taj način sudački prekidi borbe produljuju vrijeme trajanja borbe, te ukupno trajanje borbe iznosi i preko četiri minute ovisno o broju sudačkih prekida i aktivnosti samih protivnika. Karate borba predstavlja borilačku aktivnost u kojoj je cilj izvršavanje napadačkih i obrambenih tehnika, kojima se blokira napad protivnika i pokušava ostvariti poen napadajućim tehnikama sa kontrolom, dok se protivnici slobodno kreću u okviru prostora za borbu (Imamura i sur., 1999; Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus & Hutler, 2004). Za borbe su karakteristični brzi i eksplozivni napadi u trajanju do 3 sekunde koji se izmjenjuju s nisko

intenzivnim kretnjama (Milanez, Dantas, Destro Christofaro, i Fernandes, 2012). Tijekom borbe karataši češće koriste ručne tehnike (oko 76%), a omjer visoko-intenzivnih aktivnosti i odmora tijekom borbe iznosi 1:10 (Chaabene i sur., 2014a). Ukupno vrijeme visoko-intenzivnih kretnji iznosi oko 13 sekundi u borbi koja traje 2 minute, odnosno oko 19 sekundi u borbi koja traje 3 minute što iznosi oko 6,5 sekundi visoko-intenzivnih akcija po minuti (Iide i sur., 2008). Aktivnosti napada i obrane iznose oko 6% ukupnog trajanja borbe, a odmor između borbenih aktivnosti najčešće iznosi oko 21 sekundu (Chaabene i sur., 2014a). Navedeni podaci sugeriraju da tijekom meča borci izvode vrlo kratke visoko-intenzivne aktivnosti koje su razdvojene relativno dugim periodima nisko-intenzivnih do umjereno-intenzivnih aktivnosti (Chaabene i sur., 2015a). Zaštitna oprema obavezna je na natjecanju (guma za zube, prsluk, štitnik za grudi kod žena, suspensor kod muškaraca), natjecatelji moraju imati komplet u crvenoj i plavoj boji (rukavice, pojaseve i štitnike za noge). Bodovanje udaraca se dijeli na tri boda (ippon), dva boda (waza-ri) i jedan bod (yuko). *Ippon* se dodjeljuje kod pravilno izvedenih udaraca nogom u glavu i bilo koje tehnike na protivniku nakon što je bačen ili slučajno pada na pod. *Waza-ri* se dodjeljuje za udarac nogom u tijelo, a *yuko* za udarce rukom u glavu i u tijelo. Bodovne regije tijela su: lice, vrat, abdomen, prsa, leđa i bočna strana trupa. Tehnika se boduje ako ispunjava slijedeće kriterije: dobra forma, sportski stav, snažna primjena, svjesnost (*zanshin*) i pravovremenost (WKF, 2020). Ovisno o natjecanju, broju prijavljenih natjecatelja i samog ždrijeba, karataši imaju i do 6 borbi u jednome danu, a borbe imaju veliko psihološko i fiziološko opterećenje. Drugim riječima, ukupno trajanje mečeva može iznositi približno 25 minuta sa produžecima, tako da su zahtjevi koji se stavljaju pred natjecatelje veliki (Vujkov, Calleja-Gonzalez, Krneta, Drid, & Ostojić, 2015).

Fiziološka analiza jedan je od dijelova kineziološke analize koja nam opisuje fiziološke zahtjeve pojedinog sporta kako bi kao treneri razumjeli na koji način treba oblikovati trenažni program i koje vježbe koristiti kako bi poboljšali određene komponente treniranosti kod sportaša (Bok, 2019). Fiziološka analiza nam pruža informacije o fiziološkom opterećenju sportaša, odnosno o dominaciji energetskih mehanizama (aerobnog, anaerobnog fosfagenog i anaerobnog glikolitičkog mehanizma) tijekom izvedbe određenih sportskih aktivnosti (Bok, 2019). Fiziološke varijable koje se najčešće koriste za određivanje fiziološkog opterećenja aktivnosti su koncentracija laktata u krvi (La), frekvencija srca (FS), apsolutni ( $VO_{2max}$ ) i relativni ( $RVO_{2max}$ ) primitak kisika, te subjektivna procjena opterećenja (SPO). Koncentracija laktata u krvi nam daje uvid u metabolički odgovor sportaša na izvedbu



sportske aktivnosti, odnosno u ovom slučaju karate borbe. Koncentracija laktata u krvi je sve popularnija varijabla u posljednjih pedesetak godina te se sve češće koristi u laboratorijskim testiranjima (Jacobs, 1986). Koncentracija laktata u krvi nam pruža informacije o anaerobnom glikolitičkom metabolizmu sportaša tijekom sportske aktivnosti i daje nam uvid da li je sportaš prešao anaerobni laktatni prag. Anaerobni laktatni prag definiran je koncentracijom laktata od 4 mmol/L, a povećanjem intenziteta iznad te vrijednosti koncentracija laktata u krvi eksponencijalno raste te dolazi do velikog metaboličkog stresa. Anaerobni laktatni prag je najveći intenzitet izvođenja određene aktivnosti pri kojoj je nagomilavanje laktata u krvi jednako njihovom otklanjanju iz krvi, odnosno on predstavlja najviši intenzitet aktivnosti pri kojem je organizam u metaboličkoj homeostazi (Faude, Kindermann & Meyer, 2009). Iako je koncentracija laktata u krvi nakon vježbanja pouzdana mjera u standardnim uvjetima na nju mogu značajno utjecati mjesto vađenja krvi, temperatura okoline, razlike u pH ravnoteži prije vježbanja, prethodna aktivnost, razlike u prehrani ili konzumiranim farmakološkim sredstvima (Jacobs, 1986). Frekvencija srca (FS) je varijabla koja daje odgovor o kardiorespiratornom naporu, odnosno daje uvid u udio aerobnog rada. Također frekvencija srca nam pruža informacije o intenzitetu sportske aktivnosti, te se na temelju nje može odrediti u kojoj zoni opterećenja se nalazi sportaš tijekom sportske izvedbe. Na temelju te informacije trener može modelirati intenzitet treninga prema zonama opterećenja u kojima sportaš treba trenirati. Praćenje FS jedno je od najčešćih načina procjene unutarnjeg opterećenja kod sportaša. Upotreba praćenja frekvencije srca tijekom vježbanja temelji se na linearnom odnosu između FS i stope potrošnje kisika tijekom vježbanja u kontinuiranoj aktivnosti. Na frekvenciju srca utječu pozicija tijela, uključena mišićna masa, tjelesna temperatura, unos tekućine, itd. (Halson, 2014). Zone opterećenja prema srčanoj frekvenciji se dijele na: 50-60% (zona 1), 60-70% (zona 2), 70-80% (zona 3), 80-90% (zona 4) i 90-100% (zona 5) Foster i sur. (2001). Parametri koji se često upotrebljavaju za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta su  $VO_{2max}$  koji se izražava mjernim jedinicama l/min i  $RVO_{2max}$  koji se izražava mjernim jedinicama ml/kg/min. Fiziološka varijabla  $VO_{2max}$  je maksimalna količina kisika koju organizam može iskoristiti u jednoj minuti tijekom intenzivne fizičke aktivnosti (Štimec, 2015). Relativni  $VO_{2max}$  se izražava u mililitrima kisika po kilogramu tjelesne težine koji osoba može proventilirati unutar 1 minute (ml/kg/min). Sposobnost maksimalnog primitka kisika ovisi o sposobnosti dišnog i srčano-žilnog sustava koji služi za transport kisika do mišićnih stanica i o sposobnosti aktivne mišićne mase da iskoristi kisik tijekom procesa oksidativne razgradnje hranjivih tvari (Vučetić i Šentija, 2005). Tijekom djetinjstva apsolutne vrijednosti  $VO_{2max}$  povećavaju se svake godine, dok za razliku od njih, relativne vrijednosti maksimalnog

