

Utjecaj specifičnog treninga disanja na parametre natjecateljske uspješnosti biciklista nacionalnog ranga

Štimec, Branimir

Doctoral thesis / Disertacija

2015

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:117:347333>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

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



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Branimir Štimec

**Utjecaj specifičnog treninga disanja na
parametre natjecateljske uspješnosti biciklista
nacionalnog ranga**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF KINESIOLOGY

Branimir Štimec

**The influence of a specific respiratory training
on parameters of competitive success in
nationally ranked cyclists**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Branimir Štimec

**Utjecaj specifičnog treninga disanja na
parametre natjecateljske uspješnosti biciklista
nacionalnog ranga**

DOKTORSKI RAD

Mentor: dr. sc. Davor Šentija

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Branimir Štimec

**The influence of a specific respiratory training
on parameters of competitive success in
nationally ranked cyclists**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: dr. sc. Davor Šentija

Zagreb, 2015.

Informacije o mentoru

Davor Šentija istaknuti je stručnjak i znanstvenik iz područja sportske medicine. Utemeljuje i vodi Laboratorij za funkcionalnu dijagnostiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, u kojem razvija nove dijagnostičke sustave i postupke. S preko 20 godina iskustva, vodeći je stručnjak u funkcionalnoj dijagnostici srčanožilne i dišne sastavnice fitnesa i energetske kapaciteta, i međunarodno priznati znanstvenik u tom području. Voditelj je i suradnik više znanstvenih projekata, s više od 50 publiciranih znanstvenih radova, nastavnih i stručnih tekstova. Nositelj je kolegija na dodiplomskom i poslijediplomskom doktorskom studiju, predavač studija na engleskom jeziku Medicinskog fakulteta u Zagrebu na predmetu *Measurement and analysis of human locomotion*, kao i brojnih drugih stručnih studija.

Zahvale

Prije svega zahvaljujem mentorima prof. dr. Davoru Šentiji i dr. sc. Vlatku Vučetiću na savjetima, nesebičnoj pomoći i podršci koju su mi pružili tijekom istraživanja i pisanja rada te u njegovoj konačnoj realizaciji.

Zahvaljujem svim ispitanicima koji su sudjelovali u istraživanju, a naročito prijateljima – hrvatskim biciklističkim olimpijcima Radoslavu Rogini i Kristijanu Đuraseku kao ispitanicima u pilot-projektu, te izborniku hrvatske olimpijske vrste Eugenu Plešku koji je dao svoj veliki doprinos tijekom mjerenja. Također zahvaljujem slovenskom biciklističkom treneru Andreju Petroviču koji mi je u svakom trenutku bio na raspolaganju praktičnim savjetima prilikom izrade biciklističkog trenažnog plana i programa.

Hvala prof. Josipu Rajneru, razredniku i kolegi, koji mi je u svim fazama rada bio profesionalna i prijateljska podrška.

Zahvaljujem roditeljima – majci Ružici i ocu Vladimiru, mojoj dragoj Jasmini te susjedi Ružici koji su cijelo vrijeme nesebično bili uz mene.

Velika hvala svim djelatnicima Dijagnostičkog Centra na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu koji su pomogli u realizaciji samog mjerenja.

Sažetak

Uvod: Neka istraživanja ukazuju na mogućnost da se specifičnim treningom disanja mogu unaprijediti sposobnosti biciklista, međutim, drugi radovi nisu potvrdili vrijednost treninga disanja te o tome ne postoji jedinstveni stav.

Cilj: Cilj istraživanja je ispitati utjecaj 8-tjednog specifičnog treninga dišne muskulature, provedenog istovremeno sa standardnim biciklističkim treningom, na dinamičke plućne kapacitete, ekonomičnost vožnje bicikla te parametre za procjenu aerobnog kapaciteta i natjecateljske uspješnosti.

Metode: Uzorak ispitanika čini 30 biciklista nacionalnog ranga razvrstanih slučajnim odabirom u eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Obje grupe provele su klasični biciklistički trening u trajanju od osam tjedana, a eksperimentalna grupa provodila je dodatno i specifičan trening dišne muskulature: 1) trening voljne kontrole disanja, 2) trening jačanja dišne muskulature. Prije i nakon eksperimentalnog postupka svi su ispitanici proveli mjerenje dinamičkih plućnih kapaciteta i tri testa – dva laboratorijska testa na biciklergometru: 1) test s konstantnim opterećenjem od 150 W u trajanju od 10 min za procjenu ekonomičnosti vožnje bicikla (C_{150}); 2) progresivni test opterećenja za procjenu aerobnog kapaciteta ($GXT_{VO_{2max}}$); te jedan terenski test: 3) maksimalni test vožnje bicikla na biciklističkoj pisti dužine 4 km za procjenu natjecateljske uspješnosti (t_{4km}). Statistička značajnost razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja u eksperimentalne i kontrolne skupine testirana je t-testom za zavisne uzorke, a razlika između grupa ANOVA za ponovljena mjerenja ($p < 0,05$).

Rezultati: U odnosu na inicijalno mjerenje (I), nakon provedenog trenažnog programa i treninga dišne muskulature u eksperimentalnoj skupini u finalnom mjerenju (F) ispitanika utvrđeno je: 1) značajno kraće vrijeme vožnje u terenskom testu ($t_{4km_I} = 393,4 \pm 19,1$: $t_{4km_F} = 386,1 \pm 12,9$ (s) $p < 0,05$); 2) značajno viša maksimalna voljna ventilacija ($MMV_I = 184,1 \pm 31$: $MMV_F = 199,8 \pm 33,3$ (l) $p < 0,05$); 3) bolja ekonomičnost vožnje bicikla pri opterećenju od 150 W ($C_{150_I} = 0,198 \pm 0,044$: $C_{150_F} = 0,182 \pm 0,038$ (ml/kg/min/W) $p < 0,05$); 4) značajno više vrijednosti parametara za procjenu aerobnog kapaciteta pri anaerobnom pragu ($ANP_I = 304,7 \pm 43,1$: $ANP_F = 326,0 \pm 32,5$ (W) $p < 0,05$) i pri maksimalnom intenzitetu ($W_{max_I} = 353,3 \pm 44$: $W_{max_F} = 378,6 \pm 31,5$ (W) ($p < 0,05$). Kod kontrolne skupine ispitanika nisu utvrđene statistički značajne razlike za sve navedene parametre.

Zaključak:

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da specifičan trening disanja usmjeren na poboljšanje tehnike disanja i jačanje dišne muskulature (kroz 8 tjedana uz klasični biciklistički trening) dovodi do poboljšanja vremena na biciklističkoj pisti na 4 km, do povećanja maksimalnog voljnog volumena, povećanja ekonomičnosti vožnje bicikla pri 150 W te povećanja vrijednosti anaerobnog praga i maksimalnog intenziteta.

Ključne riječi: ekonomičnost vožnje bicikla, progresivan test opterećenja, anaerobni prag, maksimalne vrijednosti, biciklistički trening, specifičan trening dišne muskulature.

Summary

Introduction: Some researches point to possibility of improving a cyclist's abilities with a specific breathing training, but other works have not confirmed value of a breathing training and there is no common attitude towards that.

Aim: The aim of the research is to test influence of the specific respiratory muscles training over the period of 8 weeks, conducted at the same time with standard cycling training, on dynamic lung capacities, cycling economy and parameters for evaluation of aerobic capacity and competitive success.

Methods: The sample of respondents consists of 30 cyclists of the national rank sorted randomly into experimental and control group. Both groups have conducted a standard cycling training over the period of eight weeks and the experimental group has additionally conducted a specific respiratory muscles training: 1) training for voluntary control of breathing, 2) training for strengthening the respiratory muscles. Before and after the experimental procedure all respondents have conducted a measurement of dynamical lung capacity and three tests, two laboratory tests on bicycle ergometer: 1) a test with a constant burden of 150 W during the period of 10 minutes in order to estimate cycling economy (C_{150}), 2) a progressive test of the burden in order to estimate the aerobic capacity (GXT VO_{2max}) and one field test: 3) a maximal test of a bicycle ride on a 4 km long cycling track in order to estimate competitive success (t_{4km}). Statistically significant difference between the initial and final measurement in the experimental and control group have been tested with the t-test for dependent samples and the difference between groups ANOVA for repeated measures ($p < 0,05$).

Results: In comparison to the initial measurement (I), after the conducted training programme and the respiratory muscles training the following has been determined among the respondents from the experimental group in the final measurement (F): 1) significantly shorter cycling time in the field test ($t_{4km_I} = 393,4 \pm 19,1$: $t_{4km_F} = 386,1 \pm 12,9$ (s) $p < 0,05$); 2) significantly higher willing ventilation ($MMV_I = 184,1 \pm 31$: $MMV_F = 199,8 \pm 33,3$ (l) $p < 0,05$); 3) better cycling economy with the burden of 150 W ($C_{150_I} = 0,198 \pm 0,044$: $C_{150_F} = 0,182 \pm 0,038$ (ml/kg/min/W) $p < 0,05$); 4) significantly higher values of the parameters for evaluation of aerobic capacity at the anaerobic threshold ($ANP_I = 304,7 \pm 43,1$: $ANP_F = 326,0 \pm 32,5$ (W) $p < 0,05$) and maximum intensity ($W_{max_I} = 353,3 \pm 44$: $W_{max_F} = 378,6 \pm 31,5$ (W) ($p < 0,05$). At the control group of the respondents no statistically significant differences for the mentioned parameters have been determined.

Conclusion: The results of this research point to the fact that a specific breathing training directed to improvement of breathing technique and strengthening of respiratory muscles (over the period of 8 weeks together with a standard cycling training) time improvement on the 4 km long cycling track, leads to increase of maximum willing volume, increase in cycling economy at 150 W, increase in the value anaerobic threshold and and maximum intensity.

Key words: cycling economy, progressive burden test, anaerobic threshold, maximum values, cycling training, specific respiratory muscles training.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1. Parametri natjecateljske uspješnosti u biciklizmu | 2 |
| 1.2. Mehanika disanja | 4 |
| 1.3. Različite tehnike treninga dišne muskulature | 9 |
| 2. Problem istraživanja | 12 |
| 3. Dosadašnja istraživanja | 13 |
| 4. Cilj istraživanja | 23 |
| 5. Hipoteza | 23 |
| 6. Metode istraživanja | 24 |
| 6.1. Uzorak ispitanika | 24 |
| 6.2. Uzorak varijabli | 24 |
| 6.2.1. Mjera za procjenu natjecateljske uspješnosti | 24 |
| 6.2.2. Morfološke i mjere dinamičkih plućnih kapaciteta | 25 |
| 6.2.3. Mjere za procjenu funkcionalnih sposobnosti | 26 |
| 6.2.4. Mjera subjektivne procjene opterećenja | 27 |
| 6.3. Testovi opterećenja na biciklu | 28 |
| 6.3.1. Kontinuirani test – test ekonomičnosti | 28 |
| 6.3.2. Progresivni test opterećenja – test aerobnog kapaciteta | 28 |
| 6.3.3. Terenski test – 4 km individualni kronometar | 30 |
| 6.4. Trenažni proces | 31 |
| 6.4.1. Plan biciklističkog treninga | 31 |
| 6.4.2. Plan treninga disanja | 33 |
| 6.5. Mjerna oprema | 36 |
| 6.6. Metode obrade i analize podataka | 39 |
| 7. Rezultati | 40 |
| 7.1. Rezultati na biciklističkoj pisti u utrci na 4 km | 40 |
| 7.2. Morfološke značajke i dinamički plućni kapaciteti | 41 |
| 7.3. Test ekonomičnosti vožnje bicikla | 42 |
| 7.4. Progresivni test opterećenja | 43 |
| 8. Rasprava | 51 |
| 8.1. Postignuto vrijeme na biciklističkoj pisti u utrci na 4 km | 51 |
| 8.2. Morfološke karakteristike i dinamički plućni kapaciteti | 51 |
| 8.3. Ekonomičnost vožnje bicikla pri intenzitetu od 150 watta | 54 |
| 8.4. Progresivni test opterećenja | 55 |
| 9. Zaključak | 60 |

| | |
|---|----|
| 10. Popis literature..... | 61 |
| 11. Prilog – individualna reakcija ispitanika na trenažni podražaj..... | 67 |
| 11.1. 4 km individualni kronometar | 67 |
| 11.2. Ekonomičnost vožnje bicikla | 68 |
| 11.3. Anaerobni prag | 69 |
| 11.4. Maksimalna ispoljena snaga | 70 |
| 11.5. Maksimalni primitak kiska | 71 |
| 12. Životopis autora s popisom objavljenih djela | 72 |

1. Uvod

Bicikl kao prijevozno sredstvo pojavljuje se 1817. godine, a kao prvi vozač bicikla spominje se njemački barun Karl von Drais na biciklu na guranje nazvan *draisine* koji se još čuva u muzeju u Nizozemskoj. Razvoj suvremenog biciklizma i prve biciklističke utrke vezane su za grad Pariz. Najpoznatija svjetska biciklistička utrka *Tour de France* počela se održavati 1903., a prve biciklističke utrke općenito davne 1868. godine. U istoimenom gradu 1900. godine osnovana je međunarodna biciklistička federacija (UCI) koja danas ima sjedište u Švicarskoj. Od početaka do današnjih dana biciklizam se proširio po cijelom svijetu te ga možemo smatrati planetarnim sportom. U 2012. godini Englez Bradley Wiggins ukupni je pobjednik *Tour de Francea*, ali i olimpijskog individualnog kronometra. Bradley Wiggins također je olimpijski pobjednik (2004. i 2008. godine) u individualnom kronometru na biciklističkoj pisti na 4 km. Iz navedenog zaključujemo da je individualni kronometar od 4 km na biciklističkoj pisti prikladan test za procjenu natjecateljske uspješnosti biciklista. U biciklističkoj literaturi možemo naići na dobro razrađen sustav biciklističkog treninga, ali i na neke naznake da bi se specifičnim treningom tehnike disanja i jačanjem dišne muskulature također mogla unaprijediti i biciklistička uspješnost.

Sustav biciklističkog treninga kontinuirano se razvija, a rezultati vrhunskih sportaša postaju sve homogeniji. Na to u protekle tri godine (www.uci.ch) ukazuju tablice sa svjetskih biciklističkih prvenstava za profesionalne bicikliste u disciplinama: kronometar, biciklistička pista (utrke na vrijeme) i brdski biciklizam (MTB). Razlika između prvog i drugog mjesta kod muškaraca na kronometar iznosi 2,5 %, a između prvog i petog na 4 km na biciklističkoj pisti manja je od 0,5 % ukupnog vremena utrke. Kod brdskog biciklizma razlika između prvog i desetog na svjetskom prvenstvu manja je od 3 %, a razlika između prvog i pedesetog vozača na *Tour de Franceu* (utrka traje 21 dan, cca 40 sati) iznosi oko 1% ukupnog vremena utrke. Ovi podaci pokazuju da svaki mali napredak u trenažnom procesu može značajno utjecati na sportski rezultat, odnosno natjecateljsku uspješnost. Rekreativni biciklizam postaje sve popularniji u vidu ozbiljnog biciklističkog rekreativnog treninga, a rekreativne utrke imaju značajan broj natjecatelja. Ukupni volumen kod klasičnog biciklističkog treninga profesionalnih biciklista godišnje iznosi između 800 i 1200 sati, a kod rekreativnih biciklista od 350 do 500 sati (Friel 1998, 2003). Klasični biciklistički trening ima za cilj povećati natjecateljsku uspješnost i parametre u progresivnom testu opterećenja kojima se procjenjuje – maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) i maksimalna ispoljena snaga (W_{max}).

Kod profesionalnih biciklista te vrijednosti iznose za VO_{2max} iznad 75 ml/kg/min i za W_{max} iznad 500 W (Lucia i sur., 2001), a kod rekreativaca VO_{2max} i W_{max} iznose 42,6 ml/kg/min i 292 W (Hopker i sur., 2007). Drugi važan parametar je anaerobni prag (maksimalni intenzitet rada pri kojem

su produkcija i razgradnja mliječne kiseline u ravnoteži), odnosno njegov postotak (%) od VO_{2max} i W_{max} . U novije vrijeme u procesu treninga naglasak se stavlja i na parametar ekonomičnosti (Sunde i sur., 2010) koja predstavlja potrošnju energije (VO_2) pri određenoj brzini kretanja (npr. vožnji bicikla).

Neka istraživanja ukazuju na mogućnost unapređenja sposobnosti biciklista specifičnim treningom disanja (Romer i sur., 2002; Johnson i sur., 2007; Holm i sur., 2004), ali i drugih sportaša (William i sur., 2002; HajGhanbari i sur., 2013; Markov i sur., 2001; Vickery, 2007 te Boutellier i sur., 1992). Međutim, drugi radovi nisu potvrdili vrijednost treninga disanja pa o tome ne postoji jedinstveni stav (Fairbairn i sur., 1991; Inbar i sur., 2000; Krishnan i sur., 1996; Bell i sur., 2013 te Nava i sur., 1992). U literaturi se također spominje i više metoda treninga disanja pomoću različitih dišnih uređaja: trening voljne *isocapnic hyperpnea* (VIH) pomoću uređaja (Spirotiger, Švicarska) (Holm i sur., 2004; Boutellier i sur., 1992; Markov i sur., 2001; Farbairn i sur., 1991; Spengler i sur., 1999 te Stuessi i sur., 2001), trening udisanja zraka kroz opterećenje (IFRL) pomoću uređaja (Pflex, USA) (Hanel i sur., 1991; Leith i sur., 1976 te Smith i sur., 1992), trening pomoću uređaja za jačanje dišnih mišića (PowerLung, USA) (William i sur., 2002) i (POWERbreathe, USA) (Johnson i sur., 2007 te Romer i sur., 2002), trening za optimiziranje respiracije (Vickery, 2007).

U ovom radu proučavat ćemo utjecaj specifičnog treninga disanja za optimalizaciju respiracije i jačanja dišne muskulature pomoću PowerLung uređaja na biciklističku uspješnost u individualnom kronometru na 4 km kod hrvatskih biciklista nacionalnog ranga.

1.1. Parametri natjecateljske uspješnosti u biciklizmu

Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) je parametar koji je u literaturi svakako najistraženiji i možemo reći jedan od važnih parametara za biciklizam. Definiira se kao ona razina primitka kisika u minuti pri kojoj daljnje povećanje radnog opterećenja ne dovodi do daljnjeg povećanja primitka kisika. VO_{2max} se definiira i kao maksimalna količina kisika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti pri intenzivnoj tjelesnoj aktivnosti. Maksimalni primitak kisika izražava se u apsolutnim (litre kisika u minuti – l O_2 /min) ili relativnim vrijednostima (mililitri kisika u minuti po kilogramu tjelesne težine – ml O_2 /kg/min). Maksimalni primitak kisika ovisi o sposobnosti srčanožilnog i dišnog sustava u dopremanju atmosferskog kisika do mišićnih stanica i o sposobnosti radne muskulature u iskorištavanju kisika u procesu oksidativne razgradnje hranjivih tvari. Vrijednost maksimalnog primitka kisika moguće je izračunati prema formuli:

$$VO_{2max} = MVD_{max} \times \Delta O_2 (I - E)$$

pri čemu je MVD minutni volumen disanja (korigiran STPD faktorom), a ΔO_2 (I – E) inspiracijsko-ekspiracijska razlika u koncentraciji kisika. Uz VO_{2max} drugi dobar pokazatelj aerobnog kapaciteta jest **anaerobni prag** (ANP).

Znanstvenici su odavno zamijetili postojanje „kritičnog intenziteta“ opterećenja organizma kao najviši intenzitet vježbanja koji pojedinac može dugotrajno provoditi bez pada intenziteta. To je točka ili prijelaz iznad kojeg dolazi do značajnog uključenja anaerobnog metabolizma, u široj javnosti poznato kao anaerobni prag. Bitna značajka aktivnosti koja se provodi ispod navedene kritične točke (praga) je mogućnost dugotrajne aktivnosti bez pojave umora. Iznad kritičnog intenziteta aktivnosti, u pretežno anaerobnim uvjetima, dolazi do relativno brzog trošenja ograničenih energetske depoa i nakupljanja metabolita koji sprječavaju daljnji nastavak aktivnosti pri tom intenzitetu (Wasserman i sur., 1987). Pri određivanju anaerobnog praga koristi se tzv. *V-slope* metoda (Slika 6.1.) na temelju praćenja promjena odnosa primitka kisika (VO_2) i izdahnutog ugljičnog dioksida (VCO_2) te ventilacijskog ekvivalenta (VE/VO_2) u izdahnutom zraku (Wasserman i sur., 1990).

Uz VO_{2max} i ANP sljedeći važan faktor u biciklizmu je **ekonomičnost rada** (C). Ekonomičnost je mjera potrošnje energije (npr. primitak kisika) pri nekoj brzini kretanja (npr. trčanje ili vožnja bicikla). U ovom istraživanju mjerit će se parametar ekonomičnosti tijekom vožnje bicikla. Ekonomičnost pedaliranja ukazuje na sposobnost organizma da održava određeno opterećenje na biciklu (npr. 150 watta) uz minimalnu potrošnju energije. Određuje se mjerenjem VO_2 u mirovanju i u stabilnom stanju pri zadanom opterećenju:

$$C = (VO_{2ss} - VO_{2mir}) \times W^{-1} \text{ (ml } O_2/\text{kg/min/W)}$$

Pri istom submaksimalnom opterećenju vozač s dobrom ekonomičnošću troši manje energije, a time i manje kisika nego vozač s lošijom ekonomičnošću. Kada bismo uspoređivali dva biciklista jednakog VO_{2max} te jednakog primitka kisika pri ANP, bolje bi rezultate ostvarivao onaj biciklist koji ima bolju ekonomičnost.

Uz VO_{2max} , ANP i C, važan parametar za procjenu uspješnosti u biciklizmu je ispoljena snaga u progresivnom testu opterećenja – snaga u apsolutnom (W) i relativnom (W/kg) smislu kod maksimalnih vrijednosti i vrijednosti pri anaerobnom pragu (Hunter, 2010). Snaga (P) se koristi kao pojam da se izrazi rad (R) obavljen u jedinici vremena (t): $P = R / t$ (J/s = watt) ili kao produkt sile (F) i brzine (v): $P = F * (s / t) = F * v$ (N*m/s = watt). Fizička jedinica za snagu je watt (W), a kao fiziološka jedinica koristi se litra kisika u minuti (l O_2 /min). Potrošnja 1 l O_2 /min odgovara metaboličkoj snazi od 350 W.

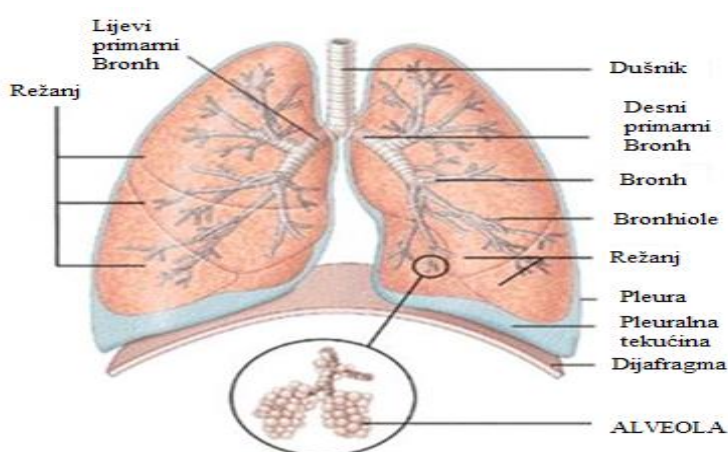
1.2. Mehanika disanja

Glavni organ našeg dišnog sustava su pluća koja se nalaze u prsnoj šupljini. Prsni koš se sastoji od struktura koje štite pluća i međusobno su povezana: rebra, prsna kost, kralježnica, mišići i vezivno tkivo. Mišići prsnog koša koji su odgovorni za disanje su unutarnji i vanjski međurebreni mišići te dijafragma koja razdvaja prsnu šupljinu od trbušne.

Udisanje i izdisanje se događa pod utjecajem gradijenta tlaka. Gradijent tlaka uzrokuje strujanje zraka iz područja visokog tlaka na područje niskog tlaka. Udisanje se događa kada je atmosferski tlak veći od alveolarnog tlaka pa pod utjecajem gradijenta tlaka zrak struji iz atmosfere prema alveolama. Izdisanje se događa u obrnutom smjeru kada je atmosferski tlak manji od tlaka u alveolama pa zrak struji prema van. Tijekom disanja također se mijenja i volumen pluća. Odnos između tlaka i volumena objašnjava Boyleov zakon u kojem se navodi da je pri stalnoj temperaturi tlak plina u spremniku obrnuto proporcionalan volumenu spremnika. Dakle, ako se volumen pluća povećava, tlak se smanjuje. Kada su pluća u mirovanju, respiratorni mišići su opušteni, a alveole sadrže volumen zraka koji odgovara funkcionalnom rezidualnom kapacitetu i tlak je jednak atmosferskom tlaku. Početak udisaja (inspiracije) događa se nakon širenja pluća koje je uzrokovano kontrakcijom dišnih mišića. Ova kontrakcija uzrokuje povećanje volumena u alveolama, a samim time i smanjenjem tlaka unutar njih. Iz tog razloga, zahvaljujući gradijentu tlaka zraka, zrak struji u pluća. Tijekom izdisaja (ekspiracije) događa se obrnuti postupak: prsni koš i pluća imaju tendenciju da se vrate u stanje mirovanja tijekom kojeg se povećava tlak u alveolama i zrak izlazi iz pluća prema van. Do promjene u volumenu alveola dolazi zbog promjena u volumenu prsne šupljine pomoću dišnih mišića.

Pluća

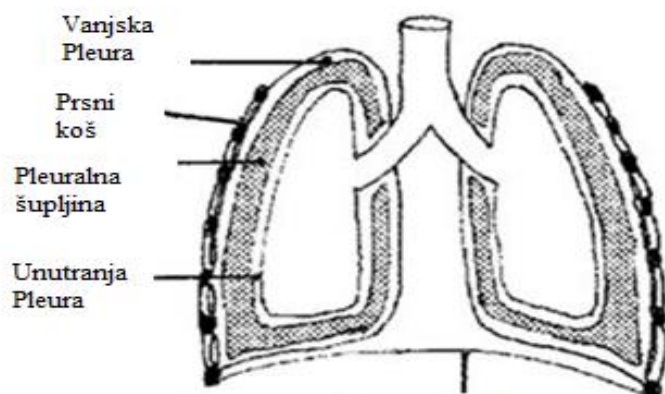
Pluća su glavni organ za disanje. Ona se nalaze u prsnoj šupljini, imaju mogućnost da se prošire i da prate pokrete prsnog koša i dijafragme. Pluća se sastoje od dva plućna krila. Desno plućno krilo teži 600 grama i podijeljeno je dubokim pukotinama u tri režnja (gornji, srednji i donji), a lijevo plućno krilo manjeg je volumena i teži 500 grama te ima dva režnja (gornji i donji). Pluća se sastoje od spužvastog tkiva i elastična su, dobro su prilagođena promjenama volumena potaknutog dišnim pokretima. Plućna krila su odvojena u prostoru između prsne kosti i kralježnice, unutar kojih se nalaze razni organi (prsna žlijezda, srce, dušnik, bronhi, jednjak), limfne strukture i živci. Dušnik dužine 10 – 12 cm, promjera 16 – 18 mm, predstavlja polufleksibilnu cilindričnu cijev potpomognutu hrskavičnim prstenima. Na vrhu se nalazi grkljan, a distalno, između četvrtog i petog torakalnog kralješka, dijeli se na dva dijela: lijevi i desni primarni bronh. Svaki primarni bronh prodire unutar svog plućnog krila te se dalje dijeli na bronhiole. Bronhiole završavaju u sitnim grozdastim mjehurićima koje zovemo alveole. Kako bismo dobili uvid o složenosti tih grana, s obzirom na to da svako plućno krilo sadrži oko 150 do 200 milijuna alveola, površinu svih alveola zajedno možemo prikazati kao površinu teniskog igrališta (75 m^2 , što iznosi oko 40 puta vanjske površine tijela), što je impresivno. Samo na razini alveola dolazi do izmjene plinova između zraka i krvi gdje ugljični dioksid (CO_2) izlazi iz krvi, a kisik (O_2) ulazi u krv. Svaku alveolu okružuju tanke kapilare čiji je promjer tako malen ($5 - 6 \text{ }\mu\text{m}$) da omogućuje prolaz jedne crvene krvne stanice. Kapilarni sustav se napaja iz ogranka plućne arterije u kojoj cirkulira venska krv, a koristi one plućne vene kroz koje arterijska krv distribuira kisik u tkiva. Protok krvi kroz pluća je povezan s radom desnog dijela srca čija je aktivnost u cijelosti posvećena plućnoj cirkulaciji (pulmonalni krvotok). Iz tog razloga protok krvi kroz pluća jednak je postotku koji dosežu svi ostali organi u istom vremenskom periodu. Bilo da ste u mirovanju (minutni volumen 5 L/min) ili za vrijeme fizičkog napora (25 L/min), protok krvi u plućima uvijek će biti identičan i iznositi će 100 %.



