

# UTVRĐIVANJE KONSTRUKCIJSKE VALJANOSTI SUBJEKTIVNE PROCJENE OPTEREĆENJA ZA ODREĐIVANJE INTENZITETA U VISOKOINTENZIVNIM INTERVALNIM TRENINZIMA

---

Turk, Emma

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:898583>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-13**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Emma Turk**

**UTVRĐIVANJE KONSTRUKCIJSKE VALJANOSTI  
SUBJEKTIVNE PROCJENE OPTEREĆENJA ZA  
ODREĐIVANJE INTENZITETA U  
VISOKOINTENZIVNIM INTERVALNIM  
TRENINZIMA**

diplomski rad

Zagreb, rujan 2024.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu

Kineziološki fakultet

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i Kondicijska priprema sportaša

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Razina kvalifikacije:** integrirani prijediplomski i diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišna magistra kineziologije u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša (univ. mag. cin.)

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Znanstveno-istraživački rad

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. dana 16. siječnja 2024.

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. *Daniel Bok*

**Pomoć pri izradi:** *Jere Gulin, dr. sc.*

**Utvrđivanje konstrukcijske valjanosti subjektivne procjene opterećenja za određivanje intenziteta u visokointenzivnim intervalnim treninzima**

*Emma Turk, 0034088720*

**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- |  |                      |
|--|----------------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Daniel Bok</i>      | Predsjednik - mentor |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Danijel Jurakić</i> | član                 |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Cvita Gregov</i>    | član                 |
| 4. izv. prof. dr. sc. <i>Vlatko Vučetić</i>  | zamjena člana        |

**Broj etičkog odobrenja: 3/2024.**

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**  
**Faculty of Kinesiology**  
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes**

**Type of program: University**

**Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate**

**Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes**

**Scientific area: Social sciences**

**Scientific field: Kinesiology**

**Type of thesis: Scientific-research**

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2023./2024. on January 16, 2024).

**Mentor:** *Daniel Bok*, associate prof.

**Technical support:** *Jere Gulin*, assistant prof.

### **Determining the validity of rating of perceived exertion to prescribe intensity in high-intensity interval training**

*Emma Turk*, 0034088720

#### **Thesis defence committee:**

- |    |  |                        |
|----|--|------------------------|
| 1. | <i>Daniel Bok</i> , associate prof.      | chairperson-supervisor |
| 2. | <i>Danijel Jurakić</i> , associate prof. | member                 |
| 3. | <i>Cvita Gregov</i> , associate prof.    | member                 |
| 4. | <i>Vlatko Vučetić</i> , associate prof.  | substitute member      |

**Ethics approval number: 3/2024.**

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna 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:

---

Izv. prof. dr. sc., Daniel Bok

Student:

---

Emma Turk

# UTVRĐIVANJE KONSTRUKCIJSKE VALJANOSTI SUBJEKTIVNE PROCJENE OPTEREĆENJA ZA ODREĐIVANJE INTENZITETA U VISOKOINTENZIVNIM INTERVALNIM TRENINZIMA

## Sažetak

Subjektivna procjena opterećenja (SPO) je subjektivna mjera često korištena za propisivanje intenziteta kontinuiranih treninga. Metoda SPO također se pokazala valjanom za propisivanje intenziteta visoko-intenzivnih intervalnih treninga (VIIT) kod različitih populacija. Ciljevi ovog istraživanja bili su istražiti konstrukciju valjanost SPO za određivanje intenziteta VIIT-a koristeći kriterij „zlatnog standarda“; odrediti optimalnu kategoriju SPO za propisivanje VIIT-a i istražiti obrazac prilagodbe intenziteta, tj. brzine trčanja, tijekom sesija VIIT-a propisanih putem SPO.

U istraživanju je sudjelovalo 17 studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prosječne dobi 24,2±5 godina. Ispitanici su proveli maksimalni progresivni test opterećenja i tri sesije VIIT-a. Sesije su se sastojale od provođenja 3 × 3 minute trčanja intenzitetom definiranim na subjektivnoj procjeni opterećenja 6, 7 i 8 prema Borgovoj kategorijsko-omjernoj skali raspona 0-10, ispresijecanih s 2 minute pasivnog oporavka. Tijekom trenažnih sesija mjerene su vrijednosti srčanodišnih parametara i brzine trčanja, a po završetku treninga izmjerena je koncentracija laktata u krvi. Univarijatna analiza varijance za ponovljena mjerenja i Tukey *post hoc* analiza korištene su za testiranje razlika između VIIT sesija i pojedinačnih razlika između izmjerenih parametara.

Rezultati su pokazali da se VIIT pri SPO 6 značajno razlikuje u vremenu provedenom  $\geq 90\% \text{VO}_{2\text{max}}$ , vršnoj i prosječnoj brzini, vršnom i prosječnom primitku kisika, vršnoj i prosječnoj minutnoj ventilaciji te koncentraciji laktata u krvi od VIIT-a pri SPO 7 i SPO 8. Osim u prosječnoj minutnoj ventilaciji nije bilo statistički značajne razlike između treninga pri SPO 7 i SPO 8. Iako je srčanodišni odgovor bio maksimiziran pri SPO 7, zbog velikih metaboličkih i lokomotornih zahtjeva, sugerira se da VIIT pri SPO 6 pruža optimalan sveukupni fiziološki odgovor.

## Ključne riječi

subjektivna procjena opterećenja, srčanodišni odgovor, Borgova kategorijsko-omjerna skala 0-10, primitak kisika

## **DETERMINING THE VALIDITY OF RATING OF PERCEIVED EXERTION TO PRESCRIBE INTENSITY IN HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING**

### **Abstract**

Rating of perceived exertion (RPE) is a subjective measure of intensity often used for prescription of continuous endurance exercise. The RPE method also appears valid for prescription of high-intensity interval training (HIIT) in various populations. The aims of the study were to investigate the prescriptive validity of the RPE for HIIT sessions using “gold standard” criterion; to determine the optimal RPE category for HIIT prescription and to investigate the pattern of intensity, i.e. running velocity, adjustments during RPE-prescribed HIIT sessions.

Seventeen students from the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, at the age of  $24,2 \pm 5$  participated in this research. They performed incremental exercise test and three sessions of HIIT. The sessions consisted of 3 x 3 minute running defined at RPE intensities of 6, 7 and 8 from Borg category-ratio-10 scale interspersed with 2 minute passive rest. During sessions cardiorespiratory parameters and running speeds were monitored and after training blood lactate concentration was measured. Analysis of variance for repeated measures and Tukey post hoc test were used for testing differences between HIIT sessions and between individual differences among measured parameters.

Results showed that HIIT performed at RPE 6 is significantly different at the time spent at  $\geq 90\% \text{VO}_{2\text{max}}$ , peak and mean speed, peak and mean heart rate, peak and mean oxygen uptake, peak and mean minute ventilation and blood lactate concentration in comparison to HIIT performed at RPE 7 and RPE 8. Although cardiorespiratory response is maximized during HIIT at RPE 7, because of high metabolic and locomotor stress, it is suggested that HIIT at RPE 6 provides optimal overall physiological response.

### **Key words**

rating of perceived exertion, cardiorespiratory response, Borg category-ratio-10 scale, oxygen uptake

## Sadržaj

1. UVOD.....	8
2. METODE RADA.....	15
2.1. Uzorak ispitanika.....	15
2.2. Opis protokola istraživanja.....	15
2.2.1. Maksimalni progresivni test opterećenja.....	16
2.2.2. Visoko intenzivni intervalni treninzi.....	16
2.3. Metode obrade podataka.....	17
3. REZULTATI.....	19
4. RASPRAVA.....	33
5. ZAKLJUČAK.....	38
6. LITERATURA.....	39



## 1. UVOD

Visoko-intenzivni intervalni trening (VIIT) je oblik vježbanja koji se sastoji od nekoliko kratkih do dugih perioda vježbanja provedenih intenzitetom od 85 do 100%  $VO_{2max}$  s izmjenama pasivnih ili aktivnih perioda oporavka (Buchheit & Laursen, 2013a). VIIT je jedan od glavnih trenažnih programa koji se koristi za poboljšanje srčanodišne izdržljivosti, smanjenje tjelesne mase i povećanje metaboličke funkcije kod rekreativaca, kliničkih bolesnika, ali i sportaša, što ga čini učinkovitim trenažnim programom za primjenu. Istraživanja pokazuju prednost provođenja VIIT-a u odnosu na umjereno intenzivni kontinuirani trening u unaprjeđenju primitka kisika, općenitog zdravlja i regulaciji kardiometaboličkih rizičnih čimbenika (Bok, 2019). Dokazano je značajno veće smanjenje sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka kod odraslih zdravih normalno i prekomjerno teških osoba u usporedbi s kontinuiranim treningom (Way, Sultana, Sabag, Baker & Johnson, 2019). Također, dokazana je statistička značajnost u poboljšanju razine glukoze u krvi natašte, opsegu struka i postotku potkožnog masnog tkiva kod odraslih prekomjerno teških i pretilih ljudi (Batacan, Duncan, Dalbo, Tucker & Fenning, 2017).

Glavni cilj VIIT-a je maksimizirati vrijeme provedeno u zoni  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$ , a pritom izazvati što manji metabolički stres kao i subjektivnu procjenu opterećenja (Buchheit & Laursen, 2013a). Ovakav tip programa omogućuje optimalno nakupljanje vremena provedenog na  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  (Midgley & McNaughton, 2006) u odnosu na trajanje treninga, što je ključni stimulans za poboljšanje  $VO_{2max}$  (Midgley, McNaughton & Wilkinson, 2006).

Intenzitet vježbanja je ključna akutna varijabla treninga koja izaziva akutne odgovore i kronične prilagodbe na kardiorespiratorni trening (MacInnis & Gibala, 2017) te postoji mnogo metoda koje se koriste za propisivanje intenziteta vježbanja u VIIT-u (Buchheit & Laursen, 2013a). To uključuje fiksne postotke maksimalnih parametara, kao što su maksimalni primitak kisika ( $VO_{2max}$ ), maksimalna frekvencija srca ( $FS_{max}$ ), maksimalna aerobna brzina ( $vVO_{2max}$ ) ili maksimalna snaga/brzina ( $P_{max}/V_{max}$ ) dosega u progresivnom testu opterećenja, kao i parametre fizioloških i biomehaničkih rezervi, poput rezerve FS ( $FS_{maxR}$ ), rezerve  $VO_{2max}$  ( $VO_{2maxR}$ ) ili anaerobne rezerve brzine (Jamnick, Pettitt, Granata, Pyne & Bishop, 2020; Bok, Gulin, Škegro, Šalaj & Foster, 2023).

Određivanje intenziteta korištenjem fiksnog postotka  $VO_{2max}$  nepraktično je zbog povećane zahtjevnosti praćenja  $VO_2$  tijekom vježbanja, stoga taj način nije primjenjiv za reguliranje zadanog intenziteta prilikom vježbanja. Također, istraživanja pokazuju da intenzitet vježbanja pri određenom postotku  $VO_{2max}$  izaziva različit metabolički odgovor kod treniranih i netreniranih osoba (Mann, Lamberts & Lambert, 2013; Jamnick i sur., 2020). Kod praćenja intenziteta pomoću fiksnog postotka  $FS_{max}$  potrebno je stalno praćenje intenziteta kako bi se provjerilo održava li se željeni odgovor  $FS$  tijekom cijelog treninga. Pri intenzitetima iznad umjerenog odgovor frekvencije srca kasni za naglim porastom intenziteta zbog čega je otežano održavanje i reguliranje zadanog intenziteta. Kinetika primitka kisika znatno je brža od odgovora frekvencije srca na promjene u intenzitetu, stoga frekvencija srca ne može biti korištena za precizno procjenjivanje odgovora primitka kisika (Bok, 2021; Midgley, McNaughton & Carroll, 2007). Unatoč tim ograničenjima  $\%FS_{max}$  je, zbog svoje jednostavnosti, najkorištenija metoda za određivanje intenziteta vježbanja (Jamnick i sur., 2020). Anaerobna rezerva brzine definira se kao razlika između maksimalne brzine trčanja i maksimalne aerobne brzine ( $vVO_{2max}$ ). Novija istraživanja pokazuju kako je postotak od anaerobne rezerve brzine jedna od preciznijih metoda za određivanje intenziteta intervalnih treninga te se pokazala učinkovitijom od metode određivanja intenziteta putem  $\%vVO_{2max}$  (Bok i sur., 2023). Manjak ove metode očituje se u potrebi testiranja maksimalne brzine trčanja što može biti neprikladno i zahtjevno za određenu populaciju.

S druge strane, sportaši sportova izdržljivosti često koriste pristup iz atletike u kojem se intenzitet temelji na tempu korištenom za trčanje određenih udaljenosti (Buchheit & Laursen, 2013a, Foster i sur., 2022). Međutim, sve ove metode propisivanja zahtijevaju provođenje maksimalnog progresivnog testa opterećenja ili testove na vrijeme prije početka izvođenja VIIT-a. Povećanjem aerobnog funkcionalnog kapaciteta dolazi do promjena u fiziološkim parametrima, stoga je potrebno redovito ponovno testiranje kako bi se prilagodio intenzitet vježbanja. Ovi testovi su iscrpljujući i obično zahtijevaju posjedovanje skupe opreme, što može predstavljati veliki ograničavajući faktor za uključivanje pojedinca u VIIT. Suprotno tome, metode subjektivnog procjenjivanja intenziteta čine se kao održive alternative za propisivanje intenziteta vježbanja koje ne zahtijevaju prethodno testiranje (Bok, Rakovac & Foster, 2022).