primitka kisika kod odrasle dobi ostaju stabilne (Rowland, 1990). S obzirom gdje se provode testovi za dijagnostiku energetske kapaciteta dijelimo ih na terenske i laboratorijske testove (Vučetić i Šentija, 2005). Maksimalni primitak kisika najpreciznije se procjenjuje u laboratoriju na pokretnoj traci, veslačkom ergometru ili biciklergometru gdje se, osim procjene maksimalnog primitka kisika, mogu izmjeriti i ostali metabolički i ventilacijski parametri (Calleja, Lekue, Leibar & Terrados, 2004). Posljednji parametar, subjektivna procjena opterećenja (SPO) se koristi kao mjera intenziteta vježbanja koja se zasniva na percipiranom naporu izvedbe sportske aktivnosti. SPO je postala sve popularnija kao izvanredan psihofiziološki pokazatelj, odnosno pojedinačni pokazatelj ukupnog opterećenja sportaševog organizma (Eston, 2012). SPO može se, dakle, vrlo jednostavno primjenjivati u procesu određivanja akutne reakcije na trenažni podražaj na način da sportaš, nakon što odradi trening ili vježbu, ocijeni doživljeni trenažni napor putem neke od ponuđenih skala opterećenja (npr., skala od 0 do 10) (Foster i sur., 2001). SPO može biti prikazana dvjema skalama, a to su izvorna Borgova skala u rasponu od 6-20 (tablica 1) i modificirana Borgova skala u rasponu od 0-10 (tablica 2). Kod izvorne Borgove skale 6 znači uopće nema napora, dok 20 znači maksimalni napor koji osjećaju tijekom rada. Kod modificirane Borgove skale 0 znači da nema napora, dok 10 znači maksimalan napor. Ova metoda je vrlo praktična i sve češće se koristi u novijim istraživanjima.

Tablica 1. *Izvorna Borgova skala 6-20 SPO (Borg, 1982).*

Procjena	Opis
6	nema napora ni malo
7	izuzetno lagan
8	
9	jako lagano
10	
11	lagano
12	
13	pomalo teško
14	
15	teško
16	
17	jako teško
18	
19	izuzetno teško
20	maksimalno teško

Tablica 2. *Modificirana Borgova skala 0-10 SPO (Foster i sur., 2001).*

Procjena	Opis
0	odmor
1	jako lagano
2	lagano
3	srednje
4	pomalo teško
5	teško
6	
7	jako teško
8	
9	
10	maksimalno teško

Jedan od izazova s kojima se suočavaju treneri u karateu je razumjeti glavne fiziološke zahtjeve karate borbe koji pridonose uspjehu ili neuspjehu karataša. Razumijevanje fiziološke reakcije na natjecateljsku borbu potrebno je zbog oblikovanja trenažnog procesa koji bi trebao utjecati na fiziološku adaptaciju sportaša i prilagoditi ih natjecateljskim zahtjevima. Stoga je iznimno važno utvrditi fiziološki odgovor sportaša na natjecateljsku aktivnost, odnosno utvrditi udio aerobnog i anaerobnog rada u karate borbi te utvrditi postoje li razlike u fiziološkom odgovoru sportaša ovisno o spolu, dobi i natjecateljskoj razini. Za utvrđivanje akutne reakcije na karate borbu, odnosno definiranje fiziološkog odgovora korištene su vršna i prosječna frekvencija srca, vršni i prosječni primitak kisika, koncentracija laktata u različitim vremenskim točkama prije i nakon borbe te subjektivna procjena opterećenja prije i nakon borbe, odnosno nekoliko borbi. Praćene varijable omogućuju uvid u fiziološki, metabolički i subjektivni (perceptivni) odgovor na natjecateljsku aktivnost. Cilj je ovog rada pregled znanstvene literature u kojoj je istraživana fiziološki odgovor karataša na karate borbu te sistematiziranje prikupljenih podataka s obzirom na dob, spol i natjecateljsku razinu karataša. Diplomski rad će u tom smislu omogućiti kvalitetniji prijenos informacija iz znanosti u praksu, odnosno omogućiti će karate trenerima i kondicijskim trenerima koji rade sa karatašima precizne informacije o zahtjevima sporta na temelju kojih će moći kvalitetnije programirati treninge sa svojim sportašima.

## 2. METODE

U ovom diplomskom radu baze podataka koje su se koristile za pretraživanje literature su *Web of Science*, *Scopus*, *PubMed*, *Google znalac* i *Hrčak*. Literatura je pretraživana isključivo na engleskom i hrvatskom jeziku. Termini koji su se koristili za pretragu sadržaja su „fiziološki odgovori“, „frekvencija srca“, „metabolički odgovori“, „analiza karate borbe“, „kumite“, „simulirana karate borba“, „subjektivni odgovor opterećenja“ i „natjecateljska karate borba“, također svi termini su morali uključivati riječ „karate borba“. Vremenski filter je bio od 1998. godine pa sve do najnovijih istraživanja. U odabranim i pregledanim studijama su prikupljeni podaci na elitnim karatašima i amaterima, pri čemu su elitni karataši bili definirani sudjelovanjem na europskim i svjetskim natjecanjima, a amateri su karataši koji su imali crni pojas i aktivno su trenirali karate najmanje dvije godine. Analizirali su oba spola u dobi od 16 do 29 godina. Mladi karataši su od 16 do 21 godine, a stariji sportaši su od 21 do 35 godine. U radovima su analizirane simulirane borbe i natjecateljske borbe. Simulirane borbe su trajale 2 ili 3 minute, neke su uključivale sudačke prekide, a neke su se izvodile bez prekida. U nekim

studijama se izvodi samo jedan simulirajući meč, a neke su uključivale nekoliko uzastopnih mečeva koji su isprekidani s različitim intervalima odmora. Natjecateljske borbe su borbe koje su analizirane na nacionalnim, međunarodnim ili svjetskim prvenstvima i provodile su se prema natjecateljskim pravilima i trajale su 2 ili 3 minute. Koncentracija laktata mjerena je prije simulirane/natjecateljske borbe, odmah nakon simulirane/natjecateljske borbe i u nekoliko vremenskih točaka nakon simulirane/natjecateljske borbe. FS je mjerena tijekom i nakon karate borbe. Mjerena je prosječna vrijednost frekvencije srca tijekom borbe (FS<sub>p</sub>), vršna frekvencija srca tijekom borbe (FS<sub>v</sub>), srčana frekvencija nakon borbe u različitim vremenskim točkama (FS<sub>po</sub>) i postotak od maksimalne srčane frekvencije (%FS<sub>max</sub>). Mjeren je prosječni relativni primitak kisika tijekom karate borbe (VO<sub>2</sub>) i postotak od maksimalnog pritoka kisika tijekom karate borbe (%VO<sub>2max</sub>). Subjektivna procjena opterećenja mjerena je tijekom karate borbe. Ove fiziološke varijable su prikupljene iz različitih studija i prikazane su u tablicama.