Slika 1.1. Pluća, lijevi i desni režanj, dušnik, bronh, bronhiole, alveole

(sistemski krvotok) možemo pronaći u tome da se krvni tlak održava na mnogo nižim razinama jer je otpor koji se stvara tijekom toka sistole desnog ventrikula vrlo mali (zbog visokog poprečnog presjeka područja plućnih arteriola i kraće duljine toka). Tanka membrana koja omeđuje pluća

alveolarnih stjenki daje karakterističan spužvasti izgled. Dok se dušnik i bronhi sastoje od elastične hrskavice, u stjenkama bronhiola nalaze se glatki mišići. Bronhiole imaju sposobnost da povećavaju ili smanjuju opseg kao odgovor na podražaje različite prirode. Tijekom fizičkog napora, na primjer, bronhiola se može proširiti kako bi osigurala bolju oksigenaciju krvi kao odgovor na povećanje CO₂ u izdahnutom zraku. Pretjerana bronhokonstrikcija kao odgovor na uzročnike različite prirode (onečišćenje okoliša, tjelovježba, prekomjerna proizvodnja sluzi, upala, emocionalni čimbenici, alergije itd.) može biti temelj za razvoj raznih plućnih bolesti kao što su astma ili KOPB. Tanke alveolarne stijenke su bez mišićnog tkiva. Slijedom toga pluća se ne mogu smanjiti, ali obavezno prate pasivne promjene volumena prsne šupljine. Prisutnost brojnih elastičnih vlakana u vezivnom tkivu postavljenih između stanica još uvijek jamči određeni stupanj elastičnosti i otpornosti na kretanje. Dok su alveole zadužene za razmjenu respiratornih plinova, bronhi i gornji dišni putevi (nos, ždrijelo, grkljan i dušnik) obavljaju različite funkcije koje idu daleko izvan jednostavnog transporta zraka. Ove aktivnosti su neophodne kako bi zaštitile cijelo tijelo od stranih materijala i alveole od previše hladnog ili suhog zraka. Zbog filtriranja i zagrijavanja zraka učinkovitije je disanje na nos nego na usta. Na makro razini pluća su presvučena posebnim slojem koji zovemo pleura. Pleura je važna membrana koja se sastoji od dva sloja; vanjski sloj obuhvaća unutrašnjost prsne šupljine i dijafragme, a unutarnji sloj je učvršćen uz plućna krila. Između dva sloja je vrlo tanki prostor, nazvan pleuralna šupljina, u kojemu struji tanki sloj tekućine pod nižim tlakom nego u okolini. Prisutnost pleuralne tekućine „u obliku tankog sloja vode između dvije staklene ploče“ omogućuje klizanje slojeva pleure te ih drži zajedno i "zalijepljene" jednu uz drugu. Zahvaljujući ovoj vezi pluća se stalno drže lagano zategnutima, čak i tijekom izdisaja, i ne mogu kolabirati sama sebe. Konačno, najvažnije, adhezija pleura uz prsni koš i dijafragmu omogućuje kretanje pluća tijekom disanja. Ako se pleure upale (upala pluća), kontaktne površine dvaju slojeva gube karakterističnu glatkoću i disanjem dolazi do povećanog trenja. Ako iz nekog razloga (traumatskog, spontanog ili terapijskog) zrak prodire u pleuralnu šupljinu, dolazi do gubitka



Slika 1.2. Pluća, vanjska i unutarnja pleura, pleuralna šupljina

prianjanja između pluća i unutrašnjosti grudnog koša. Uz prisutnost elastičnog tkiva pluća se povuku, što uvelike smanjuje njihov volumen i uzrokuje dispneju. Volumen pluća varira od pojedinca do pojedinca, ovisno o dobi, spolu i veličini tijela. U odrasle osobe

doseže vrijednosti u rasponu između 3,5 i 7 litara. Međutim, tijekom normalnog akta disanja razmjenjuje se samo 500/600 ml zraka koje može doseći do 2,5 – 5,5 litara (vitalni kapacitet) tijekom maksimalne faze udisanja i izdisanja. Na kraju jednog ekspiratornog maksimuma, u plućima i dišnim putevima i dalje se nalazi određena količina zraka, procjenjuje se na 1000 – 1200 ml (tzv. rezidualni volumen). Praćenje parametara ventilacije ima ogroman značaj u medicini i sportu. Osim povećanja volumena udahnutog i izdahnutog zraka, tijekom vježbanja svjedoci smo i ubrzanog disanja koje može porasti s 12 – 20/min do 60/min ili više. Sposobnost da se poveća stopa ventilacije je veća kod treniranih u odnosu na netrenirane osobe, a vitalni kapacitet je uglavnom pod utjecajem genetskih čimbenika.

Udisaj

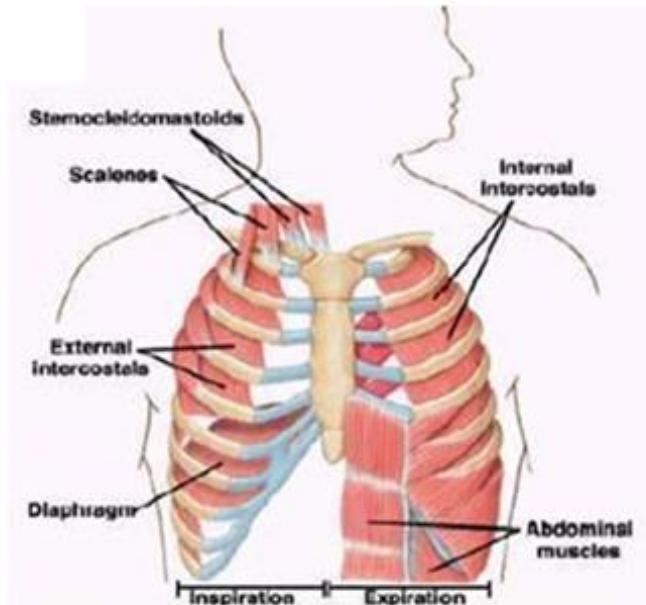
Sposobnost disanja odvija se zahvaljujući, između ostalog, i kosom položaju rebara. Taj im položaj omogućuje širenje prsnog koša tijekom udisaja ili spuštanje tijekom izdisaja. Prisilno kretanje prsnog koša odvija se pod djelovanjem dišnih mišića (aktivan proces). Proces udisaja započinje živčanom stimulacijom inspiracijskih mišića. Skeletni mišići stimuliraju se nakon otpuštanja acetilkolina iz motornog neurona kod neuromuskularnog čvora. Dijafragma i vanjski međurebreni mišići glavni su inspiracijski mišići. Kontrakcija dijafragme uzrokuje povećanje okomitog promjera prsnog koša kroz spuštanje dijafragme prema dolje. U isto vrijeme kontrakcijom vanjskih i međurebrenih mišića povećava se poprečni promjer (antero-posteriorni prostor). Rotiranjem rebara prema gore i van dolazi do širenja prsnog koša. Ove kombinirane akcije povećavaju volumen prsnog koša. Kada se pluća prošire, tlak u alveolama padne ispod razine atmosferskog tlaka, zatim zrak struji u alveole sve dok se tlak u alveolama ne izjednači s atmosferskim tlakom.

Izdisaj

Izdisaj je, međutim, uglavnom pasivan proces jer ne zahtijeva kontrakciju mišića. Jednostavno, na kraju inspiracije dišni se mišići relaksiraju tako da se prsni koš i pluća vrate u prvobitni položaj. U ovoj fazi disanja smanjuje se poprečni promjer (antero-posteriorni prostor) zahvaljujući relaksiranju vanjskih međurebrenih mišića nakon čega se rebra i prsna kost vraćaju prema dolje i unutra. U isto vrijeme smanjuje se okomiti promjer relaksiranjem dijafragme. Vraćanjem prsnog koša u prvobitni položaj volumen pluća se smanjuje, što rezultira povećanjem alveolarnog tlaka koji je veći od atmosferskog. Radi razlike u tlaku zrak struji prema van.

Udisaj i forsirani izdisaj

Za razliku od svih ostalih procesa bitnih za život, disanje je poluautomatsko i polukontrolirano. Obično se događa bez svjesnog sudjelovanja i samostalno, ali se može svjesno djelovati na promjenu dubine disanja (volumena) i frekvencije disanja (tempa). To se događa tijekom



Slika 1.3. Dišni mišići prilikom udisaja i izdisaja

povećane ventilacije gdje se u aktivnost disanja mogu uključiti i drugi mišići. U fazi hiperventilacije istaknut je veći rad vanjskih i unutarnjih međurebrenih mišića, kao i uključivanje ostalih mišićnih skupina. Za vrijeme pojačane ventilacije u proces disanja uključuju se, između ostalih, još i stabilizatori i podizači lopatice, podizači rebara, mali prsni mišići te za stabilizaciju gornjih udova i veliki prsni mišići.

Ventilacija i fizička aktivnost

Pluća imaju primarnu ulogu kod obavljanja fizičke aktivnosti. Dišni sustav sačinjava, zajedno sa skeletnim i kardiovaskularnim sustavom, integrirani sustav koji omogućuje izvedbu fizičke aktivnosti. Uloga dišnog sustava uglavnom je ta da osigura opskrbu i distribuciju kisika do mišića te uklanjanje ugljičnog dioksida iz organizma. Tijekom maksimalnih napora za vrijeme pojačane fizičke aktivnosti povećavaju se metabolički zahtjevi, posebno za kisikom u onom dijelu mišićnih skupina koje su uključene u napor, a mogu biti znatne. Kod zdravih neutreniranih ispitanika potrošnja kisika se može povećati za oko 10 puta u odnosu na vrijednosti izmjerene u stanju mirovanja, a u treniranih ispitanika i sportaša zahtjevi se mogu povećati za 20 puta. Porastom potražnje kisika skeletnih mišića dolazi do progresivnog povećanja ventilacije. Ovo povećanje kod zdravih ispitanika dolazi prvo s povećanjem dubine disanja (volumena), a kasnije dovodi i do povećanja frekvencije disanja (tempa). Zdravi ispitanici u mirovanju imaju veliku ventilacijsku rezervu disanja. Također, postoji mogućnost i sposobnost povećanja aktivnosti respiratornih mišića (pri udisaju i pri izdisaju) što omogućava

povećanje brzine disanja. Funkcionalnost disanja može se proučavati na nekoliko načina, uključujući spirometriju. Poznato je da podaci sa spirometrije nisu povezani s količinom vježbanja i da se ne može predvidjeti rezultat fizičke aktivnosti isključivo na tim podacima. Ventilacijski kapacitet tijekom vježbanja mora se analizirati na specifičan način. Korisnost spirometrije, a posebno forsirani izdisaj (FEV), pružit će informacije o maksimalnom ventilacijskom kapacitetu za određenog ispitanika. Dobiveni podaci tijekom testa pokazuju gornje vrijednosti, odnosno granicu iznad koje ispitanik ne može ići kod hiperventilacije. Ventilacija se ne može povećati beskonačno. Maksimalna ventilacija koju pojedinac može doseći u jednoj minuti definira se kao maksimalna voljna ventilacija (MVV), a predstavlja onu količinu zraka koja se može proventilirati pri maksimalnom disanju u trajanju od 12 sekundi (dobiveni rezultat se množi s pet). Zdravi ispitanici tijekom fizičke aktivnosti nikada ne postižu maksimalni ventilacijski kapacitet. U pravilu fizička aktivnost prestaje zbog iscrpljenosti mišića ili zbog postizanja maksimalne brzine otkucaja srca. Na kraju fizičke aktivnosti postignuta ventilacija može predstavljati ventilacijsku rezervu. Ona se određuje kao razlika između maksimalne voljne ventilacije i maksimalne ventilacije za vrijeme maksimalne fizičke aktivnosti. Predviđena maksimalna voljna ventilacija (MVV) dobije se izravno kroz mjerenje ili neizravno množenjem FEV s koeficijentom od 0:35 do 0:40. Općenito se kaže da kada ventilacijska rezerva iznosi najmanje 15 l/min, ventilacijski aparat nije ograničavajući faktor tijekom fizičke aktivnosti. Drugi važan podatak pri ispitivanju ventilacije tijekom fizičke aktivnosti je onaj koji objašnjava način disanja. To je analiza dišnog sustava putem brzine i volumena disanja, ali i kretanja segmenta toraksalne i abdominalne šupljine te njihove međusobne koordinacije. Što je veća koordinacija, to je veća ventilacijska učinkovitost. Duboko i sporo disanje ima najbolju učinkovitost na dišni sustav.

1.3. Različite tehnike treninga dišne muskulature

a) Trening voljne „isocapnic hyperpnea“

Trening voljne „isocapnic hyperpnea“ (VIH) podrazumijeva održavanje visokog nivoa ventilacije do 30 minuta. Da bi se tijekom takvog treninga spriječila hipokapnija, ispitanik mora disati kroz uređaj koji organizmu osigurava dodatni kisik kako bi spriječio hipoksemiju zadržavajući isocapniju. Trening se obično provodi 3 do 5 puta tjedno pri intenzitetu 60 – 90 % od maksimalne voljne ventilacije (MVV). Nakon provedenog treninga nekoliko istraživača (Boutellier i sur., 1992; Markov i sur., 2001; Spengler i sur., 1999; Stuessi i sur., 2001) utvrdilo je povećanje vremena do iscrpljenosti. Trening je relativno dugotrajan (oko 30 minuta po treningu) i fizički zahtjevan te

zahtijeva visoki stupanj motivacije. Takav trening obično zahtijeva regulaciju izmjene plinova, što je donedavno bilo teško provesti izvan laboratorija. Ipak, zahvaljujući uređaju Spirotiger, Idial AG, Volketswil, Švicarska, ta je tehnika treninga dostupnija. Iako navedeni trening poboljšava indekse izdržljivosti dišnih mišića, ne poboljšava sposobnosti maksimalne snage dišnih mišića (Leith i sur., 1976). Konačno, moguće je da visoki ventilacijski zahtjevi tijekom treninga mogu indicirati sušenje dišnih puteva i biti uzročnik bronhokonstrikcije kod onih pojedinaca kod kojih je bronhokonstrikcija podložna utjecaju fizičke aktivnosti.

b) Trening udisanja zraka kroz opterećenje

Trening udisanja zraka kroz opterećenje (IFRL) zahtijeva od ispitanika da diše preko uređaja koji ima varijabilni promjer otvora koji se regulira ventilom. Što je promjer manji, to je otpor veći i obrnuto. Istraživači koji su koristili IFRL metodu utvrdili su povećanje snage dišnih mišića pri udisaju u rasponu od 18 do 54 % (Hanel i sur., 1991; Leith i sur., 1976). Mali (~ 5 %), ali statistički značajan porast kapaciteta pluća također je zabilježen poslije IFRL treninga (Leith i sur., 1976). Međutim, inherentna ograničenja IFRL treninga su ta da tlak pri udisaju varira s protokom zraka, a ne samo s veličinom otvora, a samim time varira i opterećenje treninga. Stoga je važno da se disanje tijekom IFRL prati te da se osigura adekvatni podražaj treninga. Smith (1992) kod pacijenata s kroničnom opstrukcijom pluća (plućna bolest COPD) zaključuju da ona istraživanja tijekom IFRL treninga koja nisu kontinuirano praćena ne dovode do poboljšanja funkcije dišnih mišića. Novi pristup IFRL bazira se na temelju testa za povećanje dišne izdržljivosti (TIRE). TIRE sustav ima kontroliranu razinu otpora protoka (promjer otvora 2 mm), elektronički manometar priključen preko serijskog sučelja i odgovarajućeg softvera na računalo. U početku ispitanik radi nekoliko kontinuiranih maksimalnih udisanja (maksimalni napor) kroz otvor kako bi se dobio profil osnovnog tlaka. Tipični osnovni profil tlaka iznosi 80 % od dobivenog maksimalnog napora. Maksimalni manevri disanja zatim se ponavljaju šest puta nakon čega slijedi oporavak od 60 s. Ispitanik radi šest serija ponavljanja, a nakon svake serije ponavljanja vrijeme oporavka smanjuje se za 5 s. Trening završava kada ispitanik zaokruži cijeli niz vježbi disanja (6 manevara x 6 ponavljanja) ili kada razina tlaka padne ispod dobivenog profila tlaka. Povećanim IFRL treningom nadilazimo primarno postavljeno opterećenje udisajnog tlaka u odnosu na ispitanikov maksimalni kapacitet. Međutim, funkcionalno značajno povećanje je upitno jer neprekidni maksimalni udisajni naponi nisu povezani s funkcijom izdržljivosti udisajnih mišića tijekom vježbi izdržljivosti. Stoga će utjecaj IFRL vjerojatno utjecati na povećanje u području odnosa snage i brzine dišnih mišića (Romer i sur., 2003). Nadalje,

treninzi su fizički zahtjevni i dugotrajani (potpuni trening traje ~ 30 min). Verzije ovog uređaja su dostupne (Pflex, Respiroics Ltd., NJ, USA), ali njihova visoka cijena čini ih nedostupnim za većinu pojedinačnih korisnika.

c) Trening disanja udisajnim pritiskom na granično opterećenje

Trening disanja udisajnim pritiskom na granično opterećenje (IPTL) traži od pojedinca da proizvede dovoljno veliki negativni pritisak za savladavanje praga opterećenja i da time pokrene inspiraciju. Granično opterećenje predstavlja varijabilno opterećenje pri različitom intenzitetu jer ovisi o brzini protoka. Ova vrsta opterećenja može se postići s težinskim klipom (Clanton i sur., 1995), opružnim ventilom (Caine i sur., 2000), elektromagnetskim ventilom (Bardsley i sur., 1993), a i konstantnim negativnim tlakom (Chen i sur., 1998). Trening s IPTL povećava maksimalnu silu (Clanton i sur., 1995; Romer i sur., 2003), maksimalnu brzinu (Romer i sur., 2003), maksimalnu izlaznu snagu (Romer i sur., 2003) i izdržljivost (Clanton i sur., 1995) udisajnih mišića. Kada se dinamički udisajni manevri izvode u kombinaciji s tlačnim opterećenjem i brzim protokom, IPTL pokazuje poboljšanje funkcionalnih karakteristika udisajnih mišića za obje karakteristike: snagu i brzinu (Romer i sur., 2003). Osim toga, IPTL uređaji su prenosivi i jednostavni za korištenje, dostupni na tržištu (POWERbreathe, Threshold, Respiratory, Pittsburgh, PA, USA). Najnoviji uređaj na tržištu (PowerLung Inc, Houston, TX, USA) pored udisaja ima i izdisajni prag opterećenja.

Dostupnost različitih komercijalnih uređaja za trening respiratornih mišića čini ovaj oblik treninga dostupnijim nego prije. Na prvi pogled VIH trening nudi najviši stupanj specifičnosti (oponašajući trenažne zahtjeve), ali je naporan i dugotrajan. Iako tehnika IFRL treninga poboljšava funkciju udisajnih mišića nakon provedbe tretmana koji je naporan i dugotrajan, ta metoda treninga može biti i nepouzdana kada se ne koristi u sprezi s povratnim informacijama o brzini protoka ili tlaka opterećenja. Pouzdanost i pristupačnost IPTL metode treninga je atraktivna i relativno lako provediva. Izabrani modalitet treninga trebao bi biti izabran na temelju beneficija koje trenažni proces ostvaruje, cijene uređaja, potrebnog vremena za pravilnu tehniku korištenja, jednostavne upotrebe te dostupnosti.

2. Problem istraživanja

U literaturi se navode mnogi znanstveni članci koji se bave dijagnostikom stanja sportaša. Glavni parametri koji se koriste u dijagnosticiranju stanja kod biciklista proizlaze iz laboratorijskog progresivnog testa opterećenja – maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) u apsolutnom i relativnom smislu, maksimalna snaga (W_{max}) u apsolutnim i relativnim vrijednostima, anaerobni prag (ANP) te ekonomičnost (C). Sportaši, odnosno biciklisti s višim vrijednostima postignutim u navedenim parametrima, ostvaruju i bolje biciklističke rezultate. Najbolji terenski pokazatelj uspješnosti biciklista je ostvareno vrijeme na biciklu na određenoj dionici (npr. 4 km individualni kronometar). Godišnji biciklistički trenažni proces podijeljen je u tri osnovna perioda: pripremni, natjecateljski i prijelazni. Svaki period ima svoje specifičnosti te se trenažni proces planira za svako razdoblje posebno na temelju dijagnostike. U pripremnom periodu uglavnom se koristi nebiciklistički trening u obliku trčanja, plivanja i treninga s teretom koji služe za stvaranje široke baze. Navedeni parametri u pripremnom razdoblju niži su nego u natjecateljskom periodu i ne variraju značajno (Hoogoven i sur., 2000). Kod profesionalnih biciklista, koji sustavno treniraju više godina, navedeni parametri nisu podložni značajnijim promjenama tijekom natjecateljskog perioda (Lucia i sur., 2001). U rekreativnom biciklizmu moguće su značajne oscilacije za navedene parametre jer kod rekreativaca ne postoji sustavan trening vezan za godišnji plan i program, već je pretežno podložan vremenskim uvjetima i odvija se od proljeća do jeseni. Kod rekreativaca često se koristi i trening trčanja koji može poboljšati sportski rezultat na biciklu, dok u obrnutom smjeru promjene nisu utvrđene (Vīru, 1999).

Sposobnost osiguranja energije za sam proces respiracije čimbenik je koji može ograničiti intenzitet tjelesne aktivnosti (Guyton, 1995). Trening tehnike disanja, odnosno trening dišne muskulature područje je koje nije sasvim istraženo. U literaturi postoje oskudne informacije koje se bave tim područjem (William i sur., 2002; Romer i sur., 2002; Johnson i sur., 2007; Vickery, 2007; Holm i sur., 2004; Fairbairn i sur., 1991; Inbar i sur., 2000; Illi i sur., 2012; HajGhanbari i sur., 2013; Bell i sur., 2013; Nava i sur., 1992; Leith i sur., 1976; Boutellier i sur., 1992; Boutellier i sur., 1998; Ramirez-Sarmiento i sur., 2002 te Krishnan i sur., 1996). Iz tog razloga trening disanja možemo smatrati dodatnim nespecifičnim treningom koji bi mogao utjecati na poboljšanje biciklističkog rezultata, a može se primjenjivati kako u pripremnom tako i u natjecateljskom periodu biciklističke sezone.

Glavni problem ovog istraživanja jest utvrditi možemo li specifičnim treningom dišne muskulature i poboljšanjem tehnike disanja poboljšati sportski rezultat tijekom natjecateljskog perioda biciklističke sezone.

3. Dosadašnja istraživanja

Dosadašnja istraživanja koja se odnose na cilj ovoga rada možemo podijeliti u dva osnovna segmenta. Prvi segment odnosi se na biciklističke parametre: periodizacija biciklističke sezone i osnovni biciklistički parametri te efekti biciklističkog treninga. Drugi segment odnosi se na dišne parametre: dišni parametri i njihova varijabilnost te trening dišne muskulature i utjecaj na sportski rezultat.

a) Periodizacija biciklističke sezone i osnovni biciklistički parametri

Biciklistička sezona prema Frielu (1998, 2003) podijeljena je u godišnji makrociklus koji traje kroz dvije kalendarske godine, a počinje i završava u studenom. Godišnji fond sati treninga u makrociklusu za profesionalne bicikliste iznosi od 800 do 1200 sati, za rekreativce od 350 do 500 sati, a za početnike od 200 do 350 sati. Godišnji makrociklus podijeljen je u tri osnovna mezociklusa (pripremni, natjecateljski i prijelazni). Pripremni mezociklus dijeli se na opću i posebnu pripremu. Opća priprema traje 8 tjedana (baza 1 i baza 2), a posebna priprema traje 33 tjedna (izgradnja 1 i izgradnja 2). Natjecateljski dio traje 6 tjedana, a dijeli se na prednatjecanje (vrh) i natjecanje (utrke). Prijelazni mezociklus traje 4 tjedna. Natjecanja koja se održavaju tijekom pripremnog perioda Friel (1998, 2003) smatra sastavnim dijelom treninga pa ih ne svrstava u natjecateljski period.

Biciklistička sezona kako ju je podijelio Burke (2002) također počinje i završava u studenome, a jednako se dijeli kao i kod Friela (1998, 2003): pripremni, natjecateljski te prijelazni period. Pripremni period sadrži opću fazu od 11 tjedana (studeni, prosinac, siječanj) i specifičnu fazu od 13 tjedana (veljača, ožujak, travanj). Period natjecanja traje 22 tjedna (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujanj), a prijelazni period 6 tjedana (listopad, studeni): za profesionalne bicikliste na godišnjoj bazi od 22.500 km, za žene 14.500 km te za juniore 16.000 km.

Juekendrup (2002) navodi da godišnji volumen treninga za profesionalne bicikliste iznosi 30.000 do 35.000 km. Godišnju periodizaciju podijelio je u četiri faze: prva faza je opća priprema ili bazična faza, druga faza je prijelazna faza, treća faza su natjecanja, a četvrta faza je odmor ili regeneracijska faza. Juekendrup (2002) također navodi i modalne karakteristike za profesionalne bicikliste u postignutim maksimalnim vrijednostima i pri anaerobnom pragu.

Tablica 3.1. Modalne karakteristike profesionalnih biciklista kod maksimalnih vrijednosti i pri anaerobnom pragu (Juekendrup, 2002)

| Oznaka | Jedinica | Aritmetička sredina | Minimum | Maksimum |
|-------------|---------------|---------------------|---------|----------|
| W_{max} | W | 439 | 349 | 525 |
| W_{max} | W/kg | 6,4 | 5,7 | 6,8 |
| VO_{2max} | l/min | 5,4 | 4,4 | 6,4 |
| VO_{2max} | ml/kg/min | 78,8 | 69,7 | 84,8 |
| HR_{max} | bmp | 194 | 187 | 204 |
| W_{anp} | W | 334 | 202 | 417 |
| W_{anp} | % W_{max} | 76 | 58 | 83 |
| VO_{2anp} | % VO_{2max} | 77 | 74 | 83 |

Juekendrup (2002) također navodi i kriterije za klasifikaciju sportaša koje dijeli u četiri kategorije (trenirani – rekreativci, amateri – nacionalni rang, elitni vozači – međunarodni rang i svjetska klasa – profesionalci).

Tablica 3.2. Rangiranje sportaša prema biciklističkim parametrima (Jeukendrup, 2002)

| | Jedinica | Trenirani | Dobro trenirani | Elitni vozači | Svjetska klasa |
|-------------------------------|-----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Trening i utrke | | | | | |
| Frekvencija treninga | | 2 - 3 / tjedan | 3 - 7 / tjedan | 5 - 8 / tjedan | 5 - 8 / tjedan |
| Trajanje treninga | | 30 - 60 min | 60 - 240 min | 60 - 360 min | 60 - 360 min |
| Iskustvo treniranja | | 1 godina | 3 - 5 godina | 5 - 15 godina | 5 - 30 godina |
| Broj utrka kroz godinu | | 0 - 10 | 0 - 20 | 50 - 100 | 90 - 110 |
| UCI rang* | | - | - | u prvih 2000 | u prvih 200 |
| | | | | | |
| Fiziološke varijable | | | | | |
| W_{max} | W | 250 - 400 | 300 - 450 | 350 - 500 | 400 - 600 |
| W_{max} | W/kg | 4,0 - 5,0 | 5,0 - 6,0 | 6,0 - 7,0 | 6,5 - 8,0 |
| VO_{2max} | l/min | 4,5 - 5,0 | 5,0 - 5,3 | 5,2 - 6,0 | 5,4 - 7,0 |
| VO_{2max} | ml/kg/min | 64 - 70 | 70 - 75 | 72 - 80 | 75 - 90 |

*UCI rang – rang lista svjetske biciklističke federacije

U literaturi se uglavnom spominju tri dijela biciklističke sezone: pripremni, natjecateljski te prijelazni dio. Jedina razlika kod autora je u godišnjem fondu rada koji može biti izražen u satima ili u kilometraži, te razlika u razini pripremljenosti samog sportaša. Iz navedenog zaključujemo o razlikama u parametrima natjecateljske uspješnosti tijekom pojedinog vremenskog perioda te da se sam trenažni proces razlikuje tijekom svakog trenažnog dijela. U pripremnom periodu prema Freilu (1998, 2003) i Burkeu (2002) primjenjuje se višestrana priprema biciklista uglavnom nebiciklističkim treningom (npr. rad u teretani, trčanje, plivanje i sl.). U natjecateljskom periodu cjelokupan trening odvija se na biciklu pa je prijelazni period uglavnom bez trenažnog podražaja. Vrhunac sportske forme postiže se u srpnju kada se održavaju nacionalna prvenstva prema pravilima Međunarodne biciklističke federacije (UCI), a biciklistička sezona završava svjetskim prvenstvom najčešće u rujnu.

