Energetska potrošnja pri istoj brzini kretanja u različitim modalitetima lokomocije

Kurtanjek, Saša

Master's thesis / Diplomski rad

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:825639

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva “magistar kineziologije")

Saša Kurtanjek

ENERGETSKA POTROŠNJA PRI ISTOJ BRZINI KRETANJA U RAZLIČITIM MODALITETIMA LOKOMOCIJE

(Diplomski rad)

MENTOR:

dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, rujan 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva “magistar kineziologije")

Saša Kurtanjek

ENERGETSKA POTROŠNJA PRI ISTOJ BRZINI KRETANJA U RAZLIČITIM MODALITETIMA LOKOMOCIJE

(Diplomski rad)

MENTOR:

dr.sc. Vlatko Vučetić

Zagreb, rujan 2015.

SAŽETAK

ENERGETSKA POTROŠNJA PRI ISTOJ BRZINI KRETANJA U RAZLIČITIM MODALITETIMA LOKOMOCIJE

Energetska potrošnja i učinkovitost kretnih struktura vrlo su bitni segmenti sportske pripreme. Optimizacija modaliteta lokomocije i energetske potrošnje može u određenim sportskim aktivnostima dati minimalnu prednost koja se ostvaruje kao bolji sportski rezultat. Mjerenjem energetske potrošnje lokomocije dobiva se uvid u stanje i kapacitete energetskih procesa sportaša prilikom kretanja. **Cilj**: Cilj ovog istraživanja je analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri istoj brzini kretanja, a u različitim modalitetima lokomocije (frontalno kretanje, bočno dokoračno kretanje i kretanje unatraške) te analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri različitoj brzini kretanja, a u istom modalitetu lokomocije. **Metode Rada**: U istraživanju je sudjelovalo 16 ispitanika muškog spola (DOB 23±1,40 god., VISINA 182,8±6,64 cm, TEŽINA 79,73±9,14 kg) te su svi ispitanici studenti Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Svi ispitanici su odradili testiranje koje se sastojalo od 3 segmenta: mjerenja osnovnih morfoloških dimenzija te provedbe protokola za mjerenje aerobnog kapaciteta (KF1) i protokola za provjeru energetske potrošnje (SS5MIN) pri 4 različite brzine kretanja u 6 različitih vremenskih točaka. Analizirana je razlika između parametara za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta i energetske potrošnje pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetom lokomocije u pojedinom protokolu te pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije kroz sve protokole. **Rezultati**: ANOVA ukazuje da postoje statistički značajne razlike u energetskoj potrošnji pri istoj brzini kretanja, a u različitim modalitetima lokomocije te da statistički značajne razlike u energetskoj potrošnji postoje i pri različitoj brzini kretanja, a u istom modalitetu lokomocije. **Zaključak**: Mijenjanje modaliteta lokomocije dovodi do promjene razine energetske potrošnje sportaša. Također promjenom modaliteta lokomocije sportaš mijenja i zonu energetskog opterećenja. Poznavanje navedenih procesa omogućuje specifično i svrsishodno planiranje, programiranje i provođenje sportskog treninga s ciljem poboljšanja sportskih rezultata.

Ključne riječi: energetska potrošnja, ekonomičnost trčanja, modalitet lokomocije

SUMMARY

ENERGY CONSUMPTION AT THE SAME SPEED OF MOVEMENT AND IN DIFFERENT MODALITIES OF LOCOMOTION

Energy consumption and locomotion efficiency are very important parts of training process in sport. Optimization of different types of locomotion and energy consumption can, in certain sports, provide a minimum benefit that is realized as a better result. By measuring energy consumption of locomotion one gets insight into the condition and capacity of athletes energy processes during movement. **Aim**: The aim of this study is to analyze differences in energy consumption at the same speed of movement in different modalities of locomotion (frontal movement, lateral movement and moving backwards), and to analyze differences in energy consumption at different speed of movement in the same mode of locomotion. **Methods**: The study included 16 male subjects (AGE 23±1,40 yr., HEIGHT 182,8±6,64 cm, WEIGHT 79,73±9,14 kg), and all subjects are students of the Faculty of Kinesiology in Zagreb. All of them went through the entire testing process, which consisted of three parts: measurement of basic morphological dimensions and implementation of protocol for measuring aerobic capacity (KF1) and protocol for testing energy consumption (SS5MIN) at 6 different time points. The difference between parameters for aerobic capacity and energy consumption assessment when moving at the same speed and in different modalities of locomotion in a particular protocol and when moving at different speed and in same mode of locomotion for all protocols has been analyzed. **Results**: ANOVA indicates that there are statistically significant differences in energy consumption at the same speed of movement in different modalities of locomotion. Also, there are statistically significant differences in energy consumption at different speed of movement in the same mode of locomotion. **Conclusion**: Changing modes of locomotion leads to changes in level of athletes energy consumption. Also, when changing modes of locomotion athlete changes functional load zone. Knowledge of these processes allows specific and purposeful planning, programming and application of training to improve athletic performance.