### 3. REZULTATI

U ovom diplomskom radu analizirano je 29 studija. Rezultati prikazani u tablicama 3, 4, 5 i 6 su prikupljeni iz različitih studija i objedinjeni svaki u zasebnu tablicu po fiziološkim parametrima (La, FS, VO<sub>2</sub> i SPO). Ovi fiziološki parametri su mjereni u različitim vremenskim točkama prije, tijekom i nakon simulirane ili natjecateljske karate borbe. Slijedeće četiri tablice prikazuju vrijednosti laktata (tablica 3), frekvenciju srca (tablica 4), primitak kisika (tablica 5) i subjektivnu procjenu opterećenja (tablica 6).

#### 3.1. LAKTATI

Koncentracija laktata prije natjecateljske borbe kretala se u rasponu od 1,3 – 1,9 mmol/L, dok se koncentracija laktata prije simulirane borbe kretala u većem rasponu od 1,3 – 8,1 mmol/L (nekoliko uzastopnih simuliranih mečeva). Odmah nakon simulirane borbe koncentracija laktata kretala se u rasponu od 3,1 – 14,6 mmol/L, dok je nakon natjecateljske karate borbe iznosila 11,1 mmol/L. Nakon jedne minute odmora koncentracija laktata je iznosila 8,8 – 10,0 mmol/ L , dok se nakon 3 minute odmora kretala u nešto većem rasponu

7,3 – 13,5 mmol/L. Nakon 6 minuta odmora koncentracija laktata nakon borbe je iznosila 5,9 mmol/L, a 9 minuta nakon odmora iznosila je 5,3 mmol/L. Vrijednosti laktata odmah nakon borbe kod elitnih sportaša se kreće u rasponu od 5,1 – 14,6 mmol/L, dok se kod amatera kretala u rasponu od 3,1 – 3,4 mmol/L. Kod karatašica koncentracija laktata nakon borbe iznosila je 8,9 – 13,5 mmol/L, dok je kod muških ispitanika iznosila 3,1 – 14,6 mmol/L. Koncentracija laktata tijekom uzastopnih borbi je bila u porastu.

Tablica 3. Koncentracija laktata u krvi prije i nakon karate borbe

Autor	Ispitanici	Opis protokola	Lapr (mmol/L)	Lapo (mmol/L)
<b>Beneke,</b>	n=10 M	4 s.m. nakon zagrijavanja, odmor	1,7±1	(1.)7,6
<b>Beyer,</b>	26,9±4	između 1. i 2. 17 min, između 2. i 3. 15	3,2±1	(2.)8,1
<b>Jachner,</b>	god	min i između 3. i 4. meča 9 min	4,1±2	(3.)7,4
<b>Erasmus i Hutler (2004)</b>	E		5,4±3	(4.)7,8
<b>Lide i sur. (2008)</b>	n=7 M 18-20 god n=6 M 16–17god A	2 s.m., 1. meč 3 min i 2. meč 3 min, (nakon 60 min odmora )	1,4	(1.)3,1±1 (2.)3,4±1
<b>Doria i sur. (2009)</b>	n=3 M 24,0±5 god n=3 Ž 21,3±2 god E	s.m. (25 min zagrijavanja) za M 4 min, za ž 3 min		7,5±2 10,6±5
<b>Arriaza (2009)</b>	n=20 E	N.m. finale Svjetskog prvenstva		11,1±2
<b>Roschel i sur. (2009)</b>	n=14 M 28,0±5 god E	s.m. u trajanju od 3 min (nakon zagrijavanja)	(P)2,3 (G)1,8±1	5,1±1 5,2±2
<b>Tabben i sur. (2013)</b>	n=4 M 22,5±1 god  n=3 Ž 22,3 god E	N.m na međunarodnom turniru, borba za M 3 min, za ž 2 min		{1.}8,8±1(n1') {2.}9,1±3(n1') {3.}8,4±2(n1') {1.}8,9±3(n1') {2.}8,9±2(n1') {3.}10,0±2(n1')
<b>Tabben i sur. (2014)</b>	n=10 M 22,5-25,9 god n=8 Ž 22-23 god E	1 s.m.(15 min zagrijavanja) za M 3 min, za ž 2 min		13,0±2(n3') 13,5±2(n3')
<b>Chaabene i sur. (2014b)</b>	n=10 M 21,8±3 god E	s.m. i N.m. u trajanju od 3 min		(S)7,80±3(n3') (N)11,14±2(n3' )
<b>Chaabene i sur. (2014a)</b>	n = 14 M 21,5±3 god E	N.m. u trajanju 3 min na razini nacional. Prvenstva	(P)1,94 (G)1,33 (U)1,73	11,3 ±2(n3') 11,1± 3(n3') 11,2± 2(n3')
<b>Chaabene i sur. (2015b)</b>	n=9M 20,5±3 god E	2 s.m. u trajanju od 3 min	1,3	(1.)10,0±3(n3') (2.)8,1±2(n3')

<b>Invernizzi i sur. (2015)</b>	N=10 M i Ž 18 ± 3 god E	3 s.m., 15 min zagrijavanja) od 2 min, 3,3 min intervali odmora		9,0±2
<b>Vujkov i sur. (2015)</b>	n=15 M 21,53±3 god E	3 s.m. (nakon 25 min zagrijavanja)pauza 10 min između		7,3(n3') 5,9(n6') 5,4(n9')
<b>Loturco i sur. (2017)</b>	n=1M 28 god E	s.m. u trajanju od 3 min	1,9	8,5
<b>Herrera-Valenzuela i sur. (2019)</b>	n=5M 24,2±2 god  N=5Ž 23,2 ± 4 god E	4 s.m., za M 3 min meč odmor(1.,2.,3.,)(13,17,11) min, za ž 2 min meč odmor(1.,2.,3.,);(14,11,9) min	(1.) 3,3 (2.) 6,8 (3.) 7,9 (4.) 6,5 (1.) 2,3 (2.) 5,5 (3.) 6,0 (4.) 8,1	9,4 14,6 8,5 13 9,9 7,9 8,9 10

Legenda: **E**-elitni sportaši; **A**-amateri; **M**-muškarci; **Ž**-žene; **s.m.**-simulirani meč; **N.m.**-natjecateljski meč; **Lap**-laktati u krvi prije borbe ili treninga; **Lapo**-laktati u krvi poslije borbe; **n9'**-9 minuta nakon borbe; **n6'**-6 min nakon borbe; **n3'**-3 min nakon borbe; **n1'**-1 min nakon borbe; **P**-pobjednici; **G**-gubitnici; **U**-ukupno (pobjednici+gubitnici); **1.**-prva borba; **2.**- druga borba; **3.**- treća borba

### 3.2. FREKVENCIJA SRCA

Mjerena je prosječna vrijednost frekvencije srca tijekom borbe (FSp), vršna frekvencija srca (FSv) i frekvencija srca nakon borbe u različitim vremenskim točkama (FSpo). Prosječna srčana frekvencija tijekom natjecateljske karate borbe kretala se u rasponu od 171 – 185 o/min, a tijekom simulirane borbe je niža i iznosi 139 – 181 o/min. Vršna frekvencija srca tijekom simulirane borbe kretala se u rasponu od 175 – 200 o/min, dok je tijekom natjecateljske borbe bila u rasponu od 187 – 193 o/min. Kod amatera vršna frekvencija srca bila je niža (180 – 182,9 o/min) u odnosu na elitne karataše (175 – 200 o/min). Prosječna i vršna frekvencija srca kod žena je bila nešto viša u odnosu na FS kod muškaraca. Frekvencija srca mjerena odmah nakon simulirane borbe kretala se u rasponu od 160 – 192,9 o/min, a frekvencija srca mjerena 1 minutu nakon završetka borbe kretala se u rasponu od 133,75 – 187 o/min. Nakon 3 minute odmora frekvencija srca iznosi 113,25



o/min, a 5 minuta nakon borbe i iznosi 104,74 o/min. Nakon 10 min odmora frekvencija se značajno smanjuje i iznosi 96,88 o/min i 15 minuta nakon odmora iznosi 95,94 o/min. Frekvencija srca kod žena 1 minutu nakon završetka simulirane borbe bila je nešto niža (133,75 – 152 o/min) u odnosu na frekvenciju srca kod muškaraca (167,33 – 173,40 o/min).