Uz periodizaciju u biciklizmu također je važno pratiti pripremljenost samog sportaša preko biciklističkih parametara. Jedan od najdiskriminativnijih parametara koji može značajno razlikovati profesionalne bicikliste (svjetska klasa), elitne bicikliste (biciklisti međunarodnog ranga), amatere (biciklisti nacionalnog ranga) i rekreativce (trenirani biciklisti) jest upravo VO_{2max} (ml/kg/min) (Impellizzeri i sur., 2005; Lee i sur., 2002; Berry i sur., 2000; MacRae i sur., 2000; Cramp i sur., 2004; Hopker i sur., 2007 te Lucia i sur., 1999). Impellizzeri (2005) na 12 profesionalnih vozača bilježi vrijednosti VO_{2max} od $76,9 \pm 5,3$ ml/kg/min, Lee (2002) na 7 profesionalnih biciklista utvrđuje vrijednost od $78,3 \pm 4,4$ ml/kg/min. Wilber (1997) na 10 elitnih biciklista utvrđuje vrijednosti VO_{2max} $70,0 \pm 3,7$ ml/kg/min. Berry (2000) je na 8 biciklista amatera utvrdio vrijednost VO_{2max} od $56,6 \pm 5,2$ ml/kg/min, MacRae (2000) na 6 biciklista amatera utvrđuje vrijednosti VO_{2max} $58,4 \pm 2,3$ ml/kg/min, a Cramp (2004) na 8 biciklističkih amatera vrijednost VO_{2max} od $60,0 \pm 3,7$ ml/kg/min. Profesionalni biciklisti bilježe vrijednosti VO_{2max} iznad 75 ml/kg/min, elitni biciklisti dostižu VO_{2max} od oko 70 ml/kg/min, amateri se kreću u rasponu VO_{2max} od 60 do 70 ml/kg/min, dok rekreativci imaju raspon VO_{2max} od 45 do 65 ml/kg/min. Uz VO_{2max} u literaturi se spominju i drugi također važni parametri za procjenu natjecateljske sposobnosti sportaša.

Lucia i sur. (1999) promatrajući 11 elitnih i 14 profesionalnih biciklista ($73,8 \pm 5,0$ naspram $73,2 \pm 6,6$ ml/kg/min) ne nalaze razlike u VO_{2max} između ispitanika, dok pri maksimalnoj snazi W_{max} ($437,5 \pm 25$ W naspram $471,0 \pm 30$ W) utvrđuju statistički značajne razlike u korist profesionalnih biciklista. Također, utvrđuju da kod slične maksimalne ventilacije (~ 180 litara) profesionalni biciklisti imaju veću dubinu (60 % prema 53 % forsiranog vitalnog kapaciteta), a manju frekvenciju disanja.

Hopker i sur. (2007) analiziraju razlike između 16 biciklističkih amatera (VO_{2max} 62,6 ml/kg/min i $W_{max} = 421 \pm 38$) i 16 rekreativnih biciklista (VO_{2max} 42,6 ml/kg/min $W_{max} = 292 \pm 34$) u efikasnosti pri 50 % i 60 % W_{max} i pri 150 W te utvrđuju statistički značajne razlike na svim intenzitetima opterećenjima za oko 1,4 % (20,66 prema 19,21 %) u korist biciklista amatera.

Hopker (2010) promatra razlike u spolovima u efikasnosti između 13 biciklističkih amatera ($VO_{2max} = 61,3 \pm 5,4$ ml/min/kg i $W_{max} = 414 \pm 4$ W) i 13 rekreativnih biciklistica ($VO_{2max} = 48,9 \pm 6,1$ ml/min/kg i $W_{max} = 293 \pm 22$ W). Utvrđuje veću efikasnost žena pri fiksnom opterećenju od 150 W ($22,4 \pm 21$ prema $19,9 \pm 1,8$ %) i 180 W ($22,3 \pm 1,8$ prema 20,4 %), iako imaju manji W_{max} i VO_{2max} .

Istraživanja pokazuju da su snaga, efikasnost i ekonomičnost parametri koji također razlikuju bicikliste te da se na navedene mjere može utjecati dodatnim nebiciklističkim treningom (Sunde i sur., 2010 te Louis i sur., 2012).

b) Efekti biciklističkog treninga

Efekte klasičnog biciklističkog treninga možemo promatrati pomoću osnovnih biciklističkih parametara poput maksimalnog primitka kisika (VO_{2max}), maksimalne snage (W_{max}) i snage pri anaerobnom pragu (W_{anp}) pri progresivnom testu opterećenja u laboratorijskim uvjetima. Različiti su stavovi oko utjecaja biciklističkog trenažnog procesa na navedene parametre pa su tako u radovima Hoogeveena (2000), Kippelena (2005), Nourryja (2005) i Impellizzerija (2007) utvrđene značajne promjene, dok Lucia (2001) i Delattre (2006) nisu utvrdili promjene.

Hoogeveen (2000) je utvrdio da se klasičnim biciklističkim treningom mogu izazvati statistički značajne promjene kod 15 profesionalnih biciklista unutar prvog dijela biciklističke sezone (prosinac – lipanj) za VO_{2max} (sa 69 ± 7 na 78 ± 6 ml/kg/min), za W_{max} (sa 449 ± 46 W na 459 ± 46 W) i W_{anp} (s 376 ± 38 W na 396 ± 36 W).

Kippelen (2005) nalazi statistički značajne promjene kod 13 biciklista amatera pri VO_{2max} (s $62,6 \pm 1,3$ na $66,3 \pm 1,4$ ml/kg/min) i W_{max} (s 376 ± 7 W na 395 ± 8 W) tijekom natjecateljske sezone.

Nourry (2005) je istraživao efekte visoko intenzivnog treninga u trajanju od 8 tjedana kod djece u dobi od $9,7 \pm 0,9$ godina podijeljenih u eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Utvrđeno je statistički značajno povećanje snage (W_{max} s 94 ± 21 W na 103 ± 24 W) i VO_{2max} (od $37,4 \pm 7,3$ na $43,2 \pm 7,6$ ml/kg/min) u eksperimentalnoj grupi, dok u kontrolnoj grupi nisu utvrđene statistički značajne promjene.

Impellizzeri (2007) je na 12 MTB (*mountain bike*, brdski biciklisti) biciklista utvrdio promjene unutar pripremnog perioda treninga (studeni – veljača) za VO_{2max} (s $64,2 \pm 6,2$ na $67,8 \pm 6,7$ ml/kg/min), W_{max} (s $346,8 \pm 37,1$ na $365,0 \pm 37,4$ W) i W_{anp} (s $291,1 \pm 45$ na $319,3 \pm 33,8$ W), dok se u natjecateljskoj sezoni (veljača – lipanj) VO_{2max} značajno ne mijenja, za razliku od W_{max} (s $365,0 \pm 37,4$ na $374 \pm 34,3$).

Lucia (2001) u istraživanju na 13 profesionalnih biciklista ne nalazi statistički značajne promjene tijekom cijele biciklističke sezone (bazični, pripremni, natjecateljski period) za VO_{2max} ($72,6 \pm 1,5$; $74,4 \pm 1,3$; $75,2 \pm 1,6$ ml/kg/min), W_{max} ($514,2 \pm 10,8$ W; $520 \pm 9,0$ W; $512,7 \pm 12,3$ W) i W_{anp} ($411,1 \pm 11,5$ W; $428,5 \pm 10,5$ W; $436,5 \pm 9,7$ W).

Delattre (2006) kod 7 treniranih juniora ne nalazi statistički značajno povećanje VO_{2max} (od $63,8 \pm 7,6$ do $64,4 \pm 5,1$ ml/kg/min) u zimskom periodu treninga (studeni – veljača) ukupnog trajanja 14 tjedana. Međutim, autor nalazi promjene u terenskim testovima na biciklističkoj pisti u brzini pri VO_{2max} (s $41,9 \pm 1,3$ na $43,1 \pm 0,7$ km/h) te napredak u brzini pri anaerobnom pragu (s $38,2 \pm 1,8$ na $40,7 \pm 0,6$ km/h).

Sunde (2010) proučava utjecaj treninga snage (rad s teretom) na biciklističku ekonomičnost

(potrošnja energije pri određenom opterećenju) pri 70 % VO_{2max} . U eksperimentalnoj skupini 8, a u kontrolnoj skupini 5 ispitanika, nakon trenažnog procesa od osam tjedana dolazi do prosječnog povećanja ekonomičnosti vožnje bicikla za 4,8 % (s $0,20 \pm 0,02$ na $0,19 \pm 0,02$ mlO₂/kg/min/W), povećanja efikasnosti (mjera potrošnje energije za ispoljeni rad) (s $21,1 \pm 0,7$ na $22,1 \pm 1,2$ %) u eksperimentalnoj grupi, dok je VO_{2max} ostao nepromijenjen ($63,4 \pm 6,6$: $63,9 \pm 5,6$ ml/min/kg). U kontrolnoj skupini nije došlo do promjena u ekonomičnosti, efikasnosti i VO_{2max} .

Louis (2012) proučava utjecaj treninga snage kod 9 biciklističkih veterana u vremenskom periodu od 3 tjedna pri radu od 70 % 1RM (jedna maksimalna kontrakcija) i utvrđuje statistički značajan napredak u efikasnosti vožnje bicikla (s $19,66 \pm 1,31$ na $22,86 \pm 1,4$ %). Ovi podaci ukazuju na činjenicu da osim osnovnih parametra treniranosti (VO_{2max} , W_{max} , W_{anp}) postoje i drugi, također važni parametri za procjenu natjecateljske uspješnosti.

Klasičnim biciklističkim treningom trebaju se postići vrijednosti za VO_{2max} iznad 75 ml/kg/min i W_{max} iznad 500 W (Lucia i sur., 2001 te Hoogoven i sur., 2000), nakon čega te vrijednosti više nisu toliko podložne daljnjim promjenama (Lucia i sur., 2001) pa je potrebno tražiti druge važne parametre poput efikasnosti (Hopker i sur., 2007), ekonomičnosti (Sunde i sur., 2010), a u novije vrijeme i dišne parametre s ciljem poboljšanja natjecateljske uspješnosti biciklista.

c) Dišni parametri i njihova varijabilnost

Istraživanja vezana za dišne parametre možemo podijeliti na parametre u mirovanju (MVV – maksimalna voljna ventilacija, FVC – forsirani vitalni kapacitet, FEV₁ – forsirani vitalni kapacitet u prvoj sekundi) i parametre tijekom tjelesne aktivnosti (V_E – ventilacija, V_T – dišni volumen, R_F – frekvencija disanja, T_i – dužina udisaja, T_e – dužina izdisaja, T_{tot} – ukupno trajanje ciklusa disanja, T_i/T_{tot} – omjer dužine udisaja i ukupnog ciklusa disanja). Dišni parametri su podložni promjenama uslijed promjena protokola testiranja (Scheuermann i sur., 1999; Eliot i sur., 2000 te Kalsas i sur., 2009) i tijekom natjecateljske sezone (Kippelen i sur., 2005), ali postoje radovi koji dokazuju da dišni parametri mogu biti stabilni tijekom natjecateljske sezone (Lucia i sur., 2001).

Scheuermann (1999) u svojem istraživanju proučava razlike u dišnim parametrima između sporog (8 W min^{-1}) i brzog protokola (65 W min^{-1}) kod 7 zdravih muških ispitanika. Kod brzog protokola ispitanici pokazuju statistički značajno više vrijednosti kod maksimalnog intenziteta za dubinu disanja ($3,05 \pm 0,4$ prema $2,5 \pm 0,5$ l/min), vrijeme udisaja (0,75 prema 0,51 s), omjer vremena udisaja i ukupnog vremena dišnog ciklusa (57 prema 47 %), a statistički značajno niže vrijednosti za frekvenciju disanja ($42,3 \pm 7,6$ prema $51,1 \pm 9,3$) te slične vrijednosti za ventilaciju

(125 ± 12 prema 130 ± 26 l/min) i dužinu izdisaja ($0,58 \pm 0,13$ prema $0,57 \pm 0,09$ s). Također, značajno su veće vrijednosti pri maksimalnom intenzitetu u korist brzog protokola (342 ± 30 W prema 240 ± 34 W).

Elliott (2010) u svom istraživanju proučava razlike u dišnim parametrima između testa na biciklergometru i pokretnoj traci kod 9 rekreativnih triatlonaca. Utvrđuje statistički značajno više vrijednosti na biciklergometru pri maksimalnom intenzitetu u vrijednostima maksimalne ventilacije ($182,9 \pm 22,7$ prema $151,0 \pm 18$ l/min), odnosu ventilacije i maksimalne voljne ventilacije ($98,2 \pm 8,7$ prema $79,1 \pm 62$ %) i maksimalnog dišnog volumena ($3,4 \pm 0,4$ prema $2,96 \pm 0,2$ l). Podjednake vrijednosti rezultata u oba protokola dobiva pri vrijednostima VO_{2max} ($56,9 \pm 7,6$ prema $55,9 \pm 6,8$ ml/kg/min), T_i/T_{tot} ($49 \pm 0,03$ prema $49 \pm 0,04$ %) i R_F (65 ± 10 prema 59 ± 7), kao i pri VO_{2amp} ($45,4 \pm 4$ prema $42,6 \pm 3,0$ ml/kg/min).

Kalsas (2009) u svom istraživanju proučava razlike kod 12 srednje i dugoprugaša s dobrom tehnikom vožnje bicikla (5 žena i 7 muškaraca) na biciklergometru i na pokretnoj traci. U istraživanju utvrđuje statistički veće vrijednosti na pokretnoj traci za VO_{2max} ($3,85 \pm 0,81$ prema $3,48 \pm 0,76$ l min^{-1}), za VCO_{2max} ($4,44 \pm 0,82$ prema $4,14 \pm 0,88$ l min^{-1}) i za VE_{max} ($121,2 \pm 28,4$ prema $110,8 \pm 25,7$ l min^{-1}) te slične vrijednosti za HR_{max} (189 ± 9 prema 184 ± 7 bmp) i V_{Tmax} ($2,60 \pm 0,38$ prema $2,68 \pm 0,39$ l).

Kippelen (2005) utvrđuje smanjenje FVC između bazičnog i natjecateljskog perioda (s 6,12 na 5,89 l) te smanjenje dišnog volumena (s 3,13 na 2,98 l), ali povećanje frekvencije disanja (s 50 na 55 br/min) u maksimalnim opterećenjima.

Lucia (2001) u istraživanju na 13 biciklističkih profesionalaca utvrđuje da klasični biciklistički trening ne utječe na promjene u tehnici i načinu disanja (nema promjene za V_E , R_F , V_T , T_i , T_e , T_i/T_{tot} tijekom biciklističke sezone).

d) Trening dišne muskulature i utjecaj na sportski rezultat

Uz navedene radove koji potvrđuju utjecaj treninga dišne muskulature na sportski rezultat (Romer i sur., 2002; Johnson i sur., 2007; Holm i sur., 2004; William i sur., 2002; HajGhanbari i sur., 2013; Markov i sur., 2001; Vickery, 2007; Boutellier i sur., 1992; Illi i sur., 2012; Leith i sur., 1976; Boutellier i sur., 1998 te Ramirez-Sarmiento i sur., 2002) također postoje radovi koji dokazuju suprotno (Fairbarn i sur., 1991; Inbar i sur., 2000; Krishnan i sur., 1996; Bell i sur., 2013; Nava i sur., 1992).

Romer (2002) provodi trening disanja uz pomoć uređaja za disanje (*POWERbreathe*) kod 16 biciklističkih amatera ($VO_{2max} = 65,3$ ml/kg/min, $W_{max} = 355$ W) podijeljenih slučajnim odabirom u

eksperimentalnu i kontrolnu grupu (po 8 ispitanika). Eksperimentalna grupa provodila je trening disanja uz pomoć uređaja za disanje 2 puta dnevno po 30 udisaja u periodu od 6 tjedana. Nakon treninga disanja dolazi do značajnog povećanja dišnog volumena pri 90 % W_{max} (s 3,14 na 3,10 l) i pri 100 % W_{max} (s 2,93 na 3,10 l) u progresivnom testu opterećenja. Nakon treninga disanja utvrđeno je smanjenje percepcije umora te statistički značajno viša prosječna brzina u utrci na 20 km (1777 ± 28 s : 1716 ± 38 s) i 40 km (3540 ± 92 : 3419 ± 97 s) kod eksperimentalne grupe. U obje grupe ispitanika nije bilo promjena u maksimalnoj i relativnoj snazi pri maksimalnom intenzitetu, kao ni promjena u V_E , HR, Te, T_i/T_{tot} tijekom progresivnog testa opterećenja.

Johnson (2007) provodi trening disanja uz pomoć uređaja za disanje (*POWERbreathe*) kod 18 biciklista amatera u periodu od 6 tjedana podijeljenih u eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Eksperimentalna grupa 2 puta dnevno provodi trening od 30 udisaja te dolazi do poboljšanja rezultata (s $36,29 \pm 3,6$ na $35,33 \pm 3,7$ min $p < 0,05$) (prosječna snaga s 274 ± 66 na 290 ± 90 W) na 25 km individualnog kronometra, odnosno smanjenja ukupnog vremena za $2,66 \pm 2,51$ %. U obje skupine ispitanika nije bilo promjene u parametrima V_E , VO_2 , VCO_2 i HR tijekom kronometra.

Holm (2004) provodi istraživanje na 20 biciklističkih amatera ($VO_{2max} = 56,0$ ml/kg/min) podijeljenih u 3 grupe (eksperimentalna 10, placebo 4 i kontrolna 6 ispitanika). Eksperimentalna grupa radi trening dišne muskulature (*hyperpnea*) u opsegu 20 treninga u trajanju od 45 min kroz 4 tjedna, placebo grupa provodi placebo trening u opsegu 20 treninga u trajanju od 5 min kroz 4 tjedna, kontrolna grupa je bez treninga. Autor dobiva statistički značajnu razliku kod eksperimentalne grupe u individualnom kronometru u trajanju oko 40 minuta za 4,7 % ukupnog vremena, dok kod placebo i kontrolne skupine nema promjene. Trening (*hyperpnea*) je doveo do povećanja V_E i VO_2 (ml/kg/min) tijekom konstantnog opterećenja u eksperimentalnoj grupi, dok u ostalim grupama nije bilo promjena. U sve tri grupe VO_{2max} i W_{max} ostaju nepromijenjeni.

William (2002) provodi trening disanja uz pomoć uređaja za disanje (*Powerlung*) u periodu od 4 tjedna (2 puta dnevno po 30 udaha) kod 12 triatlonaca i maratonaca (8 u eksperimentalnoj i 4 u kontrolnoj grupi). U progresivnom testu opterećenja u maksimalnim vrijednostima kod eksperimentalne grupe ispitanika dobiveno je povećanje ventilacije za 3,3 % (s $138,26 \pm 7,4$ na $142,7 \pm 8,3$), povećanje dišnog volumena za 26,7 % (s $3,03 \pm 0,16$ na $3,84 \pm 0,26$ l) te smanjenje frekvencije disanja (s $52,4 \pm 2,4$ na $50,5 \pm 1,6$). Navedeni parametri kod kontrolne skupine ispitanika ostali su nepromijenjeni. VO_{2max} u obje skupine ispitanika ostao je nepromijenjen (eksperimentalna $55,3 \pm 2,7$: $55,9 \pm 2,5$; kontrolna skupina $53,45 \pm 3,9$: $52,53 \pm 3,8$ ml/kg/min). Kod dišnih parametara (FVC, FEV_1 i FVC/FEV_1) nije došlo do promjena ni u eksperimentalnoj ni u kontrolnoj skupini ispitanika.

HajGhanbari (2013) na temelju provedene meta-analize zaključuje da trening dišne

muskulature dovodi do napretka u kronometru, u testovima izdržljivosti, kao i u ponavljajućim testovima. U analizi sportova navodi da su najveći napredak imali biciklisti i sportaši sportskih disciplina s ponavljajućim sprintevima. Kod sportova snage, plivača te veslača nije bilo napretka nakon treninga dišne muskulature. Kod praćenja napretka u dišnim parametrima napredak se ostvario u snazi i izdržljivosti dišnih mišića (MVV), a napretka nije bilo u FEV₁ i VO_{2max}. Određivanje koristi treninga dišne muskulature u pojedinim sportovima ograničeno je malim uzorkom, različitim metodama treninga dišne muskulature u pojedinim istraživanjima.

Markov (2001) istražuje je li povećanje biciklističke izdržljivosti nakon treninga dišne muskulature u zdravih netreniranih osoba (VO_{2max} 35 ± 9 ml/kg/min) povezano s povećanjem udarnog volumena srca, poznato kao efekt treninga izdržljivosti. Trinaest ispitanika provodilo je trening dišne muskulature (RMT) (*hyperpnea*) u trajanju od 15 tjedana s realizacijom od 40 treninga disanja. Svaki trening disanja sastojao se od 30 min disanja pri opterećenju od 60 % MVV u kojem je cilj bio održavati zadanu ventilaciju. Devet ispitanika provodilo je trening izdržljivosti (trčanje / vožnja bicikla) u istom vremenskom periodu, bez treninga dišne muskulature. Petnaest ispitanika bilo je u kontrolnoj skupini bez treninga. Skupina koja je provodila trening dišne muskulature povećala je izdržljivost vožnje bicikla pri opterećenju od 70% W_{max} (s 35,6 ± 11,9 na 44,2 ± 17,6 min p > 0,05), ali nije povećala W_{max}, VO_{2max}, kao ni udarni volumen srca. Izdržljivost dišne muskulature u zadanom testu opterećenja ispitanici su značajno povećali s 4,6 na 40 min. Skupina koja je provodila samo trening izdržljivosti povećala je VO_{2max}, W_{max} i izdržljivost vožnje bicikla pri opterećenju od 70 % W_{max}, ali nije povećala izdržljivost dišne muskulature (6,5 na 9,4 min). U kontrolnoj skupini nije bilo promjena. Autor zaključuje da povećanje izdržljivosti vožnje bicikla nije uvjetovano kardiovaskularnom adaptacijom te da dobiveni rezultati upućuju na važnost treninga dišne muskulature kao ograničavajućeg faktora kod primijenjenog opterećenja.

Vickery (2007) provodi vježbe disanja za optimiziranje respiracije u trajanju od 10 minuta dnevno u vremenskom periodu od 4 tjedna te utvrđuje značajan napredak u izvedbi na 20 km vožnje bicikla (smanjenje vremena za 1,5 %).

Boutellier (1992) proučava utjecaj specifičnog treninga dišnih mišića na vožnju bicikla kod zdravih netreniranih ispitanika. Program treninga dišnih mišića sastojao se od 30 minuta dnevno kroz 4 tjedna, uz uobičajeni trening izdržljivosti. Izdržljivost na anaerobnom pragu povećana je s 22,8 ± 1,8 min na 31,5 ± 12,6 min, dok promjene pri anaerobnom pragu i VO_{2max} nisu zabilježene. Nakon treninga dišne muskulature pri određenom intenzitetu dolazi do smanjenja ventilacije, kao i povećanja učinkovitosti izvedbe na anaerobnom pragu.

Illi (2012) provodi meta-analizu na zdravim ispitanicima na dva različita tipa treninga dišne muskulature: trening snage dišne muskulature i trening izdržljivosti dišne muskulature. Zaključuje da

će veći napredak ostvariti pojedinci koji imaju nižu razinu sposobnosti. Tipovi treninga ne razlikuju se po učinku, a veći efekt treninga ostvaruje se kad se rade simultano. Veći napredak utvrđen je u testovima s konstantnim opterećenjem u odnosu na konvencionalne progresivne testove.

Leith (1976) je proveo specifičan trening snage i izdržljivosti dišne muskulature kod mladih volontera u trajanju od 5 tjedana. Utvrdio je statistički značajno povećanje MVV za 14 % te zaključuje da adekvatni trening mišićne snage i izdržljivosti dovodi po povećanja sposobnosti dišne muskulature.

Boutellier (1998) proučava utjecaj četverotjednog treninga dišne muskulature u trajanju od 30 minuta dnevno, 5 x tjedno, kod tjelesno neaktivnih, ali i aktivnih ispitanika. Nakon treninga u obje skupine ispitanika povećala se izdržljivost dišne muskulature, kao i vrijeme izdržaja pri konstantnom opterećenju na biciklometru. Minutna ventilacija i koncentracija laktata u krvi bili su smanjeni nakon treninga pri istom opterećenju. Trening dišne muskulature nije utjecao na VO_{2max} . Autor zaključuje da trening dišne muskulature utječe na poboljšanje fizičke izvedbe, ali da je mehanizam koji je za to odgovoran nepoznat.

Ramirez-Sarmiento (2002) proučava utjecaj specifičnog treninga dišne muskulature kod kroničnih bolesnika s opstruktivnom bolešću pluća. Četrnaest pacijenata podijeljeno je slučajnim odabirom u eksperimentalnu (7 ispitanika koji provode specifičan trening dišne muskulature) i kontrolnu skupinu (7 ispitanika koji provode placebo trening). Ispitanici provode trening dišne muskulature pomoću uređaja za disanje 30 min na dan, 5 x na tjedan, kroz 5 tjedana. Eksperimentalna skupina ispitanika provodila je trenažni proces pri intenzitetu od 40 do 50 % maksimalnog inspiracijskog tlaka u režimu 3 min rada s 2 min pauze. Kontrolna skupina provodila je identičan trenažni proces, ali bez opterećenja. Nakon tretmana došlo je do povećanja mišićne snage i izdržljivosti inspiracijskih mišića (vanjski međurebreni mišići) u eksperimentalnoj, dok u kontrolnoj skupini promjene nisu zabilježene. Promjene su se mjerile pomoću testa snage za postizanje maksimalnog otpora prilikom disanja te izdržljivosti pri konstantnom opterećenju od 80 %.

Fairbairn (1991) istražuje utjecaj treninga dišne muskulature kod 10 dobro treniranih biciklista ($VO_{2max} > 60$ ml/kg/min) na sportsku izvedbu. Trening dišne muskulature sastojao se od 16 trenažnih tretmana, 4 tretmana na tjedan, kroz 4 tjedna. U eksperimentalnoj skupini bilo je 5 ispitanika koji su provodili trening disanja. Kontrolna skupina od 5 ispitanika nije provodila trening disanja. U istraživanju su praćeni maksimalni primitak kisika (VO_{2max}), maksimalni održivi ventilacijski kapacitet (MSVC) i izdržljivost vožnje bicikla na 90 % maksimalnog intenziteta dostignutog u VO_{2max} testu (t_{lim}). Nakon treninga dišne muskulature povećan je MSVC (s 155 ± 11 na $174 \pm 12,1$ l/min) u eksperimentalnoj skupini, dok su u ostalim parametrima u obje skupine vrijednosti ostale nepromijenjene. Zaključno, trening dišne muskulature od 4 tjedna dovodi do povećanja izdržljivosti

dišne muskulature, ali ne i do povećanja biciklističkih sposobnosti (VO_{2max} , t_{lim}).

Inbar (2000) utvrđuje utjecaj specifičnog inspiracijskog mišićnog treninga (SIMT) tijekom 10 tjedana na 20 dobro treniranih sportaša izdržljivosti. Sportaši (10 ispitanika) u eksperimentalnoj skupini provodili su SIMT 30 min na dan, 6 puta na tjedan, kroz 10 tjedana. Kontrolna skupina (10 ispitanika) provodila je placebo SIMT s istim uređajem u istom vremenskom periodu, ali bez otpora. Nakon trenažnog procesa, kod eksperimentalne skupine ispitanika utvrđeno je povećanje snage i izdržljivosti dišne muskulature, dok promjene u kontrolnoj skupini nisu zabilježene. U progresivnom testu opterećenja pri maksimalnom intenzitetu nakon treninga disanja vrijednosti VE_{max} i VO_{2max} ostaju nepromijenjene pa autor zaključuje da je potrebno provesti nastavak istraživanja kako bi se razjasnio utjecaj dišne muskulature na aerobni kapacitet.

Krishnan (1996) provodi istraživanje na 7 aktivnih ispitanika (VO_{2max} $48 \pm 0,2$ ml/kg/min; W_{max} 325 ± 16 W) pri konstantnom opterećenju od 80 % W_{max} postignutog u progresivnom testu na biciklergometru. Istražuje imaju li ispitanici potpomognuti aparaturom (aparatura olakšava disanje) bolje rezultate od izvedbe bez aparature. Ispitanici su provodili tri testiranja. Prvo testiranje za određivanje VO_{2max} i W_{max} na progresivnom testu opterećenja s povećanjem 25 W/min do otkaza. Nakon tri dana provodili su drugi test na 80 % W_{max} do otkaza bez aparature. Nakon 3 do 5 dana provodili su treći test na 80% W_{max} do otkaza, ali potpomognuti aparaturom za olakšano disanje. Između drugog i trećeg testa nije bilo statistički značajne razlike u ventilaciji, dubini disanja, frekvenciji disanja, potrošnji kisika, frekvenciji srca, a u konačnici ni u postignutom vremenu pri zadanom opterećenju od 80 % W_{max} . Izostanak poboljšanja u trajanju izvedbe podrazumijeva da funkcija dišnih mišića ne ograničava izdržljivost vježbe tijekom vožnje bicikla.

Bell (2013) provodi istraživanje na veslačima u disciplini 2000 metara uspoređujući razlike između udisajnog i izdisajnog treninga dišne muskulature u trajanju od 9 tjedana. Oba dišna treninga sastojala su se od 3 serije od 10 ponavljanja, 6 dana u tjednu, uz kombinaciju treninga snage i izdržljivosti. Obje skupine pokazale su jednaki napredak u veslanju na 2000 metara te zaključuje da nema dodatnog utjecaja, bilo udisajnog bilo izdisajnog treninga disanja kod veslača u kombinaciji s treningom snage i izdržljivosti.

Nava (1992) navodi da umor dišnih mišića ne narušava izvedbu trčanja tijekom kratkih dionica kod dobro treniranih sportaša. Nisu utvrđene promjene u FVC i FEV₁. Također navodi da razina pripremljenosti sportaša može dovesti do različitih zaključaka o utjecaju dišne muskulature na izvedbu sportaša.

4. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je ispitati utjecaj osmotjednog specifičnog treninga dišne muskulature, provedenog istovremeno sa standardnim biciklističkim treningom, na dinamičke plućne kapacitete, ekonomičnost vožnje bicikla te parametre za procjenu aerobnog kapaciteta i natjecateljske uspješnosti.

5. Hipoteza

Eksperimentalni program u trajanju od osam tjedana proizvest će statistički i praktički značajno poboljšanje uspješnosti u utrci individualnog kronometra od 4 kilometra, uz povećanje plućnih kapaciteta, ekonomičnosti te intenziteta pri anaerobnom pragu i maksimalnom opterećenju u progresivnom testu opterećenja na biciklu.

6. Metode istraživanja

6.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika sastoji se od 30 biciklista nacionalnog ranga, 15 u eksperimentalnoj skupini i 15 u kontrolnoj skupini, raspoređenih metodom slučajnog odabira. Da bi ispitanik bio uključen u istraživanje, morao je zadovoljiti minimalni kriterij od 90 % realizacije plana i programa treninga, kako u biciklističkom, tako i u specifičnom treningu disanja.

Ispitanici su anamnestički zdravi, bez posebnih antropometrijskih karakteristika. Sva mjerenja provedena su u skladu s etičkim načelima. Svakom ispitaniku prethodno je predloženo objašnjenje studije, mogući zdravstveni rizik i predviđeni postupak mjerenja. Ispitanici su mjerenju pristupili dobrovoljno. Laboratorijsko mjerenje obavljeno je u Laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Dijagnostičkog centra Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, a terensko mjerenje na biciklističkoj pisti u Zagrebu.

6.2. Uzorak varijabli

6.2.1. Mjera za procjenu natjecateljske uspješnosti

Kao terenska varijabla za procjenu natjecateljske uspješnosti korišteno je vrijeme u utrci individualnog kronometra od 4 km na otvorenoj biciklističkoj pisti (4 km).

Tablica 6.1. Legenda varijable za procjenu natjecateljske uspješnosti

| Oznaka | Naziv varijable | Mjerna jedinica |
|--------|---------------------------------------|-----------------|
| 4 km | 4 km individualni kronometar na pisti | sec |

6.2.2. Morfološke i mjere dinamičkih plućnih kapaciteta

Mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika obavljeno je u skladu s naputcima Međunarodnog biološkog programa (IBP, Weiner i Lourie, 1969 i Mišigoj-Duraković i sur., 1996.). Od morfoloških mjera u istraživanju su korištene mjere tjelesne visine, tjelesne težine, udjela potkožnog masnog tkiva i *body mass indeks* (tjelesna težina / tjelesna visina²). Dinamički plućni kapaciteti mjereni su pomoću spirometrijskog sustava i pripadajućeg programskog paketa (COSMED, Italy). Maksimalna voljna ventilacija (MVV) mjerena je u stojećoj poziciji kroz 12 sekundi prilikom koje je ispitanik provodio maksimalna, brza i duboka disanja.

Tablica 6.2. Morfološke i mjere dinamičnih plućnih kapaciteta

| Oznaka | Naziv varijable | Mjerna jedinica |
|----------|--|-----------------|
| ALVT | Tjelesna visina | cm |
| AVTT | Tjelesna težina | kg |
| %BF | Postotak potkožnog masnog tkiva | % |
| BMI | <i>Body mass indeks</i> | |
| FVC | Forsirani vitalni kapacitet | l |
| FEV1 | Forsirani ekspiracijski volumen u 1. sekundi | l |
| FEV1/FVC | Fiffeneauov indeks | % |
| MVV | Maksimalna voljna ventilacija | l |

6.2.3. Mjere za procjenu funkcionalnih sposobnosti

Spiroergometrijski sustav i pripadajući programski paket Quark b² (COSMED, Italy) omogućava kontinuirano *online, breath-by-breath* prikupljanje, grafički prikaz, tiskanje, pohranu i analizu mjerenih ventilacijskih i metaboličkih parametara, uz software *Quark b²* (Slika 6.8.).

Tablica 6.3. Legenda varijabli za procjenu funkcionalnih sposobnosti sportaša

| Oznaka | Naziv varijable | Mjerna jedinica |
|---------------------------|--|----------------------------|
| VO₂ | Primitak kisika | l/min |
| VCO₂ | Izdahnuti ugljični dioksid | l/min |
| R | Respiracijski kvocijent | - |
| VO₂/kg | Relativni primitak kisika | mlO ₂ /kg/min |
| VE | Minutna ventilacija | l/min |
| RF | Frekvencija disanja | b/min |
| VT | Dišni volumen | l |
| VE/VO₂ | Ventilacijski ekvivalent za kisik | - |
| VE/VCO₂ | Ventilacijski ekvivalent za ugljični dioksid | - |
| FEO₂ | % Izdahnutog kisika | % |
| FECO₂ | % Izdahnutog ugljičnog dioksida | % |
| Te | Vrijeme izdisaja | sec |
| Ti | Vrijeme udisaja | sec |
| Ttot | Vrijeme jednog ciklusa disanja | sec |
| Ti/Ttot | Omjer dužine udisaja i ukupnog ciklusa | % |
| | | |
| HR | Frekvencija srca | bmp/min |
| VO₂/HR | Puls kisika | mlO ₂ /bmp |
| C | Ekonomičnost | mlO ₂ /kg/min/W |

6.2.4. Mjera subjektivne procjene opterećenja

Tijekom testa, pored kontinuiranog praćenja ventilacijsko-metaboličkih parametara na zaslonu računala, praćen je subjektivni osjećaj opterećenja ispitanika pomoću modificirane Borgove skale (Borg, 1973). Praćenje subjektivnog osjećaja opterećenja tijekom testiranja daje značajnu informaciju o percepciji i toleranciji napora. Ljestvica po Borgu ima 15 kategorija percepcije intenziteta, a ista se nalazi na vidnom mjestu ispred ispitanika. Ispitanik pri svakom stupnju opterećenja na upit mjeritelja signalizira rukom kojem broju na ljestvici odgovara njegova percepcija opterećenja. Prije testa ispitanici su dobili upute za određivanje subjektivnog osjećaja opterećenja korištenjem modificirane tablice po Borgu.

Tablica 6.4. Ljestvica subjektivne procjene opterećenja (SPO) (Borg, 1973)

| Zone opterećenja | SPO | Subjektivni osjećaj |
|--------------------|-----|---------------------|
| Mirovanje | 0 | vrlo, vrlo lagano |
| Oporavak | 0 | vrlo, vrlo lagano |
| Oporavak | 1 | |
| Ekstenzivno | 2 | vrlo lagano |
| Ekstenzivno | 3 | |
| Ekstenzivno | 4 | prilično lagano |
| Intenzivno | 5 | |
| Intenzivno | 6 | |
| Intenzivno | 7 | ponešto teško |
| Prag | 8 | |
| Prag | 9 | teško |
| Anaerobno | 10 | |
| Anaerobno | 11 | vrlo teško |
| Snaga | 12 | |
| Snaga | 13 | vrlo, vrlo teško |

6.3. Testovi opterećenja na biciklu

Postupak mjerenja sastojao se od dva dolaska: prvi u inicijalnom, a drugi u finalnom mjerenju s razmakom od 8 tjedana. Postupci u oba mjerenja bili su identični. Svaki dolazak sastojao se od jutarnjeg (laboratorijskog) i popodnevnog (terenskog) mjerenja. Prije dolaska u laboratorij (1,5 do 3 sata) ispitanici su prema ustaljenim navikama konzumirali lagani obrok. Nakon laboratorijskog mjerenja ispitanici su imali vremena (3 do 6 sati) ponovno konzumirati lagani obrok do 1,5 sati prije terenskog testiranja. Terensko testiranje provelo se u popodnevnim satima u istom danu.

6.3.1. Kontinuirani test – test ekonomičnosti

Test ekonomičnosti provodio se na fiksnom opterećenju od 150 W (Hopker 2007, 2010) u trajanju od 10 minuta. Test počinje mjerenjem parametara u trajanju od 3 minute u mirovanju (za utvrđivanje VO_2 u mirovanju), nakon čega ispitanik vozi 10 minuta pri opterećenju od 150 W, a nakon isteka zadanog vremena ispitanik vozi 3 minute bez vanjskog opterećenja. Cilj testa je utvrditi koeficijent ekonomičnosti pri zadanom opterećenju od 150 W. Sam test ne izaziva veliko fiziološko opterećenje (kao npr. anaerobni procesi kod maksimalnih testova tipa kronometar na 20 ili 40 km (Romer i sur., 2002)), lako se može ponoviti, a podaci mogu biti korisni za natjecatelje, ali i za rekreativne bicikliste. Jednadžba za izračun ekonomičnosti je $C = (\text{VO}_{2\text{ss}} - \text{VO}_{2\text{mir}}) \times W^{-1}$ ($\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}/\text{w}$). Nakon pauze od 10 minuta u kojoj je dozvoljena rehidracija, ispitanik započinje s izvedbom drugog testa.

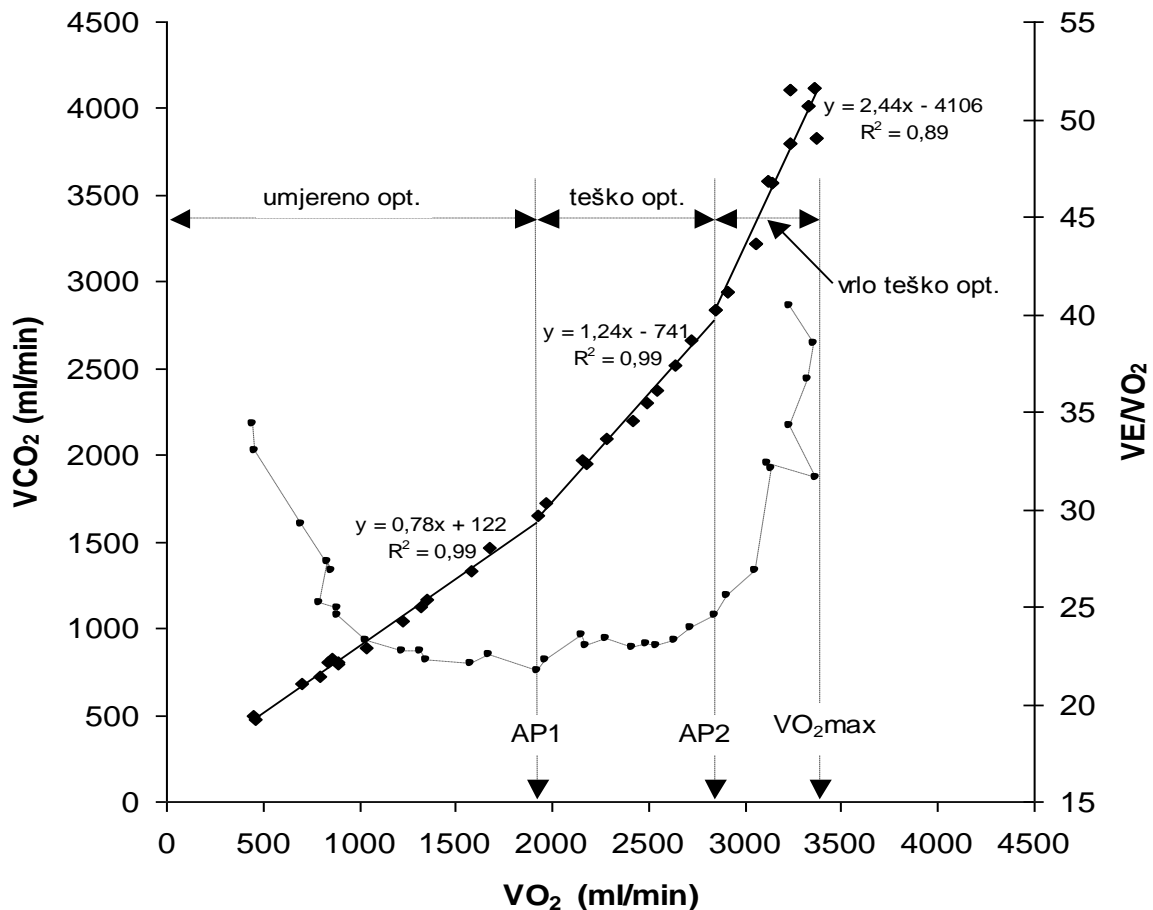
6.3.2. Progresivni test opterećenja – test aerobnog kapaciteta

Test počinje mjerenjem parametara u mirovanju u trajanju od jedne minute. Nakon toga slijedi početno opterećenje od 50 W u trajanju od jedne minute te se potom opterećenje povećava za 20 W svake minute. Test se prekida kad ispitanik zbog iscrpljenosti ili drugog razloga daje znak da nije u stanju nastaviti test. Tijekom testa ispitanik održava konstantnu frekvenciju okretaja pedala od 90/min. Nakon testa, ispitanik u oporavku nastavlja voziti još 3 minute bez opterećenja.

U 1. i 2. testu koristio se sustav *Quark b²* (Cosmed, Italija) koji omogućava kontinuirano (*breath-by-breath*) prikupljanje, grafički prikaz, pohranu i analizu mjerenih ventilacijskih i

metaboličkih parametara na način da je spojen preko sučelja i perifernih ulaza te upravljani pomoću osobnog računala i odgovarajućeg softvera.

Na osnovu dobivenih *breath-by-breath* parametara iz GXT_{VO_2max} testa određen je anaerobni prag (ANP), odnosno drugi ventilacijski – anaerobni prag (AP2) primjenom *V-slope* metode (neproporcionalni porast VCO_2 u odnosu na VO_2) i dodatno odnos VE/VO_2 (porast VE/VO_2 bez porasta VE/VCO_2) (Walsh i Davies, 1990) (Slika 6.1.).



Slika 6.1. Aerobni i anaerobni ventilacijski prag (AP1, AP2) određeni *V-slope* metodom (GXT_{VO_2max} test). VCO_2 i VO_2 = volumen izdahnutog ugljičnog dioksida i primitka kisika; VE/VO_2 = ventilacijski ekvivalent. Pri intenzitetu (primitku kisika) manjem od AP1 nagib regresijskog pravca VO_2/VCO_2 manji je od 1 (0.78), dok je iznad aerobnog praga nagib veći od 1 (1.24). Pri intenzitetu iznad AP2 dolazi do metaboličke acidoze što dovodi do hiperventilacije i povećanog izdavanja VCO_2 , naglog porasta ventilacijskog ekvivalenta i daljnjeg porasta nagiba regresijskog pravca VO_2/VCO_2 (2.44) od AP2 do VO_{2max} (Šentija i Vučetić, 2006).

6.3.3. Terenski test – 4 km individualni kronometar

Nakon pauze od 3 do 6 sati proveo se test 4 km individualni kronometar.

Test se provodio na otvorenoj biciklističkoj pisti, prema pravilima natjecanja za tu disciplinu, na biciklu.



Slika 6.2. Otvorena biciklistička pista u Zagrebu (Stadion u Kranjčevićevoj)

Opis biciklističke piste i izvedbe zadatka:

Biciklistička pista je duga 430,88 metara. Da bi biciklist prešao 4 km, potrebno je odvoziti 9 krugova i dodatnih 122,08 metara. Mjeritelj vremena bilježi vrijeme na prvih 122,08 metara te u svakom krugu. On ujedno ispitaniku odbrojava krugove te mu pokazuje broj krugova do kraja.

6.4. Trenažni proces

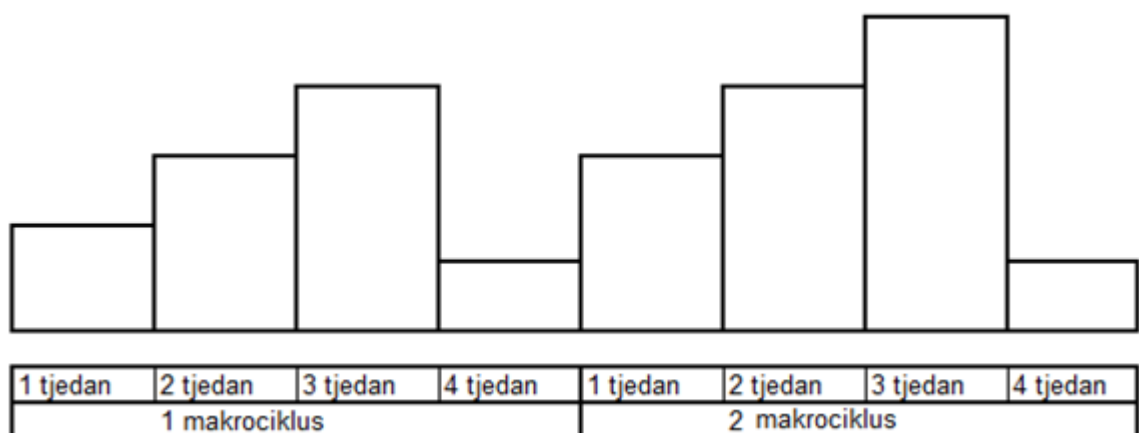
Trenažni proces sastojao se od dva osnovna dijela. Prvi dio odnosi se na klasičan biciklistički trening na biciklu (Friel, 1998; Burke 2002 i Juekendrup 2002), dok drugi dio predstavlja trening disanja bez bicikla.

Biciklistički trening realiziran je u natjecateljskom periodu biciklističke sezone od polovice srpnja (biciklistički vrhunac) do polovice rujna (završetak sezone), a bio je baziran na održavanju natjecateljskih sposobnosti te nesmetanom natjecanju tijekom tog vremenskog perioda.

Trening disanja sastojao se od jutarnjeg i večernjeg treninga dišne muskulature (Johnson i sur., 2007; Romer i sur., 2002 te William i sur., 2002) pomoću *Powerlung* uređaja te treninga tehnike disanja neposredno prije biciklističkog treninga (Vickery, 2007).

6.4.1. Plan biciklističkog treninga

Biciklistički trening programiran je za period od osam tjedana i podijeljen u dva osnovna makrociklusa. Svaki makrociklus sastoji se od četiri mikrociklusa od kojeg su tri mikrociklusa izgradnja, a četvrti regeneracija. Prvi makrociklus od četiri tjedna počinje s prvim tjednom od tri intervala te se u svakom sljedećem tjednu broj intervala povećava za jedan, a završava s pet intervala. Drugi makrociklus počinje s jednakim intenzitetom i trajanjem kao drugi tjedan prvog makrociklusa, odnosno s četiri intervala, te se povećava za jedan interval tjedno, ukupno do šest intervala u trećem tjednu. Šest intervala odgovara dužini jedne klasične MTB utrke od 120 minuta. Četvrti tjedan u oba makrociklusa je tjedan regeneracije koji se sastoji od lagane vožnje u trajanju od 60 do 90 minuta.



Slika 6.3. Prikaz periodizacije 8-tjednog treninga na biciklu

Razrada plana unutar makrociklusa bazirala se na tri udarna treninga tijekom utorka, srijede i četvrtka te dva relaksirajuća treninga u ponedjeljak i petak. Ponedjeljak je bio dan bez treninga na biciklu. Utorak je uključivao intervalni trening u trajanju od 6 minuta iznad anaerobnog praga pri okretajima pedale od 100 do 120 u minuti, uglavnom po ravnici, a služio je razvoju maksimalne brzine vožnje bicikla. Srijeda je podrazumijevala intervale u trajanju od 20 minuta na anaerobnom pragu na uspon, uz obavezne okretaje pedale od 40 okretaja u minuti. Pauza između intervala utorkom i srijedom iznosila je 1:1, što konkretno znači da je pauza utorkom iznosila 6 minuta, a u srijedu 20 minuta. Pod pauzom se podrazumijeva lagana vožnja na biciklu. Četvrtak je predstavljao tehnički trening na samoj MTB stazi kako bi se zadržao osjećaj vožnje bicikla po stazi. Intenzitet treninga kontroliran je pulsmetrom. Subota i nedjelja bili su rezervirani za nastupe na utrkama lokalnog karaktera.

Tablica 6.5. Prikaz plana treninga na biciklu

| | Trening na biciklu | 1 tjedan | 2 tjedan | 3 tjedan | 4 tjedan | 5 tjedan | 6 tjedan | 7 tjedan | 8 tjedan |
|-------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ponedjeljak | Puls | | | | | | | | |
| | do 60 % VO2max | odmor | odmor | odmor | odmor | odmor | odmor | odmor | odmor |
| Utorak | Puls | | | | | | | | |
| | anaeroban prag -max | 3 x 6 min | 4 x 6 min | 5 x 6 min | 1 - 1,5 sati | 4 x 6 min | 5 x 6 min | 6 x 6 min | 1 - 1,5 sati |
| Srijeda | Puls | | | | | | | | |
| | anaeroban prag | 3 x 20 min | 4 x 20 min | 5 x 20 min | 1 - 1,5 sati | 4 x 20 min | 5 x 20 min | 6 x 20 min | 1 - 1,5 sati |
| Četvrtak | Puls | | | | | | | | |
| | aeroban-anaeroban prag | 2 sata | 2 -3 sata | 2 - 4 sata | 1 - 1,5 sati | 2-3 sata | 2 - 4 sata | 3 - 5 sati | 1 - 1,5 sati |
| Petak | Puls | | | | | | | | |
| | do 60 % VO2max | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati | 1 - 1,5 sati |
| Subota | Puls | | | | | | | | |
| | aeroban-anaeroban prag | 2 sata | 2 -3 sata | 2 - 4 sata | 1 - 1,5 sati | 2 - 3 sata | 2 -4 sata | 3 -5 sati | 1 - 1,5 sati |
| Nedjelja | Puls | | | | | | | | |
| | aerobni-anaerobni prag | utrka | utrka | utrka | utrka | utrka | utrka | utrka | utrka |

6.4.2. Plan treninga disanja

U treningu disanja koristile su se dvije metode. Prva metoda odnosi se na voljnu kontrolu disanja (Vickery, 2007) koja ima za cilj produžiti izdisaj, dok druga metoda ima za cilj jačanje dišne muskulature pomoću uređaja za disanje (Johnson i sur., 2007; Romer i sur., 2002 te William i sur., 2002). Obje metode provodile su se u periodu od 8 tjedana.

a) **Trening voljne kontrole disanja**

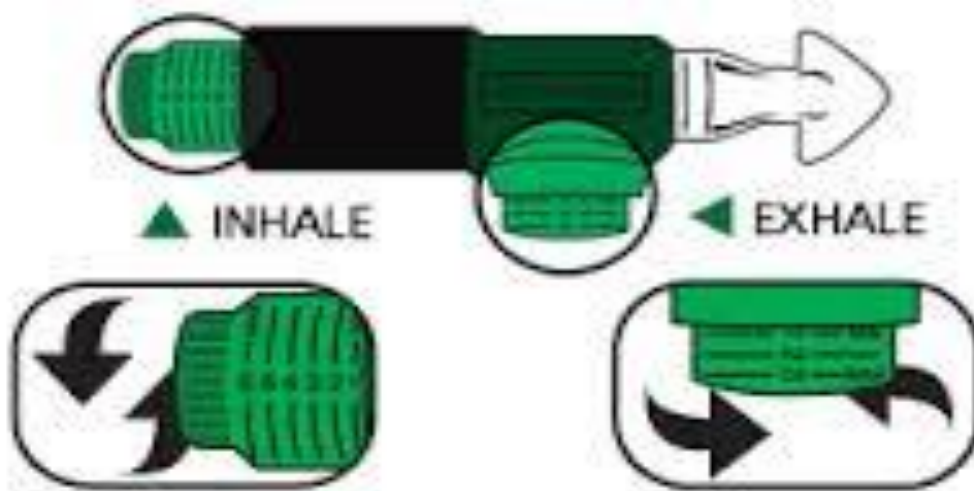
Ispitanik leži na leđima s ispruženim nogama s obje ruke na gornjem dijelu prsnog koša, nadlaktice su paralelne uz tijelo i u dodiru s podlogom, a šake ne smiju biti prekrížene. Prvi ciklus disanja započinje udahom kroz nos, a izdisajem kroz usta. Prilikom prvog izdisaja ispitanik rukama pritišće gornji dio prsnog koša tako da se opseg prsnog koša smanji na kraju izdisaja. Zadržava tu poziciju tijekom cijelog treninga disanja koristeći pritisak ruku. Svi ostali udisaji i izdisaji moraju biti isključivo kroz nos, koristeći ošit i donji dio trbuha koji se prilikom udaha pomiče prema gore, a prilikom izdisaja prema dolje. Ciklus disanja traje od 6 do 8 sekundi, a provodi se u zadanom ritmu 1, 2, 3, 4. UDISAJ na 1, IZDISAJ na 2 i 3, a PAUZA na 4. Cilj zadanog ritma disanja je da izdisaj traje dva puta duže od udisaja. Nakon izdisaja je pauza čime završava jedan cijeli ciklus. Na početku treninga disanja počinje se s 5 pravilnih ciklusa disanja koji se radi umora mogu izmjenjivati s dosadašnjim načinom disanja (npr. 5 pravilnih ciklusa, 5 slobodnih ciklusa, 5 pravilnih ciklusa). Tijekom treninga povećava se broj zadanih ciklusa disanja, sve dok ispitanik ne uspije zadani ritam provoditi kontinuirano kroz 10 minuta.



Slika 6.4. Prikaz položaja prilikom izvođenja prve metode tehnike disanja

b) Trening jačanja dišne muskulature

Trening jačanja dišne muskulature (Johnson i sur., 2007; Romer i sur., 2002 te William i sur., 2002) sastoji se od 30 maksimalno dinamičnih udaha (30 RM) pomoću *Powerlung* uređaja (*PowerLung Active Series Trainer*), a provodi se dva puta dnevno (ujutro i navečer).

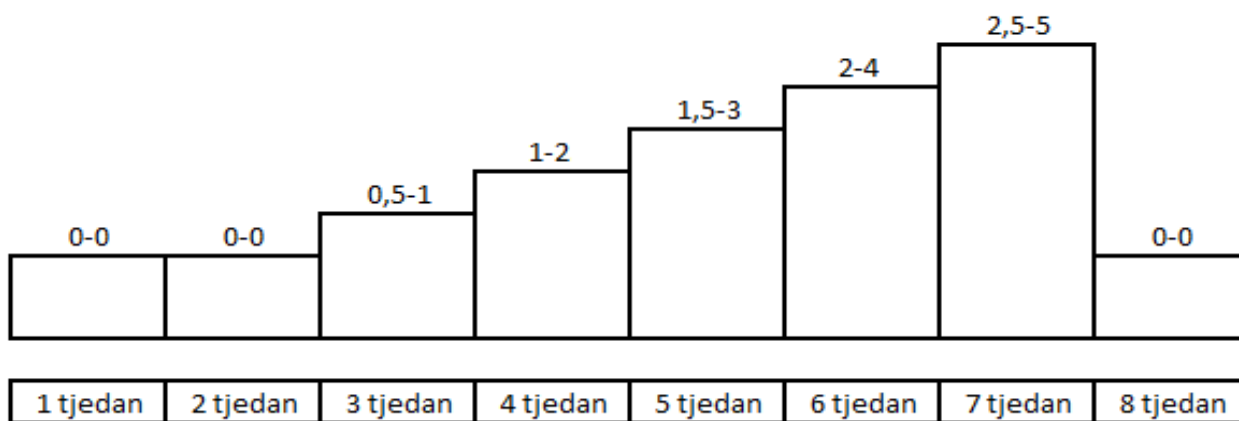


Slika 6.5. Prikaz *PowerLung* uređaja



Slika 6.6. Prikaz *PowerLung* uređaja

Opterećenje na *Powerlung* uređaju treba biti podešeno za mogućnost izvođenja maksimalno 30 ponavljanja bez pauze. Jedan ciklus disanja (udah – izdah) traje približno 6 do 8 sekundi, uz identičan ritam udisaja i izdisaja (Vickery, 2007). Disanje se provodi isključivo kroz usta. Uređaj ima dva ventila kojima je moguće dozirati opterećenje. Jedan ventil je usisni, a drugi isisni. Usisni ventil ima opterećenje od 0 do 6, a isisni ventil od 0 do 3. Preporuka je prva dva tjedna treninga raditi isključivo bez opterećenja, dok je svaki tjedan poželjno zategnuti usisni ventil za 1, a isisni za 0,5 kruga. Tijekom trenažnog procesa opterećenje se povećava kako bi se uvijek napravilo 30 dinamičkih udaha i izdaha u jednom ciklusu. Jedan trening traje od 3 do 5 minuta.