Prethodne studije su pokazale da metoda subjektivne procjene opterećenja (SPO) može biti korištena za propisivanje VIIT-a u kliničkim (Aamot, Forbord, Karlsen & Støylen, 2014; Dun i

suradnici, 2022; Marçal, Fernandes, do Amaral, Pelaquim & Ciolac, 2021b; Viana, Fernandes, Alvarez, Guimarães & Ciolac, 2019), sjedilačkim (Ciolac, Mantuani, Neiva, Verardi, Pessôa-Filho, Pimenta, 2015; Marçal i sur., 2021a) i dobro treniranim populacijama (Edwards, Bentley, Mann & Seaholme, 2011).

Dun i suradnici (2022) proveli su istraživanje na 11 pacijenata s infarktom miokarda koji su provodili 5-8 visoko intenzivnih intervala u trajanju od 1 minute na SPO 14-17 ispresijecanih s intervalima odmora u trajanju od 4 minute na SPO <12. U svim intervalima rada ispitanici su uspjeli ostvariti optimalan primitak kisika (>75%  $VO_{2max}$ ) određen za tu populaciju ispitanika. Vrijednosti  $VO_2$ , FS, brzine, sistoličkog krvnog tlaka, minutne ventilacije i frekvencije disanja bile su značajno veće u intervalima rada nego u intervalima odmora tijekom svake sesije. Ti rezultati u skladu su sa središnjim vrijednostima percipiranog napora tijekom visoko-intenzivnih intervala (SPO 15) i intervala odmora (SPO 11). Rezultati su pokazali da je metoda SPO valjana za određivanje intenziteta VIIT-a kod rane rehabilitacije pacijenata s infarktom miokarda. Provođenje VIIT-a programiranog putem SPO dovelo je do poboljšanja u primitku kisika i opterećenju vježbanja bez povećanja subjektivnog osjećaja opterećenja i pretjeranog povećanja frekvencije srca i krvnog tlaka.

U istraživanju Marçal i suradnici (2021b) provedenom na 15 starijih hipertenzivnih osoba provodili su se intervali vježbanja u trajanju od 1 minute na SPO 15-17 s intervalima hodanja od 2 minute na SPO 9-11 u zagrijanoj vodi. Rezultati su pokazali kako su ispitanici u intervalima rada ostvarili vrijednosti frekvencije srca između FS pri aerobnom pragu i FS pri anaerobnom pragu što im je omogućilo vježbanje u zoni između dva ventilacijska praga. Ti rezultati sugeriraju kako se VIIT može propisati i samoregulirati pomoću SPO kod starijih osoba s hipertenzijom.

Nadalje, Viana i suradnici (2019) su proveli istraživanje na neaktivnim osobama s dijabetesom tipa 2 u kojem su usporedili vježbanje u intervalima pri SPO 15-17 s vježbanjem propisanim na 85%  $FS_{maxR}$ . Intervali rada izvodili su se u trajanju od 1 minute s izmjenama intervala odmora od 2 minute. Ispitanici su sami određivali brzinu trake ovisno o percepciji SPO tijekom vježbanja, a brojčane vrijednosti bile su im prekrivene pri obje sesije. Rezultati su pokazali kako je vježbanje pri SPO 15-17 dalo identičan srčanodišni odgovor kao vježbanje pri 85%  $FS_{maxR}$ , odnosno kako nema statistički značajne razlike u frekvenciji srca, brzini i prijeđenoj udaljenosti između dva

VIIT-a. Ta saznanja posljedično dovode autore do zaključka kako je SPO valjana metoda za propisivanje VIIT-a.

Međutim, Aamot i suradnici (2013) u svom radu rađenom na 10 ispitanika u programu srčane rehabilitacije nisu uspjeli doseći razinu zadanog intenziteta pomoću SPO. Ispitanici su provodili 2 metode VIIT-a u trajanju od četiri intervala po 4 minute, jednu intenzitetom određenim na 85-95%  $FS_{max}$  te drugu određenu prema SPO 17. U prve 4 sesije intervalnih treninga određenih pomoću SPO središnja vrijednost intenziteta treninga ( $82\%FS_{max}$ ) bila je ispod zadanih vrijednosti ( $85\%FS_{max}$ ) dok je vježbanje pomoću praćenja FS-a jedva rezultiralo vrijednostima FS u granicama donjih zadanih vrijednosti intenziteta ( $85\%FS_{max}$ ). Autori su stoga sugerirali da propisivanje intenziteta pomoću SPO može biti inferiorno u odnosu na praćenje putem FS-a kada se prati intenzitet u kardiološkim rehabilitacijskim programima.

Ipak, Ciolac i suradnici (2015) dodatno potvrđuju valjanost metode SPO provodeći istraživanje na 8 neaktivnih mladih zdravih studenata. Ispitanici su provodili dvije sesije VIIT-a u trajanju od 20 minuta s izmjenom jednogminutnih intervala. Jedna sesija bila je definirana putem FS, a druga pomoću SPO provodeći intervale rada na  $85\%FS_{maxR}$  ili SPO 15-17 i intervale odmora na  $50\%FS_{maxR}$  ili SPO 9-11. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u FS i brzini izvođenja između dva provedena treninga, što potvrđuje valjanost korištenja SPO za određivanje i reguliranje intenziteta VIIT-a kod mladih zdravih osoba.

Valjanost SPO metode kod mlade sjedilačke populacije dokazali su i Marçal i suradnici (2021a) u sličnom istraživanju u kojem su ispitanici provodili dvije sesije VIIT-a koje su se sastojale od 1 minute trčanja na  $85\%FS_{maxR}$  ili SPO 15-17 s 2 minute hodanja na  $50\%FS_{maxR}$  ili SPO 9-11. Osim istraživanja valjanosti metode SPO putem razlike u frekvenciji srca i brzini, promatrali su i razlike u hemodinamičkom odgovoru između dva provedena treninga. Vrijednosti krvnog tlaka i brzine pulsog vala bile su slične između treninga provedenog prema  $\%FS_{maxR}$  i treninga provedenog putem SPO. Frekvencija srca, brzina i prijeđena udaljenost nisu se statistički razlikovale između dva provedena treninga što dokazuje kako je metoda SPO valjana za određivanje intenziteta treninga kod mlade sjedilačke populacije.

Osim kod kliničkih bolesnika i sjedilačke populacije metoda SPO dodatno je podržana kod dobro treniranih trkača. Edwards i suradnici (2011) proveli su istraživanje na 11 zdravih, visoko treniranih trkača natjecatelja koji su provodili treninge minimalno 4 puta tjedno. Istraživanje je

obuhvaćalo provođenje tri intervencije koje su davale odgovor na isti oblik provođenja treninga sastavljen od trčanja  $5 \times 1000\text{m}$ . U svim intervencijama ispitanici su imali zadatak trčati intervale rada na SPO 17, dok se vrijeme oporavka razlikovalo u svakoj intervenciji. U prvoj intervenciji sudionici su sami određivali trajanje svog oporavka koristeći novu ljestvicu subjektivne procjene spremnosti te ponovno započinjali trčanje intervala rada kada bi dostigli ocjenu 4. U drugoj intervenciji morali su ponovno započeti trčanje kada bi frekvencija srca dosegla minimalan prag od 130 otk/min, a u trećoj je trajanje oporavka trajalo u omjeru 1:1 s trajanjem rada. Nije bilo razlika u vremenu izvedbe i brzini izvedbe između prve i treće intervencije te nije bilo značajnih razlika u koncentraciji laktata i frekvenciji srca između bilo kojeg eksperimentalnog uvjeta. U drugoj intervenciji, u kojoj je duljina oporavka bila propisana frekvencijom srca, brzina izvođenja intervala bila je najsporija jer je vrijeme oporavka bilo najkraće, stoga je i indeks umora bio najveći. Tijekom svih intervala rada propisanih sa SPO 17 ispitanici su postigli prosječan intenzitet trčanja od 91%  $FS_{\text{max}}$ . Autori predlažu da trening propisan putem SPO i subjektivne procjene spremnosti može biti koristan za određivanje intenziteta intervalnih treninga prema individualnim potrebama vježbača.

Valjanost SPO metode za propisivanje VIIT-a istraživana je u različitim populacijama, međutim, različiti kriteriji valjanosti i metodologije korišteni su u predstavljenim istraživanjima. U većini studija metoda SPO je evaluirana u odnosu na metodu praćenja pomoću FS u kojoj su ciljani intenziteti za oporavak i radne intervale bili 50% i 85%  $FS_{\text{max}}$  (Ciolac i sur., 2015; Marçal i sur., 2021a; Viana i sur., 2019). U drugim studijama istraživano je hoće li VIIT propisan prema SPO izazvati odgovore FS unutar zone između dva ventilacijska praga (Marçal i suradnici, 2021b), između 85 i 95%  $FS_{\text{max}}$  (Aamot i sur., 2014) ili jednostavno iznad 75%  $VO_{2\text{max}}$  (Dun i sur., 2022). Kako bi se povećao kapacitet organizma za prijenos i iskorištavanje kisika, odnosno  $VO_{2\text{max}}$ , potrebno je vježbanje na intenzitetima blizu ili iznad  $VO_{2\text{max}}$  (Buchheit & Laursen, 2013a). Naime, vježbanje na intenzitetu  $\geq 90\%$   $VO_{2\text{max}}$  omogućuje optimalnu stimulaciju kardiovaskularnog i respiratornog sustava. Budući da je općeprihvaćeno da je glavni pokretač za poboljšanje  $VO_{2\text{max}}$  vrijeme provedeno na  $\geq 90\%$   $VO_{2\text{max}}$  (Buchheit & Laursen, 2013a; Midgley i sur., 2006), čini se ključnim da se valjanost SPO metode za propisivanje VIIT-a testira prema ovom specifičnom kriteriju.

Najčešće korištene ljestvice za kvantificiranje percipiranog napora su klasična Borgova skala 6-20 i Borgova kategorijsko-omjerna skala 0-10 (*engl. category-ratio-10*; CR-10) (Borg, 1982; Eston, 2012). Obje ljestvice su pokazale da su valjane i pouzdane mjere intenziteta vježbanja (Chen, Fan & Moe, 2002; Pageaux, 2016). Zanimljivo je da je u svim prethodnim studijama samo klasična Borgova skala 6-20 testirana za valjanost propisivanja VIIT-a i većinom su korištene različite kategorije SPO (tj. SPO 15-17) za propisivanje intenziteta VIIT-a (Ciolac i sur., 2015; Marçal i sur., 2021a; 2021b; Viana i sur., 2019). Takav pristup propisivanju čini se manje preciznim u postizanju specifičnog i uskog fiziološkog odgovora jer vježbači imaju opciju biranja između nekoliko kategorija SPO, od *teškog* do *jako teškog*, što vjerojatno povećava varijabilnost u njihovim akutnim fiziološkim odgovorima. Osim toga, Borgova ljestvica 6-20 je linearno povezana s FS i VO<sub>2</sub>, čime je ova ljestvica prikladnija za propisivanje aerobnih treninga (Noble, Borg, Jacobs, Ceci & Kaiser, 1983; Scherr, Wolfarth, Christle, Pressler, Wagenpfeil, & Halle, 2013). Shodno tome, ova ljestvica može biti manje prikladna za procjenu i postizanje intenziteta u vježbama s velikim doprinosom anaerobnog glikolitičkog metabolizma jer se akumulacija laktata u krvi eksponencijalno povećava s porastom intenziteta. Shodno tome, čini se prikladnijim koristiti Borgovu CR-10 ljestvicu za propisivanje VIIT-a jer glikolitički energetskeći metabolizam čini značajan dio ukupne energetske potrošnje tijekom VIIT-a (Buchheit & Laursen, 2013b). Osim toga, Borgova CR-10 ljestvica također ima omjerna svojstva, što omogućuje jasnije razlikovanje pojedinačnih kategorija SPO i vjerojatno ih čini razumljivijima i lakšima za korištenje u produkcijskom modalitetu. Zato bi propisivanje intenziteta vježbanja kroz pojedinačnu kategoriju SPO trebalo osigurati veću točnost u postizanju odgovarajućeg akutnog fiziološkog odgovora.

Sesije VIIT-a percipiraju se kao *teške* do *jako teške*, što odgovara rasponu SPO od 14 do 18 na Borgovoj 6-20 skali (Seiler & Hetlelid, 2005; Seiler & Sylta, 2017), odnosno od 5 do 8 na CR-10 skali (Arney i sur., 2019). Propisivanje VIIT-a unutar tog raspona SPO može maksimizirati vrijeme provedeno na  $\geq 90\%$  VO<sub>2max</sub> uz minimalan metabolički stres (Buchheit & Laursen, 2013a). Prethodne studije koristile su raspon ocjena SPO za propisivanje vježbi, stoga nije poznato koja je kategorija SPO optimalna za točno propisivanje VIIT-a. Također je poznato da je SPO tijekom VIIT-a na samostalno odabranom ili propisanom intenzitetu pod utjecajem varijabli programa poput trajanja rada i oporavka (Kilpatrick i sur., 2015), te se postepeno povećava s trajanjem intervala (Seiler & Sjursen, 2004; Kilpatrick i sur., 2015). To znači da tijekom vježbi propisanih

putem SPO intenzitet mora biti stalno prilagođavan kako bi percipirani napor ostao konstantan. Obrasci prilagodbe intenziteta tijekom kontroliranih sesija VIIT-a putem SPO nikada prije nisu proučavani.