Tablica 4. Frekvencija srca tijekom i nakon karate borbe

Autor	Ispitani	Opis protokola	FSp (o/min)	FSv (o/min)	%FSmax (o/min)	FSp0 (o/min)
Iide sur., (2008)	i n=7 M 18-20 god n=6M 16- 17god A	2 s.m., 1. meč 2 min i 2. meč 3 min, (nakon 60 min odmora )			(1.)85,2±7	160,0±13
					(2.)93,2±4	169,9±9
Doria sur., (2009)	i n=3 M 24±5 god n=3 Ž 21,3±2 god E	s.m. (25 min zagrijavanja) za M 4 min, za ž 3 min		175,0±5		
					187,0±1 2	
Arriaza (2009)	n=20 M i Ž E	N.m. finale Svjetskog prvenstva		187 ,0		
Milanez i sur. (2011)	n=4 M 23,8±7 god n=4 Ž 19,5±2 god, A	s.m. 2 minute, odmor 30- 60 sec između			70,7±7	
Milanez i sur. (2012)	n=5 M 24,0±6 god n= 4 Ž 19,5±2 god, E	s.m. od 2 min sa odmorima od 30-60 sec između	139,00	184,8		
			142,75	185,3		
Tabben i sur. (2013)	n=4 M 22,5±1 god n=3 Ž 22,3 god E	N.m na međunar. turniru, borba za M 3 min, za ž 2 min	(1.)177 ± 9		88,0	
			(2.)179 ± 7		89,0	
			(3.)181 ± 8		90,0	
			(1.)185± 11		92,0	
			(2.)185± 10		92,0	
			(3.)185 ± 9		92,0	
Chaabe ne i sur. (2014b)	n=10 M 21,8±3 E	s.m. i N.m. u trajanju od 3 min	175 ± 11	192,0±9		
			177 ±13	193,0±8		
Chaabe ne i sur. (2014a)	N = 14 M 21,5±3 god E	N.m. u trajanju 3 min na razini nacional. prvenstva	180 ±13	(P)193,0	93,0	
			171 ±12	±8	88,0	
				(G)193, 0±1		
			177 ±13	(U)193, 0±8	91,0	
De Oliviera i sur. (2014)	n= 7 Ž n= 2 M 24,5±4 god	4 s.m. u trajanju od 1 min, 5min odmora između	(1.)160,7±1 4	180,0±9	83,4±7	
			(2.)160,7±1 0	182,9±1 0	83,1±5 83,5±4	
			0	181,0±1	84,1±6	

			(3.)161,6±1 2	182,3±1 1	
			(4.)162,6±1 4		
<b>Tabben i sur. (2014)</b>	A	1 s.m. (15 min zagrijavanja) za M 3 min, za Ž 2 min			73,0±4
					74,0±2
<b>Invernizi i sur. (2015)</b>	N=10 M i Ž 18±3 god E	3 s.m., 15 min zagrijavanja) od 2 min, odmor 3,3 min	181,0±2	200,0±3	95,0±3
<b>Vujkovi i sur. (2015)</b>	n=15 M 21,5±3 god E	3 s.m. (nakon 25 min zagrijavanja)pauza 10 min između			(1.)184,7 (2.)189,8 (3.)192,9 (1.)167,3(n1') (2.)171,3(n1') (3.)173,4(n1') 178,1
<b>Vujkov, Obadov, Trivić, Vujkov (2009)</b>	N=4 Ž 21,4±2 E	4 s. m. od 2 min, nakon 20 min zagrijavanja			133,8(n1') 113,3(n3') 104,7(n5') 96,9(n10') 95,9(1n5')
<b>Herrera - Valenzuela i sur. (2019)</b>	n=5 M 24,2±2 god N=5 Ž 23,2±4 god E	4 s.m., za M 3 min meč odmor (1.,2.,3.,)(13,17,11)min, za Ž 2 min meč odmor(1.,2.,3.,);(14,11,9) min	152,0 170,0 169,0 176,0 159,0 169,0 166,0 162,0	189,0 197,0 198,0 197,0 184,0 184,0 193,0 186,0 188,0	179,0(n1') 186,0(n1') 184,0(n1') 187,0(n1') 141,0(n1') 144,0(n1') 139,0(n1') 152,0(n1')

Legenda: **FSp**- prosječna frekvencija srca; **Fsv**-maksimalna frekvencija srca; **%Fsm**ax-postotak od maksimalne srčane frekvencije; **FSp**o-frekvencija srca nakon borbe; **n1'**- 1 minuta nakon borbe; **n3'**-3 minute nakon borbe; **n5'**-5 minuta nakon borbe; **n10'**-10 minuta nakon borbe; **n15'**-15 minuta nakon borbe; **P**-pobjednici; **G**-gubitnici; **U**-ukupno (pobjednici +gubitnici); **1.**-prva borba; **2.**- druga borba; **3.**- treća borba

### 3.3. RELATIVNI I MAKSIMALNI PRIMITAK KISIKA

Vrijednosti prosječnog relativnog primitka kisika tijekom simuliranog meča su iznosile 31,9 – 40,5 ml/kg/min. Prosječni relativni  $VO_2$  kod elitnih boraca je znatno viši u odnosu na amatere. Kod muških ispitanika prosječni relativni  $VO_2$  je nešto viši u odnosu na ženski spol, ali nema značajne razlike. U studiji Beneke i sur. (2004) mjeren je relativni primitak kisika u nekoliko uzastopnih mečeva i možemo uočiti da ne postoji statistički značajna razlika u vrijednostima (35,1 – 40,5 ml/kg/min). Za vrijeme prve simulirane borbe kod amatera prosječni  $VO_2$  je bio 42,3% u odnosu na maksimalni  $VO_2$  izmjeren na testiranju, dok je za vrijeme druge borbe prosječni  $VO_2$  bio 47,8% u odnosu na maksimalni  $VO_2$ . Kod elitnih boraca tijekom natjecateljske karate borbe  $VO_2$  je značajno viši u odnosu na podatke iz studije Iide i sur. (2008) i iznosi 72% od  $VO_{2max}$ , ali je sličan postotku koji je izračunat u studiji Doria i sur. (2009).