Slika 6.7. Prikaz periodizacije treninga pomoću *PowerLung* uređaja

Tablica 6.6. Prikaz plana treninga tehnike disanja

| | Trening disanja | 1 tjedan | 2 tjedan | 3 tjedan | 4 tjedan | 5 tjedan | 6 tjedan | 7 tjedan | 8 tjedan |
|-------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Ponedjeljak | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Utorak | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Srijeda | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Četvrtak | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Petak | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Subota | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| Nedjelja | Ujutro PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |
| | Voljna kontrola disanja | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga | Prije treninga |
| | Navečer PowerLung | 0-0 30RM | 0-0 30RM | 0,5-1 30RM | 1-2 30RM | 1,5-3 30RM | 2-4 30RM | 2,5-5 30RM | 0-0 30RM |

6.5. Mjerna oprema

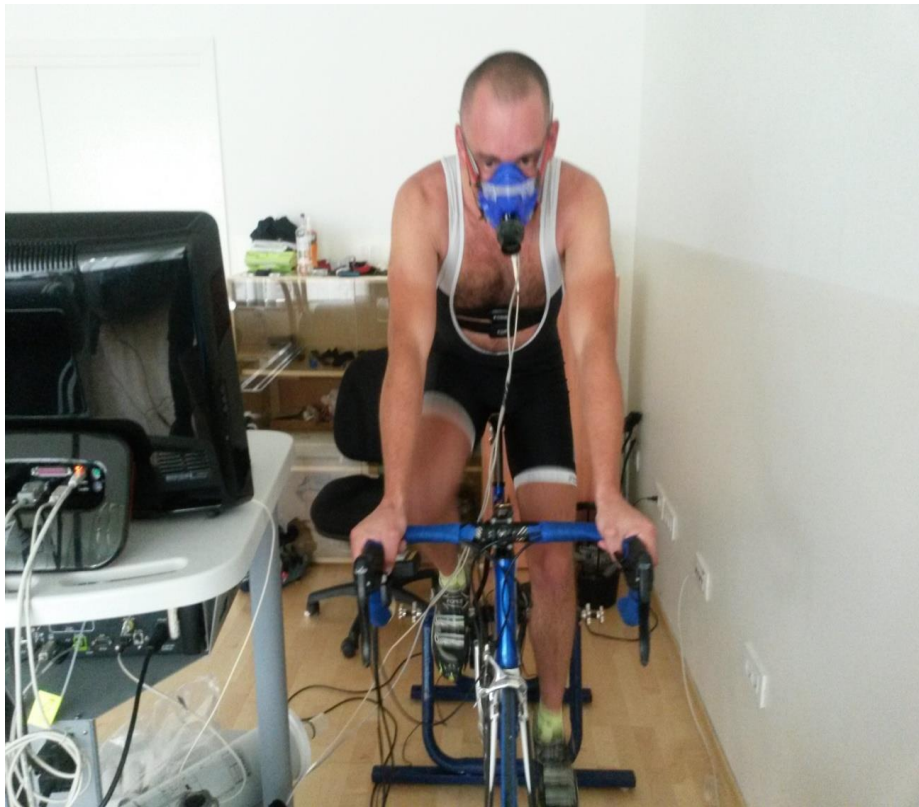
U ovom istraživanju korištena je sljedeća mjerna oprema:

- Antropometrijski set (GPM, Švicarska)
- Kaliper (*John Bull*, USA)
- *Quark b²* (*Cosmed*, Italija) automatizirani, kompjutorizirani sustav koji omogućava kontinuirano (*breath-by-breath*) prikupljanje, grafički prikaz, tiskanje, pohranu i analizu mjerenih ventilacijskih i metaboličkih parametara, uz software *Quark b²*. Mjerni se sustav sastoji od respiracijske maske za nos i usta (*Hans Rudolph*, USA) koja je spojena na bidirekcionalnu turbinu s optoelektričnim čitačem protoka zraka. Od turbine uzorak zraka (1 ml/s) odvodi se putem *Nafion Permapure*® kapilarne cijevi (odstranjuje vlagu ne mijenjajući koncentraciju plinova) do brzih analizatora za O₂ (cirkonijski) i CO₂ (infracrveni). Analizatori mjere koncentraciju plinova (O₂ i CO₂) s preciznošću od ± 0.03 %. Nakon analogno-digitalne konverzije signala omogućeno je kontinuirano online *breath-by-breath* praćenje primitka kisika (VO₂, STPD), izdahnutog ugljičnog dioksida (VCO₂, STPD), frekvencije srčanog ritma (HR), minutnog volumena disanja (VE, BTPS), respiracijskog kvocijenta (R), koncentracije plinova u izdahnutom zraku (FeCO₂, FeO₂), dišnog volumena (VT), frekvencije disanja (RF), pulsa kisika (VO₂/HR), dišnih ekvivalenata za kisik (VE/VO₂) i ugljični dioksid (VE/VCO₂); dužine udisaja (T_i), dužine izdisaja (T_e), ukupnog trajanja ciklusa disanja (T_{tot}) te omjera dužine udisaja i ukupnog ciklusa disanja (T_i/T_{tot}). Prije svakog testa aparatura se baždari pomoću 3-litrene pumpe, dok se analizatori baždare s mješavinom plina poznate koncentracije (16 % O₂ i 5.20 % CO₂, N₂ rest)



Slika 6.8. Sustav *Quark b²*

- *Polar Electro OY CE 0537* (*Polar Electro*, Finska) telemetrijski sustav za praćenje frekvencije srčanog ritma. Sustav se sastoji od dvije elektrode s odašiljačem (dometa od 1 metar) koji se pomoću elastične trake pričvršćuje oko grudnog koša, te prijamnika
- Biciklergometar – testiranje rađeno je pomoću trenažera *CompuTrainer Pro Lab* (*CompuTrainer*, USA) i PC-a s programskom podrškom softvera *CompCS* (*CompuTrainer*, USA). Tijekom testiranja ispitanici su nosili monitor za praćenje frekvencije srca te masku prilagođene veličine



Slika 6.9. Laboratorijsko testiranje na biciklergometru

- MTB – bicikl za terensko testiranje

Opis:

Rama – Carbon 29“, Vilica – Rock Shox Recon Gold

Prednji i stražnji mjenjač – Shimano Deore XT, 20 brzina

Ručice mjenjača – Shimano Deore XT

Pogon – Shimano Deore XT M

Prednja i stražnja kočnica – Magura Custom, hidraulični diskovi

Vanjske gume – Schwalbe Racing Ralph Performance 29 x 2,25, FV

Obruči – Rodi AM60 Disc, alu dupli obruč

Težina – 10,9 kg



Slika 6.10. MTB bicikl za terensko testiranje na biciklističkoj pisti

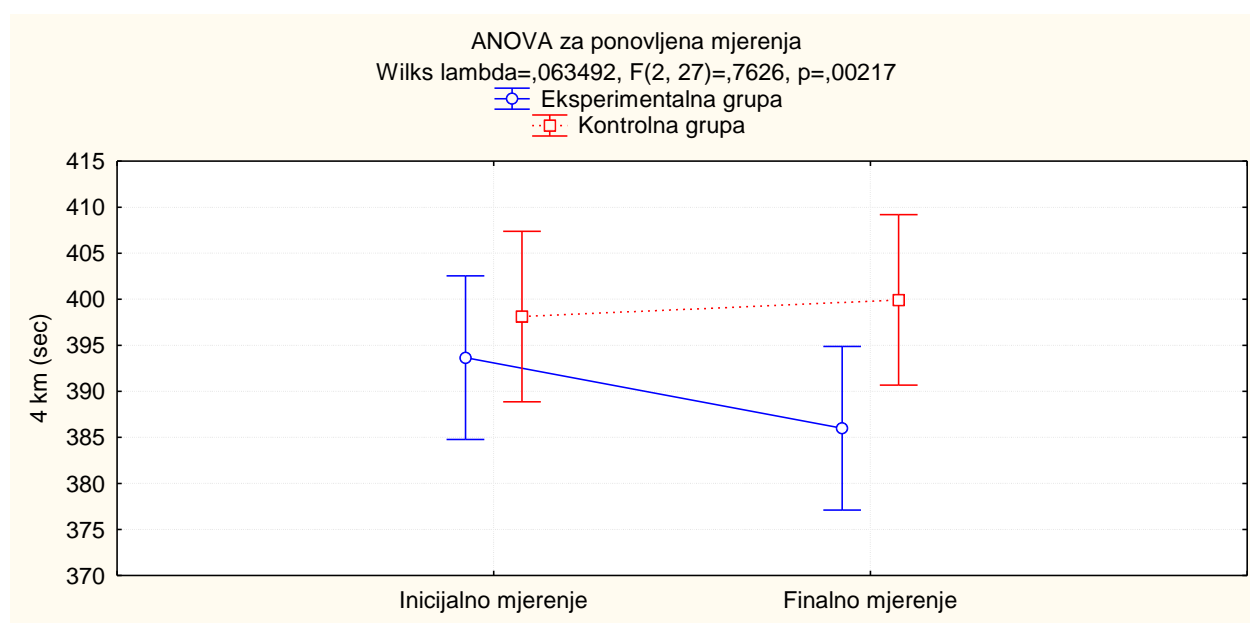
6.6. Metode obrade i analize podataka

Nakon obavljenih mjerenja pristupilo se unosu, obradi podataka i statističkoj analizi rezultata koja je izvršena korištenjem statističkog programa *Statistica for Windows 7.0*. Spomenuti programski paket poslužio je za računanje osnovnih statističkih parametara, testiranje i analizu razlike te za tablični i grafički prikaz rezultata. Za neke dodatne grafičke prikaze i izračune korišten je *Microsoft Office Excel 2007* program unutar *Windows XP* operacijskog sustava. Kolmogorov-Smirnovim testom (K-S) testirana je normalna distribucija za svaku od varijabli. U deskriptivnoj statistici koristili su se pokazatelji: aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD). Razlike između inicijalnog i finalnog provjeravanja kod eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane su Studentovim t-testom za zavisne uzorke, a razlike između eksperimentalne i kontrolne grupe u inicijalnom i finalnom mjerenju utvrđene su dvofaktorskom analizom varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja.

7. Rezultati

Svi su ispitanici uspješno proveli program eksperimentalnog i kontrolnog treninga. U kontrolnoj skupini ispitanika tijekom eksperimenta nije došlo do statistički značajne promjene u svim testiranim varijablama. U eksperimentalnoj skupini ispitanika utvrđeno je poboljšanje u utrci na biciklističkoj pisti u individualnom kronometru na 4 km (Tablica 7.1.). Također je utvrđeno povećanje intenziteta pri anaerobnom pragu (Tablica 7.5.), kao i povećanje maksimalnog intenziteta (Tablica 7.4.) u progresivnom testu opterećenja. Eksperimentalna skupina ispitanika također je povećala maksimalni voljni volumen disanja (Tablica 7.2.), kao i ekonomičnost vožnje bicikla pri 150 W (Tablica 7.3.).

7.1. Rezultati na biciklističkoj pisti u utrci na 4 km



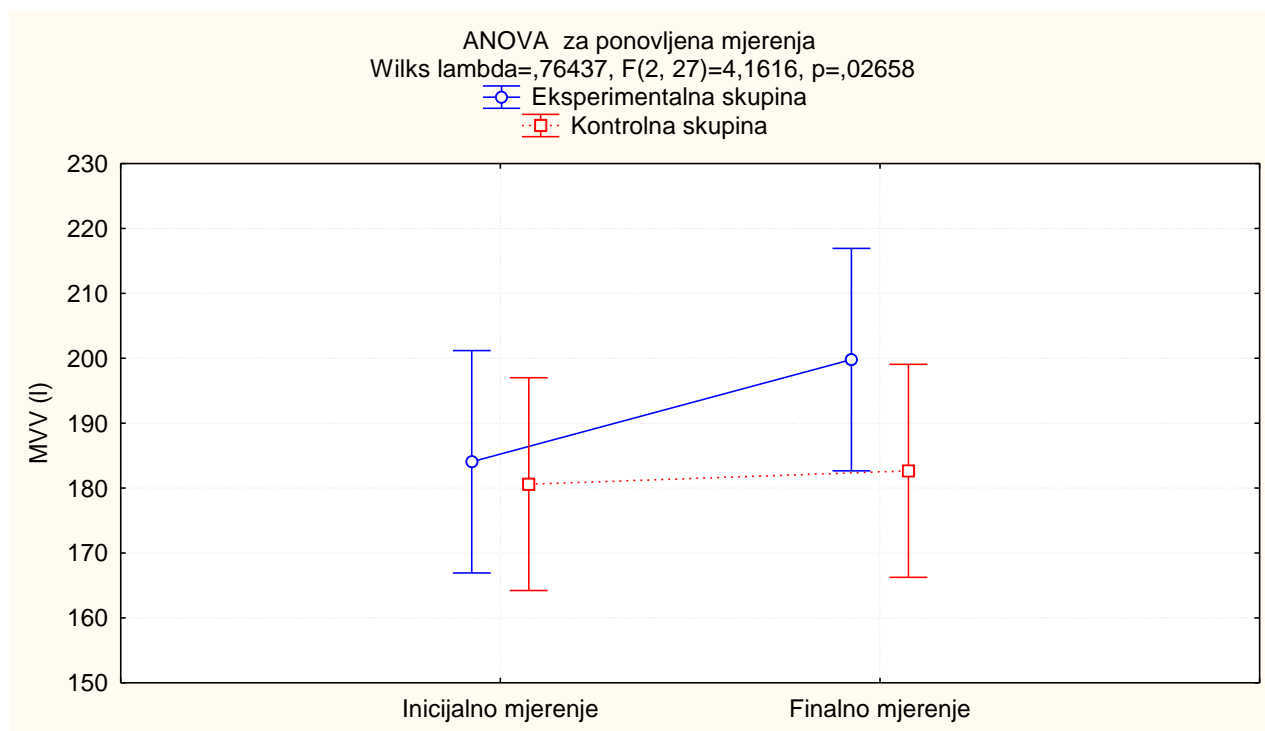
Slika 7.1. Rezultati u varijabli 4 km individualnog kronometra

Tablica 7.1. Postignuto vrijeme u utrci na 4 km

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | AS±SD | AS±SD | P _(eks) | P _(kon) | P _(ANOVA) |
| 4 km (sec)_I | 393,4 ± 19,1 | 398,1 ± 16,3 | | | |
| 4 km (sec)_F | 386,1 ± 12,9 | 399,6 ± 18,3 | 0,01 | 0,39 | 0,00 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

7.2. Morfološke značajke i dinamički plućni kapaciteti



Slika 7.2. Rezultati u varijabli maksimalna voljna ventilacija (MVV)

Tablica 7.2. Morfološke karakteristike i dinamički plućni kapaciteti

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P _(eks) | P _(kon) | P _(ANOVA) |
| ALVT (cm)_I | 180,0 ± 8,2 | 179,1 ± 4,0 | | | |
| ALVT (cm)_F | 180,2 ± 8,0 | 179,3 ± 3,7 | 0,33 | 0,22 | 0,83 |
| ALTT (kg)_I | 73,7 ± 14,2 | 70,7 ± 13,1 | | | |
| ALTT (kg)_F | 74,1 ± 14,1 | 71,3 ± 13,1 | 0,64 | 0,19 | 0,90 |
| BMI_I | 22,6 ± 3,5 | 22,0 ± 3,7 | | | |
| BMI_F | 22,7 ± 3,2 | 22,1 ± 3,7 | 0,76 | 0,28 | 0,89 |
| masno tkivo (%)_I | 10,3 ± 6,2 | 10,4 ± 4,9 | | | |
| masno tkivo (%)_F | 10,0 ± 5,4 | 10,1 ± 5,1 | 0,78 | 0,30 | 0,99 |
| FVC (l)_I | 6,1 ± 1,0 | 5,7 ± 0,7 | | | |
| FVC (l)_F | 6,1 ± 1,0 | 5,7 ± 0,7 | 0,77 | 0,51 | 0,50 |
| FEV₁ (l)_I | 4,8 ± 0,5 | 4,7 ± 0,5 | | | |
| FEV₁ (l)_F | 4,9 ± 0,7 | 4,7 ± 0,5 | 0,60 | 0,66 | 0,70 |
| FEV₁/FVC (%)_I | 81 ± 7 | 83 ± 7 | | | |
| FEV₁/FVC (%)_F | 81 ± 7 | 82 ± 7 | 0,96 | 0,28 | 0,62 |
| MVV (l)_I | 184,1 ± 31,0 | 180,6 ± 30,9 | | | |
| MVV (l)_F | 199,8 ± 33,3 | 182,6 ± 31,0 | 0,00 | 0,44 | 0,02 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

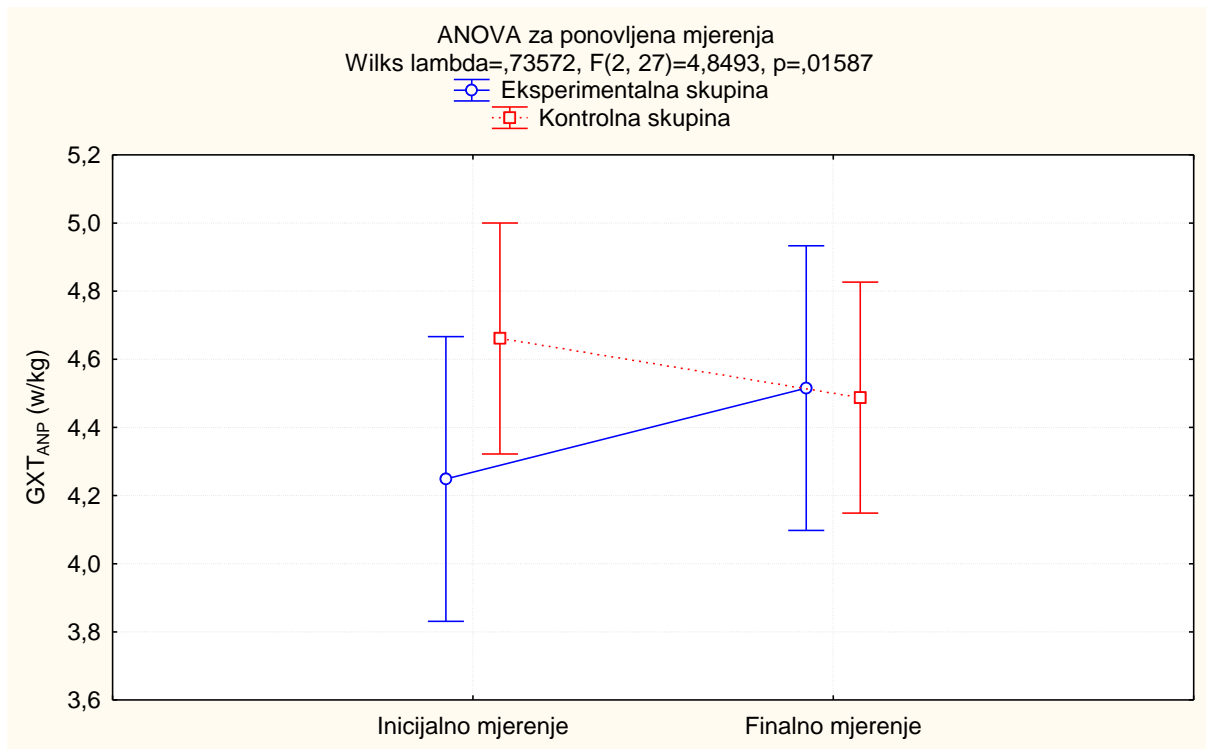
7.3. Test ekonomičnosti vožnje bicikla (C₁₅₀)

Tablica 7.3. Ekonomičnost vožnje bicikla pri opterećenju od 150 watta

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P_(eks) | P_(kon) | P_(ANOVA) |
| Ekonomičnost (mlO₂/kg/min/W)_I | 0,198 ± 0,044 | 0,178 ± 0,031 | | | |
| Ekonomičnost (mlO₂/kg/min/W)_F | 0,182 ± 0,038 | 0,180 ± 0,030 | 0,02 | 0,83 | 0,17 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

7.4. Progressivni test opterećenja

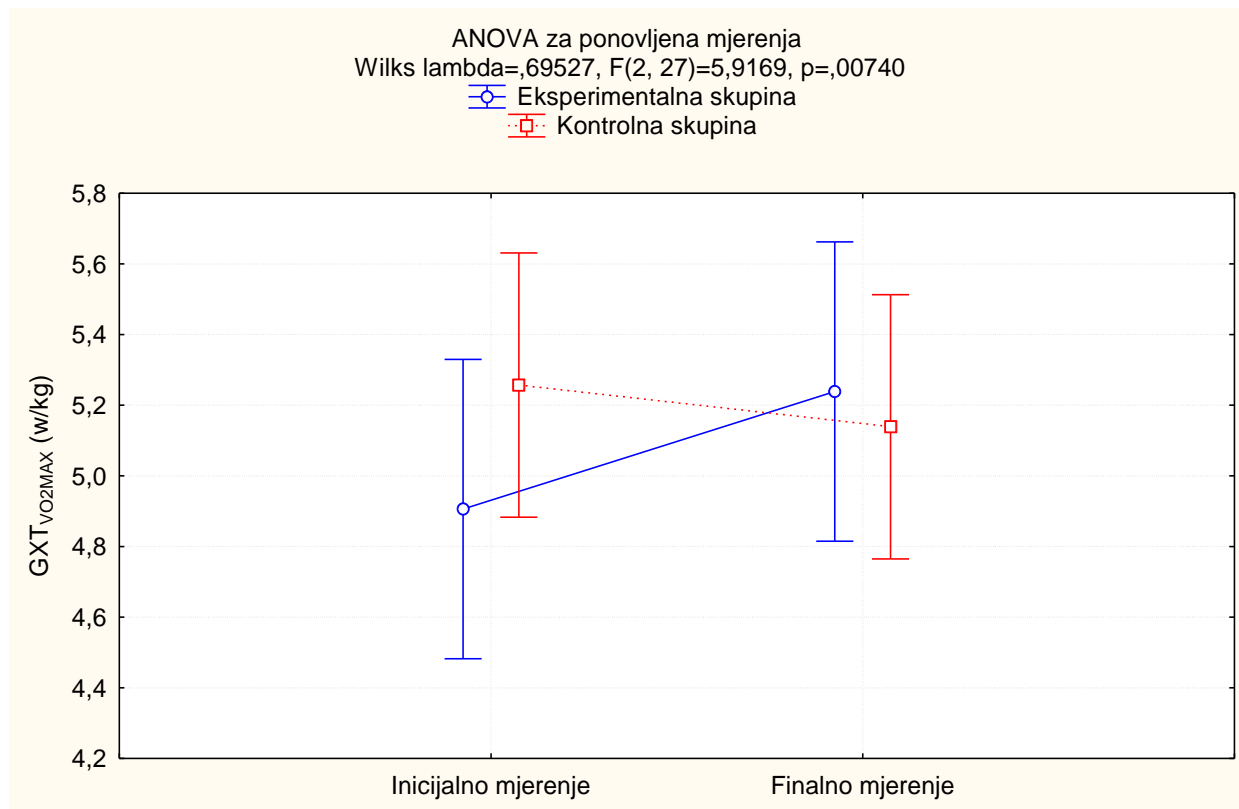


Slika 7.3. Rezultati u varijabli GXT_{ANP} (W/kg)

Tablica 7.4. Intenzitet pri anaerobnom pragu

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | $P_{(eks)}$ | $P_{(kon)}$ | $P_{(ANOVA)}$ |
| GXT_{anp_I} (W) | 304,7 ± 43,1 | 322,0 ± 24,8 | | | |
| GXT_{anp_F} (W) | 326,0 ± 32,5 | 314,0 ± 24,1 | 0,00 | 0,12 | 0,01 |
| GXT_{anp_I} (W/kg) | 4,25 ± 0,8 | 4,6 ± 0,7 | | | |
| GXT_{anp_F} (W/kg) | 4,52 ± 0,7 | 4,4 ± 0,5 | 0,01 | 0,25 | 0,01 |

$P_{(eks)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, $P_{(kon)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, $P_{(ANOVA)}$ – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja



Slika 7.4. Rezultati u varijabli GXT_{VO2max} (W/kg)

Tablica 7.5. Intenzitet pri maksimalnom opterećenju u progresivnom testu

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | $P_{(eks)}$ | $P_{(kon)}$ | $P_{(ANOVA)}$ |
| GXT_{VO2max_I} (W) | 353,3 ± 44,5 | 363,3 ± 25,8 | | | |
| GXT_{VO2max_F} (W) | 378,6 ± 31,5 | 360,0 ± 29,7 | 0,00 | 0,59 | 0,00 |
| GXT_{VO2max_I} (W/kg) | 4,9 ± 0,8 | 5,2 ± 0,7 | | | |
| GXT_{VO2max_F} (W/kg) | 5,2 ± 0,8 | 5,1 ± 0,6 | 0,00 | 0,22 | 0,00 |

$P_{(eks)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, $P_{(kon)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, $P_{(ANOVA)}$ – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

Tablica 7.6. Parametri u mirovanju na biciklu prije početka progresivnog testa opterećenja

| | Eksperimentalna skupina(n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P_(eks) | P_(kon) | P_(ANOVA) |
| HR (bpm)_I | 80 ± 12 | 80 ± 14 | | | |
| HR (bpm)_F | 74 ± 10 | 73 ± 9 | 0,01 | 0,60 | 0,91 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 6,9 ± 1,9 | 6,5 ± 1,1 | | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 6,2 ± 1,1 | 6,3 ± 1,1 | 0,22 | 1,00 | 0,75 |
| VO₂ (ml)_I | 510 ± 145 | 457 ± 84 | | | |
| VO₂ (ml)_F | 452 ± 53 | 451 ± 109 | 0,20 | 0,64 | 0,50 |
| VCO₂ (ml)_I | 481 ± 160 | 422 ± 93 | | | |
| VCO₂ (ml)_F | 420 ± 60 | 398 ± 113 | 0,23 | 0,34 | 0,36 |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_I | 6,6 ± 2,2 | 6,0 ± 1,6 | | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_F | 6,2 ± 1,1 | 6,2 ± 1,2 | 0,48 | 0,56 | 0,67 |
| R_I | 0,94 ± 0,14 | 0,93 ± 0,17 | | | |
| R_F | 0,93 ± 0,08 | 0,88 ± 0,07 | 0,80 | 0,38 | 0,17 |
| VE (l)_I | 15,8 ± 4,5 | 14,5 ± 3,3 | | | |
| VE (l)_F | 13,4 ± 2,0 | 13,0 ± 3,3 | 0,08 | 0,68 | 0,65 |
| RF (br)_I | 15 ± 4 | 15 ± 3 | | | |
| RF (br)_F | 11 ± 3 | 14 ± 4 | 0,02 | 0,80 | 0,09 |
| VT (l)_I | 1,1 ± 0,5 | 0,9 ± 0,4 | | | |
| VT (l)_F | 1,2 ± 0,4 | 0,9 ± 0,3 | 0,56 | 0,16 | 0,09 |
| VE/VO₂_I | 31,2 ± 4,3 | 32,2 ± 6,8 | | | |
| VE/VO₂_F | 29,7 ± 3,3 | 29,0 ± 3,6 | 0,30 | 0,94 | 0,73 |
| VE/VCO₂_I | 33,5 ± 5,2 | 34,5 ± 3,3 | | | |
| VE/VCO₂_F | 32,0 ± 2,4 | 33,1 ± 4,0 | 0,29 | 0,33 | 0,64 |
| FEO₂ (%)_I | 16,77 ± 0,46 | 16,78 ± 0,52 | | | |
| FEO₂ (%)_F | 16,62 ± 0,51 | 16,57 ± 0,53 | 0,39 | 0,33 | 0,96 |
| FECO₂ (%)_I | 3,96 ± 0,48 | 3,84 ± 0,32 | | | |
| FECO₂ (%)_F | 3,96 ± 0,33 | 3,93 ± 0,45 | 0,96 | 0,75 | 0,98 |
| T_i (sec)_I | 1,9 ± 1,0 | 1,7 ± 0,5 | | | |
| T_i (sec)_F | 2,5 ± 1,1 | 1,8 ± 0,7 | 0,17 | 0,46 | 0,20 |
| T_e (sec)_I | 2,4 ± 0,8 | 2,2 ± 0,4 | | | |
| T_e (sec)_F | 3,16 ± 1,0 | 2,6 ± 1,2 | 0,03 | 0,75 | 0,45 |
| T_{tot} (sec)_I | 4,3 ± 1,7 | 3,9 ± 0,8 | | | |
| T_{tot} (sec)_F | 5,6 ± 2,0 | 4,5 ± 1,9 | 0,07 | 0,60 | 0,29 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 44 ± 0,07 | 43 ± 0,1 | | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 44 ± 0,06 | 42 ± 0,1 | 0,86 | 0,60 | 0,81 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

Tablica 7.7. Parametri pri intenzitetu od 150 watta (W_{150}) u progresivnom testu opterećenja