Ciljevi ovog istraživanja su (a) istražiti konstrukcijsku valjanost SPO za određivanje intenziteta VIIT-a koristeći kriterij "zlatnog standarda"; (b) odrediti optimalnu kategoriju SPO za propisivanje VIIT-a i (c) istražiti obrazac prilagodbe intenziteta, tj. brzine trčanja, tijekom sesija VIIT-a propisanih putem SPO. Pretpostavljeno je da (a) se SPO može koristiti za precizno propisivanje sesija VIIT-a, (b) najniža kategorija SPO bi pružila najprikladniji fiziološki odgovor i (c) najniža kategorija SPO bi imala najmanje prilagodbe brzine trčanja unutar i između visoko intenzivnih intervala.

## 2. METODE RADA

### 2.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika sastojao se od 17 trenutnih i bivših studenata Kineziološkog fakulteta s iskustvom provođenja intervalnih treninga. Ispitanici su bili oba spola ( $\check{Z}=5$ ,  $M=12$ ) u rasponu od 19 do 42 godine. Od ukupno 17 ispitanika, njih 11 može se prema klasifikacijskom okviru (McKay i suradnici, 2022) svrstati u prvu skupinu - sportaše rekreativce, a njih 6 u drugu skupinu – trenirana populacija. Protokol istraživanja odobren je od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 6. veljače 2024.. Svakom ispitaniku objašnjena je svrha, cilj i mogući rizik testiranja te su svi ispitanici dobrovoljno pristali na testiranje.

Tablica 1. Deskriptivni parametri ispitanika (n=17)

	<b><i>AS±SD</i></b>
<b><i>Dob (godine)</i></b>	24,2±5,0
<b><i>Visina (cm)</i></b>	181,3±7,3
<b><i>Masa (kg)</i></b>	77,5±12,2
<b><i>Potkožno masno tkivo (%)</i></b>	14,3±4,3

### 2.2. Opis protokola istraživanja

Eksperimentalni postupak sastojao se od provođenja 4 pojedinačne sesije. U jednoj sesiji provodio se maksimalni progresivni test opterećenja na pokretnom sagu u Sportsko-dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U ostale tri sesije ispitanici su provodili intervalne treninge intenzitetom definiranim na subjektivnoj procjeni opterećenja 6, 7 i 8 prema Borgovoj kategorijsko-omjernoj skali raspona 0-10. Sesije su se provodile u razmaku od minimalno 48 sati. Intervalni treninzi provodili su se na atletskom stadionu Mladost u Zagrebu. Ispitanici su bili upućeni da posljednji obrok konzumiraju najmanje 2 sata prije testiranja te da se suzdržavaju od visoko intenzivnih aktivnosti najmanje 24 sata prije trenažnih sesija.



### 2.2.1. Maksimalni progresivni test opterećenja

Maksimalni progresivni test opterećenja (PTO) proveden je u laboratorijskim uvjetima na pokretnom sagu. Na početku testa ispitanici su hodali 2 minute na brzini od 3 km/h. Brzina pokretnog saga postupno se povećavala za 0,5 km/h svakih 30 sekundi do otkaza. Tijekom testa kontinuirano se pratila frekvencija srca (Polar Team App, Kempele, Finland) i primitak kisika (Metamax 3b, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany) te su se na kraju testa zabilježile njihove maksimalne vrijednosti. U svakom stupnju opterećenja ispitanici su imali zadatak odrediti razinu opterećenja prema Borgovoj kategorijsko-omjernoj skali raspona 0-10. Odmah po završetku testa mjerila se koncentracija laktata u krvi (Lactate Scout+, EKF Diagnostic, Cardiff, UK). Kriterij za prekid testa, odnosno određivanje maksimalnih vrijednosti bili su postizanje  $VO_2$  platoa i respiracijski kvocijent iznad 1,15 (Howley i suradnici, 1995.). Prikupljeni sirovi podaci ventilacijskih parametara filtrirani su i uprosječeni na period od 15 sekundi. Maksimalna vrijednost relativnog primitka kisika određena je kao najviša vrijednost u intervalu od 30 sekundi. Analizom dobivenih krivulja kretanja ventilacijskih pokazatelja odredili su se aerobni i anaerobni ventilacijski pragovi te SPO pri oba praga.

### 2.2.2. Visoko-intenzivni intervalni treninzi

Sesije visoko-intenzivnih intervalnih treninga sastojale su se od provođenja 3 intervala u trajanju od 3 minute s pasivnim oporavkom u trajanju od 2 minute. Sesije VIIT-a provodile su se na 400-metarskoj atletskoj stazi na stadionu Mladost u Zagrebu. Intenzitet trčanja intervala bio je određen na kategoriji subjektivne procjene opterećenja 6, 7 ili 8 prema Borgovoj kategorijsko-omjernoj skali opterećenja raspona 0-10 (Pageaux, 2016) (tablica 2.). Ispitanici su bili obavezni doći 3 puta na atletski stadion u minimalnom vremenskom razmaku od 48 sati između svake sesije. Prije početka testiranja ispitanici su bili upoznati sa skalom te su prije svake odrađene sesije dobili uvid u skalu s glavnom uputom da intenzitet trčanja određuju i reguliraju isključivo sukladno subjektivnoj procjeni opterećenja na zadanoj kategoriji. Prije početka svake sesije ispitanici su provodili samostalno razgibavanje u trajanju od 5 minuta, a zatim su trčali 2 kruga zagrijavanja. Prvi na SPO 2, a u drugom krugu imali su zadatak kratko istrčati pri intenzitetu koji bi mogao biti za tu zadanu trenažnu sesiju. Početak izvođenja VIIT-a sastojao se od 3 minute trčanja na SPO 2, a zatim su slijedila 3 intervala po 3 minute na zadanoj kategoriji SPO. Tijekom odrađivanja visoko-

intenzivnih intervala ispitanici nisu bili obavješteni koliko je vremena prošlo, već bi od strane ispitivača bili zaustavljeni nakon odrađene 3 minute. Tijekom 2 minute pasivnog odmora bili su obavješteni koliko je vremena prošlo te im je posljednjih 10 sekundi bilo odbrojano kako bi se mogli pripremiti za sljedeći interval. Za vrijeme trenažnih sesija mjerene su vrijednosti frekvencije srca (Polar Team App, Kempele, Finland), ventilacijskih parametara (Metamax 3b, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany) i brzine trčanja (Apex, StatSports, Northern Ireland), a po završetku treninga izmjerena je koncentracija laktata u krvi (Lactate Scout+, EKF Diagnostic, Cardiff, UK). Vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  ( $t \geq 90\%$   $VO_{2max}$ ) i  $FS_{max}$  ( $t \geq 90\%$   $FS_{max}$ ) izračunato je pomoću vrijednosti uprosječenih na 5 sekundi.

Tablica 2. Modificirana Borgova kategorijsko-omjerna skala raspona 0-10 (Pageaux, 2016)

Ocjena	Opisna kategorija
0	Odmor
1	Jako lagano
2	Lagano
3	Umjereno
4	Donekle teško
5	Teško
6	.
7	Jako teško
8	.
9	Jako, jako teško
10	Maksimalno
•	

### 2.3. Metode obrade podataka

Po završetku mjerenja napravljena je baza podataka u Microsoft Office Excelu, a za obradu i analizu podataka korišten je program Statistica 14.0 (Tibco Software Inc., Palo Alto, Kalifornija, SAD). U programu su analizirani deskriptivni parametri svih varijabli, a normalnost distribucije

testirana je Shapiro-Wilk testom. Za testiranje razlika između parametara akutne reakcije na VIIT koristila se univarijatna analiza varijance za ponovljena mjerenja (ANOVA). Za utvrđivanje statističke značajnosti razlika između pojedinih VIIT-a koristio se Tukey *post hoc* test. Statistička značajnost određena je na  $p \leq 0,05$ .

### 3. REZULTATI

Aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), omjer varijance između grupa i varijance unutar grupa (F-vrijednost) dobivene univarijantnom analizom varijance (ANOVA) te statistička značajnost za varijable izmjerene prilikom izvođenja VIIT-a pri SPO 6, 7 i 8 prikazane su u tablici 4. Svi podatci osim  $t \geq 90\%$   $FS_{max}/VO_{2max}$  i koncentracije laktata u krvi izraženi su u postotku od maksimalnih vrijednosti.

Tablica 4. Prikaz osnovnih deskriptivnih pokazatelja i dobivene F-vrijednosti pojedinačnih treninga

	SPO 6 (AS±SD)	SPO 7 (AS±SD)	SPO 8 (AS±SD)	F	p
<b><math>t \geq 90\%</math> <math>FS_{max}</math> (s)</b>	502,06 ± 139,41	573,53 ± 80,09	540,29 ± 137,36	2,79	0,08
<b>%<math>t \geq 90\%</math> <math>FS_{max}</math></b>	55,78 ± 15,49	63,73 ± 8,90	60,03 ± 15,26	2,79	0,08
<b><math>t \geq 90\%</math> <math>VO_{2max}</math> (s)</b>	396,47 ± 87,48 <sup>b,c</sup>	469,71 ± 68,61 <sup>a</sup>	484,12 ± 67,32 <sup>a</sup>	18,14	0,00*
<b>%<math>t \geq 90\%</math> <math>VO_{2max}</math></b>	44,05 ± 9,72 <sup>b,c</sup>	52,19 ± 7,62 <sup>a</sup>	53,79 ± 7,48 <sup>a</sup>	18,14	0,00*
<b>v-vršna %max</b>	97,00 ± 6,68 <sup>b,c</sup>	104,48 ± 9,21 <sup>a</sup>	107,35 ± 10,30 <sup>a</sup>	21,61	0,00*
<b>v-prosjek %max</b>	59,24 ± 3,52 <sup>b,c</sup>	61,88 ± 3,40 <sup>a</sup>	62,44 ± 3,12 <sup>a</sup>	26,13	0,00*
<b>FS-vršna %max</b>	97,92 ± 3,05 <sup>b</sup>	99,43 ± 2,80 <sup>a</sup>	99,15 ± 3,08	4,65	0,02*
<b>FS-prosjek %max</b>	88,00 ± 3,83	90,27 ± 3,46	89,25 ± 5,36	2,15	0,13
<b><math>VO_2/kg</math>-vršni %max</b>	105,36 ± 6,13 <sup>b,c</sup>	109,02 ± 5,68 <sup>a</sup>	111,57 ± 5,55 <sup>a</sup>	14,83	0,00*
<b><math>VO_2/kg</math>-prosjek %max</b>	79,05 ± 4,14 <sup>b,c</sup>	83,08 ± 4,54 <sup>a</sup>	84,72 ± 4,57 <sup>a</sup>	20,44	0,00*
<b><math>V_E</math>-vršna %max</b>	88,30 ± 7,60 <sup>b,c</sup>	99,96 ± 8,53 <sup>a</sup>	103,12 ± 7,29 <sup>a</sup>	44,46	0,00*
<b><math>V_E</math>-prosjek %max</b>	65,16 ± 6,30 <sup>b,c</sup>	74,84 ± 7,64 <sup>a,c</sup>	78,14 ± 6,59 <sup>a,b</sup>	67,57	0,00*
<b>La (mmol/l)</b>	9,02 ± 2,45 <sup>b,c</sup>	12,26 ± 2,22 <sup>a</sup>	12,61 ± 2,80 <sup>a</sup>	23,67	0,00*

Legenda: AS=aritmetička sredina; SD=standardna devijacija; F= omjer varijance između grupa i varijance unutar grupa; p=razina statističke značajnosti za univarijantnu analizu varijance; SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8;  $t \geq 90\%$   $FS_{max}$ =vrijeme provedeno iznad 90%  $FS_{max}$ ; % $t \geq 90\%$   $FS_{max}$ =vrijeme provedeno iznad 90%  $FS_{max}$  izraženo u postotku od ukupnog trajanja treninga;  $t \geq 90\%$   $VO_{2max}$ = vrijeme provedeno iznad 90%  $VO_{2max}$ ; % $t \geq 90\%$   $VO_{2max}$ = vrijeme provedeno iznad 90%  $VO_{2max}$  izraženo u postotku od ukupnog trajanja treninga; ; v=brzina trčanja; FS=frekvencija srca;  $FS_{max}$ =maksimalna frekvencija srca;  $VO_2/kg$ =relativni primitak kisika;  $VO_{2max}$ =maksimalni primitak kisika;  $V_E$ =minutna ventilacija; La=koncentracija laktata u krvi %max=označava da su sve vrijednosti izražene u postotku od maksimalnih; \*označava statistički značajnu razliku ( $p \leq 0,05$ ) između odrađenih treninga <sup>a</sup> označava statistički značajne razlike uz  $p \leq 0,05$  između treninga pri SPO 6; <sup>b</sup> označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$  između treninga pri SPO 7; <sup>c</sup> označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$  između treninga pri SPO 8

Statistički značajna razlika ( $p=0,08$ ) nije ostvarena između treninga pri različitim SPO kod vremena provedenog  $\geq 90\%$   $FS_{max}$ , dok je vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  u VIIT-u pri SPO 6 statistički značajno manje ( $p < 0,001$ ) od treninga pri SPO 7 i SPO 8. Vrijednosti prosječne i vršne

brzine pri SPO 6 statistički su značajno manje ( $p < 0,001$ ) naspram treninga pri SPO 7 i SPO 8. Vršna FS statistički se značajno ( $p = 0,02$ ) razlikuje između treninga pri SPO 6 i SPO 7, dok kod prosječne FS nije dobivena statistički značajna razlika između odrađenih treninga. Vrijednosti vršnog  $VO_2$ , prosječnog  $VO_2$ , vršne  $V_E$  i koncentracije laktata u krvi statistički su značajno ( $p < 0,001$ ) manje kod VIIT-a pri SPO 6 u usporedbi s VIIT-om pri SPO 7 i SPO 8. Prosječna  $V_E$  jedina se značajno razlikuje ( $p < 0,001$ ) kod svih odrađenih treninga.