Keywords: energy consumption, running economy, locomotion modality

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PROBLEM ISTRAŽIVANJA 5
3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 6
4. CILJ ISTRAŽIVANJA 10
5. METODE RADA 11
5.1. Uzorak ispitanika 11
5.2. Mjerna oprema 12
5.3. Uzorak varijabli 13
5.3.1. Morfološke mjere 13
5.3.2. Mjere dinamičkih plućnih kapaciteta 13
5.3.3. Mjere ventilacijskih i metaboličkih parametara 14
5.3.4. Plan provođenja eksperimenta 15
5.3.5. Opis spiroergometrijskih protokola na pokretnom sagu 15
5.3.6. Mjere subjektivne procjene opterećenja 16
5.3.7. Prikaz svih varijabli korištenih za potrebe istraživanja 17
5.4. Metode prikupljanja podataka 18
5.5. Metode obrade i analize podataka 19
5.5.1. Deskriptivna statistika 19
5.5.2. Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu 19
5.5.3. Funkcionalne veze između ventilacijskih i metaboličkih parametara u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu 19
5.5.4. Računanje koeficijenta ekonomičnosti trčanja 20
6. REZULTATI I RASPRAVA 21
6.1. Deskriptivna analiza 21
6.2. Analiza razlika između promatranih ventilacijskih i metaboličkih parametara u primijenjenim testovima opterećenja 31
6.2.1. Analiza razlika između vrijednosti relativnog primitka kisika u primijenjenim testovima opterećenja 31
6.2.2. Analiza razlika između vrijednosti postotka relativnog primitka kisika u primijenjenim testovima opterećenja 33

6.2.3. Analiza razlika između vrijednosti frekvencije srca u primijenjenim testovima opterećenja 36
6.2.4. Analiza razlika između vrijednosti postotka frekvencije srca u primijenjenim testovima opterećenja.....38
6.2.5. Analiza razlika između vrijednosti ekonomičnosti trčanja u primijenjenim testovima opterećenja.....40
6.2.6. Analiza razlika između vrijednosti subjektivne procjene opterećenja u primijenjenim testovima opterećenja 42
7. ZAKLJUČAK.....45
8. LITERATURA 46

1. UVOD

Kada govorimo o tjelesnoj aktivnosti, sportu, te ljudskom pokretu općenito energija je ključan pojam za njihovo određivanje i definiranje. Oslobađanjem energije u mišićima ljudski pokret i tjelesna aktivnost postaju mogući. Veličina energetskih kapaciteta kao i razina njihova korištenja bitno se razlikuju od osobe do osobe. Poznavanje energetskih procesa i kapaciteta te načina na koji se oni troše i obnavljaju osnova je za planiranje i programiranje kvalitetnog trenažnog programa, odnosno za provođenje oblika tjelesne aktivnosti kojima će se povećati energetski kapaciteti i sposobnost njihove upotrebe i regeneracije (Vučetić i Šentija, 2005; Vučetić, 2007). Poznavanje tih karakteristika omogućuje specifično i svrsishodno planiranje i provođenje sportskog treninga s ciljem poboljšanja sportskih rezultata.

Energiju možemo definirati kao djelatnost, radinost; fizičku sposobnost za vršenje rada (Anić, Klaić i Domović, 2002). Energiju (E) možemo definirati i kao sposobnost obavljanja rada (W), koji se definira kao svladavanje sile (F) na određenom putu (s). Energija i rad izražavaju se u džulima (J), kalorijama (kcal) ili u litrama kisika (L O_2): E,W = F * s (Nm = J, kcal, L O_2).

Proces u kojem se energija ispoljava i koristi naziva se potrošnja energije. Utrošak energije ne odvija se samo pri obavljanju tjelesne aktivnosti već se može podijeliti na energiju potrebnu za: odvijanje osnovnih metaboličkih zadaća u tijelu (intenzitet bazalnog metabolizma), obavljanje različitih tjelesnih aktivnosti, probavu, apsorpciju i preradu hranjivih tvari te održavanje tjelesne temperature (Guyton i Hall, 2012). Guyton i Hall (2012) također navode da je za obavljanje dnevnih aktivnosti potrebno oko 25% ukupnog utroška energije, ali je taj udio specifičan za pojedinu osobu te ovisi i o vrsti i opsegu tjelesnih aktivnosti.

Energetska potrošnja lokomocije definira se kao količina energije iznad intenziteta bazalnog metabolizma potrebna za transport tijela po jedinici prevaljenog puta (mL/O_2/Kg/m) (Di Prampero i sur., 1993; Lazzer i sur., 2012). Energetska potrošnja lokomocije može se pratiti mjerenjem pimitka kisika (VO_2). U novije vrijeme razvijen je sustav 'breath by breath' koji omogućuje praćenje primitka kisika u realnom vremenu i matematičko oblikovanje kinetike VO_2, od početka do kraja tjelesne aktivnosti (Šentija,

2002). Pri umjerenoj tjelesnoj aktivnosti primitak kisika postiže konstantnu vrijednost koja odgovara intenzitetu rada, u vremenu od oko 3 minute (Barstow, 1994; Barstow i sur., 1996; Whipp i Wasserman, 1972), dok je pri teškoj ili vrlo teškoj tjelesnoj aktivnosti učinkovitost rada snižena zbog odgođenog dodatnog porasta primitka kisika (Barstow i Mole, 1991; Poole i sur., 1991). Potonja komponenta u kinetici VO_2 nazvana je 'spora komponenta VO_2', te prolongira, a ponekad i sprječava postizanje stabilnog stanja VO2 (Barstow i Mole, 1991; Casaburi i sur., 1987). Postoje brojne pretpostavke, no karakteristike spore komponente VO_2 još uvijek nisu utvrđene (Barstow i sur., 1996; Candau i sur., 1998).