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | $P_{(eks)}$ | $P_{(kon)}$ | $P_{(ANOVA)}$ |
| HR (bmp)_I | 139 ± 17 | 134 ± 14 | | | |
| HR (bmp)_F | 130 ± 17 | 133 ± 13 | 0,00 | 0,60 | 0,01 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 36,6 ± 7,3 | 33,2 ± 5,4 | | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 33,7 ± 6,5 | 33,2 ± 4,5 | 0,01 | 1,00 | 0,20 |
| VO₂ (ml)_I | 2643 ± 245 | 2316 ± 359 | | | |
| VO₂ (ml)_F | 2445 ± 287 | 2350 ± 230 | 0,04 | 0,64 | 0,02 |
| VCO₂ (ml)_I | 2213 ± 214 | 1951 ± 277 | | | |
| VCO₂ (ml)_F | 2160 ± 273 | 2015 ± 211 | 0,57 | 0,34 | 0,02 |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_I | 19,1 ± 2,6 | 17,4 ± 3,6 | | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_F | 19,1 ± 3,7 | 17,7 ± 2,3 | 0,98 | 0,56 | 0,36 |
| R_I | 0,84 ± 0,04 | 0,85 ± 0,05 | | | |
| R_F | 0,88 ± 0,04 | 0,86 ± 0,04 | 0,01 | 0,38 | 0,20 |
| VE (l)_I | 60,5 ± 9,6 | 53,4 ± 8,7 | | | |
| VE (l)_F | 51,3 ± 6,9 | 54,3 ± 6,5 | 0,01 | 0,68 | 0,04 |
| RF (br)_I | 28 ± 6 | 27 ± 4 | | | |
| RF (br)_F | 16 ± 4 | 27 ± 5 | 0,00 | 0,80 | 0,00 |
| VT (l)_I | 2,1 ± 0,3 | 1,9 ± 0,3 | | | |
| VT (l)_F | 3,2 ± 0,8 | 2,0 ± 0,3 | 0,00 | 0,16 | 0,00 |
| VE/VO₂_I | 22,8 ± 2,6 | 23,1 ± 1,8 | | | |
| VE/VO₂_F | 21,0 ± 2,5 | 23,1 ± 2,2 | 0,05 | 0,94 | 0,05 |
| VE/VCO₂_I | 27,2 ± 2,9 | 27,4 ± 2,2 | | | |
| VE/VCO₂_F | 23,8 ± 2,4 | 27,0 ± 2,0 | 0,00 | 0,33 | 0,00 |
| FEO₂ (%)_I | 15,51 ± 0,71 | 15,56 ± 0,41 | | | |
| FEO₂ (%)_F | 14,99 ± 0,70 | 15,63 ± 0,51 | 0,03 | 0,33 | 0,01 |
| FECO₂ (%)_I | 4,81 ± 0,59 | 4,77 ± 0,34 | | | |
| FECO₂ (%)_F | 5,32 ± 0,52 | 4,76 ± 0,35 | 0,00 | 0,75 | 0,00 |
| T_i (sec)_I | 1,0 ± 0,4 | 0,9 ± 0,1 | | | |
| T_i (sec)_F | 1,6 ± 0,5 | 1,0 ± 0,1 | 0,00 | 0,46 | 0,00 |
| T_e (sec)_I | 1,1 ± 0,2 | 1,2 ± 0,2 | | | |
| T_e (sec)_F | 2,1 ± 0,7 | 1,2 ± 0,2 | 0,00 | 0,75 | 0,00 |
| T_{tot} (sec)_I | 2,2 ± 0,6 | 2,2 ± 0,4 | | | |
| T_{tot} (sec)_F | 3,8 ± 1,2 | 2,2 ± 0,4 | 0,00 | 0,60 | 0,00 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 46 ± 0,04 | 44 ± 0,03 | | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 43 ± 0,05 | 44 ± 0,03 | 0,09 | 0,68 | 0,19 |
| BORG_I | 2,1 ± 1,7 | 2,1 ± 1,9 | | | |
| BORG_F | 0,9 ± 1,0 | 1,2 ± 1,5 | 0,01 | 0,01 | 0,75 |

$P_{(eks)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, $P_{(kon)}$ – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, $P_{(ANOVA)}$ – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

Tablica 7.8. Parametri pri anaerobnom pragu

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P _(eks) | P _(kon) | P _(ANOVA) |
| HR (bpm)_I | 181 ± 10 | 182 ± 12 | | | |
| HR (bpm)_F | 184 ± 9 | 179 ± 11 | 0,05 | 0,07 | 0,02 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 57,5 ± 9,7 | 58,5 ± 6,3 | | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 57,9 ± 8,1 | 56,3 ± 6,5 | 0,60 | 0,16 | 0,30 |
| VO₂ (ml)_I | 4188 ± 521 | 4077 ± 416 | | | |
| VO₂ (ml)_F | 4211 ± 524 | 4000 ± 439 | 0,71 | 0,37 | 0,43 |
| VCO₂ (ml)_I | 4030 ± 482 | 3927 ± 362 | | | |
| VCO₂ (ml)_F | 4325 ± 573 | 3892 ± 454 | 0,00 | 0,73 | 0,03 |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_I | 23,2 ± 3,7 | 22,4 ± 3,1 | | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_F | 22,9 ± 3,5 | 22,4 ± 3,2 | 0,41 | 0,99 | 0,78 |
| R_I | 0,96 ± 0,03 | 0,97 ± 0,06 | | | |
| R_F | 1,03 ± 0,05 | 0,97 ± 0,05 | 0,00 | 0,64 | 0,01 |
| VE (l)_I | 124,7 ± 18,3 | 117,0 ± 20 | | | |
| VE (l)_F | 125,2 ± 20,0 | 115,5 ± 21 | 0,85 | 0,72 | 0,45 |
| RF (br)_I | 44 ± 6 | 43 ± 6 | | | |
| RF (br)_F | 42 ± 5 | 42 ± 7 | 0,06 | 0,80 | 0,49 |
| VT (l)_I | 2,8 ± 0,4 | 2,7 ± 0,4 | | | |
| VT (l)_F | 3,0 ± 0,5 | 2,73 ± 0,4 | 0,01 | 0,61 | 0,03 |
| VE/VO₂_I | 29,7 ± 2,1 | 28,6 ± 3,1 | | | |
| VE/VO₂_F | 29,7 ± 3,0 | 28,8 ± 3,6 | 0,97 | 0,79 | 0,51 |
| VE/VCO₂_I | 30,9 ± 2,5 | 29,7 ± 3,3 | | | |
| VE/VCO₂_F | 29,0 ± 3,2 | 29,5 ± 3,3 | 0,03 | 0,84 | 0,17 |
| FEO₂ (%)_I | 16,63 ± 0,32 | 16,41 ± 0,47 | | | |
| FEO₂ (%)_F | 16,59 ± 0,48 | 16,50 ± 0,61 | 0,72 | 0,40 | 0,28 |
| FECO₂ (%)_I | 4,30 ± 0,37 | 4,50 ± 0,43 | | | |
| FECO₂ (%)_F | 4,44 ± 0,52 | 4,43 ± 0,52 | 0,25 | 0,45 | 0,22 |
| T_i (sec)_I | 0,6 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 | | | |
| T_i (sec)_F | 0,7 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 | 0,12 | 0,90 | 0,45 |
| T_e (sec)_I | 0,7 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1 | | | |
| T_e (sec)_F | 0,7 ± 0,1 | 0,7 ± 0,2 | 0,17 | 0,68 | 0,61 |
| T_{tot} (sec)_I | 1,3 ± 0,2 | 1,4 ± 0,2 | | | |
| T_{tot} (sec)_F | 1,4 ± 0,2 | 1,4 ± 0,2 | 0,13 | 0,75 | 0,57 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 48 ± 0,03 | 47 ± 0,03 | | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 48 ± 0,03 | 47 ± 0,03 | 1,00 | 0,62 | 0,34 |
| BORG_I | 9,6 ± 1,5 | 10,1 ± 0,9 | | | |
| BORG_F | 9,9 ± 0,9 | 9,7 ± 0,8 | 0,55 | 0,14 | 0,23 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

Tablica 7.9. Parametri pri intenzitetu anaerobnog praga u inicijalnom progresivnom testu opterećenja te vrijednosti parametara u finalnom progresivnom testu opterećenja postignute pri intenzitetu anaerobnog praga u inicijalnom mjerenju

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P _(eks) | P _(kon) |
| HR (bmp)_I | 181 ± 10 | 182 ± 12 | | |
| HR (bmp)_F | 179 ± 10 | 179 ± 11 | 0,23 | 0,07 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 57,5 ± 9,7 | 58,5 ± 6,3 | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 55,5 ± 9,4 | 56,3 ± 6,5 | 0,02 | 0,16 |
| VO₂ (ml)_I | 4188 ± 521 | 4077 ± 416 | | |
| VO₂ (ml)_F | 4030 ± 619 | 4000 ± 439 | 0,03 | 0,37 |
| VCO₂ (ml)_I | 4030 ± 482 | 3927 ± 362 | | |
| VCO₂ (ml)_F | 4027 ± 708 | 3892 ± 454 | 0,97 | 0,73 |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_I | 23,2 ± 3,7 | 22,4 ± 3,1 | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_F | 22,5 ± 3,7 | 22,4 ± 3,2 | 0,05 | 0,99 |
| R_I | 0,96 ± 0,03 | 0,97 ± 0,06 | | |
| R_F | 1,00 ± 0,06 | 0,97 ± 0,05 | 0,01 | 0,64 |
| VE (l)_I | 124,7 ± 18,3 | 117,0 ± 20 | | |
| VE (l)_F | 113,6 ± 27,8 | 115,5 ± 21 | 0,03 | 0,72 |
| RF (br)_I | 44 ± 6 | 43 ± 6 | | |
| RF (br)_F | 39 ± 7 | 42 ± 7 | 0,01 | 0,80 |
| VT (l)_I | 2,8 ± 0,4 | 2,7 ± 0,4 | | |
| VT (l)_F | 2,9 ± 0,5 | 2,73 ± 0,4 | 0,27 | 0,61 |
| VE/VO₂_I | 29,7 ± 2,1 | 28,6 ± 3,1 | | |
| VE/VO₂_F | 27,9 ± 3,8 | 28,8 ± 3,6 | 0,08 | 0,79 |
| VE/VCO₂_I | 30,9 ± 2,5 | 29,7 ± 3,3 | | |
| VE/VCO₂_F | 28,0 ± 3,4 | 29,5 ± 3,3 | 0,01 | 0,84 |
| FEO₂ (%)_I | 16,6 ± 0,32 | 16,41 ± 0,47 | | |
| FEO₂ (%)_F | 16,3 ± 0,58 | 16,50 ± 0,61 | 0,07 | 0,40 |
| FECO₂ (%)_I | 4,30 ± 0,37 | 4,50 ± 0,43 | | |
| FECO₂ (%)_F | 4,58 ± 0,53 | 4,43 ± 0,52 | 0,05 | 0,45 |
| T_i (sec)_I | 0,6 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 | | |
| T_i (sec)_F | 0,7 ± 0,2 | 0,6 ± 0,1 | 0,02 | 0,90 |
| T_e (sec)_I | 0,7 ± 0,1 | 0,7 ± 0,1 | | |
| T_e (sec)_F | 0,8 ± 0,2 | 0,7 ± 0,2 | 0,03 | 0,68 |
| T_{tot} (sec)_I | 1,36 ± 0,2 | 1,4 ± 0,2 | | |
| T_{tot} (sec)_F | 1,61 ± 0,4 | 1,4 ± 0,2 | 0,02 | 0,75 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 48 ± 0,03 | 47 ± 0,03 | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 48 ± 0,04 | 47 ± 0,03 | 0,56 | 0,62 |
| BORG_I | 9,6 ± 1,5 | 10,1 ± 0,9 | | |
| BORG_F | 8,6 ± 1,3 | 9,7 ± 0,8 | 0,02 | 0,14 |

P(eks) – p vrijednost između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika

Tablica 7.10. Parametri pri maksimalnom intenzitetu u progresivnom testu opterećenja

| | Eksperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=15) | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P _(eks) | P _(kon) | P _(ANOVA) |
| HR (bpm)_I | 191 ± 9 | 191 ± 11 | | | |
| HR (bpm)_F | 194 ± 8 | 189 ± 10 | 0,01 | 0,12 | 0,00 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 62,3 ± 9,5 | 62,2 ± 6,0 | | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 61,9 ± 8,6 | 61,6 ± 6,7 | 0,70 | 0,71 | 0,98 |
| VO₂ (ml)_I | 4544 ± 548 | 4351 ± 526 | | | |
| VO₂ (ml)_F | 4500 ± 559 | 4381 ± 536 | 0,58 | 0,78 | 0,61 |
| VCO₂ (ml)_I | 4730 ± 593 | 4516 ± 455 | | | |
| VCO₂ (ml)_F | 5007 ± 632 | 4577 ± 589 | 0,00 | 0,68 | 0,17 |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_I | 23,8 ± 3,5 | 22,8 ± 3,5 | | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bpm)_F | 23,2 ± 3,6 | 23,2 ± 3,4 | 0,12 | 0,47 | 0,36 |
| R_I | 1,04 ± 0,05 | 1,04 ± 0,06 | | | |
| R_F | 1,11 ± 0,07 | 1,05 ± 0,07 | 0,00 | 0,84 | 0,01 |
| VE (l)_I | 168,9 ± 29,3 | 150,0 ± 25,7 | | | |
| VE (l)_F | 172,7 ± 27,2 | 152,0 ± 32,5 | 0,19 | 0,78 | 0,15 |
| RF (br)_I | 58 ± 5 | 54 ± 8 | | | |
| RF (br)_F | 58 ± 7 | 55 ± 10 | 0,97 | 0,77 | 0,34 |
| VT (l)_I | 2,8 ± 0,5 | 2,7 ± 0,5 | | | |
| VT (l)_F | 2,9 ± 0,5 | 2,7 ± 0,4 | 0,15 | 0,78 | 0,26 |
| VE/VO₂_I | 37,1 ± 4,2 | 34,4 ± 3,3 | | | |
| VE/VO₂_F | 38,5 ± 5,2 | 34,6 ± 5,2 | 0,12 | 0,88 | 0,11 |
| VE/VCO₂_I | 35,6 ± 3,8 | 33,1 ± 3,5 | | | |
| VE/VCO₂_F | 34,6 ± 4,4 | 33,0 ± 3,9 | 0,16 | 0,90 | 0,17 |
| FEO₂ (%)_I | 17,35 ± 0,38 | 17,06 ± 0,37 | | | |
| FEO₂ (%)_F | 17,46 ± 0,46 | 17,15 ± 0,60 | 0,27 | 0,48 | 0,12 |
| FECO₂ (%)_I | 3,82 ± 0,39 | 4,09 ± 0,37 | | | |
| FECO₂ (%)_F | 3,78 ± 0,53 | 4,03 ± 0,51 | 0,77 | 0,56 | 0,17 |
| T_i (sec)_I | 0,5 ± 0,05 | 0,5 ± 0,08 | | | |
| T_i (sec)_F | 0,5 ± 0,09 | 0,5 ± 0,09 | 0,73 | 0,50 | 0,24 |
| T_e (sec)_I | 0,5 ± 0,07 | 0,5 ± 0,10 | | | |
| T_e (sec)_F | 0,5 ± 0,08 | 0,59 ± 0,15 | 0,73 | 0,74 | 0,29 |
| T_{tot} (sec)_I | 1,0 ± 0,11 | 1,12 ± 0,18 | | | |
| T_{tot} (sec)_F | 1,0 ± 0,17 | 1,12 ± 0,23 | 0,73 | 0,99 | 0,27 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 48 ± 0,02 | 48 ± 0,02 | | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 48 ± 0,02 | 47 ± 0,03 | 0,67 | 0,22 | 0,55 |

P(eks) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost (t-test) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika, P(ANOVA) – p vrijednost za razliku između eksperimentalne i kontrolne skupine ispitanika testirane ANOVOM za ponovljena mjerenja

Tablica 7.11. Parametri u inicijalnom mjerenju pri maksimalnom intenzitetu progresivnog testa opterećenja te vrijednosti parametara u finalnom progresivnom testu opterećenja postignute pri maksimalnom intenzitetu iz inicijalnog mjerenja

| | Ekperimentalna skupina (n=15) | Kontrolna skupina (n=8) | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| | AS ± SD | AS ± SD | P _(eks) | P _(kon) |
| HR (bmp)_I | 191 ± 9 | 186 ± 9 | | |
| HR (bmp)_F | 189 ± 9 | 185 ± 8 | 0,22 | 0,43 |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_I | 62,3 ± 9,5 | 60,1 ± 6,8 | | |
| VO₂/Kg (mlO₂/kg/min)_F | 60,5 ± 8,7 | 59,0 ± 7,9 | 0,08 | 0,69 |
| VO₂ (ml)_I | 4544 ± 548 | 4514 ± 533 | | |
| VO₂ (ml)_F | 4408 ± 611 | 4539 ± 530 | 0,11 | 0,87 |
| VCO₂ (ml)_I | 4730 ± 593 | 4600 ± 476 | | |
| VCO₂ (ml)_F | 4770 ± 813 | 4745 ± 576 | 0,71 | 0,37 |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_I | 23,8 ± 3,5 | 24,2 ± 3,3 | | |
| VO₂/HR (mlO₂/bmp)_F | 23,3 ± 3,7 | 24,6 ± 3,4 | 0,14 | 0,74 |
| R_I | 1,04 ± 0,05 | 1,02 ± 0,06 | | |
| R_F | 1,08 ± 0,08 | 1,04 ± 0,04 | 0,01 | 0,37 |
| VE (l)_I | 168,9 ± 29,3 | 154,73 ± 30,6 | | |
| VE (l)_F | 151,3 ± 37,5 | 156,0 ± 32,0 | 0,02 | 0,83 |
| RF (br)_I | 58 ± 5 | 54 ± 6 | | |
| RF (br)_F | 49 ± 10 | 53 ± 10 | 0,00 | 0,59 |
| VT (l)_I | 2,8 ± 0,5 | 2,86 ± 0,5 | | |
| VT (l)_F | 3,0 ± 0,5 | 2,96 ± 0,5 | 0,01 | 0,17 |
| VE/VO₂_I | 37,1 ± 4,2 | 34,1 ± 3,8 | | |
| VE/VO₂_F | 34,0 ± 5,2 | 34,3 ± 5,1 | 0,02 | 0,80 |
| VE/VCO₂_I | 35,6 ± 3,8 | 33,4 ± 4,3 | | |
| VE/VCO₂_F | 31,5 ± 4,1 | 32,7 ± 4,4 | 0,00 | 0,53 |
| FEO₂ (%)_I | 17,35 ± 0,38 | 17,04 ± 0,41 | | |
| FEO₂ (%)_F | 17,03 ± 0,56 | 18,41 ± 2,16 | 0,02 | 0,09 |
| FECO₂ (%)_I | 3,82 ± 0,39 | 4,07 ± 0,43 | | |
| FECO₂ (%)_F | 4,13 ± 0,57 | 2,72 ± 2,18 | 0,03 | 0,11 |
| T_i (sec)_I | 0,5 ± 0,05 | 0,5 ± 0,05 | | |
| T_i (sec)_F | 0,6 ± 0,1 | 0,5 ± 0,1 | 0,00 | 0,50 |
| T_e (sec)_I | 0,5 ± 0,07 | 0,5 ± 0,09 | | |
| T_e (sec)_F | 0,6 ± 0,1 | 0,6 ± 0,13 | 0,00 | 0,24 |
| T_{tot} (sec)_I | 1,0 ± 0,1 | 1,11 ± 0,14 | | |
| T_{tot} (sec)_F | 1,2 ± 0,2 | 1,16 ± 0,23 | 0,00 | 0,34 |
| T_i/T_{tot} (%)_I | 48 ± 0,02 | 49 ± 0,02 | | |
| T_i/T_{tot} (%)_F | 48 ± 0,02 | 48 ± 0,01 | 0,64 | 0,34 |
| BORG | 13 ± 0,0 | 13,0 ± 0,0 | | |
| BORG | 11,4 ± 1,3 | 12,3 ± 0,51 | 0,00 | 0,01 |

P(eks) – p vrijednost između inicijalnog i finalnog mjerenja kod ekperimentalne skupine ispitanika, P(kon) – p vrijednost između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne skupine ispitanika

8. Rasprava

Glavni nalaz istraživanja jest statistički značajno smanjenje vremena u utrci na 4 km, što je od praktičnog značaja za programiranje biciklističkog treninga. Specifičan trening disanja usmjeren na poboljšanje tehnike disanja i jačanja dišne muskulature može se kombinirati s klasičnim biciklističkim treningom s ciljem povećanja natjecateljske uspješnosti. U nastavku će pojedini rezultati biti detaljno raspravljani.

8.1. Postignuto vrijeme na biciklističkoj pisti u utrci na 4 km

Postignuto vrijeme na biciklističkoj pisti na 4 km predstavlja jednu od mjera natjecateljske uspješnosti biciklista. Statistički značajan napredak u postignutom vremenu između inicijalnog i finalnog mjerenja ($p < 0,05$) kod eksperimentalne skupine ispitanika ukazuje da specifičan trening disanja, usmjeren na poboljšanje tehnike disanja i jačanja dišne muskulature, uz klasičan biciklistički trening utječe na poboljšanje vremena na stazi. Rezultati istraživanja potvrđuju navode iz literature u kojima autori također vide poboljšanje biciklističkih vremena nakon treninga disanja (Romer i sur., 2002; Johnson i sur., 2007; Vickery 2007 te Holm i sur., 2004). U kontrolnoj skupini ispitanika, očekivano, nije zabilježen napredak u postignutom vremenu na 4 km.

Statistički značajna razlika između eksperimentalne i kontrolne skupine u finalnom mjerenju ukazuje kako se specifičnim treningom disanja, usmjerenim na poboljšanje tehnike disanja i jačanja dišne muskulature, uz klasičan biciklistički trening utječe na poboljšanje vremena na stazi. Napredak u postignutom vremenu na biciklističkoj pisti prvenstveno možemo pripisati povećanju ekonomičnosti vožnje bicikla (Tablica 7.3.), povećanju intenziteta pri anaerobnom pragu (Tablica 7.4.), kao i povećanju intenziteta pri maksimalnim vrijednostima (Tablica 7.5.).

8.2. Morfološke karakteristike i dinamički plućni kapaciteti

Trenažni proces u ovom radu (biciklistički trening i trening dišne muskulature u trajanju od 8 tjedana) nije bio usmjeren prema promjenama u morfološkim karakteristikama ispitanika. Iz tog razloga značajne promjene u morfološkim karakteristikama nisu zabilježene. Dobiveni rezultati potvrđuju navode iz literature (Sunde i sur., 2010; Impelizzeri i sur., 2007; Johnson i sur., 2007; Lucia

i sur., 1999; Hopker i sur., 2007; Halder i sur., 2012 te Lucia i sur., 1999). Johnson i sur. (2007) nisu utvrdili statistički značajne promjene u tjelesnoj težini pod utjecajem trenažnog procesa u trajanju od 6 tjedana. Sunde i sur. (2010) ne utvrđuju razliku u tjelesnoj težini ni u kontrolnoj ni u eksperimentalnoj grupi nakon treninga snage (rad s teretom) u trajanju od 8 tjedana. Međutim, drugi radovi navode promjene u morfološkim karakteristikama ispitanika (Hoogeveen i sur., 2000 te Nourry i sur., 2005). Hoogeveen (2000) utvrđuje statistički značajnu razliku za potkožno masno tkivo između pripremnog i natjecateljskog perioda u razmaku od osam mjeseci na uzorku 15 profesionalnih biciklista ($p < 0,05$). Nourry (2005) u radu s djecom utvrđuje statistički značajno povećanje tjelesne težine, ali nepromijenjene vrijednosti u potkožnom masnom tkivu kod eksperimentalne i kontrolne grupe. Morfološke karakteristike mogu (Hoogeveen i sur., 2000 te Nourry i sur., 2005), ali i ne moraju (Sunde i sur., 2010; Impelizzeri i sur., 2007; Johnson i sur., 2007; Hopker i sur., 2007; Halder i sur., 2012 te Lucia i sur., 1999) biti pod utjecajem trenažnog procesa te su ovisne o dužini trajanja trenažnog procesa, uzorku ispitanika te usmjerenosti trenažnog procesa. Promjene u morfološkim karakteristikama ispitanika mogu dovesti do povećanja natjecateljske uspješnosti u biciklizmu. Hunter (2010) ukazuje na važnost morfoloških karakteristika u biciklizmu pri planiranju i programiranju trenažnog procesa te navodi da je relativni intenzitet (W/kg) pri anaerobnom pragu od primarnog značaja. Statistički značajna razlika u vrijednostima relativne snage pri anaerobnom pragu (Tablica 7.4.) i maksimalnom intenzitetu (Tablica 7.5.) uz slične vrijednosti tjelesne težine (Tablica 7.2.) između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe ukazuje na to da navedene promjene nisu uzrokovane morfološkim karakteristikama.

Specifičan trening izdržljivosti dišne muskulature i tehnike disanja uz klasičan biciklistički trening doveo je do povećanja vrijednosti u parametru maksimalne voljne ventilacije (MVV $p < 0,05$) između inicijalnog i finalnog mjerenja u eksperimentalnoj skupini ispitanika. U ostalim parametrima rezultati su ostali nepromijenjeni (FVC, FEV₁ i FEV₁/FVC). Kod kontrolne skupine ispitanika isključivo klasičan biciklistički trening nije doveo do povećanja u navedenim parametrima (Tablica 7.2.).

Podaci iz literature ukazuju na povećanje rezultata MVV uz trening dišne muskulature (Halder i sur., 2012; Leith i sur., 1976; HajGhanbari i sur., 2013; Fairbairn i sur., 1991 te Inbar i sur., 2000) što je sukladno dobivenim podacima. Halder (2012) je utvrdio statistički značajno povećanje MVV uz prakticanje treninga joge u trajanju od tri mjeseca. Fairbairn (1991) navodi kako trening dišne muskulature od 4 tjedna dovodi do povećanja izdržljivosti dišne muskulature. Inbar (2000) nakon treninga dišne muskulature od 10 tjedana utvrđuje povećanje snage i izdržljivosti dišne muskulature. HajGhanbari (2013) navodi da trening disanja utječe na povećanje MVV. Leith (1976) nakon treninga dišne muskulature utvrđuje povećanje MVV za 14 %. Utvrđenu razliku u MVV

prvenstveno možemo pripisati treningu disanja uz pomoć *PowerLung* uređaja koji karakterizira trening za povećanje izdržljivosti dišne muskulature. Izdržljivost dišne muskulature se povećala, a samim time i MVV. Lucia (1999) navodi da nema statistički značajne razlike u plućnim kapacitetima (MVV i FVC) između elitnih i profesionalnih biciklista te navodi izrazito visoke vrijednosti MVV koje iznose preko 190 litara u obje skupine ispitanika. „Rezerva disanja“ od 15 % (predstavlja % VE_{max}/MVV) ukazuje na važnost MVV u biciklizmu.

U literaturi se također navodi da nakon treninga dišne muskulature nema promjena u parametrima FVC, FEV₁ i FEV₁/FVC (Halder i sur., 2012; Leith i sur., 1976; William i sur., 2002 te Nava i sur., 1992) te da izdržljivost dišne muskulature vjerojatno nije povezana s navedenim parametrima. Halder (2012) nije utvrdio promjene u FVC, FEV₁, i FEV₁/FVC nakon prakticiranja joga treninga. William (2002) u svojem istraživanju provodi trening disanja na triatlancima i maratoncima u vremenskom periodu od 4 tjedna te ne utvrđuje statistički značajno povećanje za FVC i FEV₁. Nava (1992) ne utvrđuje promjene za FVC i FEV₁ tijekom umora dišne muskulature.

Navodi iz literature ne ukazuju na to da biciklistički trening dovodi do povećanja dinamičkih plućnih kapaciteta, što odgovara rezultatima kontrolne skupine ispitanika (Lucia i sur., 2001 te Kippelen i sur., 2005). Lucia (2001) ukazuje da nema statistički značajne razlike u FVC i MVV kod profesionalnih biciklista, a Kippelen (2005) da nema razlike na biciklistima nižeg ranga u FVC, FEV₁ i FEV₁/FVC tijekom biciklističke sezone. Klasični biciklistički trening nije utjecao na povećanje MVV, što možemo djelomično objasniti razinom opterećenja dišne muskulature za vrijeme istoga. Intenzitet opterećenja dišne muskulature tijekom biciklističkog treninga nije bio na intenzitetu koji odgovara intenzitetu za optimalan razvoj dišne muskulature.

8.3. Ekonomičnost vožnje bicikla pri intenzitetu od 150 watta

Nakon provedenog trenažnog procesa u vremenskom trajanju od 8 tjedana utvrdili smo povećanje ekonomičnosti pri opterećenju od 150 W u eksperimentalnoj skupini ispitanika na razini statističke značajnosti ($p < 0,05$) (Tablica 7.3.). Kod kontrolne skupine ispitanika nije došlo do promjena u ekonomičnosti. Slične podatke za ekonomičnost utvrđuje Sunde (2010) koji je proučavao utjecaj treninga s teretom (nebiciklistički trening) na biciklističke parametre. Nakon trenažnog procesa od 8 tjedana utvrdio je povećanje ekonomičnosti, ali i efikasnosti kod eksperimentalne skupine ispitanika, dok promjene u kontrolnoj skupini nije bilo. U ovom istraživanju ekonomičnost predstavlja potrošnju kisika pri određenom opterećenju ($\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}/\text{W}$). Manja potrošnja kisika, odnosno energije, pri istom opterećenju ukazuje na bolju ekonomičnost. Što je koeficijent ekonomičnosti niži, to je razina pripremljenosti sportaša viša. Uz ekonomičnost, u literaturi se često koristi i pojam efikasnost (Sunde i sur., 2010; Hopker i sur., 2007 i 2010; Impellizzeri i sur., 2007 te Vučetić i sur., 2007). Mehanička efikasnost definira se kao omjer izvršenog mehaničkog rada i ukupno utrošene energije te energetska efikasnost kao postotak korisne energije od ukupno potrošene energije. Hopker (2007) utvrđuje kako postoji razlika u koeficijentu efikasnosti pri intenzitetu od 150 W između treniranih i rekreativnih biciklista, stoga taj intenzitet možemo donekle smatrati relevantnim.