Varijable unutar pojedinih intervala treninga, njihova aritmetička sredina, standardna devijacija, F-vrijednost i statistička značajnost prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Prikaz osnovnih deskriptivnih podataka i F-vrijednosti unutar pojedinih intervala

	INT 1	INT 2	INT 3	F	p
SPO 6-v-prosjek %max	85,90 ± 6,03 <sup>b;c</sup>	83,74 ± 4,90 <sup>a</sup>	82,54 ± 5,15 <sup>a</sup>	9,24	0,00*
SPO 7-v-prosjek %max	91,41 ± 6,50 <sup>b;c</sup>	87,63 ± 4,48 <sup>a;c</sup>	84,45 ± 4,76 <sup>a;b</sup>	25,11	0,00*
SPO 8-v-prosjek %max	93,64 ± 6,60 <sup>b;c</sup>	88,12 ± 5,35 <sup>a</sup>	85,61 ± 5,73 <sup>a</sup>	30,60	0,00*
SPO 6-v-vršna %max	94,23 ± 8,62	93,80 ± 6,09	92,85 ± 5,32	0,62	0,55
SPO 7-v-vršna %max	101,64 ± 10,61	101,28 ± 6,38	99,21 ± 6,88	1,55	0,23
SPO 8-v-vršna %max	105,41 ± 11,29 <sup>c</sup>	101,56 ± 8,62	99,75 ± 7,87 <sup>a</sup>	5,53	0,01*
SPO 6-FS-vršna %max	95,53 ± 3,12 <sup>b;c</sup>	96,98 ± 2,89 <sup>a;c</sup>	97,80 ± 3,07 <sup>a;b</sup>	32,97	0,00*
SPO 7-FS-vršna %max	96,98 ± 3,00 <sup>b;c</sup>	98,54 ± 2,80 <sup>a;c</sup>	99,28 ± 2,86 <sup>a;b</sup>	30,88	0,00*
SPO 8-FS-vršna %max	96,79 ± 3,41 <sup>c</sup>	97,47 ± 4,60 <sup>c</sup>	98,93 ± 3,03 <sup>a;b</sup>	7,52	0,00*
SPO 6-FS-prosjek %max	92,33 ± 3,84	91,44 ± 3,07 <sup>c</sup>	92,69 ± 3,27 <sup>b</sup>	4,94	0,01*
SPO 7-FS-prosjek %max	93,43 ± 3,28 <sup>c</sup>	93,52 ± 2,59 <sup>c</sup>	94,59 ± 2,69 <sup>a;b</sup>	5,62	0,01*
SPO 8-FS-prosjek %max	92,25 ± 7,02	91,64 ± 8,34	94,46 ± 3,34	2,34	0,11
SPO 6-VO <sub>2</sub> -vršni %max	103,23 ± 7,06	102,81 ± 5,76	102,21 ± 5,49	0,50	0,61
SPO 7-VO <sub>2</sub> -vršni %max	107,64 ± 6,81	107,50 ± 5,10	105,97 ± 5,20	2,62	0,09
SPO 8-VO <sub>2</sub> -vršni %max	109,54 ± 6,55	109,41 ± 5,27	107,58 ± 5,00	2,60	0,09
SPO 6-VO <sub>2</sub> -prosjek %max	92,71 ± 6,07 <sup>c</sup>	90,72 ± 4,88	89,76 ± 4,34 <sup>a</sup>	5,73	0,01*
SPO 7-VO <sub>2</sub> -prosjek %max	96,14 ± 6,30 <sup>c</sup>	95,12 ± 5,58	93,87 ± 4,69 <sup>a</sup>	4,77	0,02*
SPO 8-VO <sub>2</sub> -prosjek %max	99,15 ± 6,18 <sup>c</sup>	97,73 ± 5,33 <sup>c</sup>	95,55 ± 4,44 <sup>a;b</sup>	10,04	0,00*
SPO 6-V <sub>E</sub> -vršna %max	82,77 ± 9,43 <sup>b;c</sup>	86,43 ± 8,31 <sup>a</sup>	86,68 ± 8,09 <sup>a</sup>	7,07	0,00*
SPO 7-V <sub>E</sub> -vršna %max	93,88 ± 10,38 <sup>b</sup>	97,79 ± 9,51 <sup>a</sup>	97,28 ± 7,15	4,63	0,02*
SPO 8-V <sub>E</sub> -vršna %max	99,47 ± 9,86	100,48 ± 6,62	100,45 ± 8,10	0,55	0,58
SPO 6-V <sub>E</sub> -prosjek %max	71,17 ± 8,30 <sup>b;c</sup>	74,83 ± 7,72 <sup>a</sup>	75,42 ± 6,59 <sup>a</sup>	14,93	0,00*
SPO 7-V <sub>E</sub> -prosjek %max	78,93 ± 10,38 <sup>b;c</sup>	86,08 ± 10,10 <sup>a</sup>	86,18 ± 7,46 <sup>a</sup>	34,92	0,00*
SPO 8-V <sub>E</sub> -prosjek %max	84,44 ± 9,18 <sup>b;c</sup>	90,01 ± 8,26 <sup>a</sup>	89,74 ± 7,82 <sup>a</sup>	23,44	0,00*

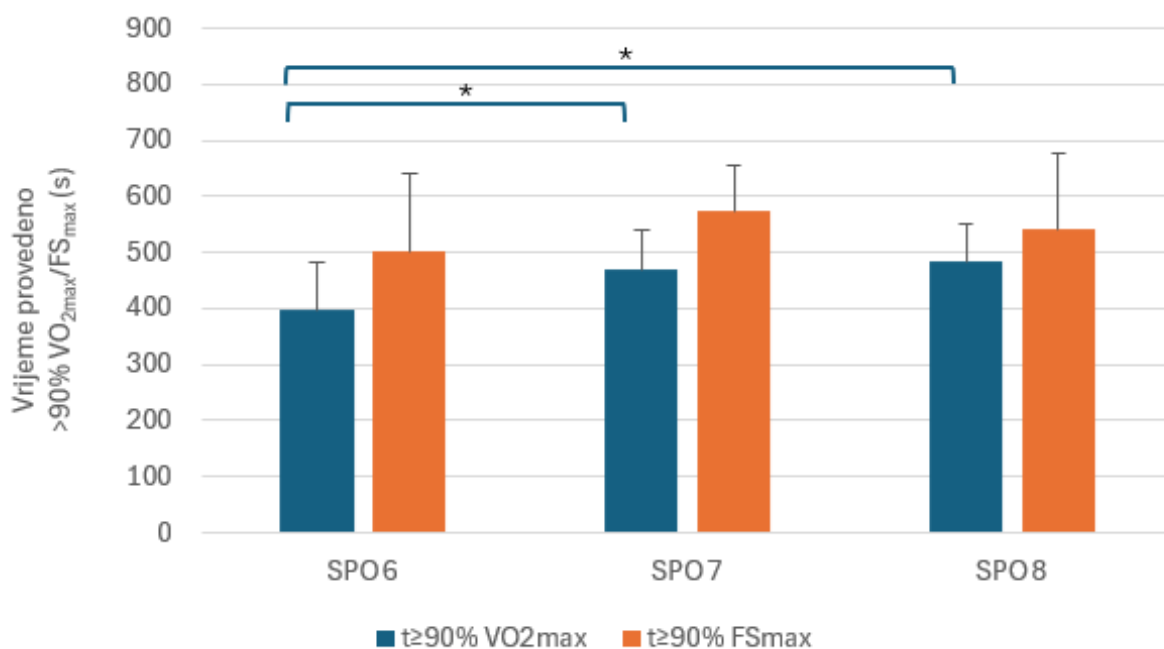
Legenda: AS=aritmetička sredina; SD=standardna devijacija; F= omjer varijance između grupa i varijance unutar grupa; p=razina statističke značajnosti za univarijatnu analizu varijance; INT 1=prvi interval; INT 2= drugi interval; INT 3=treći interval; SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; v=brzina trčanja; FS=frekvencija srca; VO<sub>2</sub>=primitak kisika; V<sub>E</sub>=minutna ventilacija; La=konzentracija laktata u krvi %max=označava da su sve vrijednosti izražene u postotku od maksimalnih; \*označava statistički značajnu razliku (p ≤ 0,05) između intervala; <sup>a</sup> označava statistički značajnu razliku uz p ≤ 0,05 između INT 1; <sup>b</sup> označava statistički značajnu razliku uz p ≤ 0,05 između INT 2; <sup>c</sup> označava statistički značajnu razliku uz p ≤ 0,05 između INT 3

Pri usporedbi pojedinih intervala treninga dobivena je statistički značajna razlika (p<0,001) u prosječnoj brzini između intervala u svakom VIIT-u. *Post hoc* analizom utvrđeno je da je prosječna brzina u prvom intervalu statistički značajno veća (p<0,001) od prosječne brzine drugog i trećeg intervala pri SPO 6 i SPO 8, dok je kod SPO 7 dobivena značajna razlika (p<0,001) između svih intervala. Vršna brzina pokazala se statistički značajno manjom (p<0,01) u trećem intervalu

naspram prvog pri SPO 8, dok pri SPO 6 ( $p=0,55$ ) i SPO 7 ( $p=0,23$ ) nije dobivena značajna razlika. Statistički značajno povećanje ( $p<0,001$ ) vršne frekvencije srca u intervalima utvrđeno je pri SPO 6 i SPO 7 te u trećem intervalu naspram prvog i drugog pri SPO 8 ( $p<0,001$ ). Prosječna frekvencija srca pokazala se statistički značajno ( $p<0,01$ ) većom u trećem intervalu naspram drugog pri SPO 6 te u trećem intervalu u usporedbi s prvim i drugim pri SPO 7 ( $p<0,01$ ). Kod treninga odrađenog na SPO 8 nije utvrđena značajna ( $p=0,11$ ) razlika u prosječnoj frekvenciji srca. Vršni primitak kisika nije bio statistički značajno različit između intervala nijednog provedenog treninga ( $p=0,61$ ;  $p=0,09$ ;  $p=0,09$ ). Prosječni primitak kisika pokazao se značajno većim u prvom intervalu u usporedbi s trećim pri SPO 6 ( $p<0,01$ ) i SPO 7 ( $p=0,02$ ), dok je pri SPO 8 u prvom intervalu bio značajno ( $p<0,001$ ) veći nego u drugom i trećem. Vršna minutna ventilacija bila je značajno ( $p<0,00$ ) manja u prvom intervalu naspram drugog i trećeg pri SPO 6. Pri SPO 7 značajno povećanje vrijednosti ( $p=0,02$ ) utvrđeno je samo između prvog i drugog intervala, dok pri SPO 8 nije bilo statistički značajne razlike u rezultatima. Prosječna minutna ventilacija statistički je značajno ( $p<0,001$ ) manja u prvom intervalu u usporedbi s drugim i trećim kod svih treninga.

*Post hoc* analizom utvrđeno je da je vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  značajno veće kod treninga provedenog na SPO 7 ( $469,71 \pm 68,61$  s) i SPO 8 ( $484,12 \pm 67,32$  s) u usporedbi s treningom pri SPO 6 ( $396,47 \pm 87,48$  s). Kod vremena provedenog  $\geq 90\%$   $FS_{max}$  nije utvrđena statistički značajna razlika između nijednog treninga (SPO 6= $502,06 \pm 139,41$  s; SPO 7= $573,53 \pm 80,09$  s; SPO 8= $540,29 \pm 137,36$  s) (graf 1.).