#### 5. Primitak kisika za vrijeme karate borbe

Autor	Ispitanici	Opis protokola	$VO_2$ (ml/kg/min)	$VO_2$ % $VO_{2max}$
<b>Toyoshima, Inoshita, Ueda, Mori, i Nakano (2003)</b>	n=6 M 19,2±1 god E	N.m	36,3	72,5
<b>Beneke i sur. (2004)</b>	n=10 M 26,9±4 god E	4 s.m. nakon zagrijavanja, odmor (1.,2.,3.,) (17,15,9)min	(1.)38,4 (2.)40,5 (3.)35,5 (4.)35,1	
<b>Iide i sur. (2008)</b>	n=7M 18-20 god n=6M 16– 17god A	2 s.m., 1. meč 2 min i 2. meč 3 min, (nakon 60 min odmora )	21,7 24,5	42,3±10(2') 47,8±8(3')
<b>Doria i sur. (2009)</b>	n=3 M , n=3 Ž E	s.m. (25 min zagrijavanja) za M 4 min, za ž 3 min	34,10±12 31,9±19	70,3% 74,4%

Legenda:  $VO_2$ -relativni primitak kisika tijekom borbe;  $VO_2\%VO_{2max}$ -prosječni primitak kisika s obzirom na  $VO_{2max}$ ; 17'-17 min nakon; 15'-15 min nakon; 9'-9 min nakon; 1.-prva borba; 2.- druga borba; 3.-treća borba; 240"-240 sekundi borba; 180"-180 sekundi borba; 2'-borba u trajanju od 2 min; 3'-borba u trajanju od 3 min

### 3.4. SUBJEKTIVNA PROCJENA OPTEREĆENJA (SPO)

Vrijednosti subjektivne procjene opterećenja tijekom simuliranog meča na skali od 6 – 20 iznosila je 11 – 16,3 dok se na skali 1 – 10 kretala u rasponu 4,0 – 8,2. Vrijednosti subjektivne procjene opterećenja kod elitnih sportaša na skali 6 – 20 kretala se u rasponu od 11 – 16,1 dok se kod amatera kretala u rasponu od 13,5 – 15,3. Vrijednosti SPO kod elitnih sportaša na skali od 1 – 10 bila je nešto veća i iznosi 3,3 – 8,2 u odnosu na amatere kod kojih je iznosila 4 – 5. U studiji (Chaabene i sur., 2015) nije utvrđena značajna razlika za SPO između simulirane borbe 1 i borbe 2 ( $p= 0,09$ ). Iide i sur. (2008) su izmjerili nešto veći SPO nakon druge borbe u odnosu na prvu borbu, dok su Vujkov i sur. (2015) izmjerili postupno povećanje SPO nakon svake simulirane borbe, ali nije postojala značajna razlika.

Tablica 6. Subjektivna procjena opterećenja nakon karate borbe

Autor	Ispitanici	Opis protokola	SPO (6-20)	SPO (1-10)
<b>Ilde i sur. (2008)</b>	n=7 M 18-20 god n=6 M 16-17 god A	2 s.m., 1. meč 2 min i 2. meč 3 min, (nakon 60 min odmora)	(1.)13,5±2(2') (2.)15,3±2(3')	
<b>Milanez i sur. (2011)</b>	n=4 M 23,8±7god n=4 Ž 19,5±2 god A	s.m. 2 minute, odmor 30-60 sec između		5,0±2(2')
<b>Tabben i sur. (2013)</b>	n=4 M 22,5±1 god  n=3 Ž 22,3 god E	N.m na međunarodnom turniru, borba za M 3 min, za Ž 2 min		(1.)3,3(3') (2.)4,0±1(3') (3.)3,8±1(3') (1.)4,3 ±1(2') (2.)4,5±1(2') (3.)5,0±2(2')
<b>de Oliveira i sur. (2014)</b>	n= 7 Ž n= 2 M 24,5±4 g A	4 s.m. u trajanju od 1 min, 5 min odmora između		4,0
<b>Tabben i sur. (2014)</b>	n=10M 22,5-25,9 god n=8Ž 22,2-23 god E	1 s.m.(15 min zagrijavanja) za M 3 min, za Ž 2 min min		5,3±1
<b>Chaabene i sur. (2015b)</b>	n=9 M 20,5± 2,8 god E	2 s.m. u trajanju od 3 min	(1.)11±2(3') (2.)13±2(3')	
<b>Invernizzi i sur. (2015)</b>	N=10 M i Ž 18±3 god E	3 s.m., 15 min zagrijavanja) od 2 min, 3,3 min intervali odmora		8,2±1(2')
<b>Vujkov i sur. (2015)</b>	n=24 M 21,5±3 god E	3 s.m. (nakon 25 min zagrijavanja) pauza 10 min između	(1.)13,5 (2.)14,9 (3.)16,1	
<b>Herrera-Valenzuela i sur. (2019)</b>	n=5M 24,2±2 god  N=5Ž 23,2±4 god E	4 s.m., za M 3 min meč odmor (1.,2.,3.,)(13.17,11)min, za Ž 2 min meč odmor (1.,2.,3.,);(14,11,9) min	(1.)14,0(3') (2.)15,0(3') (3.)14,0(3') (4.)14,0(3') (1.)13,0(2') (2.)13,0(2') (3.)13,0(2') (4.)13,0(2')	

Legenda: **SPO**-subjektivna procjena opterećenja; **2'**-trajanje borbe od 2 min; **3'**-trajanje borbe od 3 min; **1.**-prva borba; **2.**-druga borba; **3.**-treća borba

#### 4. RASPRAVA

U tablici 3 prikazane su vrijednosti laktata tijekom ili nakon karate borbe (simulirani/natjecateljski meč) kod karataša različite kvalitete (amateri/elitni karataši). Koncentracija laktata u krvi je umjereno visoka i nakon simulirane i natjecateljske karate borbe, a zabilježeno je njezino blago povećanje i stagnacija tijekom uzastopnih mečeva (Beneke i sur., 2004; Herrera-Valenzuela i sur., 2019). Više vrijednosti laktata u krvi kod simulirane borbe mogu se objasniti kraćim trajanjem mečeva koji nisu isprekidani sudačkim prekidima. Ako je borba kraća od natjecateljske karataš će se vjerojatno intenzivnije boriti, odnosno izvoditi će veći broj napada u jedinici vremena. Uzrok većoj koncentraciji laktata u krvi može biti i veći ukupni broj tehnika koje borci izvode tijekom simulirane borbe zbog neopterećenosti rezultatom. Ipak, koncentracija laktata u krvi i nakon natjecateljskih mečeva bila je umjereno visoka (nešto iznad 10 mmol/l) što sugerira povišenu razinu metaboličkog stresa, odnosno umjerenu zastupljenost anaerobnog glikolitičkog rada tijekom natjecateljske borbe. Karate borba je specifična i sastoji se od visoko-intenzivnih napada isprekidanih specifičnom kretnjom boraca i taktičkim nadmetanjem boraca. Takvu aktivnost karakteriziraju promjene smjera i brzine kretanja, brzi i učinkoviti napadi, preciznost i pravovremenost. Opet s druge strane borba je kratkog trajanja i isprekidana je sudačkim odlukama, te na taj način izaziva drugačije akutne reakcije od sportova koji sadrže prirodne oblike kretanja. Iako je uvriježeno mišljenje da je udio energije dobiven anaerobnim glikolitičkim mehanizmom najdominantniji tijekom karate borbe istraživanja pokazuju da je ovaj energetski mehanizam najmanje zastupljen i iznosi tek oko 10% ukupne energetske potrošnje (Doria i sur., 2009). Kod elitnih karataša zabilježili su znatno veće razine koncentracije laktata u krvi u odnosu na amatere (Iide i sur., 2008), a razlog tome je vjerojatno niža razina sportske izvedbe kod amatera koja ih ograničava u realizaciji karate elemenata većim intenzitetom, pa je i udio anaerobnog glikolitičkog rada kod njih bio manji. Manji pritisak rezultata, kao i niža razina anaerobne treniranosti su mogli doprinijeti nižim vrijednostima koncentracije laktata u krvi kod amatera (Iide i sur., 2008).