Kinetika primitka kisika pokazatelj je sveukupne zajedničke sposobnosti dišnog, srčanožilnog i mišićnog sustava, te proizlazi iz kompleksnog međudjelovanja različitih mehanizama koji reguliraju opskrbu i upotrebu kisika u radnom mišiću (Šentija, 2002). Pri obavljaju bilo kakve tjelesne aktivnosti javlja se povećana potreba za kisikom u odnosu na potrebu u mirovanju. Također i tranzicija s nižeg na viši intenzitet tjelesne aktivnosti zahtijeva porast primitka kisika zbog povećane potrebe za ATP-om (Vučetić, 2007). Doprema kisika (osim pri aktivnostima maksimalnog intenziteta) ne ograničava kinetiku primitka kisika, s obzirom da je kinetika dopreme kisika do radnog mišića brža bilo od mišićne bilo od plućne VO_2 kinetike (De Cort i sur., 1991; Grassi i sur., 1998; Grassi i sur., 2000).

Grassi i sur. (2000) navode kako je kinetika VO_2 osjetljivija na podražaje kao što je tjelesna aktivnost od makimalnog primitka kisika (VO_2max) ili anaerobnog praga. VO_2max često se koristi kao mjera kardiorespiratornog stanja treniranosti (Fletcher i sur., 2001; Lakka i sur., 1994; Laukkanen i sur., 2001), no mjerenje VO_2max zahtijeva maksimalna opterećenja do voljne iscrpljenosti što nije preporučljivo za starije osobe, te osobe koje su limitirane boli, umorom i nepravilnim načinom kretanja (Noonan i Dean, 2000; Šentija, 2002). Još jedan ograničavajući faktor kod mjerenja VO_2max je što zahtijeva i visoku razinu motivacije (Grant i sur., 1995; Wyndham, 1967), a motivacija je potrebna da bi se faktori sposobnosti i faktori znanja osobe mogli manifestirati na optimalnoj razini (Horga, 1993). Sukladno navedenom analiza kinetike VO_2 čini se kao korisna metoda u procjeni aerobnih sposobnosti ispitanika. Osnovni parametar koji se koristi za procjenu kinetike primitka kisika jest 'τ' ('tau'), tj. vremenska konstanta; 'τ' odgovara vremenu potrebnom za dostizanje 63% ukupne promjene primitka kisika, pri tranziciji s nižeg (ili iz mirovanja) na viši intenzitet tjelesne aktivnosti (Vučetić, 2007).

Cjelovitu sliku aerobnih kapaciteta sportaša dobivamo mjereći maksimalni primitak kisika (VO_{2max}), laktatni prag i ekonomičnost trčanja (ET) (Karp, 2008). Maksimalni primitak kisika i anaerobni prag, kao mjere treniranosti aerobnih sposobnosti, češće se koriste u znanstvenim istraživanjima od ekonomičnosti trčanja. Promatrajući homogenu skupinu sportaša, sa sličnim ili istim VO_{2max}, ET postaje mnogo bolji pokazatelj razine treniranosti aerobnih sposobnosti od VO_{2max} (Conley i Krahenbuhl, 1980; Karp, 2008; Morgan i sur., 1989; Saunders i sur., 2004).

Ekonomičnost trčanja se definira kao količina kisika (VO_2) utrošena pri submaksimalnim brzinama trčanja (Karp, 2008) ili kao energetska potrošnja pri zadanoj submaksimalnoj brzini trčanja (Franch i sur., 1998), a određuje se mjereći konstantnu vrijednost primitka kisika i omjer izmjene dišnih plinova (Saunders i sur., 2004). Često se pojam ekonomičnost i pojam efikasnost koriste kao sinonimi, a pojmovi su bitno drugačijeg značenja. Ekonomičnost podrazumijeva povezanost potrošnje kisika s brzinom trčanja (Anderson, 1996; Bula i sur., 2008), dok je efikasnost omjer između mehaničke energije proizvedene tijekom aktivnosti i energetske potrošnje tijekom aktivnosti (Karp, 2008).

Visoka razina ekonomičnosti trčanja poželjna je u svim sportovima u kojima je trčanje primarni motorički obrazac počevši od trkačkih disciplina u atletici pa sve do sportskih igara. U sportskim igrama veliku ulogu u kvaliteti izvedbe tehničko-taktičkih zadataka ima razina umora. Rampinini i sur. (2007) pokazali su da kod profesionalnih igrača iz manje uspješnih nogometnih momčadi ranije dolazi do pada fizičkih sposobnosti i većeg broja tehničkih pogrešaka uzrokovanih umorom. Jedan od glavnih uzroka mišićnog umora je pražnjenje glikogena (Sahlin i sur., 1998). Ekonomičnijem igraču je potrebno manje kisika, odnosno manje energije za održavanje određenog intenziteta. Veći dio energije sportaši u sportskim igrama dobivaju iz mišićnog glikogena pa se može zaključiti da će igrač s višom razinom ekonomičnosti trčanja biti u mogućnosti sačuvati svoj mišićni glikogen duže vrijeme, te posljedično odgoditi pojavu umora što donosi razliku između pobjede i poraza (Bašić, 2014).

Brojni autori navode da različite vrste životinja mijenjaju modalitet kretanja kako bi smanjile energetsku potrošnju (Cavagna, Heglund i Taylor, 1977; Farley i Taylor, 1991; Pennycuick, 1975; Taylor, 1985). Hoyt i Taylor (1981) navode da je aerobna energetska potrošnja u konja, pri nižim brzinama, veća pri kasu i galopu nego pri hodu, te zaključuju da konji izabiru modalitet lokomocije i trenutak tranzicije između modaliteta lokomocije radi optimiziranja energetske potrošnje. Isti obrazac uočen je i kod čovjeka. U istraživanju

kojeg su Mercier i sur. (1994) proveli na uzorku od osam mladih muškaraca izmjerena je preferirana tranzicijska brzina (PTB = 7.78±0.14 km/h) koja odgovara brzini pri kojoj trčanje postaje ekonomičnije od hodanja, te zaključuju da tranzicija doista minimizira energetsku potrošnju lokomocije. Međutim Šentija je (2002) , na uzorku od 22 ispitanika muškog spola, izmjerio preferiranu tranzicijsku brzinu (PTB = 7.13±0.44 km/h) koja se energetski značajno razlikuje od optimalne tranzicijske brzine (OTB = 8.19±0.26 km/h) te dolazi do suprotnog zaključka, odnosno da promjenu modaliteta lokomocije ne uzrokuje porast ukupne energetske potrošnje.