Graf 1. Prikaz vremena provedenog  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  i  $FS_{max}$

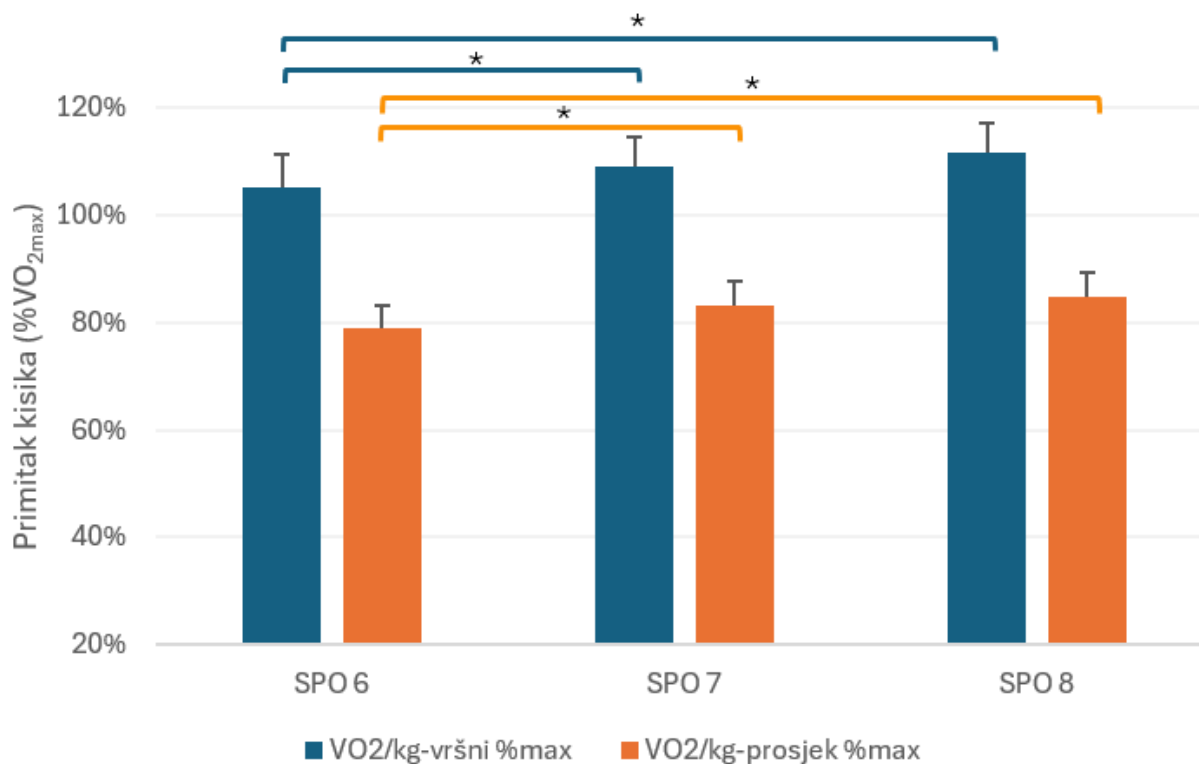


*Legenda:* SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8;  $t \geq 90\% FS_{max}$ =vrijeme provedeno iznad 90% maksimalne frekvencije srca;  $t \geq 90\% VO_{2max}$ = vrijeme provedeno iznad 90% maksimalnog primitka kisika; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$



Vršni primitak kisika pri SPO 6 iznosio je  $105,36 \pm 6,13\%$  te se pokazao statistički značajno manjim naspram vršnog primitka kisika pri SPO 7 ( $109,02 \pm 5,68\%$ ) i SPO 8 ( $111,57 \pm 5,55\%$ ). Prosječni primitak kisika također se pokazao značajno manjim pri SPO 6 ( $79,05 \pm 4,14\%$ ) u usporedbi s rezultatima pri SPO 7 ( $83,08 \pm 4,54\%$ ) i SPO 8 ( $84,72 \pm 4,57\%$ ) (graf 2.).

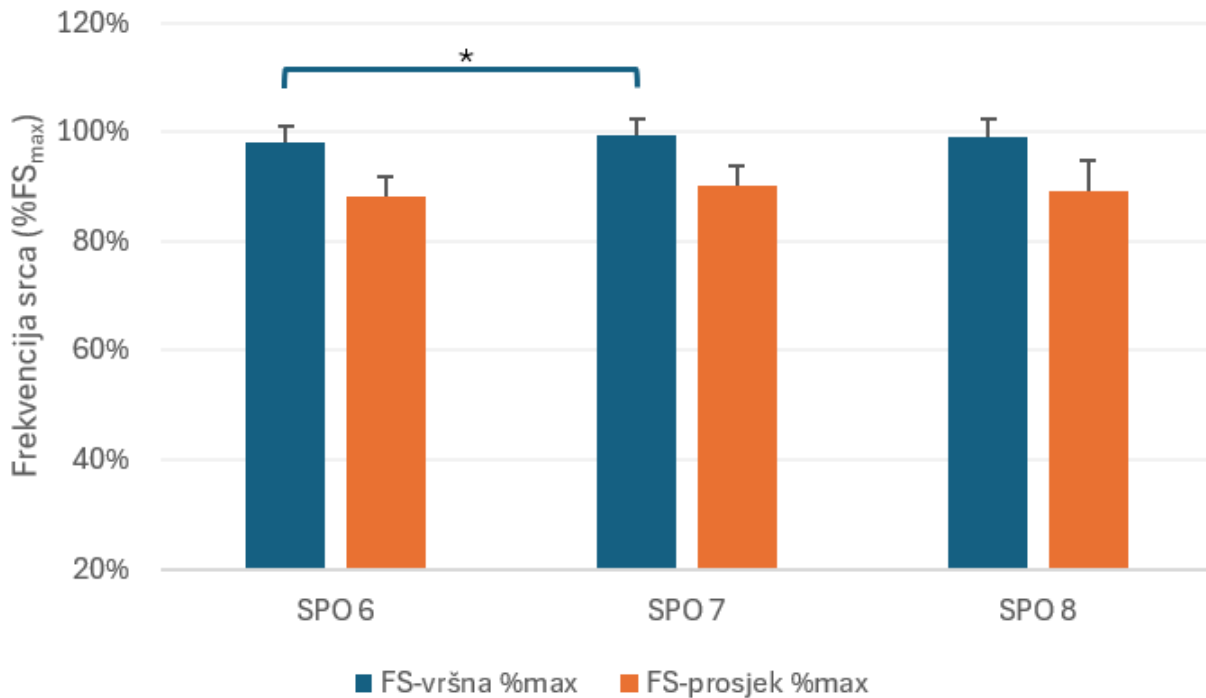
Graf 2. Prikaz vršnog i prosječnog primitka kisika postignutog pri SPO 6, 7 i 8



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; VO<sub>2</sub>/kg-vršni %max=vršni primitak kisika izražen u postotku od maksimalnog primitka kisika; VO<sub>2</sub>/kg-prosjek %max=prosječni primitak kisika izražen u postotku od maksimalnog primitka kisika; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

Analizom vrijednosti frekvencije srca utvrđeno je da je vršna FS statistički značajno veća pri SPO 7 ( $99,43 \pm 2,80\%$ ) u usporedbi s SPO 6 ( $97,92 \pm 3,05\%$ ), dok kod prosječne frekvencije srca nije pronađena značajna razlika u usporedbi provedenih treninga ( $p < 0,13$ ) (graf 3.).

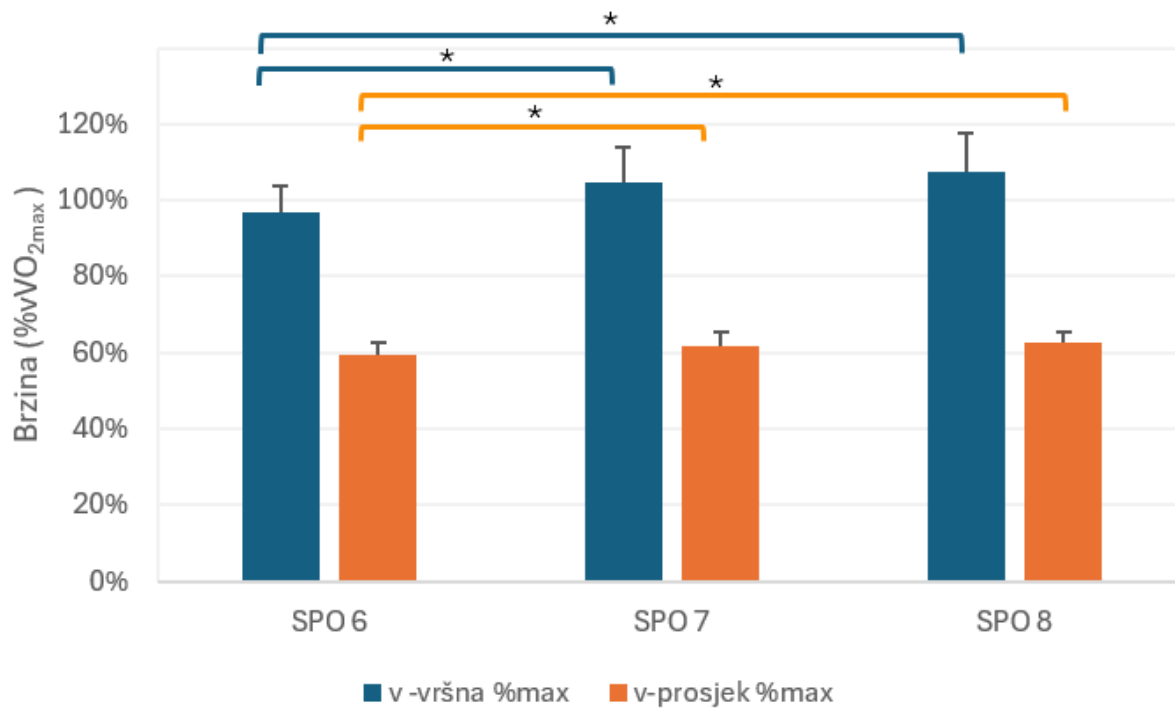
Graf 3. Prikaz vršne i prosječne frekvencije srca postignute pri SPO 6, 7 i 8



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; FS-vršna %max=vršna frekvencija srca izražena u postotku od maksimalne frekvencije srca; FS-prosjek %max=prosječna frekvencija srca izražena u postotku od maksimalne frekvencije srca; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

Postignuta vršna brzina pri SPO 7 iznosila je  $104,48 \pm 9,21\%$  od brzine postignute pri  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ), a pri SPO 8  $107,35 \pm 10,30\%$ , te su se rezultati oba treninga pokazali značajno većim naspram treninga pri SPO 6 ( $97,00 \pm 6,68\%$ ). Prosječna brzina pri SPO 7 ( $61,88 \pm 3,40\%$ ) i SPO 8 ( $62,44 \pm 3,12\%$ ) također se pokazala značajno većom naspram treninga pri SPO 6 ( $59,24 \pm 3,52\%$ ) (graf 4.).

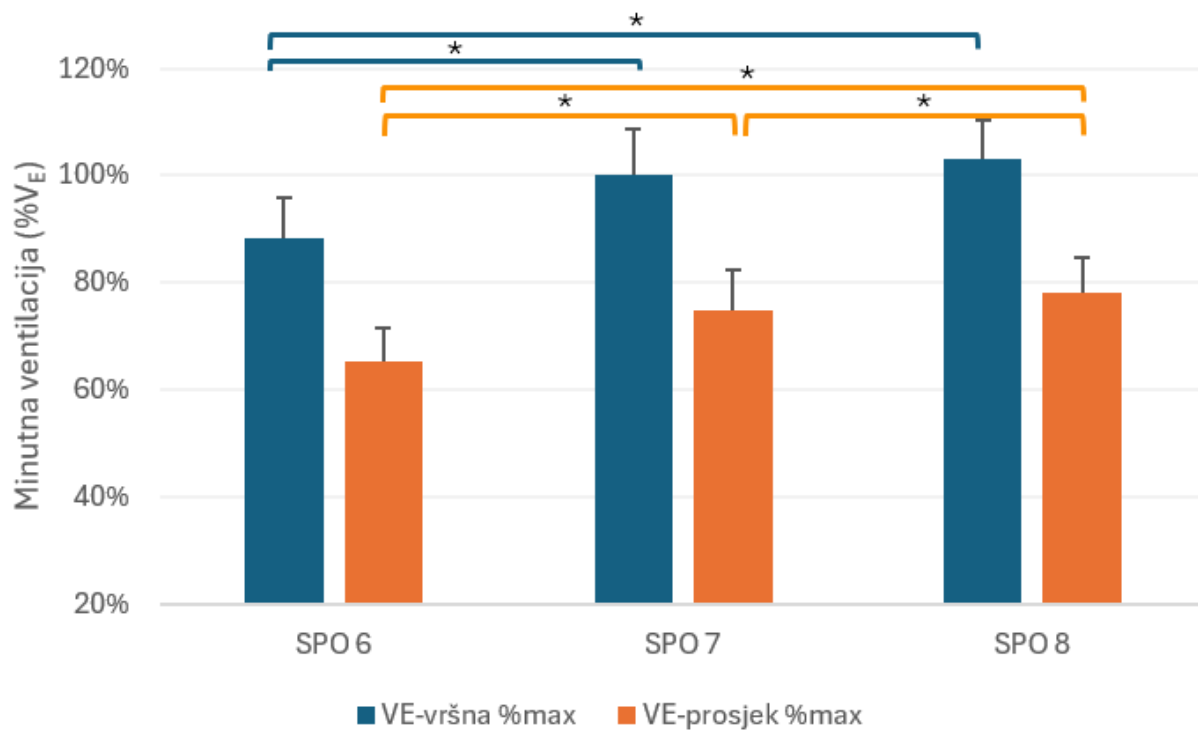
Graf 4. Prikaz vršne i prosječne brzine postignute pri SPO 6, 7 i 8



Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; v-vršna %max=vršna brzina izražena u postotku od  $vVO_{2max}$ ; v-prosjek %max=prosječna brzina izražena u postotku od  $vVO_{2max}$ ; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$

Vršna minutna ventilacija statistički je značajno manja tijekom treninga pri SPO 6 ( $88,30 \pm 7,60\%$ ) naspram treninga pri SPO 7 ( $99,96 \pm 8,53\%$ ) i SPO 8 ( $103,12 \pm 7,29\%$ ). Prosječna minutna ventilacija pri SPO 6 iznosila je  $65,16 \pm 6,30\%$ , pri SPO 7  $74,84 \pm 7,64\%$  te pri SPO 8  $78,14 \pm 6,59\%$ . Analizom prosječne minutne ventilacije dobivene su statistički značajne razlike između sva tri treninga te je to ujedno i jedina varijabla pri kojoj je dobivena statistički značajna razlika između VIIT-a pri SPO 7 i SPO 8 (graf 5.).