U studiji Beneke i sur. (2004) podaci prikazuju vrijednosti anaerobne laktatne snage tijekom uzastopnih borbi. Koncentracija laktata u krvi nakon borbe se povećala i stagnerala je tijekom uzastopnih borbi, dok je koncentracija prije svake borbe bila u porastu, ovaj podatak sugerira na smanjenje anaerobne laktatne snage (Beneke i sur., 2004). Hormonalne reakcije koje se pojavljuju tijekom natjecateljskog meča imaju utjecaj na različitu izvedbu simuliranog i natjecateljskog meča. Na primjer hormon stresa koji je veći kod natjecateljskog meča zbog

pritiska rezultata, a time može izazvati i veći metabolički stres (Slimani i sur., 2018a). U studiji Slimani i sur. (2018a) izmjereno je umjereno povećanje kortizola, značajno povećanje adrenalina, noradrenalina i hormona rasta što također znači da natjecateljska karate borba uzrokuje i veliki hormonalni stres. U studiji Chaabene i sur. (2014) rezultati pokazuju da nema značajne razlike između pobjednika i gubitnika, odnosno neovisno o rezultatu sportaši imaju podjednaku energetske potrošnje. Natjecateljska karate borba je visokog intenziteta i izaziva skoro maksimalne kardiovaskularne reakcije i umjereno visoku koncentraciju laktata u krvi. Kod amatera su značajno niže vrijednosti laktata nakon simulirane borbe, to možemo povezati s nižim sposobnostima boraca, nižom motivacijom, a time i manjim brojem napada i specifične kretnje što izaziva puno manji metabolički stres.

Vrijednosti laktata kod ženskog i muškog spola se kreću u sličnom rasponu. Kod žena su izmjerene nešto veće vrijednosti, iako su njihove borbe trajale kraće. Možemo pretpostaviti da su muški karataši više taktizirali i imali manju frekvenciju napada za razliku od ženskih zbog duljeg trajanja simuliranog meča. S obzirom da je prije borba za žene trajala dvije minute, a danas traje tri minute zaključujemo da je došlo i do promjene u fiziološkim zahtjevima tijekom borbe, te bi zato treneri trebali oblikovati buduće trenažne procese u skladu s tom činjenicom. Rezultati sugeriraju da se primjenom simuliranih borbi tijekom treninga može kod elitnih karataša izazvati veća anaerobna glikolitička opterećenja nego kod samog natjecanja, posebno ako se na treningu izvodi veći broj sparing borbi sa kraćim odmorima i dodatnim tehničko-taktičkim zahtjevima. Ovaj je podatak iznimno važan za programiranje situacijskih treninga u kojima se nerijetko odradi znatno više sparinga u odnosu na natjecanje. Također, razina koncentracije laktata nakon borbe slična je onima zabilježenim nakon visoko-intenzivnih intervalnih treninga koji se najčešće koriste za razvoj aerobnih kapaciteta (Buchheit i Laursen, 2013), stoga se taj oblik treninga može primjenjivati u sklopu kondicijske pripreme karataša.

Važan čimbenik tijekom izvedbe nekoliko mečeva za redom, kojih može biti do šest tijekom natjecanja, je aerobna izdržljivost sportaša. Ta sposobnost je povezana s oporavkom nakon akcija visokog intenziteta tijekom svake borbe, kao i nakon svakog meča (Tabben i sur., 2013). Tablica 4 prikazuje različite vrijednosti frekvencije srca tijekom karate borbe. Prosječna frekvencija srca tijekom natjecateljske borbe je nešto viša nego tijekom simulirane borbe, te je kod elitnih karataša viša u odnosu na amatere. Vršna frekvencija srca manje se razlikuje između natjecateljske i simulirane borbe, ali ipak je vidljiva tendencija većih vrijednosti kod natjecateljskih borbi. Također, tijekom uzastopnih borbi zabilježeno je i



značajno povećanje vršne frekvencije srca (Slimani, Znazen, Sellami i Davis, 2018b). S obzirom na specifičnost karatea, te vrijednosti se tijekom borbe izmjenjuju, frekvencija srca raste do tih vrijednosti i opada ovisno o aktivnosti natjecatelja, njihovoj kretnji i frekvenciji napada, što objašnjava slučajeve u kojima je FS nešto niža u odnosu na ostale mečeve. Karate borba se sastoji od 3 minute srednje intenzivnih kretnji koje su isprekidane visoko-intenzivnim i eksplozivnim napadima i blokovima koji traju u prosjeku do 3 sekunde (Chaabene i sur., 2014a). Između spolova nije postojala statistički značajna razlika u vršnoj i prosječnoj frekvenciji srca, ženske ispitanice su postizale nešto više vrijednosti od muškog spola, osim iznimke u studiji Herrera-Valenzuela i sur. (2019) u kojoj muškarci postižu više vrijednosti od žena. Ovakve rezultate možemo pripisati kraćem trajanju meča kod žena što ujedno može značiti i viši intenzitet. Na temelju rezultata izmjerenih u nekoliko vremenskih točaka nakon borbe možemo uočiti opadanje FS što nam pokazuje da su sportaši na visokoj razini treniranosti i da se relativno brzo vraćaju na vrijednosti FS u mirovanju. Navedeni rezultati sugeriraju da natjecateljska borba ipak izaziva veći kardio-respiratorni napor u odnosu na simuliranu borbu, a tome vjerojatno doprinosi veći psihološki stres uvjetovan rezultatom, neuobičajenim ambijentom i gledateljima (Križan i Bok., 2020). Ukupan kardio-respiratorni napor tijekom karate borbe je iznimno visok i karataši provode više od 65% vremena borbe u zoni maksimalne frekvencije srca, odnosno iznad 90% maksimalne frekvencije srca (Chaabene i sur., 2014a). Vršna frekvencija srca tijekom natjecanja može doseći i vrijednosti koje su značajno iznad 90% maksimalne frekvencije srca (Invernizzi i sur., 2015; Tabben i sur., 2014). Generalno, rezultati studija ukazuju da je aerobni energetske mehanizam najzastupljeniji tijekom karate borbe i procjenjuje se da iznosi oko 70% ukupne energetske potrošnje (Doria i sur., 2009). Dobivene vrijednosti tijekom natjecateljske borbe mogu služiti kao modalne vrijednosti za programiranje treninga koji će izazvati slične fiziološke reakcije.