Postoje mnoga istraživanja koja proučavaju odnos energetske potrošnje i učinkovitosti kretanja, ali su uglavnom bazirana na samo dva modaliteta lokomocije, hodanje i trčanje te tranziciju između ta dva oblika kretanja. Ono što nedostaje i čime se znanje o ovim procesima može produbiti je istraživanje i drugih modaliteta lokomocije (bočno dokoračno kretanje, kretanje unatraške) te utjecaj tih modaliteta na energetske sustave i kretne strukture čovjeka.

2. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Energetska potrošnja i učinkovitost kretnih struktura vrlo su bitni segmenti sportske pripreme. Optimizacija modaliteta lokomocije i energetske potrošnje može u određenim sportskim aktivnostima dati minimalnu prednost koja se ostvaruje kao bolji sportski rezultat. Saunders i sur. (2004) navode istraživanje čiji su uzorak bili vrhunski i dobri Američki trkači na dulje pruge u kojem je zaključeno da su vrhunski trkači ekonomičniji od dobrih, te da vrhunski trkači aktivnost obavljaju na nižem postotku vlastitog maksimalnog primitka kisika. Ti rezultati nam govore kako sportaši s višom razinom učinkovitosti kretanja imaju i nižu energetsku potrošnju što ne dolazi do izražaja samo u sportovima gdje dominira aerobna energetska komponenta već i u ostalim sportskim aktivnostima.

Vrlo je bitno da znamo kako naš energetski sustav funkcionira, te koliko naša energetska potrošnja varira i/ili se razlikuje s obzirom na smjer i način kretanja da bi mogli isplanirati i isprogramirati kvalitetan, ekonomičan i svrsishodan sportski trening.

Iako postoje mnoga istraživanja koja se bave problematikom potrošnje energije i učinkovitosti kretanja te značajem ova dva procesa za vrhunski sport i tjelesnu aktivnost općenito, ti segmenti sportske pripreme još uvijek nisu do kraja obrađeni. To je ponajviše tako jer se većina tih istraživanja bazira na osnovne oblike kretanja kao što su hodanje i trčanje te ne uzima u obzir i druge modalitete lokomocije. Stoga se postavlja pitanje postoje li razlike u energetskoj potrošnji pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije te postoje li razlike u energetskoj potrošnji pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Mjerenjem energetske potrošnje lokomocije dobiva se uvid u stanje i kapacitete energetskih procesa sportaša prilikom kretanja. To znanje je nužno za kvalitetno planiran, programiran i proveden sportski trening koji je u funkciji optimizacije energetskih sustava i kretnih struktura radi postizanja boljih sportskih rezultata. Uvid u veličinu sportaševih energetskih kapaciteta, te način na koji se oni troše i obnavljaju omogućava nam specifičan i individualiziran pristup sportskom treningu koji je ključan za svakog sportaša jer je svaki sportaš jedinka sa specifičnim sposobnostima, znanjima i osobinama.

Energetska potrošnja lokomocije može se pratiti mjerenjem vrijednosti primitka kisika (VO_2). U ovom istraživanju korišten je sustav 'breath by breath' koji omogućuje praćenje primitka kisika u realnom vremenu i matematičko oblikovanje kinetike VO_2. Razumijevanje kinetike VO_2 ključno je za metodologiju sportskog treninga i sportskog uspjeha (Bangsbo i sur., 2000; Billat, 2001; Saltin i sur., 1995).

Većina istraživanja koja obrađuju kinetiku primitka kisika pri tjelesnoj aktivnosti rađena je pri opterećenju na biciklergometru. No pri različitim dinamičkim aktivnostima vrijednosti spore komponente primitka kisika značajno se razlikuju (Vučetić, 2007). Billat i sur. (1998, 1999), Carter i sur. (2000) te Jones i Connell (1999) usporedili su kinetiku VO_2 pri radu na biciklergometru i pri trčanju na pokretnom sagu, te navode značajno veće vrijednosti spore komponente VO_2 pri radu na biciklergometru u odnosu na trčanje. Bernard i sur. (1998) proveli su istraživanje na 13 visoko utreniranih atletičara srednje- i dugoprugaša. Testirali su ih na pokretnom sagu pri intenzitetima preko 80% VO_{2max}. Svi ispitanici postigli su stabilno stanje do intenziteta od 92% VO_{2max}, a čak 8 i pri 99% VO_{2max}. Energetska potrošnja (C) pri trčanju iznad 84% VO_{2max} bila je značajno viša pri stabilnom stanju (Css) u odnosu na potrošnju u 3. minuti opterećenja (C3). C3 je mogao objasniti tek 60% varijabiliteta C_{ss}.