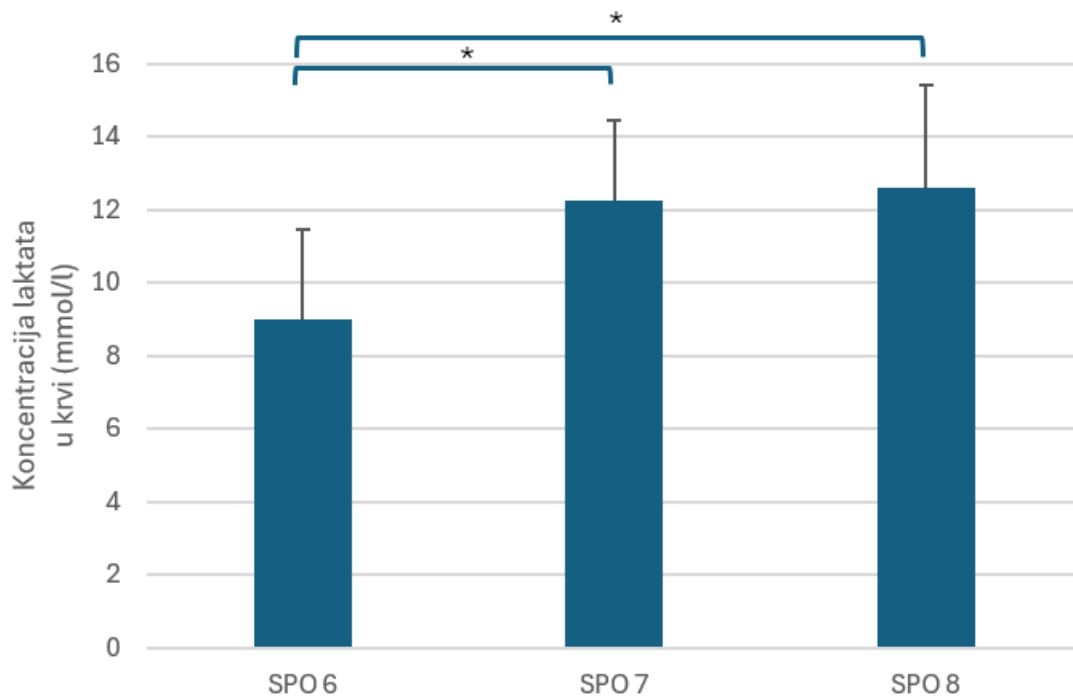
Graf 5. Prikaz vršne i prosječne minutne ventilacije postignute pri SPO 6, 7 i 8



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8;  $V_E$ -vršna %max=vršna minutna ventilacija izražena u postotku od maksimalne minutne ventilacije;  $V_E$ -prosjek %max=prosječna minutna ventilacija izražena u postotku od maksimalne minutne ventilacije; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

Koncentracija laktata u krvi statistički je značajno manja nakon treninga odrađenog pri SPO 6 ( $9,02 \pm 2,45$  mmol/l) u usporedbi s rezultatima nakon treninga odrađenog pri SPO 7 ( $12,26 \pm 2,22$  mmol/l) i SPO 8 ( $12,61 \pm 2,80$  mmol/l) (graf 6.).

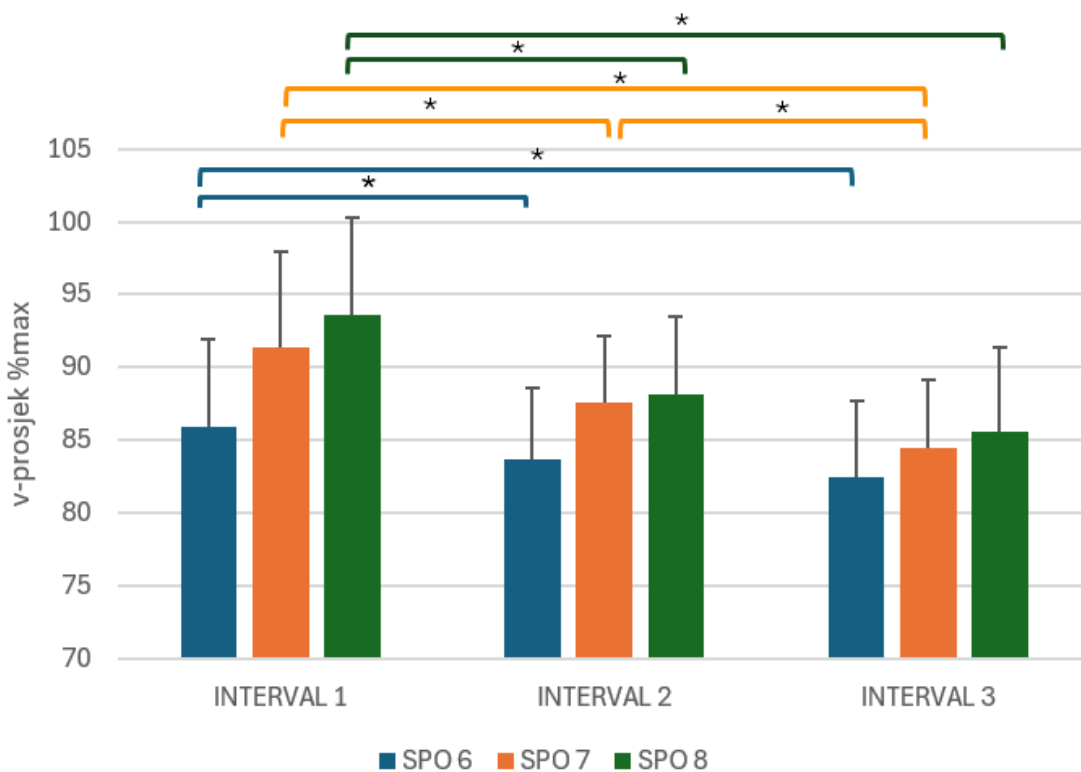
Graf 6. Prikaz koncentracije laktata u krvi izmjerene nakon svakog treninga



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

Ostvarena prosječna vrijednost brzine kroz pojedine intervale svakog treninga prikazana je na grafikonu 7. Kod VIIT-a pri SPO 6 prosječna brzina prvog intervala ( $85,90 \pm 6,03 \%vVO_{2max}$ ) značajno je veća u usporedbi s drugim ( $83,74 \pm 4,90\%$ ) i trećim ( $82,54 \pm 5,15\%$ ) intervalom. Pri SPO 8 također je uočeno značajno smanjenje prosječne brzine u drugom ( $88,12 \pm 5,35\%$ ) i trećem ( $85,61 \pm 5,73\%$ ) intervalu u usporedbi s prvim ( $93,64 \pm 6,60\%$ ). Jedino kod treninga pri SPO 7 možemo vidjeti statistički značajan pad brzine između sva tri intervala ( $91,41 \pm 6,50\%$ ;  $87,63 \pm 4,48\%$ ;  $84,45 \pm 4,76\%$ ).

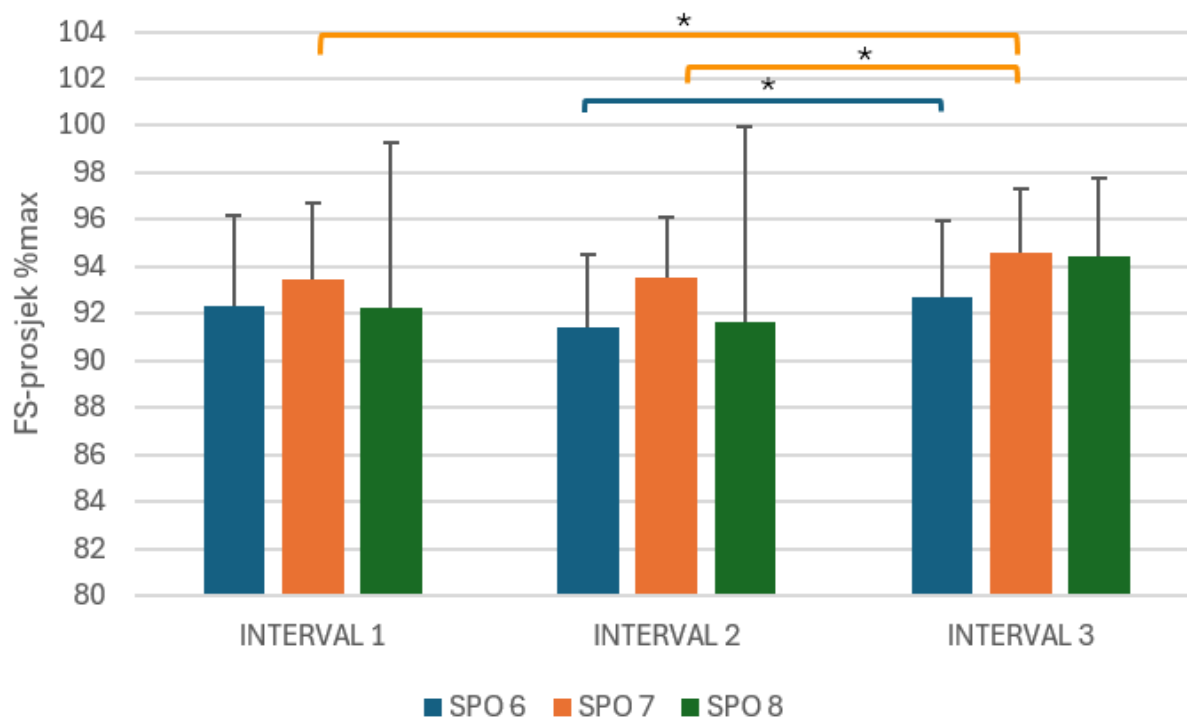
Graf 7. Prikaz prosječne brzine ostvarene kroz pojedine intervale treninga



Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; v-prosjek %max= prosječna brzina izražena u postotku od  $vVO_{2max}$ ; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$

Usporedbom prosječnih vrijednosti frekvencije srca između pojedinih intervala (graf 8.) ustanovljeno je značajno povećanje vrijednosti kod treninga pri SPO 6 u usporedbi trećeg ( $92,69 \pm 3,27 \%FS_{max}$ ) intervala naspram drugog ( $91,44 \pm 3,07\%$ ), dok je kod SPO 7 prosječna FS značajno veća u trećem ( $94,59 \pm 2,69\%$ ) intervalu u usporedbi s prvim ( $93,43 \pm 3,28\%$ ) i drugim ( $93,52 \pm 2,59\%$ ). Pri SPO 8 nisu pronađene statistički značajne razlike ( $p < 0,11$ ) u prosječnoj FS.

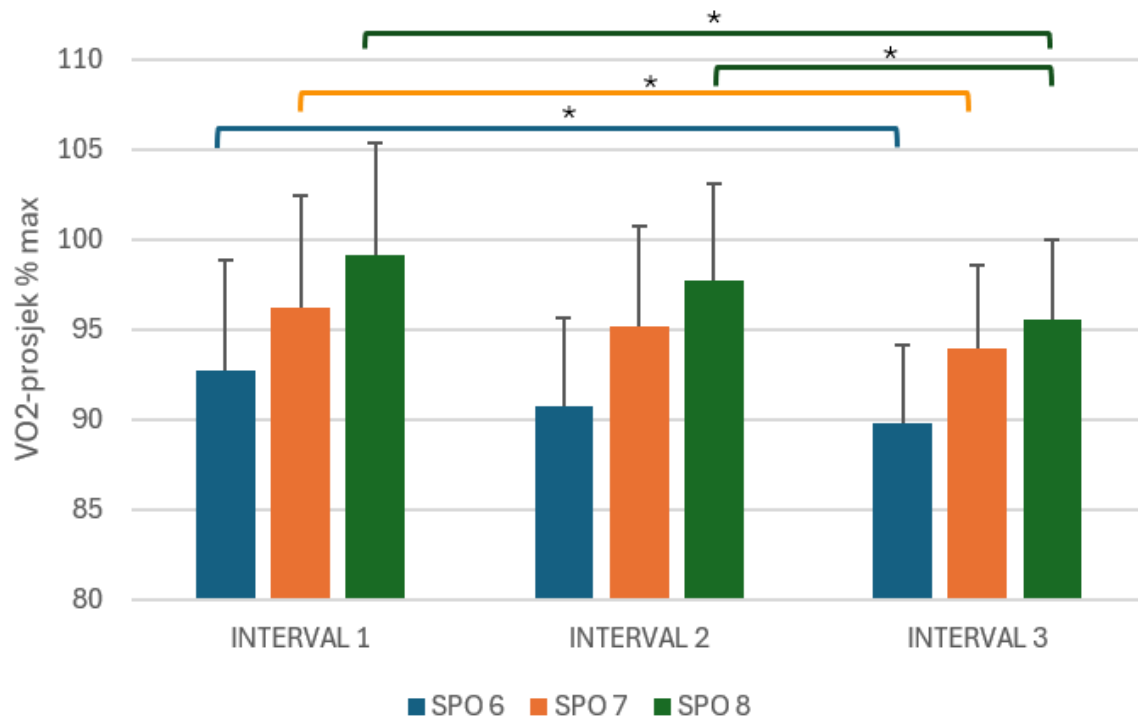
Graf 8. Prikaz prosječne frekvencije srca ostvarene kroz pojedine intervale treninga



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8; FS-prosjek %max= prosječna frekvencija srca izražena u postotku od maksimalne FS; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

Analizom prosječnog primitka kisika između pojedinih intervala treninga (graf 9.) ustanovljen je značajan pad u primitku kisika između trećeg ( $89,76 \pm 4,34 \%VO_{2max}$ ) i prvog ( $92,71 \pm 6,07\%$ ) intervala pri SPO 6 te između trećeg ( $93,87 \pm 4,69\%$ ) i prvog ( $96,14 \pm 6,30\%$ ) intervala pri SPO 7. Kod treninga na SPO 8 prosječan primitak kisika značajno je manji u trećem ( $95,55 \pm 4,44\%$ ) intervalu u usporedbi s prvim ( $99,15 \pm 6,18\%$ ) i drugim ( $97,73 \pm 5,33\%$ ).