Do povećanja ekonomičnosti vožnje bicikla dolazi zbog smanjenja potrošnje kisika pri opterećenju od 150 W između inicijalnog i finalnog mjerenja. Uz smanjenje potrošnje kisika utvrđeno je i smanjenje ventilacije između inicijalnog i finalnog mjerenja. Razloge smanjenju ventilacije prvenstveno možemo potražiti u trenažnom procesu koji je bio usmjeren razvoju tehnike disanja u trajanju od 8 tjedana. Cilj navedenog treninga bio je produžiti izdisaj te povećati trajanje ukupnog ciklusa disanja (Slika 6.4.). Ispitanici eksperimentalne skupine u periodu od 8 tjedana poboljšali su tehniku disanja na način da su smanjili broj udisaja, povećali dubinu disanja, odnosno povećali ukupno trajanje ciklusa disanja. Sljedeći razlog povećanja ekonomičnosti vožnje bicikla možemo potražiti i u treningu izdržljivosti dišne muskulature koji je doveo do povećanja vrijednosti MVV. Povećanjem MVV uz smanjenje ventilacije pri 150 W povećala se „rezerva disanja“ pri zadanom intenzitetu, što također može biti uzrok povećanja ekonomičnosti.

Kritički gledano, intenzitet pri fiksnom opterećenju od 150 W nije pogodan za procjenu ekonomičnosti jer intenzitet ne odgovara realnom opterećenju. Povećanjem maksimalnog intenziteta smanjilo se relativno opterećenje pri 150 W za eksperimentalnu skupinu ispitanika. Pogodnije bi bilo odrediti intenzitet koji je baziran na postotku od maksimalnog primitka kisika (npr. 60 % $\text{VO}_{2\text{max}}$).

8.4. Progresivni test opterećenja

Uz povećanje maksimalne voljne ventilacije i ekonomičnosti vožnje bicikla, sljedeća važna potvrda utjecaja specifičnog treninga dišne muskulature na biciklističke parametre jest utvrđeno povećanje vrijednosti snage pri anaerobnom pragu (W_{anp}) i maksimalnom intenzitetu (W_{max}) kod eksperimentalne skupine ispitanika u progresivnom testu opterećenja. Hunter (2010) navodi da su upravo vrijednosti intenziteta pri anaerobnom pragu i maksimalnom opterećenju ključne informacije za planiranje i programiranje trenažnog procesa u biciklizmu. Lucia (1999) navodi da snaga pri maksimalnim vrijednostima uz jednaki VO_{2max} razlikuje profesionalne od elitnih biciklista. Sukladno navodima Huntera (2010), a potvrdom u našim rezultatima (Tablica 7.4. i Tablica 7.5.), možemo smatrati da je trening usmjeren ka poboljšanju tehnike disanja i jačanju dišne muskulature uzrokovao pozitivnu promjenu u parametrima koji su važni za postizanje biciklističkog rezultata. Pri navedenim intenzitetima nije bilo promjene u parametrima VO_{2anp} i VO_{2max} (Tablica 7.8. i Tablica 7.10.), iako se vrijeme trajanja progresivnog testa opterećenja produžilo. Kod kontrolne skupine ispitanika promjene u navedenim parametrima nisu zabilježene.

Razlog što kod kontrolne skupine ispitanika nije došlo do promjene u navedenim biciklističkim parametrima (W_{anp} , VO_{2anp} , W_{max} i VO_{2max}) možemo potražiti upravo u biciklističkom treningu u trajanju od 8 tjedana koji je bio realiziran u periodu intenzivne natjecateljske biciklističke sezone, od polovice mjeseca srpnja do polovice mjeseca rujna (Friel, 1998; Burke 2002 te Jeukendrup, 2002). Navedeni natjecateljski period obuhvaća vrhunac natjecanja (inicijalno mjerenje) te završetak biciklističke sezone (finalno mjerenje). Trenažni proces u tom vremenskom periodu bio je usmjeren na održavanje natjecateljskih sposobnosti (Friel, 1998), kao i nesmetanom natjecanju (Slika 6.3.). Prema Frielu (1998) u ovom periodu natjecateljske sezone možemo očekivati i pad navedenih sposobnosti. U kontrolnoj skupini ispitanika u svim analiziranim parametrima (HR, VO_2/Kg , VO_2 , VCO_2 , VO_2/HR , R, V_E , R_F , V_T , V_E/VO_2 , V_E/VCO_2 , FEO_2 , $FECO_2$, T_i, T_e, T_{tot} , T_i/T_{tot} i BORG) nisu zabilježene statistički značajne razlike ($p > 0,05$) između inicijalnog i finalnog mjerenja. Dobiveni podaci potvrđuju navode iz literature (Friel, 1998; Burke, 2002; Jeukendrup, 2002; Lucia i sur., 2001; Impelizzeri i sur. 2007 te Hunter i sur., 2010) i činjenicu da u navedenom dijelu natjecateljske biciklističke sezone (srpanj – rujna) isključivo specifičan biciklistički trening ne dovodi do poboljšanja navedenih biciklističkih parametara.

Eksperimentalna skupina ispitanika provodila je identičan biciklistički trening kao i kontrolna skupina ispitanika u istom periodu natjecateljske biciklističke sezone. Uz navedeni biciklistički trening, eksperimentalna skupina ispitanika provodila je i dodatni trening disanja. Trening disanja sastojao se od jutarnjeg i večernjeg treninga dišne muskulature (Johnson i sur., 2007; Romer i sur.,

2002 te William i sur., 2002) pomoću *Powerlung* uređaja (Slika 6.5. i Slika 6.6.) te treninga tehnike disanja u trajanju od 10 minuta neposredno prije biciklističkog treninga (Vickery, 2007). Navedene promjene dobivene su pod utjecajem specifičnog treninga disanja.

Veća razina pripremljenosti sportaša eksperimentalne skupine ispitanika nakon trenažnog procesa može se iščitati i iz praćenja frekvencije srca (HR) tijekom progresivnog testa opterećenja. Pri intenzitetima opterećenja do anaerobnog praga (Tablica 7.7. i Tablica 7.9.) dobivena je niža vrijednost HR, što je povezano s većom razinom pripremljenosti sportaša (Louis, 2012). Veće vrijednosti HR pri anaerobnom pragu (Tablica 7.8.) i maksimalnom intenzitetu (Tablica 7.10.) možemo objasniti produženim vremenom trajanja testa do postizanja navedenih vrijednosti (Scheuermann i sur., 1999), kao i variranju maksimalne frekvencije srca (HR_{max}) pod utjecajem brojnih vanjskih faktora. HR_{max} podložan je promjenama tijekom biciklističke sezone (Kippelen i sur., 2005 te Noury i sur., 2005), kao i protokolu testiranja (Kalsas i sur., 2007 te Scheuermann i sur., 1999) pa iz tog razloga HR_{max} možemo smatrati varirajućim parametrom. Romer (2002) navodi podjednake vrijednosti HR tijekom 20 km i 40 km individualnog kronometra, uz poboljšanje vremena na stazi prije i poslije treninga disanja. Hunter (2010) također navodi variranje frekvencije srca tijekom trenažnog procesa te upravo iz tog razloga prednost u praćenju intenziteta u trenažnom procesu daje mjerenju ispoljene snage tzv. *powermeter-om*.

Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) po kilogramu tjelesne mase (ml/kg/min) jedan je od značajnih parametara u biciklizmu na temelju kojeg možemo razlikovati: profesionalne bicikliste (svjetska klasa), elitne bicikliste (biciklisti međunarodnog ranga), amatere (biciklisti nacionalnog ranga) i rekreativce (trenirani biciklisti) (Impellizzeri i sur., 2005; Lee i sur., 2002; Berry i sur., 2000; MacRae i sur., 2000; Cramp i sur., 2004; Hopker i sur., 2007 te Lucia i sur., 1999). Dobiveni rezultati u ovom istraživanju (Tablica 7.10.) potvrđuju činjenicu da je VO_{2max} parametar na koji trenažni proces nije utjecao ni kod eksperimentalne ni kod kontrolne skupine ispitanika. Rezultati istraživanja potvrđuju rezultate autora koji nisu utvrdili promjene u VO_{2max} nakon trenažnog procesa (Sunde i sur., 2010; Holm i sur., 2004; William i sur., 2002; Lucia i sur., 2001; Delattre i sur., 2006; Fabrian i sur., 1991; Inbar i sur., 2000 te HajGhanbari i sur., 2013). Pretpostavka je da se promjene u VO_{2max} mogu izazvati dugotrajnim, biciklističkim trenažnim procesom (dužim od šest mjeseci) (Hoogoveen i sur., 2000 te Kippellen i sur., 2005). Razloge dobivenih vrijednosti za VO_{2max} možemo potražiti u dužini trajanja trenažnog procesa (8 tjedana) i u vremenskom periodu natjecateljske sezone u kojem je provedeno istraživanje. Primitak kisika (VO_2) pri nižim vrijednostima u progresivnom testu opterećenja potvrđuje činjenicu da su ispitanici eksperimentalne skupine (Tablica 7.7. i Tablica 7.9.) nakon treninga disanja ostvarili „uštedu“ energije (niži VO_2) do anaerobnog praga, a samim time povećali ekonomičnost vožnje bicikla pri vrijednostima nižeg intenziteta u kojem se provodi najviše

vremena tijekom natjecanja. Specifičan trening disanja dovodi do smanjenja VO_2 do intenziteta anaerobnog praga. Pri anaerobnom pragu VO_2 je sličan inicijalnom mjerenju, iako se razina intenziteta pri anaerobnom pragu povećala (Tablica 7.4.), što znatno može povećati biciklistički rezultat tijekom utrke. Slične vrijednosti VO_2 pri anaerobnom pragu utvrdili su Vučetić (2007) i Scheuermann (1999) u promjenjivom protokolu testiranja. Navedeni podaci ukazuju da je VO_2 pri anaerobnom pragu stabilan te da ne varira značajno pod utjecajem vanjskih faktora. Hoogeveen (2000) dobiva promjenu u VO_2 kod anaerobnog praga kod profesionalnih biciklista u vremenskom periodu od 6 mjeseci između pripremnog i natjecateljskog perioda, ali uz smanjenje potkožnog masnog tkiva i povećanje VO_{2max} .

Puls kisika (VO_2/HR) predstavlja odnos između primitka kisika (VO_2) i frekvencije srca (HR). VO_2/HR je gotovo identičan pri anaerobnom pragu kao i pri maksimalnom opterećenju. Trening disanja nije utjecao na VO_2/HR .

Ugljični se dioksid (VCO_2) u tijelu neprestano stvara, doprema u alveole te iz njih neprekidno uklanja ventilacijom. Hoogeveen (2000) na uzorku profesionalnih biciklista nalazi veće vrijednosti (VCO_2) kod anaerobnog praga i maksimalnih vrijednosti između inicijalnog i finalnog mjerenja nakon biciklističkog trenažnog procesa, uz povećanje intenziteta pri istima. U našem istraživanju utvrđeno je statistički značajno povećanje VCO_2 pri vrijednostima anaerobnog praga (Tablica 7.8.) i maksimalnim vrijednostima (Tablica 7.10.), uz povećanje intenziteta pri istima kod eksperimentalne skupine ispitanika. U progresivnom testu pri identičnim opterećenjima u inicijalnom i finalnom mjerenju kod eksperimentalne, ali i kontrolne grupe ispitanika, stvara se identična količina VCO_2 (Tablica 7.7., Tablica 7.9., Tablica 7.11.). Pri višim vrijednostima opterećenja, u našem istraživanju kod maksimalnog postignutog intenziteta, stvara se i veća količina VCO_2 . Uspoređujući rezultate istraživanja s rezultatima iz literature (Hoogeveen i sur., 2000) možemo ukazati na veliku važnost treninga disanja. Respiracijski kvocijent (R) predstavlja odnos između VO_2 i VCO_2 . Vrijednost R oko broja 1 predstavlja jednu od mjera za procjenu anaerobnog praga. Vrijednosti ispod broja 1 obuhvaćaju aktivnosti u pretežno aerobnom režimu rada, a vrijednosti R iznad 1 predstavljaju aktivnosti u pretežno anaerobnom režimu rada. Nakon treninga disanja došlo je do porasta R (osim u mirovanju) na svim razinama opterećenja u finalnom mjerenju kod eksperimentalne skupine ispitanika. Dobivene promjene rezultat su promjena u odnosu VO_2 i VCO_2 .

U literaturi se navode slične vrijednosti maksimalne ventilacije (VE_{max}) pri maksimalnom intenzitetu opterećenja nakon trenažnog procesa (William i sur., 2002; Inbar i sur., 2000; Kippelen i sur., 2005; Hoogeveen i sur., 2000 te Louis i sur., 2012), što je slično rezultatima provedenog istraživanja (Tablica 7.10.). Slične vrijednosti VE_{max} između inicijalnog i finalnog mjerenja ukazuju na to da specifičan trening dišne muskulature ne utječe na povećanje VE_{max} tijekom progresivnog

testa opterećenja. Međutim, povećanjem maksimalne voljne ventilacije (MVV) povećala se rezerva disanja (VE_{max}/MVV) kod maksimalnih vrijednosti, što može dovesti do povećanja biciklističkog rezultata prilikom natjecanja koja iziskuju maksimalni ili submaksimalni intenzitet. Lucia (1999) utvrđuje slične vrijednosti VE_{max} između profesionalnih i elitnih biciklista, ali pri nižim intenzitetima profesionalni biciklisti imaju i niže vrijednosti VE. Boutellier (1998) utvrđuje statistički značajno smanjenje VE nakon treninga disanja pri istom opterećenju, što je slično našem istraživanju (Tablica 7.7., Tablica 7.9. i Tablica 7.11.). Smanjene VE pri istom opterećenju može biti mjera koja predstavlja višu razinu pripremljenosti sportaša. Razlog smanjenja VE pri nižim intenzitetima možemo potražiti upravo u specifičnom treningu tehnike disanja koji je imao za cilj povećati ciklus trajanja disanja, što je postignuto smanjenjem frekvencije disanja (R_F) te povećanjem dubine disanja (V_T). R_F tijekom progresivnog testa opterećenja pokazuje niže vrijednosti pri svim razinama intenziteta, osim pri maksimalnom. Razlog tome možemo potražiti upravo u činjenici da su se vrijednosti maksimalnog intenziteta povećale, a maksimalna frekvencija disanja ostala je nepromijenjena. Do anaerobnog praga R_F moguće je voljno kontrolirati, što je direktno povezano s načinom treninga tehnike disanja koji se provodio u mirovanju. Smanjeni broj udisaja R_F pri jednakom intenzitetu opterećenja ukazuje na bolju tehniku disanja. V_T tijekom progresivnog testa opterećenja pokazuje više vrijednosti pri svim razinama intenziteta, što ukazuje na bolju tehniku disanja, a to je ujedno i bio cilj treninga tehnike disanja. Trening tehnike disanja ovdje ukazuje na mogućnost razvoja plana i programa tehnike disanja koji bi trebalo usmjeriti na specifičan trening tehnike disanja pri višim intenzitetima.

Ventilacijski ekvivalent za kisik (V_E/VO_2) predstavlja količinu zraka koju je potrebno proventilirati da bi se iskoristila jedna litra kisika (1 l O_2). Što je V_E/VO_2 manji, potrebno je proventilirati manje zraka i obrnuto. U istraživanju smo dobili niže vrijednosti rezultata u finalnom mjerenju pri identičnim opterećenjima, što može predstavljati višu razinu sposobnosti sportaša. Ventilacijski ekvivalent za ugljični dioksid (VE/VCO_2) predstavlja količinu zraka koju je potrebno proventilirati da bi se iz tijela uklonila jedna litra ugljičnog dioksida (VE/VCO_2). Nakon treninga tehnike disanja tijekom progresivnog testa opterećenja, na svim razinama opterećenja utvrdili smo niže vrijednosti kod finalnog mjerenja. Trening tehnike disanja doveo je do smanjenja VE/VCO_2 . Ventilacijski ekvivalenti za kisik i ugljični dioksid neposredno su povezani s VE te svaka promjena VE značajno utječe na promjenu ventilacijskih ekvivalenata.

Specifičan trening tehnike disanja također je utjecao na promjenu u parametrima FeO_2 i $FeCO_2$ tijekom progresivnog testa opterećenja. Nakon treninga disanja utvrđeno je značajno smanjenje FeO_2 pri opterećenjima istog intenziteta, što je u konačnici dovelo do povećanja iskoristivosti kisika. Povećanje vrijednosti $FeCO_2$ uzrokuje veće izdisanje ugljičnog dioksida iz

organizma.

Dužina udisaja (T_i), dužina izdisaja (T_e) i vrijeme ciklusa disanja (T_{tot}) predstavljaju važne parametre u treningu tehnike disanja jer se preko njih može planirati i programirati sam trening tehnike disanja. Vrijednosti u navedenim parametrima obrnuto su proporcionalne s povećanjem intenziteta aktivnosti (Lucia i sur., 1999 i 2001). U istraživanju smo utvrdili više vrijednosti u navedenim parametrima do anaerobnog praga, što odgovara boljoj tehnici disanja. Vrijednosti rezultata pri anaerobnom pragu i maksimalnom intenzitetu približno su jednake. Lucia (2001) navodi da nema promjena tijekom natjecateljske sezone kod profesionalnih biciklista u T_i i T_e . Lucia (1999) navodi slične vrijednosti T_i kod maksimalnih intenziteta u profesionalnih i elitnih biciklista, ali statistički značajne razlike kod submaksimalnih opterećenja u korist profesionalnih biciklista u T_e . Profesionalni biciklisti imaju duže trajanje izdisaja. Trening disanja doveo je do povećanja vremena T_{tot} pri nižim vrijednostima, čime se smanjio broj udisaja u minuti (R_F). Povećanjem opterećenja T_{tot} se smanjuje, a smanjenjem T_{tot} povećava se R_F . Pri maksimalnom intenzitetu T_{tot} kao i R_F nepromijenjene su između inicijalnog i finalnog mjerenja.

Omjer dužine udisaja i ukupnog ciklusa disanja (T_i/T_{tot}) predstavlja postotak trajanja udisaja u ukupnom ciklusu disanja. Pretpostavka je da niži postotak odgovara boljoj tehnici disanja. Lucia (2001) navodi da nema promjene kod profesionalnih biciklista tijekom natjecateljske sezone na svim razinama opterećenja za T_i/T_{tot} . U ovome radu nisu utvrđene statistički značajne razlike za T_i/T_{tot} tijekom cijelog progresivnog testa opterećenja.

Mjera subjektivne procjene opterećenja (BORG) predstavlja subjektivan osjećaj ispitanika tijekom testiranja. Nakon treninga disanja utvrđeno je značajno smanjenje subjektivnog osjećaja opterećenja pri nižim intenzitetima. Kod anaerobnog praga utvrđene su slične vrijednosti subjektivnog opterećenja između inicijalnog i finalnog mjerenja. Razlog tome možemo potražiti u činjenici da se anaerobni prag događa pri jednakom subjektivnom osjećaju, ali pri većem radnom intenzitetu. Kod maksimalnih intenziteta BORG odgovara broju 13 (Tablica 6.4.) kao pokazatelju maksimalnog opterećenja.

9. Zaključak

Specifičan trening disanja usmjeren na poboljšanje tehnike disanja i jačanje dišne muskulature dovodi do poboljšanja rezultata (smanjenje vremena) u utrci na biciklističkoj pisti na 4 km. Specifičan trening disanja ujedno je uzrokovao povećanje maksimalne voljne ventilacije te povećanje intenziteta vožnje bicikla pri anaerobnom pragu i maksimalnom opterećenju u progresivnom testu opterećenja na biciklu. Također je uzrokovao povećanje ekonomičnosti vožnje bicikla pri intenzitetu od 150 W.

10. Popis literature

1. Bardsley, P. A., Bentley, S., Hall, H. S., Singh, S. J., Evans, D. H. & Morgon, M. D. (1993). Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading: a comparison of two techniques. *Torax*, 81:2156-2164.
2. Bell, G. J., Game, A., Jones, R., Webster, T., Forbes, S. C. & Syrotuik, D. (2013). Inspiratory and expiratory respiratory muscle training as an adjunct to concurrent strength and endurance training provides no additional 2000 m performance benefits to rowers. *Sports Medicine*, 21(3):264-279.
3. Boutellier, U. (1998). Respiratory muscle fitness and exercise endurance in healthy humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7):1169-1172.
4. Boutellier, U., Buchel, R., Kundert, A. & Spanger, C. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 65(4):347-353.
5. Boutellier, U., & Piwko, P. (1992). The respiratory system as an exercise limiting factor in normal sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 64:114-152.
6. Burke, E. R. (2002). *Serious Cycling. Second Edition*. Champaign: Human Kinetics.
7. Berry, M. J., Cline, C. C., Berry, C. B. & Davis, M. (1992). A comparison between two forms of aerobic dance and treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(8):946-951.
8. Borg, G. (1973). Perceived exertion: A note on history and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5:90-93.
9. Caine, M. P., & McConnell, M. K. (2000). Development and evaluation of a pressure threshold inspiratory muscle trainer for use in the context of sports performance. *Journal of Sport Engineering*, 3:149-159.
10. Chatham, K., Baldwin, J., Griffiths, H., Summers, L. & Enright, S. (1999). Inspiratory muscle training improves shuttle run performance in healthy subjects. *Physiotherapy*, 85:676-683.
11. Chatham, K., Baldwin, J., Oliver, W., Summers, L. & Griffiths, H. (1999). Fixed load incremental respiratory muscle training: A pilot study. *Physiotherapy*, 82:422-426.
12. Chen, R. C., Que, C. L. & Yan, S. (1998). Introduction to a new inspiratory threshold loading device. *European Respiratory Journal*, 12:208-211.
13. Clanton, T. L., Dixon, G., Drake, J. & Gradek, J. E. (1995). Inspiratory muscle conditioning using a threshold loading device. *Chest*, 87:62-66.

14. Cramp, T., Broad, E., Martin, D. & Meyer, B. J. (2004). Effects of preexercise carbohydrate - ingestion on mountain bike performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9):1602-1609.
15. Delattre, E., Garcin, M., Mille-Hamard, L. & Billat, V. (2006). Objective and subjective analysis of the training content in young cyclists. *Journal of Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31:118-125.
16. Enzo, M. (2011). *Effett dell'allenamento della muscolara respiratoria sui parametri ventilatori e sulla capacita di esercizio negli sport di resistenza*. (Dottorato di ricerca in „Scienze biomedichine endocrinologiche neurofisiologiche“ ciclo XXIV). Università degli studi di Ferrara.
17. Elliott, A. & Grace, F. (2010). An examination of exercise mode on ventilatory patterns during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 110:557-562.
18. Fairbarn, M. S., Coutts, K. C., Pardy, R. L. & McKenzie, D. C. (1991). Improved respiratory muscle endurance of highly trained cyclists and the effects on maximal exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12(1):66-70.
19. Friel, J. (1998). *Cestovni biciklizam - periodizacija i trening*. Zagreb: GALOP.
20. Friel, J. (2003). *The cyclist's training Bible, Third Edition*. Boulder, Colorado: Velopress.
21. Gosselink, R. & Decramer, M. (1994). Inspiratory Muscle Training: Where are we ? *European Respiratory Journal*, 7,2103-2105.
22. Guyton, A. C. (1995). *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada.
23. HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., Palmer, S. A., Toy, M. A., Walsh, C., Sheel, A. W. & Reid, W. D. (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6):1643-1663.
24. Halder, K., Chatterjee, A., Kain, T. C., Pal, R., Tomer, O. S. & Saha, M. (2012). Improvement in ventilatory function through yogic practices. *Al Ameen Journal of Medical Sciences*, 5(2):197-202.
25. Hanel, B. & Secher, N. H. (1991). Maximal oxygen uptake and work capacity after inspiratory muscle training: a controlled study. *Journal Sports Science*, 9:43-52.
26. Hunter, A. & Coggan, A. (2010). *Training and racing with a Power Meter*, 2nd edition. Boulder, Colorado: Velopress.
27. Holm, P., Sattler, A. & Fregossi, R. F. (2004). Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BioMedCentral Physiology*, 4:9.

28. Hopker, J., Coleman, D. A. & Wiles J. D. (2007). Differences in efficiency between trained and recreational cyclists. *Journal of Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 32:1036-1042.
29. Hopker, J., Jobson S., Carter, H. & Passfield, L. (2010). Cycling efficiency in trained male and female competitive cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9:332-337.
30. Leith, D. E., & Bradely, M. (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 41:508-516.
31. Illi, S. K., Held, U., Frank, I. & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 1;42(8):707-724.
32. Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. (2007). Physiology of Mountain Biking. *Sports Medicine*, 37(1):59-71.
33. Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A. & Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7):1233-1237.
34. Johnson, M., Sharpe, G. R. & Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 101:761-770.
35. Hoogeveen, R. A. (2000). The effect of endurance training on the ventilatory response to exercise in elite cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 82:45-51.
36. Jeukendrup, A. E. (2002). *High-Performance Cycling*. Champaign: Human Kinetics.
37. Kalsas, K. & Thorsen, E. (2009). Breathing patterns during progressive incremental cycle and treadmill exercise are different. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 29:335-338.
38. Kippelen, P., Caillaud, C., Robert, E., Connes, P., Godard, P. & Prefaou. C. (2005). Effect of endurance training on lung function: a one year study. *British Journal Sports Medicine*, 39:617-621.
39. Krishnan, B., Zintel, T., McParland, C. & Gallagher, C. G. (1996). Lack of importance of respiratory muscle load in ventilatory regulation during heavy exercise in humans. *Journal of Physiology*, 490(2):537-550.
40. Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D. & Hahn, A. G. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal Sports Science*, 20(12):1001-1008.
41. Leith, D. E. & Bradley, M. (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 41(4):508-516.

42. Lucia, A., Carvajal, A., Calderon F. J., Alfonso, A. & Chicharro, J. L. (1999). Breathing pattern in highly competitive cyclists during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 79: 512-521.
43. Lucia, A., Hoyos, J., Pardo, J. & Chincharro, J. L. (2001). Effects of endurance training on the breathing pattern of professional cyclists. *Japanese Journal of Physiology*, 51:133-141.
44. Louis, J., Hausswirth, C., Easthope, C. & Brisswalter, J. (2012). Strength training improves cycling efficiency in master endurance athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 112:632-640.
45. MacRae, H. H., Hise, K. J., & Allen, P. J. (2000). Effects of front and dual suspension mountain bike systems on uphill cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (7): 1276-1280.
46. Markov, G., Spengler, C. M., Knopfli-Lenzin, C., Stuessi, C. & Boutellier, U. (2001). Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 85:233-239.
47. Maršić, T. (2009). *Povezanost ventilacijskih i kinematičkih pokazatelja prilikom procjene anaerobnog praga pri trčanju na pokretnom sagu.* (Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
48. Mišigoj-Duraković, M. (1995). *Morfološka antropometrija u športu.* Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu.
49. Nava, S., Zanotti, E., Rampulla, C. & Rossi, A. (1992). Respiratory muscle fatigue does not limit exercise performance during moderate endurance run. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(1):39-44.
50. Nourry, C., Deruelle, F., Guinhouya, C., Baquet, G., Fabre, C., Bart, F., Berthoin, S. & Mucci, P. (2005). High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *European Journal of Applied Physiology*, 94:415-423.
51. Ramirez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Guell, R., Barreiro, E., Hernandez, N., Mota, S., Sangenis, M., Broquetas, J. M., Casan, P. & Gea, J. (2002). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(11):1491-1497.
52. Romer, L. M., McConnell, A. K. & Jones, D. A. (2002). Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20,547-562.
53. Romer, L. M. & McConnell, A. K. (2003). Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35:237-244.

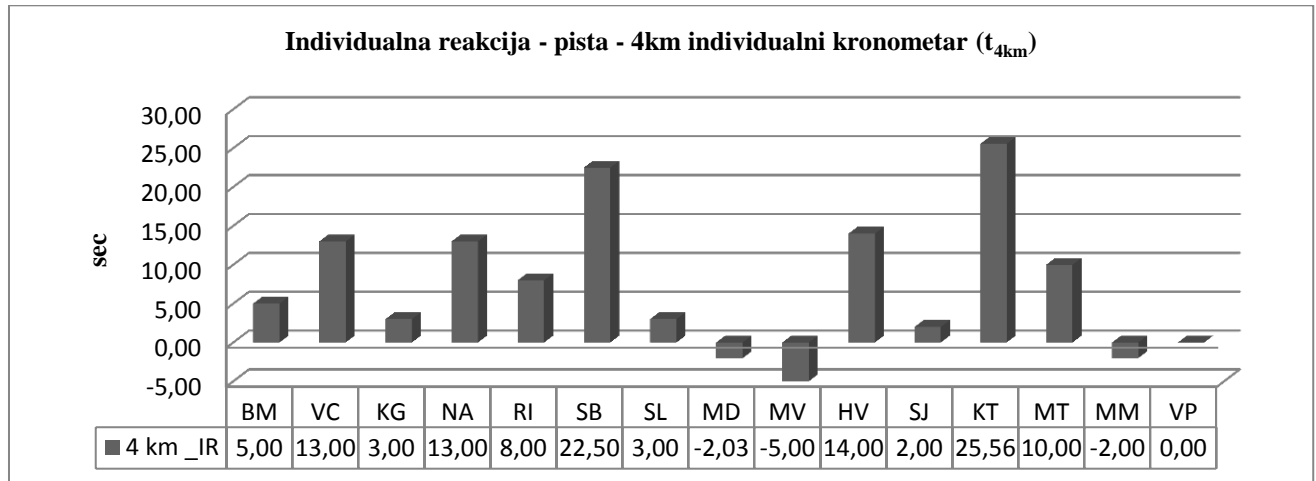
54. Scheuermann, B. W. & Kowalchuk, J. M. (1999). Breathing Patterns during slow and fast ramp exercise in man. *Experimental Physiology*, 84, 109-120.
55. Smith, K., Cook, D., Guyatt, G. H., Madhavan, J. & Oxman, A. D. (1992). Respiratory muscle training in chronic airflow limitation: a meta-analysis, *American Review of Respiratory Disease*, 145:533-539.
56. Spenger, C. M., Roos, M., Laube, S. M. & Boutellier, U. (1999). Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 79:299-305.
57. Sunde, A., Storen, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J. & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8)/2157-2165.
58. Stuessi, C., Spengler, C. M., Knopfli-Lenzin, C., Markov, G. & Beutellier, U. (2001). Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *European Journal of Applied Physiology*, 84:582-586.
59. Šentija, D., Vučetić, V. (2006). Estimation of anaerobic running capacity from a single ramp test. Zbornik radova: the 11th Annual Congress of the European college of sport science. Lausanne, 293-294.
60. Vickery, R. (2007). The Effect of Breathing Pattern Retraining on Performance in Competitive Cyclists. Available at: <http://repositoryaut.liconz.ac.nz/handle/10292/83>.
61. Walsh, S. D. & Davis, J. A. (1990). Noninvasive lactate threshold detection using the modified V-Slope method with non-breath-by-breath data. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), S56.
62. William, E. A. & Dupler, T. L. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO_{2max} , the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology*, 5:2.
63. Viru, A. (1995). Adaptation in sport training. Boca Raton, Florida: *CRC Press*.
64. Vučetić, V. (2007). *Razlike u pokazateljima energetske kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja*. (Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
65. Vučetić, V., Šentija D. & Matković, B. (2002). Doziranje i kontrola intenziteta treninga u sportovima dugotrajne aerobne izdržljivosti. Zbornik radova: 11. Zagrebački sajam sporta i nautike. Zagreb, 29-37.
66. Walsh, S. D. & Davis, J. A. (1990). Noninvasive lactate threshold detection using the modified V-Slope method with non-breath-by-breath data. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), S56.