Brža kinetika VO_2 ispitanika u treningu naspram netreniranih ispitanika je u prijašnjim istraživanjima dokazana (Caputo i sur., 2003; Marwood i sur., 2010), no istraživanja razlike u kinetici VO_2 kod treniranih trkača koji imaju slično trenažno iskustvo ali se razlikuju u VO_{2max} su područje od značajnog interesa znanstvenika. Powers, Dodd i Beadle (1985) usporedili su vrhunske sportaše s različitim vrijednostima VO_2max, te su utvrdili da pri konstantnom opterećenju koje odgovara intenzitetu od oko 50% VO_2max, sportaši s višim VO_{2max} imaju bržu kinetiku VO_2. Zhang i sur. (1991) su utvrdili da kinetika VO_2, s

porastom intenziteta rada (25%, 50%, 75% i 100% radnih mogućnosti), progresivno usporava, te da ovisi o aerobnom kapacitetu ispitanika, dok Carter i sur. (2000), na uzorku od 23 ispitanika različite aerobne izdržljivosti, nisu utvrdili značajnu razliku u vremenskoj konstanti tokom kontinuiranog opterećenja s umjerenim i teškim intenzitetom.

Energetska potrošnja ključan je faktor za razumijevanje i definiranje energetskih procesa tokom trčanja (Di Prampero i sur., 1993), odnosno za razumijevanje ekonomičnosti trčanja (C). U suvremenom sportu postoji konstantna potraga za faktorima koji utječu na sportsku izvedbu i pomoću kojih se mogu poboljšati natjecateljski rezultati. Povezanost više razine ekonomičnosti trčanja s boljim natjecateljskim rezultatima predmet je istraživanja mnogih autora. Istraživanjem povezanosti između trkačke ekonomičnosti i natjecateljske uspješnosti utvrđen je raspon vrijednosti koeficijenta korelacije (r) od 0.51 do 0.83 (Farrell i sur., 1979; Powers i sur., 1983). Conley i Krahenbuhl (1980) navode da kada se radi o homogenoj grupi vrhunskih trkača čak 65 % varijance natjecateljske uspješnosti može biti objašnjeno variranjem trkačke ekonomičnosti. Daniels (1985; prema Vučetić, 2007) navodi da ekonomičnost trčanja varira do 30% unutar homogene grupe trkača (trkača sa sličnim VO_{2max}).

Saunders i sur. (2004) navode kako elitni trkači imaju bolju ekonomičnost trčanja u odnosu na dobre trkače, odnosno elitni trkači koriste manji postotak VO_2max pri natjecateljskim brzinama. Di Prampero i sur. (1993) navode da povećanje razine ekonomičnosti trčanja za 5% povisuje uspješnost u trčanju na duge pruge za 3.8%. Jones (2006) na primjeru svjetske rekorderke u ženskom maratonu pokazuje kako je za poboljšanje izvedbe u elitnom maratonu te nakon postizanja visoke razine VO_{2max} potrebno razvijati ekonomičnost trčanja. Autor iznosi podatak o napretku u ekonomičnosti trčanja od 15% (od 205 $mlkg^{-1}km^{-1}$ do 175 $mlkg^{-1}km^{-1}$) u razdoblju od 11 godina na brzini od 16 km/h. Svedenhag i Sjodin (1985) proučavali su promjene u učinkovitosti trčanja i sportskoj izvedbi kod elitnih trkača na duge pruge (VO_2max 75 mL/kg/min). Trkači su prolazili specifičan trenažni proces te su tijekom 22 mjeseca značajno smanjili primitak kisika na brzinama od 15 i 20 km/h posljedično poboljšavajući sportsku izvedbu na trkama preko 5000m. Usporedbom 8 kenijskih i 8 europskih trkača na duge pruge sa sličnim rezultatom na 10 km utvrđena je 5% bolja ekonomičnost trčanja afričkih trkača iako su imali 13% niže vrijednosti VO_{2max} u odnosu na europske (Weston i sur., 2000). Autori također navode da afrički trkači trku na 10 km trče pri višem % VO_{2max}, ali pri sličnoj koncentraciji laktata u krvi te dolaze do zaključka da poboljšanje ekonomičnosti trčanja utječe na poboljšanje

sportske izvedbe. I istraživanja drugih autora ukazuju na to da poboljšanje ekonomičnosti trčanja može biti dobar prediktor natjecateljske uspješnosti, te dobar pokazatelj napretka i stanja treniranosti trkača na srednje i duge pruge (Conley i Krahenbuhl, 1980; Farell i sur., 1979; Johnston i sur., 1997; Jones, 1998).

Ustanovljeno je i da su trenirani trkači puno ekonomičniji od netreniranih i rekreativnih trkača (Bransford i Howley, 1977; Mayers i Gutin, 1979; Morgan i sur., 1995). Daniels i Daniels (1992) su, uspoređujući trkače na srednje i duge pruge, utvrdili da su trkači na srednje pruge ekonomičniji pri brzini od 19 km/h, a trkači na duge pruge pri manjim brzinama trčanja.