Graf 9. Prikaz prosječnog primitka kisika ostvarenog kroz pojedine intervale treninga

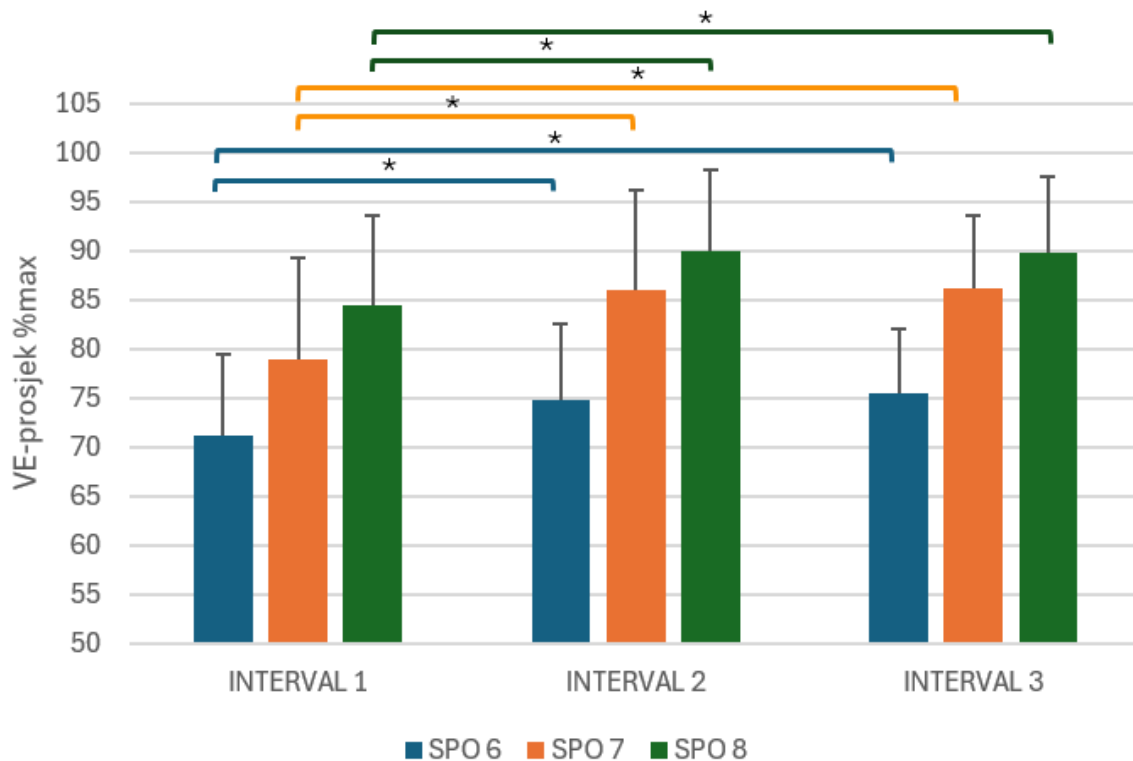


Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8;  $VO_2$ -prosjek %max= prosječni primitak kisika izražen u postotku od maksimalnog  $VO_2$ ; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$



Prosječna minutna ventilacija statistički je značajno manja u prvom intervalu ( $71,17 \pm 8,30$  % $V_{E\max}$ ) u usporedbi s drugim ( $74,83 \pm 7,72\%$ ) i trećim ( $75,42 \pm 6,59\%$ ) pri SPO 6. Rezultati u prvom intervalu ( $78,93 \pm 10,38\%$ ) pri SPO 7 također su značajno manji naspram vrijednosti u drugom ( $86,08 \pm 10,10\%$ ) i trećem ( $86,18 \pm 7,46\%$ ) te su pri SPO 8 također izmjerene vrijednosti prvog intervala ( $84,44 \pm 9,18\%$ ) značajno manje od onih u drugom ( $90,01 \pm 8,26\%$ ) i trećem ( $89,74 \pm 7,82\%$ ) (graf 10.).

Graf 10. Prikaz prosječne minutne ventilacije ostvarene kroz pojedine intervale treninga



*Legenda: SPO 6=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 6; SPO 7=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 7; SPO 8=VIIT odrađen pri subjektivnoj procjeni opterećenja 8;  $V_E$ -prosjek %max= prosječna minutna ventilacija izražena u postotku od maksimalne  $V_E$ ; \*označava statistički značajnu razliku uz  $p \leq 0,05$*

#### 4. RASPRAVA

Svrha ovog istraživanja bila je (a) utvrditi konstrukcijsku valjanost SPO za određivanje intenziteta VIIT-a koristeći kriterij „zlatnog standarda“, (b) odrediti optimalnu kategoriju SPO za propisivanje VIIT-a i (c) istražiti obrazac prilagodbe intenziteta, tj. brzine trčanja, tijekom sesija VIIT-a propisanih putem SPO.

Ovo je prvo istraživanje u kojem se testiralo propisivanje intenziteta vježbanja visoko-intenzivnih intervalnih treninga kroz pojedinačnu kategoriju SPO korištenjem Borgove CR-10 ljestvice.

Glavni rezultati ovog istraživanja ukazuju da (a) se SPO može koristiti za precizno propisivanje VIIT-a, (b) izvođenje VIIT-a pri SPO 6 pruža optimalni sveukupni fiziološki odgovor i (c) VIIT pri SPO 6 ima najmanje prilagodbe intenziteta tj. brzine trčanja unutar i između visoko-intenzivnih intervala.

U svim treninzima programiranim putem SPO prilagodba intenziteta rada regulirana je brzinom trčanja. Pad brzine primijećen je između svih provedenih treninga te između svih intervala rada unutar pojedinog treninga. Opadanje brzine u intervalima rada možemo vidjeti i u istraživanju Edwards i suradnika (2011) u kojem su ispitanici provodili 5 intervala na 1000 m. Vrijeme trajanja intervala postepeno se produživalo tijekom intervala, osim u zadnjem intervalu u kojem su svi ispitanici u sve 4 intervencije imali niže vrijeme od prethodnog.

U VIIT-u odrađenom pri SPO 6 brzina trčanja bila je najniža te je postupno opadala kroz intervale. Kod SPO 7 pad je bio kontinuiran i postupan, ali zbog veće brzine u prvom intervalu dogodio se i značajan pad između drugog i trećeg intervala, što nije bio slučaj pri SPO 6. Razlike pri SPO 8 identične su kao kod SPO 6, ali je dinamika opadanja bila drugačija. Naime, kod SPO 8 intenzitet rada prvog intervala bio je najveći što rezultiralo značajno većim opadanjem u brzini između prvog i drugog intervala. Zbog velikog pada između prvog i drugog intervala, razlika između drugog i trećeg intervala nije bila toliko velika da bi rezultirala statističkom značajnošću.

Vršna frekvencija srca bila je iznad 90%  $FS_{max}$  u sva tri odrađena treninga. Visok intenzitet treninga doveo je vrijednosti vršne frekvencije kisika do skoro maksimalnih vrijednosti u sva tri treninga. Cilj VIIT-a je ostvariti vršne vrijednosti frekvencije srca koje su oko 95%, ali ne dolaze do maksimalnih vrijednosti koje bi uzrokovale preveliki zamor, što može dovesti do otkaza. U treninzima pri SPO 7 i SPO 8 vrijednosti vršne frekvencije srca bile su preko 97%  $FS_{max}$  što je

dovelo do velikog zamora, a posljedično i do velikog pada u intenzitetu rada. Promatranjem srčanog odgovora, trening pri SPO 6 pruža primjereniji podražaj za provođenje VIIT-a u odnosu na više kategorije SPO. U istraživanju Edwards i suradnika (2011) ispitanici su u svim sesijama provedenim na SPO 17 postigli prosječan intenzitet trčanja od 91%  $FS_{max}$ , dok u istraživanju Aamot i suradnika (2014) ispitanici nisu uspjeli dosegnuti zadanu vrijednost od 85%  $FS_{max}$ . Subjektivna procjena intenziteta nije samo pod utjecajem intenziteta intervala, već i njegovog trajanja (Aamot i sur., 2014), ali i intenziteta te vremena oporavka (Buchheit & Laursen, 2013a). Za ponovno uspostavljanje visokih intenziteta potreban je adekvatan oporavak između intervala kako bi se ponovno mogle postići zadane vrijednosti intenziteta i omogućila optimalna aktivacija srčanodišnog sustava.

Frekvencija srca ne ovisi u potpunosti o brzini trčanja, već su promjene u frekvenciji srca uvjetovane i hormonalnim odgovorom, odnosno odgovorom autonomnog živčanog sustava. Zakašnjeli hormonalni odgovor, odnosno akumulacija adrenalina i noradrenalina u krvi, dovodi do različitog odgovora frekvencije srca s obzirom na intenzitet rada. Dakle, zbog zakašnjelog hormonalnog odgovora, frekvencija srca u kasnijim intervalima brže odgovara na intenzitet rada u odnosu na prethodni, neovisno o brzini trčanja.

U ovom radu prosječna frekvencija srca pri SPO 7 jedina je bila iznad 90%  $FS_{max}$ . Intenzitet rada pri SPO 7 bio visok, ali je i postupno opadao za razliku od treninga pri SPO 8. Budući da odgovor frekvencije srca kasni, hormonalni odgovor prethodnog intervala bio je reguliran u idućem, što je rezultiralo većom frekvencijom srca u svakom idućem intervalu, neovisno o manjoj postignutoj brzini. Takva reakcija nije bila postignuta pri SPO 8 jer je pad u intenzitetu bio veći nego pri treningu na SPO 7. Pri SPO 8 intenzitet rada bio je najveći, međutim, zbog naglog pada u brzini trčanja, frekvencija srca nije stigla odreagirati na postignuti intenzitet, što je rezultiralo nižim vrijednostima FS pri SPO 8 od onih pri SPO 7. Nagli pad između prva dva intervala doveo je do manjeg pada između drugog i trećeg intervala, što je zbog navedene sporije dinamike kretanja frekvencije srca, rezultiralo najvećim vrijednostima u trećem intervalu.

Vršni primitak kisika bio je iznad svojih maksimalnih vrijednosti tijekom sva 3 treninga što pokazuje potencijal svakog treninga da izazove dovoljno visoki akutni srčanodišni odgovor potreban za unaprjeđenje  $VO_{2max}$ . Primitak kisika prati promjene u intenzitetu, tj. brzini trčanja,

što možemo vidjeti u intervalima rada sva tri treninga pri kojima opadanje u brzini prati opadanje primitka kisika.

Kao što možemo vidjeti u prikazanim rezultatima vršne vrijednosti primitka kisika išle su preko 100%  $VO_{2max}$  te su bile više od vršnih vrijednosti frekvencije srca. Sličnu pojavu u vršnim vrijednostima frekvencije srca i primitka kisika možemo vidjeti i u istraživanju Dun i suradnika (2011) prema kojem su u zadnjoj trenažnoj sesiji vršne vrijednosti % $FS_{max}$  (90%) bile niže od vršnih vrijednosti % $VO_{2max}$  (97%). Prikazani rezultati ukazuju na smanjenu povezanost primitka kisika i frekvencije srca te posljedično dovode do zaključka da frekvencija srca ne može biti korištena za precizno procjenjivanje primitka kisika kod VIIT-a. Razlika u vrijednostima frekvencije srca i primitka kisika uzrokovana je činjenicom da je kretanje  $VO_2$  brže od odgovora frekvencije srca na promjene u intenzitetu vježbanja (Midgley, McNaughton & Carroll, 2007).