U tablici 5 su prikazane vrijednosti primitka kisika tijekom karate borbe (prosječni relativni  $VO_2$  i % od  $VO_{2max}$ ). Razina primitka kisika ( $VO_2$ ) tijekom natjecateljske i simulirane karate borbe je podjednakih vrijednosti, ali karataši niže kvalitetne razine odrađuju borbu pri nižem postotku  $VO_{2max}$  u odnosu na elitne karataše. Tako je kod amatera tijekom simulirane borbe u trajanju od 3 minute zabilježena razina  $VO_2$  od 47%  $VO_{2max}$  (Iide i sur., 2008), dok je kod elitnih karataša ona iznosila 72,5% od  $VO_{2max}$  (Toyoshima, Inoshita, Ueda, Mori i Nakano, 2003). Širok raspon vrijednosti  $VO_2$  za vrijeme karate borbe ovisi o trajanju same borbe, njezinoj dinamici (sudačkim prekidima) te ponajviše o frekvenciji i tipu tehnika

koje se koriste tijekom borbe. S obzirom da potrošnja kisika ovisi o aktivnoj mišićnoj masi, pa je veći  $VO_2$  zabilježen kod onih boraca koji su više koristili nožne tehnike. Također, zbog stalnih sudačkih prekida, kratkog trajanja karate borbe i vremenskog odmaka za stabilizaciju  $VO_2$ , karatašima je teško postići visoku razinu  $VO_2$ . Nadalje, vrlo je bitno istaknuti vidljivu razliku između postotka maksimalne frekvencije srca i postotka  $VO_{2max}$  zabilježenih tijekom borbi. Naime, dok je frekvencija srca bila iznimno visoka i uglavnom iznad 90% maksimalne frekvencije srca (Invernizzi i sur., 2015; Tabben i sur., 2014)  $VO_2$  se tijekom borbe uglavnom nalazi u rasponu od 45 do 72%  $VO_{2max}$  (Iide i sur., 2008; Toyoshima i sur., 2003). Razlog tome je što ne postoji linearni odnos FS i  $VO_2$  kao kod progresivnog opterećenja u trčanju (Boone & Bourgois, 2012), odnosno činjenica je da ove dvije fiziološke varijable imaju drugačiju dinamiku promjena pri isprekidanim aktivnostima. Naime, aktivnosti koje ne pripadaju prirodnim oblicima kretanja, te su zbog toga manje ekonomične, frekvencija srca može značajno biti veća od  $VO_2$  (Iide i sur., 2008). Ove vrijednosti dokazuju da aerobni metabolizam karate borbe ne doseže granične vrijednosti aerobne izdržljivosti, što možemo povezati sa isprekidanim trajanjem borbi i potrebnoj aerobnoj sposobnosti za oporavak između njih.

Tablica 6 prikazuje vrijednosti subjektivne procjene opterećenja tijekom simulirane ili natjecateljske karate borbe (skala 6-20). SPO ukazuje da karataši percipiraju karate borbu kao donekle tešku (SPO=4) (Tabben i sur., 2013), tešku (SPO=5) (Tabben i sur., 2014), a ponekad i jako tešku (SPO=7) (Invernizzi i sur., 2015). Opet trebamo uzeti u obzir da sportaši obično podcjenjuju opterećenje pogotovo ako su fokusirani na protivnika, a ne na opterećenje koje zahtjeva sama borba. Zanimljivo je da SPO raste tijekom uzastopnih borbi (Tabben i sur., 2013; Invernizzi i sur., 2015), a jedan od razloga tomu je nedovoljno vrijeme oporavka tijekom odmora između borbi. U studiji Tabben i sur. (2013) zabilježena je značajna pozitivna korelacija između SPO i frekvencije srca u mirovanju prije sljedeće borbe. Navedeni rezultati sugeriraju da je za održavanje približno jednake razine subjektivnog opterećenja kroz uzastopne borbe važno unaprjeđenje  $VO_{2max}$ , budući da je upravo  $VO_{2max}$  zaslužan za brži i kvalitetniji oporavak (Tomlin & Wenger, 2001). Ne postoji značajna razlika percipiranog napora između pobjednika i gubitnika. Nadalje, istraživanja ukazuju na pojavu da je SPO karate borbe niža kod karataša koji se natječu na međunarodnoj razini u odnosu na one koji se natječu na nacionalnoj razini, odnosno nižeg su ranga kvalitete (Tabben i sur., 2014a). Ovaj podatak nam sugerira da je SPO tijekom karate borbe povezana sa kondicijskom pripremljenosti budući da se karataši višeg i nižeg ranga značajno razlikuju po brojnim

pokazateljima kondicijske pripremljenosti (Chaabene i sur., 2012). Stoga možemo zaključiti da je unapređenje kondicijske pripremljenosti, prije svega  $VO_{2max}$ , važan čimbenik u smanjenju subjektivnog osjećaja opterećenja tijekom borbe i natjecanja. Na temelju prikazanih rezultata u tablicama možemo uočiti visoku korelaciju ovih fizioloških parametara koji su u linearnom porastu tijekom svake borbe, te nam vidljivo prikazuju razlike između simulirane/natjecateljske borbe, ali i potvrđuju da karataši podcjenjuju osjećaja napora tijekom borbe.

## 5. ZAKLJUČAK

Na temelju ovog preglednog rada možemo zaključiti da se karate borba izvodi dominantno u aerobnom režimu rada (70%), dok su anaerobni fosfageni (20%) i anaerobni glikolitički (10%) mehanizam značajno manje zastupljeni. Stalne aktivne kretnje cijelog tijela kojima borci pripremaju situaciju za napad tijekom borbe, uzastopne borbe na natjecanjima sa kratkim odmorima uvjetuju dominaciju aerobnog mehanizma. Budući da akcije napada i obrane vrlo kratko traju odvijaju se u anaerobnom fosfagenom režimu rada, dok je anaerobni glikolitički mehanizam odgovoran za realizaciju kombinacija napada i obrane koje traju nekoliko sekundi ili koje se izvode u seriji sa vrlo kratkim aktivnim prekidima. Bez obzira što anaerobni mehanizmi imaju mali udio u karate borbi, imaju veliku važnost za realizaciju napada i ostvarivanje rezultata. Frekvencija srca tijekom većeg dijela borbe nalazi se u zoni iznad 90% maksimalne frekvencije srca, a vršna vrijednost nerijetko prelazi i 95% maksimalne frekvencije srca. Ipak,  $VO_2$  je tijekom borbe značajno niži u odnosu na frekvenciju srca, a razlog tome je različita dinamika porasta frekvencije srca i  $VO_2$  tijekom isprekidanih aktivnosti. Budući da  $VO_2$  tijekom borbe ne doseže vrijednosti iznad 90%  $VO_{2max}$ , situacijski treninzi ne mogu se koristiti kao trenažni program za razvoj  $VO_{2max}$ . Nakon borbe koncentracija laktata u krvi najčešće doseže vrijednosti između 8 i 12 mmol/l. Ove vrijednosti slične su vrijednostima zabilježenim nakon visoko-intenzivnih intervalnih treninga, pa se ovaj kondicijski program može učinkovito koristiti za unapređenje specifične izdržljivosti. SPO karate borbe najčešće sugerira donekle težak, težak, a ponekad i jako težak napor. Porast SPO nakon uzastopnih borbi može se povezati s nedovoljnim odmorom između mečeva što ukazuje na potrebu za unaprjeđenjem  $VO_{2max}$  koji je odgovoran za brži i kvalitetniji oporavak. Razlike u SPO kod karataša različite kvalitete sugeriraju na povezanost

SPO i kondicijske pripremljenosti sportaša. S obzirom da su napadi brzi, eksplozivni i traju svega do 3 sekunde za dobivanje energije u karate borbi bitan je anaerobni fosfatni mehanizam, iako je on u malom postotku zastupljen tijekom karate borbe. Zbog te činjenice kod karataša u kondicijski trening trebamo uvrstiti vježbe eksplozivnosti, maksimalne snage i brzine jer su te sposobnosti ključ učinkovitog napada bez obzira što čine samo 20% dobivanja energije tijekom meča. Na temelju ovih spoznaja treneri karataša mogu preciznije raspodijeliti trenažne sadržaje i kontrolirati trenažna opterećenja kako bi postigli što bolji uspjeh, podigli kvalitetu izvedbe sportaša, a time i atraktivnost samog sporta.