Provođena su istraživanja u kojima je uspoređivana ekonomičnost trčanja između različitih populacija ispitanika. Daniels i Daniels (1992) usporedili su elitne muške i ženske srednjoprugaše i dugoprugaše te dolaze do sljedećih zaključaka: 1. Atletičari pokazuju značajno ekonomičniju tehniku trčanja od altetičarki pri brzinama ispod 95% VO2max 2. Srednjoprugaši pokazuju značajno ekonomičniju tehniku trčanja od dugoprugaša pri brzinama koje su tipične za utrku na 800-1500m, dok je pri brzinama tipičnim za maraton, tehnika trčanja dugoprugaša bila ekonomičnija. Međutim, Helgerud, Storen i Hoff (2010) pokazuju da nema značajnih razlika u ekonomičnosti trčanja između 9 trkača i 6 trkačica, promatrano na relativnim intenzitetima od 60-90% VO_{2max}, srednje do vrlo dobre treniranosti (VO_{2max} od 66.4±8.8 $mlO_2kg^{-1}m^{-1}$), no navode i da trkačice iskazuju značajno niže vrijednosti $VO_{2max.}$

U istraživanju provedenom na 48 atletičara hrvatskog nacionalnog ranga, Vučetić (2007) navodi kako na brzinama 8, 10 i 12 km/h postoje značajne razlike između aerobne i anaerobne skupine trkača u ekonomičnosti trčanja, odnosno anaerobni trkači imaju 8% veću energetsku potrošnju po jedinici prevaljenog puta (0.192$\pm$0.02 : 0.208$\pm$0.02 $mLO_2/Kg/m$, $p<0.01$).

Foster i Lucia (2007) navode referentne vrijednosti ekonomičnosti trčanja različitih populacija: elitni Europljani i Sjeverno Amerikanci - 210 $mlkg^{-1}km^{-1}$ i elitni Afrički trkači - 187 $mlkg^{-1}km^{-1}$.

Međutim, postoje istraživanja koja nisu utvrdila značajnu povezanost između ekonomičnosti trčanja i sportske izvedbe. U istraživanju koje su Williams i Cavanagh (1987; prema Saunders i sur., 2004) proveli na uzorku od 16 trkača na relaciji 10 km nije utvrđena značajna povezanost ET i sportske izvedbe. Oni navode da su udio sporih mišićnih

vlakana i VO_{2max} trkača najviše korelirali sa sportskom izvedbom. Udio sporih i brzih mišićnih vlakana utječe na trkačku ekonomičnost, odnosno veći udio sporih mišićnih vlakana pozitivno korelira s trčačkom ekonomičnosti (Wiliams i Cavanagh, 1987; Bosco i sur., 1987; Kaneko, 1990; prema Vučetić, 2007).

Faktora koji utječu na ekonomičnost trčanja je mnogo. Saunders i sur. (2004) dijele ih na: trenažne (pliometrija, otpor, trenažne faze, brzina, intenzitet i dr.), okolinske (nadmorska visina i temperatura), fiziološke (maksimalni primitak kisika, pubertalni razvoj, metabolički faktori i utjecaj različitih brzina trčanja), biomehaničke (fleksibilnost, pohranjena elastična energija, mehanički faktori i sila reakcije podloge) te antropometričke (morfologija udova, krutost mišića, dužina tetiva, sastav tijela i masa tijela). Poboljšanje mobilnosti kuka, miofascijalne ravnoteže i simetrije zdjelice poboljšava reaktivnu stabilnost kuka, time utječući na manji VO_2 na submaksimalnim brzinama trčanja (Godges i sur, 1989). Nasuprot ovom istraživanju, Gleim, Stachenfeld i Nicholas (1990) te Craib i sur. (1996) tvrde da su ispitanici s manjom fleksibilnosti u određenim djelovima tijela ekonomičniji, objašnjavajući to boljom mogućnošću tetivno-mišićnog sustava da koristi elastičnu energiju i time smanjuje zahtjev za kisikom. Ustanovljeno je da i mišićna krutost značajno korelira s ekonomičnosti trčanja ($r= -0.80$; $p<0.05$) (Dalleau i sur., 1998).

Thomas, Fernhall i Granat (1999) istražili su utjecaj simulacijske trke na 5km na ekonomičnost trčanja, internu tjelesnu temperaturu, minutni volumen disanja, laktatni prag i frekvenciju srca te izvješćuju o značajnoj povezanosti između snižavanja ET i povišenja razine ventilacijskog ciklusa ($r=0.64$; $p < 0.05$). Glavni faktori koji povisuju VO_2 pri submaksimalnom opterećenju te snižavaju ekonomičnost trčanja su znojenje, minutni volumen disanja i povišenje metaboličke potrošnje zbog proširene cirkulacije (MacDougall i sur., 1974; prema Saunders i sur., 2004).

Di Prampero (1986; prema Vučetić, 2007) navodi da je ekonomičnost trčanja neovisna o brzini trčanja, do razine anaerobnog praga i iznosi 0.179 ± 0.017 $mlO_2/kg/m$.

Trening s velikim težinama i malim brojem ponavljanja u kombinaciji s treningom izdržljivosti pozitivno utječe na ekonomičnost trčanja kod dobro treniranih trkača i triatlonaca (Johnston i sur., 1995; Karp, 2008; Marcinik i sur., 1991, McCarthy i sur., 1995; Millet i sur., 2002; Yamamoto i sur., 2008).

Istraživanja koja su analizirala utjecaj pliometrijskog treninga na ekonomičnost trčanja ukazuju na značajnu povezanost te dvije varijable (Karp, 2008; Saunders i sur., 2006;

Spurrs i sur., 2003; Turner i sur., 2003). Autori navode poboljšanje ET u rasponu od 2 do 4% nakon primijenjenog pliometrijskog treninga te izvješćuju da VO_2max i laktatni prag ostaju nepromijenjeni.

Franch i sur. (1998) pokazuju kako uključivanjem ekstenzivnih kontinuiranih i dugih intervalnih treninga amaterski trkači (VO_2max=54.8±3.0 $mlO_2kg^{-1}min^{-1}$) mogu napredovati u ekonomičnosti trčanja za 9% (ekstenzivni kontinuirani - prije: 207.2±3.9, poslije: 202.1±2.7; dugi intervali - prije: 207.2±3.9, poslije: 196.5±3.6 $mlkg^{-1}km^{-1}$).