67. Wasserman, K. (1987). Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*, 76(4):V1-V29.
68. Wasserman, K., Beaver, W. L. & Whipp, B. J. (1990). Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation*, 81(1):14-30.
69. Wilber, R. L., Zawadzki, K. M. & Kearney, J. T. (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8):1090-1094.

11. Prilog – individualna reakcija ispitanika na trenažni podražaj

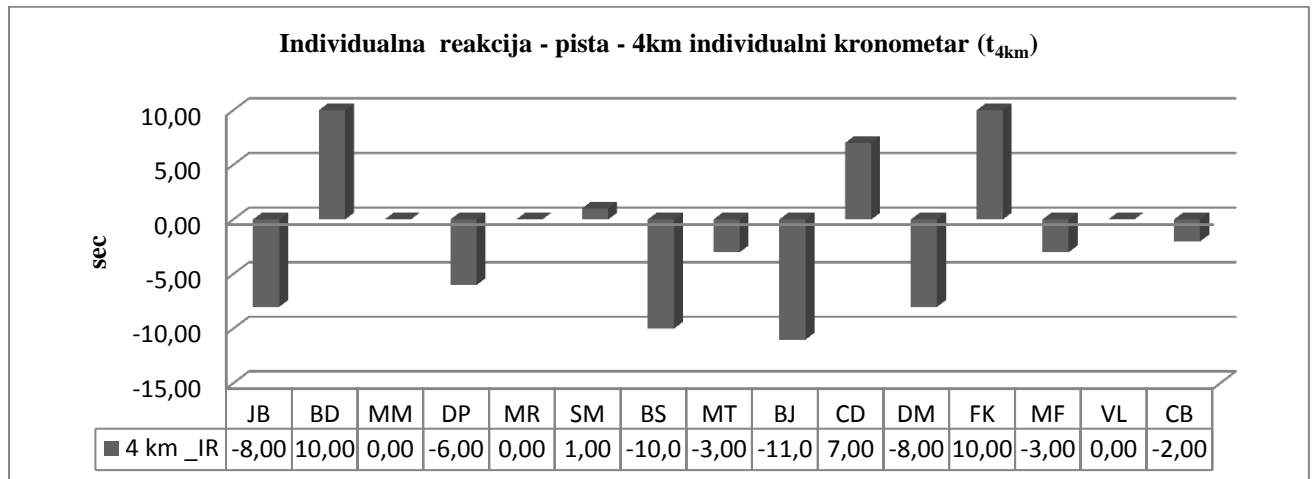
11.1. 4 km individualni kronometar

a) Eksperimentalna grupa



Graf 11.1. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe ispitanika na pisti na 4 km individualnog kronometra

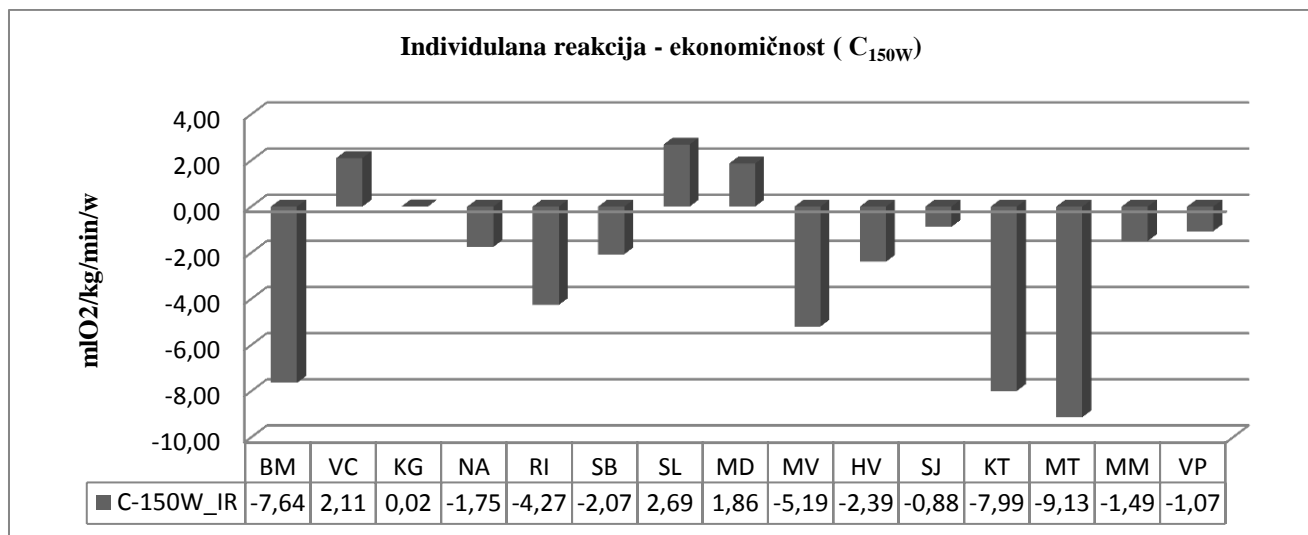
b) Kontrolna grupa



Graf 11.2. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne grupe ispitanika na pisti na 4 km individualnog kronometra

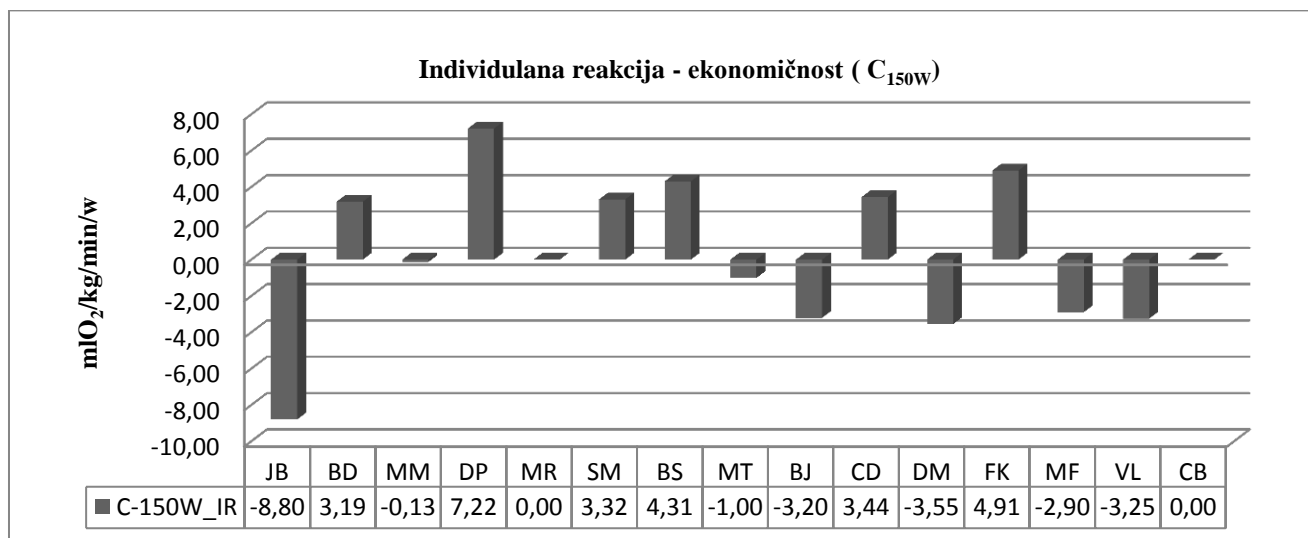
11.2. Ekonomičnost vožnje bicikla

a) Eksperimentalna grupa



Graf 11.3. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe na testu ekonomičnosti pri 150 W

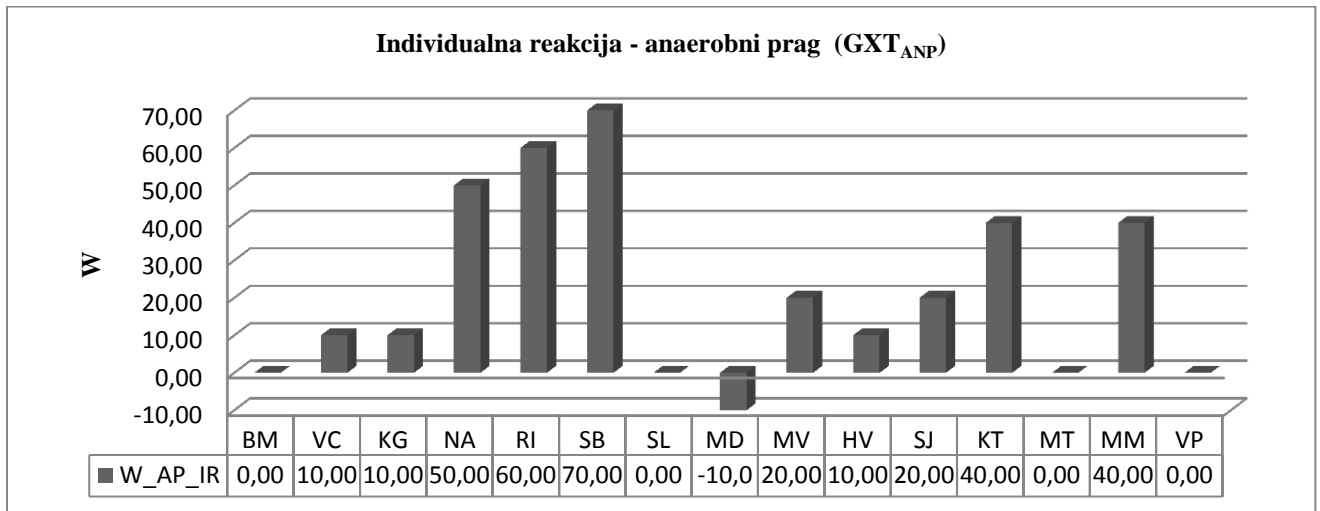
b) Kontrolna grupa



Graf 11.4. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne grupe na testu ekonomičnosti pri 150 W

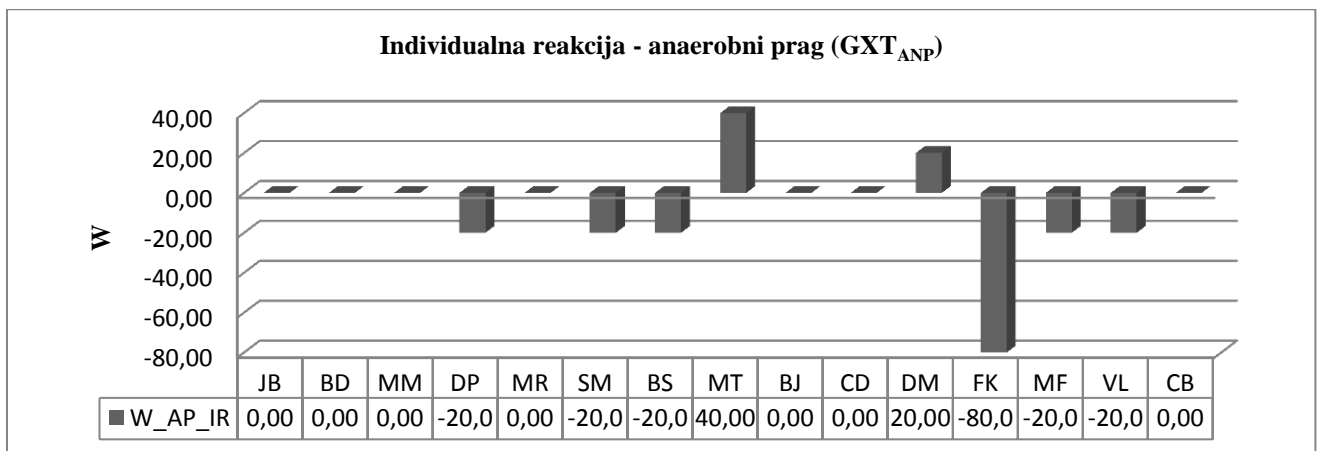
11.3. Anaerobni prag

a) Eksperimentalna skupina



Graf 11.5. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe na progresivnom testu pri promjeni intenziteta kod anaerobnog praga

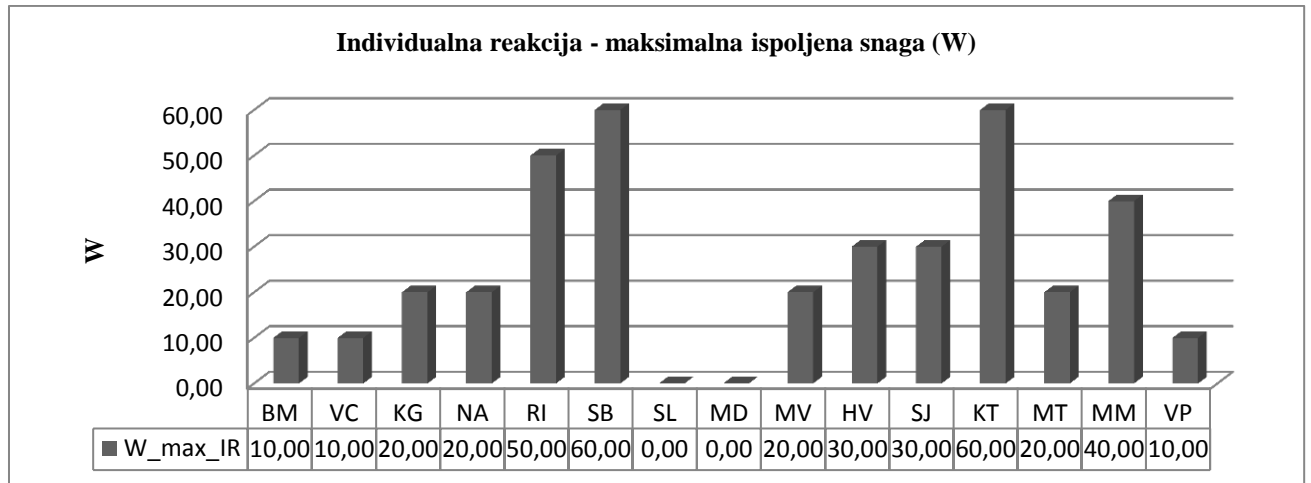
b) Kontrolna skupina



Graf 11.6. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne grupe na progresivnom testu pri promjeni intenziteta kod anaerobnog praga

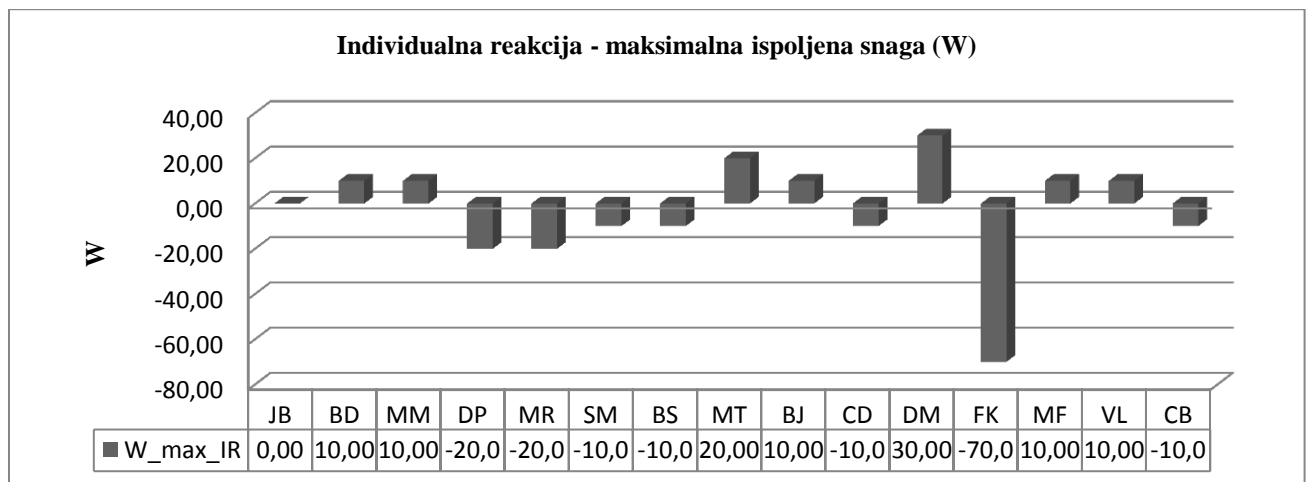
11.4. Maksimalna ispoljena snaga

a) Eksperimentalna skupina



Graf 11.7. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe na progresivnom testu pri promjeni intenziteta kod maksimalnog opterećenja

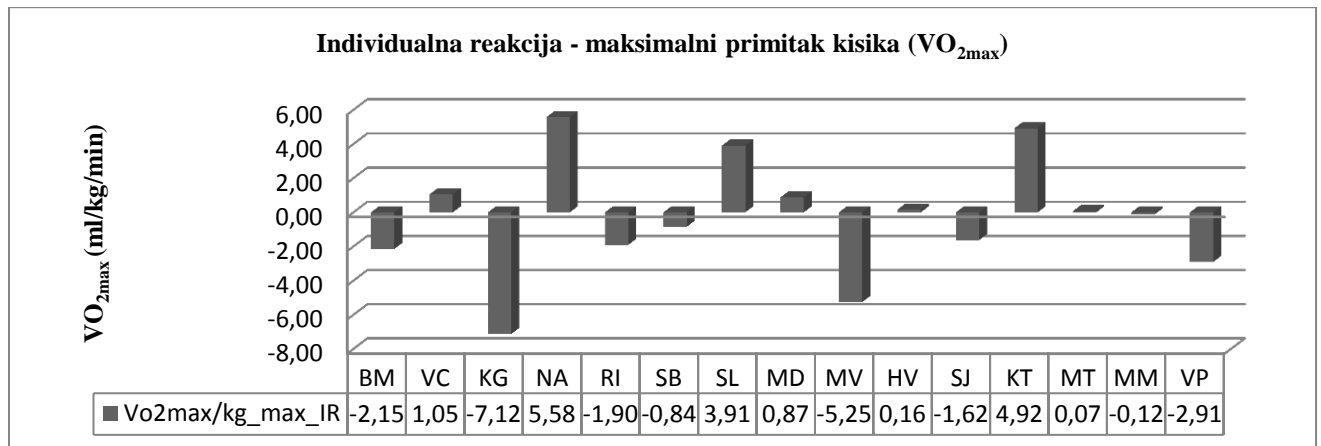
c) Kontrolna skupina



Graf 11.8. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne grupe na progresivnom testu pri promjeni intenziteta kod maksimalnog opterećenja

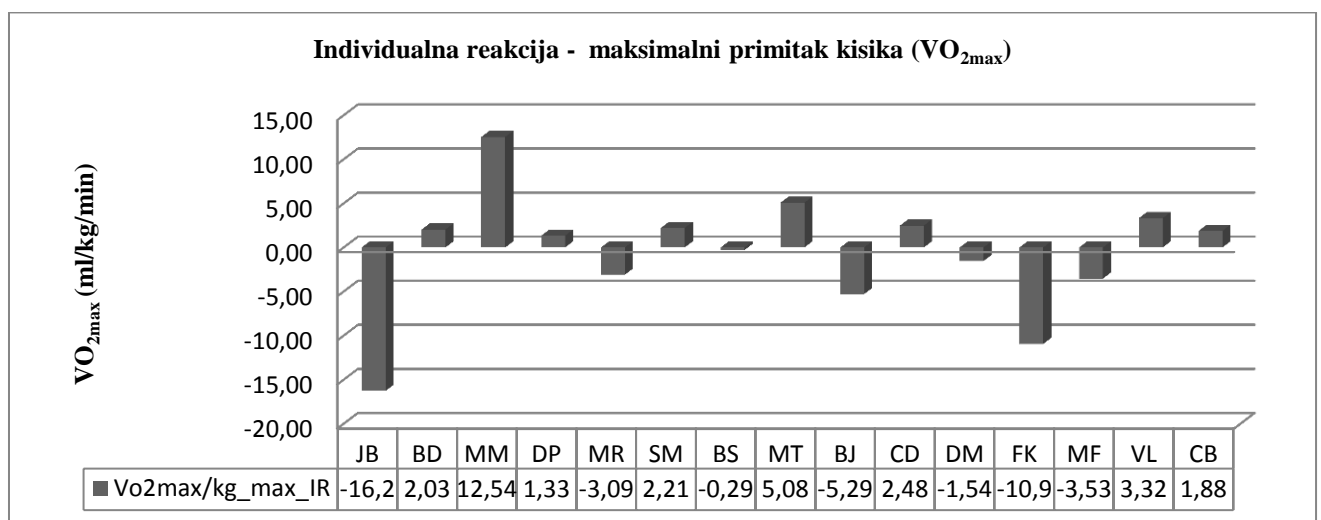
11.5. Maksimalni primitak kisika

a) Eksperimentalna skupina



Graf 11.9. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod eksperimentalne grupe na progresivnom testu pri promjeni VO_{2max} kod maksimalnog intenziteta

b) Kontrolna skupina



Graf 11.10. Prikaz individualne reakcije (IR) za svakog ispitanika posebno između inicijalnog i finalnog mjerenja kod kontrolne grupe na progresivnom testu pri promjeni VO_{2max} kod maksimalnog intenziteta

12. Životopis autora s popisom objavljenih djela

Rođen 16. siječnja 1980. godine u Varaždinu. Živi u Varaždinskoj županiji u općini Vinica u mjestu Marčan. Osnovnu školu pohađao je u općini Vinica u kojoj pokazuje poseban interes za biciklizam. Nakon osnovne upisuje srednju školu Arboretum Opeka u Vinici. Tijekom osnovne i srednje škole u mlađim dobnim kategorijama višestruki je državni biciklistički prvak, te stalni član biciklističke reprezentacije. Nakon srednje škole odlazi u Hrvatsku vojsku, te u dresu Hrvatske seniorske biciklističke reprezentacije 1999. godine kao najmlađi član nastupa na 2. Svjetskim vojnim igrama.

Upisom na Kineziološki fakultet 1999. godine završava aktivnu biciklističku karijeru. Tijekom studija 2003. godine dobiva Rektorovu nagradu za studentski rad *Promjena modaliteta lokomocije i energetska potrošnja u čovjeka*. Fakultet završava 2005. godine. Prvo radno mjesto mu je u Medicinskoj školi u Varaždinu 2005. godine, a trenutno radi u osnovnoj i srednjoj školu u općini Vinica kao nastavnik tjelesne i zdravstvene kulture.

2006. godine upisuje na Kineziološkom fakultetu doktorski studij. Tijekom studija objavljuje 22 znanstveno-stručna članka. 2008. godine završava „Specijalistički i individualizirani trenerski tečaj“ u Švicarskoj u Svjetskom biciklističkom centru Aigle. 2012. godine izrađuje Plan i program rada biciklističke sekcije za osnovne škole u Republici Hrvatskoj za kojeg dobiva suglasnost Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta. Trenira bicikliste više od 10 godina, a trenutno obnaša dužnost izbornika mlađih dobnih kategorija u MTB-u pri Hrvatskom biciklističkom savezu.

Popis objavljenih radova

1. Štimec, B. (2007). Aktualno stanje učenika petih razreda osnovnih škole Varaždinske županije u usporedbi s rezultatima Republike Hrvatske, 16. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
2. Polančec, J., Štimec, B. & Cetinić, J. (2007). Razlika između učenika petih razreda koje gravitiraju osnovnoj školi Klenovnik i osnovnoj školi Vinica u motoričkim i funkcionalnim sposobnostima, 16. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
3. Šiljeg, K., Žečić, M., Kević, G., Polančec, J., Mrgan, J. & Štimec, B. (2007). Differences in Some Anthropological Characteristics of Eleven- Year Olds in Different Regions of the Republic of Croatia, Zadar.

4. Ciglar, M., Štimec, B. & Ciglar, S. (2008). Uvid u brojno stanje neplivača na Varaždinskom Veleučilištu od 2001. do 2006. godine, 17. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
5. Štimec, B. (2008). Razlike između učenika Elektrostrojarske škole i Medicinske škole Varaždin u antropološkim obilježjima uvjetovane mogućnostima primjene kinezioloških operatora, 17. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
6. Štimec, B. (2008). Trening snage u pripremnom periodu kod mladih biciklista presudan za postizanje vrhunskog rezultata, 6. međunarodna konferencija, Kondicijska priprema sportaša 2008, Zagreb.
7. Štimec, B. & Polančec, J. (2008). Relations between some anthropological characteristics and school success in particular school of the 5th elementary school grade pupils, 5th International scientific conference on kineziology, Zagreb.
8. Štimec, B. (2009). Metrijske karakteristike skale nesportskog ponašanja u uzorku učenika srednje škole, 18. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
9. Polančec, J. & Štimec, B. (2009). Sat tjelesne i zdravstvene kulture u funkciji razvoja aerobne izdržljivosti, 7. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb.
10. Štimec, B., Polančec, J. & Sportiš, G. (2009). Biciklistički trening u okviru kondicijske pripreme djece. II Kondicijski trening 7, Zagreb.
11. Štimec, B. & Polančec, J. (2010). Školska športska natjecanja osnovnih i srednjih škola u Varaždinskoj županiji – uvid u školsku godinu 2009./2010., 19. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
12. Pavlec, N., Cesarec, R. & Štimec, B. (2011). Biciklizam kao sportsko-rekreativni sadržaj, Međunarodna znanstveno-stručna konferencija, Sportska rekreacija u funkciji unapređenja zdravlja, Osijek.
13. Štimec, B., Štimec, R., Pavlec, N. & Cesarec, R. (2011). Provjeravanje motoričkog znanja kod učenika prvih razreda, 20. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
14. Cesarec, R., Pavlec, N. & Štimec, B. (2011). Dijagnostika koordinacije kod različitih dobnih kategorija, 9. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb.
15. Sportiš, G., Štimec, B., Milanović N. & Trajković, N. (2011). Reliability and factorial validity of the cycling tests among school population, *Acta Kinesiologica*.

16. Štimec, B., Hublin, T., Rajner, J., Štimec, R., Palvec, N. & Cesarec, R. (2012). Provjeravanje efekata učenja motoričkog znanja kod učenika prvih razreda s ciljem intenzifikacije nastavnog procesa, 21. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč.
17. Štimec, B., Remar, A., Pavlec, N., Cesarec, R. & Rajner, J. (2012). Specifična priprema biciklista tijekom pripremnog (zimskog) razdoblja u Hrvatskoj, 10. međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2012, Zagreb.
18. Štimec, B. (2013) Programirani trenažni biciklistički proces od 12 tjedana utječe isključivo na tehniku vožnje bicikla kod neselekcionirane školske populacije, 11. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2013, Zagreb.
19. Štimec, B., Rajner, J., Pavlec, N & Rob, Ž. (2013) Organizacija i realizacija dječjeg biciklističkog kampa; 22. Ljetna škola Kineziologa Republike Hrvatske, Zbornik radova, Poreč.
20. Rajner, J., Štimec, B., Rob, Ž. & Pavlec, N. (2013) Biciklistički poligon Mure Avanture; 22. Ljetna škola Kineziologa Republike Hrvatske, Zbornik radova, Poreč.
21. Štimec, B. & Rajner, J. (2014) Predviđanje rezultata iz biciklizama na UCI-C2 MTB XCO utrci za Hrvatske vozače. 21.i 22. veljače 2014, 12. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša 2014, Zagreb.
22. Štimec, B., Rajner, J., Pavlic, N., Sedlar, N. & Cesarec, R. (2015). Analiza stanja hrvatskog biciklizma za mlađe dobne kategorije od 2008. do 2013. godine; 23. Ljetna škola Kineziologa Republike Hrvatske, Zbornik radova, Poreč.