## 6. LITERATURA:

- Arriaza, R. (2009). Karate. U R. Kordi, N. Maffulli, R.R. Wroble & W.A. Wallas (ur.). *Combat Sports Medicine* (str. 287-298). London: Springer Science & Business Media.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 518-523.
- Bok, D. (2019). Analiza sadržaja i trenažnih programa u kondicijskoj pripremi sportaša: zašto je akutna reakcija važna? U L. Milanović, V. Wertheimer, I. Jukić (ur.), *Zbornik radova 17. godišnje međunarodne konferencije "Kondicijska priprema sportaša"* (str. 53-62). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Buchheit, M. & Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part 1: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Calleja, J., Lekue, J., Leibar, X. & Terrados, N. (2004). Osnove terenskih testova za procjenu aerobnih sposobnosti u timskim sportovima. U I. Jukić i D. Milanović (ur.), *Zbornik radova 2. godišnje međunarodne konferencije "Kondicijska priprema sportaša"* (str. 36-44). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Chaabène, H., Franchini, E., Miarka, B., Selmi, M.A., Mkaouer, B. & Chamari, K. (2014a). Time-motion analysis and physiological responses to karate official combat sessions: is there a difference between winners and defeated karatekas? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 302-308.
- Chaabene, H., Franchini, E., Sterkowicz, S., Tabben, M., Hachana, Y. & Chamari, K. (2015a). Physiological responses to karate specific activities. *Science & Sports*, 30(4), 179-187.
- Chaabene, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B. & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
- Chaabene, H., Hellara, I., Ghali, F.B., Franchini, E., Neffati, F., Tabben, M., Najjar, M.F. & Hachana, Y. (2015b). Physiological stress and performance analysis to karate combat. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(10), 1125-1131.
- Chaabene, H., Mkaouer, B., Franchini, E., Souissi, N., Selmi, M.A., Nagra, Y. & Chamari, K. (2014b). Physiological responses and performance analysis difference between official

- and simulated karate combat conditions. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(1), 21-29.
- De Oliveira, T.P., de Andrade, F.C., de Sousa, C.Z., Braga, C.F.S.A., Filgueiras, J.F., Pertence, L.C., Emerson, F.C., de Lima, J.R.P. & Milanez, V.F. (2014). Heart rate and rating of perceived exertion in simulated competitive fights in Brazilian karate fighters. *International SportMed Journal*, 15(3), 238-247.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M.A., Aschieri, P., Eusebi, F., Fanò, G. & Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 603-610.
- Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175-182.
- Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports Medicine*, 39(6), 469-490.
- Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitor exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115.
- Halson, S.L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- Herrera-Valenzuela, T., Ibieta, C., Saez Fuentes, M., Saez-Madain, P., Cancino Lopez, J., Verdugo, F., Ramirez-Campillo, R., Valdes-Badilla, P., Pardo, C., Franchini, E. & Orihuela, P. (2019). Physiological responses of elite karate athletes during simulated competition. *Journal of Martial Arts Anthropology*, 19(4), 45-50.
- Iide, K., Imamura, H., Yoshimura, Y., Yamashita, A., Miyahara, K., Miyamoto, N. & Moriwaki, C. (2008). Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 839-843.
- Imamura, H., Yoshimura, Y., Nishimura, S., Nakazawa, A.T., Nishimura, C. & Shirota, T. (1999). Oxygen uptake, heart rate, and blood lactate responses during and following karate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(2), 342-347.
- Invernizzi, P.L., Longo, S., Bizzi, M., Benedini, S., Merati, G. & Bosio, A. (2015). Interpretation and perception of two different kumite fighting intensities through an integrated approach training in international level karatekas: An exploratory study. *Perceptual and Motor Skills*, 121(2), 333-349.
- Jacobs, I. (1986). Blood lactate. Implications for training and sports performance. *Sports medicine*, 3(1), 10-25.

- Križan, A. & Bok, D. (2020). Fiziološki i subjektivni akutni odgovor na karate borbu. U L. Milanović, V. Wertheimer, I. Jukić (ur.), *Zbornik radova 18. godišnje međunarodne konferencije "Kondicijska priprema sportaša"* (str. 80-85). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Loturco, I., Nakamura, F.Y., Lopes-Silva, J.P., Silva-Santos, J.F., Pereira, L.A. & Franchini, E. (2017). Physical and physiological traits of a double world karate champion and responses to a simulated kumite bout: A case study. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(1), 138-147.
- Milanez, V.F., Dantas, J.L., Destro Christofaro, D.G. & Fernandes, R.A. (2012). Heart rate response during a karate training session. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(1), 42-45.
- Milanez, V.F., Lima, M.S., Gobatto, C.A., Perandini, L.A., Nakamura, F.Y. & Ribeiro, L.F.P. (2011). Correlates of session-rate of perceived exertion (RPE) in a karate training session. *Science & Sports*, 26(1), 38-43.
- Rowland, T.W. (1990). Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Medicine*, 10(4), 255-266.
- Roschel, H., Batista, M., Monteiro, R., Bertuzzi, R.C., Barroso, R., Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V. & Franchini, E. (2009). Association between neuromuscular tests and kumite performance on the Brazilian Karate National Team. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(CSSI 3), 20-24.
- Slimani, M., Paravlic, A.H., Chaabene, H., Davis, P., Chamari, K. & Cheour, F. (2018a). Hormonal responses to striking combat sports competition: a systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 35(2), 121-136.
- Slimani, M., Znazen, H., Sellami, M. & Davis, P. (2018b). Heart rate monitoring during combat sports matches: a brief review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(2), 273-292.
- Štimec, B. (2015). *Utjecaj specifičnog treninga disanja na parametre natjecateljske uspješnosti biciklista nacionalnog ranga* (Doktorska disertacija). Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Tabben, M., Chaabene, H., Franchini, E., Tourny, C., Chamari, K. & Coquart, J. (2014). The influence of karate practice level and sex on physiological and perceptual responses in three modern karate training modalities. *Biology of Sport*, 31(3), 201-207.
- Tabben, M., Sioud, R., Haddad, M., Franchini, E., Chaouachi, A., Coquart, J., Chaabane, H., Chamari, K. & Tourny-Chollet, C. (2013). Physiological and perceived exertion

- responses during international karate kumite competition. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(4), 263-271.
- Tomlin, D.L. & Wenger, H.A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, 31(1), 1-11.
- Toyoshima, T., Inoshita, K., Ueda, D., Mori, K. & Nakano, S. (2003). Exercise intensity in a kumite bout estimated by oxygen intake, blood lactate concentration and the speed of movement. *Research Journal of Budo (Martial Arts)*, 36(1), 31-38.
- Vučetić, V. & Šentija, D. (2005). Dijagnostika funkcionalnih sposobnosti—zašto, kada i kako testirati sportaše. *Kondicijski trening*, 2(2), 8-14.
- Vujkov, S., Calleja-González, J., Krneta, Ž., Drid, P. & Ostojić, S.M. (2015). Physiological responses the organism of karate athletes specialists of kata and kumite during simulated competition. *Archives of Budo*, 11, 365-370.
- Vujkov, S., Obadov, S., Trivić, T. & Vujkov, N. (2009). Differences in physical fitness in kumite and kata performance between female karate athletes. *1st International Scientific Conference Exercise and Quality of Life*, 42(10), 829-843.
- World Karate Federation (WKF) (2020). *Karate competition rules*. Preuzeto 6. veljače 2020 sa: [https://www.wkf.net/pdf/WKF\\_Compensation%20Rules\\_2020\\_EN.pdf](https://www.wkf.net/pdf/WKF_Compensation%20Rules_2020_EN.pdf)