Brueckner i sur. (1991) pokazuju statistički značajan pad kvalitete trčanja izražen povećanjem vrijednosti ekonomičnosti trčanja tijekom maratonske utrke (0,142 % po km). Millet i sur. (2009), na uzorku jednog ultra maratonca, ukazuju na značajno povećanje vrijednosti ekonomičnosti trčanja (+6,2%) 3 tjedna nakon ultra maratona te navode povezanost ET s promjenama u biomehanici trčanja.

Lazzer i sur. (2012) zaključuju da umor utječe na ekonomičnost trčanja kod amaterskih trkača (VO_{2max}=54.1±6.8 $mlO_2kg^{-1}min^{-1}$) prezentirajući vrijednosti ekonomičnosti prije utrke na 22 km i odmah nakon utrke (0.182±0.022 nasuprot 0.194±0.019 $mlO_2kg^{-1}m^{-1}$).

4. CILJ ISTRAŽIVANJA

Primarni cilj ovog istraživanja je analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri istoj brzini kretanja u različitim modalitetima lokomocije (frontalno kretanje, bočno dokoračno kretanje i kretanje unatraške) te analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri različitoj brzini kretanja u istom modalitetu lokomocije.

Sekundarni cilj je usporediti subjektivni osjećaj opterećenja za različite modalitete lokomocije u primijenjenim testovima.

5. METODE RADA

5.1. Uzorak ispitanika

U istraživanju je sudjelovalo 16 ispitanika muškog spola, dobi 20-25 godina, anamnestički zdravi, bez bolesti ili ozljede lokomotornog sustava koja bi mogla utjecati na provedbu ekperimenta. Svi ispitanici su studenti Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Sva mjerenja provedena su u Laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Sportsko-dijagnostičkog centra na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu u skladu s etičkim načelima. Prije mjerenja, svaki ispitanik upoznat je sa svrhom i ciljevima mjerenja, mjernim protokolom i mogućim rizicima mjerenja te je svaki ispitanik pristupio mjerenju dobrovoljno.

Tablica 1. Deskriptivna statistika ispitanika

Ispitanik	Dob (god)	Visina (cm)	Težina (kg)	FVC (l)	FEV1 (%)	Σ9KN (mm)	Sport
MI	25	182	73	7,26	5,52	85,4	nogomet
JZ	25	171	83,1	5,31	4,37	126	nogomet
DL	25	178,2	84,5	6,33	4,05	142,2	košarka
KU	23	197	87,7	7,02	6,13	89,8	veslanje
SK	24	178,7	70,3	6,74	5,40	70,6	rukomet
PL	24	182,2	73,7	7,03	5,77	63,4	nogomet
MH	22	184,4	74,7	5,45	4,32	70,6	rukomet
DN	23	176	60	5,46	4,52	56,1	nogomet
DLO	22	184	86,7	6,60	5, 68	117,2	stolni tenis
IJ	22	181,2	79,5	6,58	4,79	57,8	nogomet
BD	22	185	84,5	6,35	5,15	88,2	akrobatika
LS	20	175,1	76,8	5,54	5,29	123,2	rukomet
FS	23	194	95	8,87	7,63	82,2	nogomet
IM	23	189	94,6	5,95	4,97	118	nogomet
LP	22	184	73,9	6,39	5,18	104,8	karate
DS	24	183,1	77,8	5,79	3,92	99	nogomet
AS	**23**	**182,8**	**79,73**	**6,42**	**5,17**	**93,41**	
SD	**1,40**	**6,64**	**9,14**	**0,90**	**0,92**	**26,45**	

Legenda: FVC – forsirani vitalni kapacitet, FEV1 – Tiffeneauov indeks, Σ9KN – suma devet kožnih nabora (nadlaktica, leđa, prsa, trbuh, suprailijakalni, natkoljenica, potkoljenica, biceps, aksilarni), AS – aritmetička sredina, SD – standardna devijacija.

5.2. Mjerna oprema

U ovom istraživanju korištena je sljedeća mjerna oprema:

- antropometrijski set za mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika (GPM, Švicarska), kaliper za mjerenje kožnih nabora (Harpenden, USA), analizator sastava tijela BC-418 MA (Tanita, Japan) koji putem metalnih elektroda na površini stajne platforme šalje se slab (50Khz, 800μA), siguran električni signal kroz tijelo. Mjerenje se temelji na principu da mišićno tkivo sadrži veliki udio vode te stoga služi kao električni vodič, dok masno tkivo sadrži mali udio vode te stoga djeluje kao otpornik protoku električnog signala. Taj otpor ili 'impedancija' uspoređuje se sa spolom; visinom; dobi te se koristi za izračunavanje količine masnog tkiva i očitanje sastava tijela. Što je količina masnog tkiva veća to je viša vrijednost impedancije. Osim masnog tkiva i viscelarnog masnog tkiva Tanita analizatori mjere i mišićnu masu, vodu (razlučuje intracelularnu i ekstracelularnu tekućinu) te izračunava indeks tjelesne mase - BMI, bazalni metabolizam - BMR, metaboličku starost, predviđenu koštanu masu te dnevni unos kalorija - DCI.
- pokretni sag (Pulsar 3p, HP Cosmos, Njemačka) dužine 190cm, širine 60cm te pristupne visine 19cm s rasponom brzine od 0 do 40km/h, s pomakom od 0.1km/h.
- sustav za mjerenje ventilacijskih i metaboličkih parametara (Quark CPET, Cosmed, Italija) automatizirani, kompjutorizirani sustav koji omogućava kontinuirano ('breath by breath') prikupljanje, grafički prikaz, tiskanje, pohranu i analizu mjerenih ventilacijskih i metaboličkih parametara. 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^{R} kapilarne cijevi (odstranjuje vlagu ne mijenjajući koncentraciju plinova) do brzih analizatora za kisik (cirkonijski) i CO_2 (infracrveni). Analizatori mjere koncentraciju plinova (O_2 i CO_2), s preciznošću od ±0.03%. Nakon analogno-digitalne konverzije signala omogućeno je kontinuirano on-line, breath-by-breath praćenje ventilacijskih i metaboličkih parametara. Prije

svakog testa aparatura se baždari pomoću 3-litrene pumpe, dok se analizatori baždare sa mješavinom plina poznate koncentracije (16%O_2 i 5.20% CO_2, N2 rest).