Neusklađenost odgovora primitka kisika i frekvencije srca možemo primijetiti i kroz vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}/FS_{max}$ . Vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}/FS_{max}$  do sad nije proučavano kao kriterij valjanosti za treninge programirane putem SPO. Budući da je vrijeme  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  glavni faktor za poboljšanje  $VO_{2max}$  (Buchheit & Laursen, 2013a), cilj ovog istraživanja bio je promatrati odrađene treninge kroz varijable vremena provedenog  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  i vremena provedenog  $\geq 90\%$   $FS_{max}$ . Vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $FS_{max}$  bilo je duže od vremena provedenog  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  u svakom treningu. Takve vrijednosti dobivene su zbog sporije dinamike kretanja frekvencije srca, odnosno kašnjenja njenog odgovora na promjene u intenzitetu, što dovodi do toga da frekvencija srca u intervalima oporavka sporije izlazi iz zone iznad 90%  $FS_{max}$ , stoga je i vrijeme provedeno iznad 90%  $FS_{max}$  veće. Zbog bržeg odgovora na promjene u intenzitetu, primitak kisika brže ispada iz zone  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$ . Kako se primitak kisika porastom intenziteta u intervalima rada brže povećava, isto tako se i tijekom intervala oporavka brže smanjuje. Sukladno tome, i razlika u vršnim i prosječnim vrijednostima cijelog treninga veća je od one kod frekvencije srca. Posljedično, gledajući cjelokupni trening, prosječne vrijednosti primitka kisika manje su od prosječnih vrijednosti frekvencije srca, što je još jedan od razloga zašto frekvencija srca nije dobar pokazatelj za procjenjivanje vrijednosti primitka kisika tijekom VIIT-a.

Vrijeme provedeno  $\geq 90\%$   $VO_{2max}$  pri SPO 6 iznosilo je 396,47 sekundi što je statistički značajno manje od 469,71 sekundi pri SPO 7 i 484,12 sekundi pri SPO 8. Za optimalni podražaj

srčanodišnog sustava potrebno je provesti nekoliko minuta tijekom VIIT-a u „crvenoj zoni“ odnosno postići intenzitet iznad  $90\%VO_{2max}$  (Buchheit & Laursen, 2013a), što je ostvareno u svim provedenim treninzima. Unatoč tome što je vrijeme  $\geq 90\% VO_{2max}$  pri SPO 6 značajno manje, odgovara zahtjevima za unaprjeđenje  $VO_{2max}$ , a metabolički stres značajno je manji od onoga pri SPO 7 i SPO 8, što je cilj visoko-intenzivnih intervalnih treninga.

Tijekom provođenja VIIT-a srčanodišni sustav maksimalno je aktiviran ( $VO_2$  i  $FS \geq 90\% VO_{2max}$  i  $FS_{max}$ ), a metabolički sustav umjereno, pri čemu su ostvarene vrijednosti koncentracije laktata u krvi u prosjeku  $< 10$  mmol/l (Bok, 2019). Metabolički zahtjevi pri SPO 7 i SPO 8 izazvali su veće vrijednosti od uobičajenih za VIIT. Koncentracija laktata u krvi nakon treninga odrađenog pri SPO 6 iznosila je 9,02 mmol/l te je bila značajno manja u usporedbi s laktatima izmjerenim nakon treninga pri SPO 7 (12,26 mmol/l) i SPO 8 (12,61 mmol/l).

Vršna minutna ventilacija bila je značajno manja pri SPO 6 od treninga pri SPO 7 i SPO 8, dok je prosječna minutna ventilacija jedina varijabla koja je pokazala statistički značajnu razliku između treninga pri SPO 7 i SPO 8. To nam govori da su ispitanici uspješno uspjeli razlikovati opterećenja kroz sve tri kategorije SPO. Iako razlike u treninzima pri SPO 7 i SPO 8 postoje, oba treninga odrađena su pri intenzitetu blizu maksimalnog, što onemogućuje značajno različit odgovor u varijablama frekvencije srca, primitka kisika, brzine i koncentracije laktata u krvi. Sukladno rezultatima, možemo zaključiti da je minutna ventilacija u najbližoj povezanosti sa SPO u usporedbi s ostalim varijablama. Povećanje minutne ventilacije, sukladno povećanjem intenziteta prema kategorijama SPO dokazali su i Hill, Puddiford, Talbot i Price (2020) u svom istraživanju tijekom kontinuiranog treninga. Cochrane-Snyman, Housh, Smith, Hill i Jenkins (2019) u svom radu dokazuju da se trening na SPO pri anaerobnom pragu i na SPO 15% iznad anaerobnog praga uspješno razlikuju putem frekvencije disanja. Shodno tome, pretpostavlja se da je percipirani napor usko povezan s percepcijom ventilacije.

VIIT proveden na SPO 8 nije pokazao statistički značajno veće vrijednosti u primitku kisika od treninga pri SPO 7, ali je prouzročio veći metabolički i lokomotorni stres što nam ukazuje da je provođenje VIIT-a propisanog putem SPO 8 neefikasno. Srčanodišni odgovor maksimiziran je tijekom VIIT-a provedenog na SPO 7. Međutim, veći metabolički i lokomotorni stres izazvani tijekom VIIT-a na SPO 7 ukazuju da propisivanje VIIT-a na intenzitetu pri SPO 6 pruža optimalan sveukupni fiziološki odgovor.

S obzirom na to da između VIIT-a propisanog na SPO 7 i SPO 8 nisu pronađene značajne razlike te se SPO 6 pokazao optimalnim oblikom treninga, preporuča se u budućim istraživanjima dodatno istražiti VIIT propisan na SPO 5 te dodatno testirati VIIT propisan na SPO 6 i SPO 7.

## 5. ZAKLJUČAK

Kategorije SPO istraživane u ovom radu pokazale su različite fiziološke odgovore kod provođenja VIIT-a, što dokazuje učinkovitost korištenja metode SPO za propisivanje VIIT-a. Minutna ventilacija pokazala se kao najbliže povezana varijabla sa subjektivno percipiranim naporom određenim kroz kategorije SPO prema Borgovoj kategorijsko-omjernoj skali opterećenja raspona 0-10.

U svim treninzima ostvarene su vrijednosti frekvencije srca i primitka kisika iznad 90% maksimalnih vrijednosti te je u svakom treningu provedeno do nekoliko minuta  $>90\%$   $VO_{2max}$ , što odgovara zahtjevima za unaprjeđenje  $VO_{2max}$ . Prilagodbe u intenzitetu tijekom intervala rada ostvarene su regulacijom brzine trčanja. Niže brzine trčanja na SPO 6 omogućile su manje prilagodbe u brzini uz održavanje visokih vrijednosti primitka kisika ( $>90\%$   $VO_{2max}$ ), ali i niži metabolički stres u usporedbi s VIIT-om pri SPO 7 i SPO 8.

Iako je odgovor srčanodišnog sustava maksimiziran pri SPO 7, zbog velikih metaboličkih i lokomotornih zahtjeva, ne preporuča se kao optimalna kategorija za provođenje VIIT-a. Gledajući sveukupni fiziološki odgovor kategorija SPO 6 preporuča se kao optimalna za provođenje VIIT-a.

## 6. LITERATURA

- Aamot, I.-L., Forbord, S.H., Karlsen, T. & Støylen, A. (2014). Does rating of perceived exertion result in target exercise intensity during interval training in cardiac rehabilitation? A study of the Borg scale versus a heart rate monitor. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 541-545.
- Arney, B.E., Glover, R., Fusco, A., Cortis, C., de Koning, J.J., van Erp, T., Jaime, S., Mikat, R.P., Porcari, J. & Foster, C. (2019). Comparison of rating of perceived exertion scales during incremental and interval exercise. *Kinesiology*, 51(2), 150-157.
- Baldwin, J., Snow, R.J. & Febbraio, M.A. (2000). Effect of training status and relative exercise intensity on physiological responses in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1648-1654.
- Batacan Jr, R.B., Duncan, M.J., Dalbo, V.J., Tucker, P.S. & Fenning, A.S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*. 51(6), 494-503.
- Bok, D. (2019). Visoko-intenzivni intervalni trening: Čaroban trening za zdraviji život. *Medicus*, 28(2), 155-165.
- Bok, D. (2021). Dinamika akutnog fiziološkog odgovora na različita opterećenja. U L. Milanović, V. Wertheimer, I. Jukić, I. Krakan (ur.), Zbornik radova 19. međunarodne konferencija „Kondicijska priprema sportaša“ (str. 35-46). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Bok, D., Gulin, J., Škegro, D., Šalaj, S. & Foster, C. (2023). Comparison of anaerobic speed reserve and maximal aerobic speed methods to prescribe short format high-intensity interval training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 33(9), 1638-1647.
- Bok, D., Rakovac, M. & Foster, C. (2022). An examination and critique of subjective methods to determine exercise intensity: the talk test, feeling scale and rating of perceived exertion. *Sports Medicine*, 52(9), 2085-2109



- Buchheit, M. & Laursen, P.B. (2013a). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part 1: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Buchheit, M. & Laursen, P.B. (2013b). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part 2: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927-954.
- Chen, M.J., Fan, X. & Moe, S.T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873-899.
- Ciolac, E.G., Mantuani, S.S., Neiva, C.M., Verardi, C.E.L., Pessôa-Filho, D.M. & Pimenta, L. (2015). Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: a pilot study. *Biology of Sport*, 32(2), 103-108.
- Cochrane-Snyman, K.C., Housh, T.J., Smith, C.M., Hill, E.C. & Jenkins, N.D.M. (2019). Treadmill running using an RPE-clamp model: mediators of perception and implications for exercise prescription. *European Journal of Applied Physiology* 119, 2083-2094.
- Dun, Y., Hammer, S.M., Smith, J.R., MacGillivray, M.C., Simmons, B.S., Squires, R.W., Liu, S. & Olson, T.P. (2022). Cardiorespiratory responses during high-intensity interval training prescribed by rating of perceived exertion in patients after myocardial infarction enrolled in early outpatient cardiac rehabilitation. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 772815.
- Edwards, A.M., Bentley, M.B., Mann, M.E. & Seaholme, T.S. (2011). Self-pacing in interval training: a teleoanticipatory approach. *Psychophysiology*, 48(1), 136-141.
- Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175-182.
- Foster, C., Casado, A., Bok, D., Hofmann, P., Bakken, M., Tjelta, A. & Manso, J.G. (2024). History and perspectives on interval training in sport, health and disease. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, in press.
- Foster, C., Barroso, R., Bok, D., Boullosa, D., Casado, A., Cortis, C., de Koning, J.J., Fusco, A. & Haugen, T. (2022). Simple approach to defining training intensity in endurance runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 1312-1315.

- Hill, M., Puddiford, M., Talbot, C. i Price, M. (2020) The validity and reproducibility of perceptually regulated exercise responses during combined arm + leg cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 120, 2203-2212.
- Howley, E. T., Bassett, D. R. i Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(9), 1292-1301.
- Kilpatrick, M.W., Martinez, N., Little, J.P., Jung, M.E., Jones, A.M., Price, N.W. & Lende, D.H. (2015). Impact of high-intensity interval duration on perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(5), 1038-1045.
- MacInnis, M.J. & Gibala, M.J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930.
- Mann, T., Lamberts, R.P. i Lambert, M.I. (2013). Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 43, 613–625.
- Marçal, I.R., Falqueiro, P.G., Fernandes, B., Ngomane, A.Y., Amaral, V.T., Guimarães, G.V. & Ciolac, E.G. (2021a). Prescribing high-intensity interval exercise by rating of perceived exertion in young individuals. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(6), 797-802.
- Marçal, I.R., Fernandes, B., do Amaral, V.T., Pelaquim, R.L. & Ciolac, E.G. (2021b). Prescribing and self-regulating heated water-based exercise by rating of perceived exertion in older individuals with hypertension. *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(5), 747-752.
- Midgley, A.W. & McNaughton, L.R. (2006). Time at or near  $VO_{2max}$  during continuous and intermittent running. A review with special reference to considerations for the optimisation of training protocols to elicit the longest time at or near  $VO_{2max}$ . *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 1-14.
- Midgley, A.W., McNaughton, L.R., & Carroll, S. (2007). Reproducibility of time at or near  $VO_{2max}$  during intermittent treadmill running. *Journal of Sports Medicine*, 28(1), 40-47.
- Midgley, A.W., McNaughton, L.R. & Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research

- findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*, 36(2), 117-132.
- Molmen-Hansen, H.E., Stolen, T., Tjonna, A.E., Aamot, I.L., Schjerve Ekeberg, I., Tyldum, G.A., Wisloff, U., Bjork Ingul, C., Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(2), 151–160.
- Noble, B.J., Borg, G.A.V., Jacobs, I., Ceci, R. & Kaiser, P. (1983). A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 523-528.
- Pageaux, B. (2016). Perception of effort in exercise science: definition, measurement and perspectives. *European Journal of Sport Science* 16(8), 885-894.
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J.W., Pressler, A., Wagenpfeil, S. & Halle M. (2013) Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 147-55
- Seiler, S. & Hetlelid, K.J. (2005). The impact of rest duration on work intensity and RPE during interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(9), 1601-1607.
- Seiler, S. & Sjursen, J.E. (2004). Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), 318-325.
- Seiler, S. & Sylta, Ø. (2017). How does interval-training prescription affect physiological and perceptual responses. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl. 2), S2-80-S2-86.
- Viana, A.A., Fernandes, B., Alvarez, C., Guimarães, G.V. & Ciolac, E.G. (2019). Prescribing high-intensity interval exercise by RPE in individuals with type 2 diabetes: metabolic and hemodynamic responses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 44(4), 348-356.
- Way K., Sultana, R.N., Sabag, A., Baker, M.K., Johnson, N.A. (2019) The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24h

blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 385-391.

Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J.P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P.M., Tjønnå, A.E., Helgerud, J., Slørdahl, S.A., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, S.M., Ellingsen, Ø. & Skjærpe T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: A randomized study. *Circulation*, 115(4), 3086–3094.