- telemetrijski sustav za praćenje frekvencije srčanog ritma (Polar Electro OY CE 0537, Polar Electro, Finska). Sustav se sastoji od dvije elektrode s odašiljačem (dometa od 1 metar), koji se pomoću elastične trake pričvršćuje oko grudnog koša, i prijamnika.

5.3. Uzorak varijabli

Po dolasku u Sportsko-dijagnostički centar ispitanici su upoznati s planom i programom provedbe mjerenja, koji se sastojao od 3 segmenta: mjerenja osnovnih morfoloških dimenzija te provedbe protokola za mjerenje aerobnog kapaciteta (KF1) i protokola za provjeru energetske potrošnje (SS5MIN) pri 4 različite brzine kretanja u 6 različitih vremenskih točaka.

Mjerenja su obuhvatila 33 morfološke mjere od kojih je u ovom radu korišteno 13 mjera, 2 spirometrijske mjere dinamičkih plućnih kapaciteta te 14 spiroergometrijskih mjera energetskih kapaciteta u svakom od primijenjenih testova opterećenja.

5.3.1. Morfološke mjere

Mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika obavljeno je u skladu s naputcima Međunarodnog Biološkog Programa (IBP, Mišigoj-Duraković i sur., 1996). Od morfoloških mjera u istraživanju su korištene mjere visina tijela i masa tijela, zatim mjere kožnih nabora nadlaktice, leđa, prsa, trbuha, suprailijakalni nabor, natkoljenice, potkoljenice, bicepsa i aksilarni nabor te suma devet kožnih nabora.

Za analizu sastava tijela korišten je analizator BC-418 MA (Tanita, Japan). Od mjera sastava tijela u istraživanju je korištena mjera ukupnog postotka masti.

5.3.2. Mjere dinamičkih plućnih kapaciteta

Spirometrijskim postupkom izmjereni su dinamički plućni kapaciteti ispitanika:

- Forsirani vitalni kapacitet
- Tiffeneauov indeks

5.3.3. Mjere ventilacijskih i metaboličkih parametara

Uzorak varijabli za procjenu aerobnih i anaerobnih energetskih kapaciteta čine spiroergometrijski parametri dobiveni u testu progresivnog opterećenja (KF1) te u testu za provjeru energetske potrošnje (SS5MIN) na pokretnom sagu. Spiroergometrijski sustav i pripadajući programski paket Quark b2 7.0 (COSMED, Italija) omogućava kontinuirano on-line, breath-by-breath praćenje ventilacijskih i metaboličkih parametara. Za potrebe ovog istraživanja analizirani su sljedeći parametri:

A) U progresivnom testu opterećenja na pokretnom sagu:

- Apsolutni maksimalni primitak kisika (lO_2/min),
- Relativni maksimalni primitak kisika (mlO_2/kg/min),
- Maksimalna frekvencija srca (o/min),
- Maksimalna minutna ventilacija (l/min),
- Maksimalna frekvencija disanja (u/min),
- Maksimalni dišni volumen (l),
- Maksimalna dostignuta brzina trčanja (km/h),

B) U testu opterećenja na 5, 6, 7 i 8 km/h na pokretnom sagu:

- Apsolutni primitak kisika (lO_2/min),
- Relativni primitak kisika (mlO_2/kg/min),
- Frekvencija srca (o/min),
- Minutna ventilacija (l/min),
- Frekvencija disanja (u/min),
- Dišni volumen (l),
- Ekonomičnost kretanja (mlO_2/kg/m),

Uz ove parametre na istom testu pratiti će se i vrijednosti subjektivne percepcije opterećenja (upotrebom modificirane Borgove ljestvice).

5.3.4. Plan provođenja eksperimenta

Svi ispitanici su odradili testiranje koje se sastojalo od 3 segmenta: mjerenja osnovnih morfoloških dimenzija te provedbe protokola za mjerenje aerobnog kapaciteta (KF1) i protokola za provjeru energetske potrošnje (SS5MIN) pri 4 različite brzine kretanja u 6 različitih vremenskih točaka. Raspored testiranja za pojedinog ispitanika po danima:

1. dan: mjerenje osnovnih morfoloških dimenzija i adaptacija na pokretni sag
2. dan: KF1 protokol i spirometrija
3. dan: SS5MIN protokol na 5 km/h
4. dan: SS5MIN protokol na 6 km/h
5. dan: SS5MIN protokol na 7 km/h
6. dan: SS5MIN protokol na 8 km/h

5.3.5. Opis spiroergometrijskih protokola na pokretnom sagu

5.3.4.1. Opis protokola KF1

Nakon faze mirovanja u trajanju od 1 minute test započinje hodanjem pri brzini od 3 km/h koje traje 2 minute, nakon toga se brzina saga povećava svakih 30 sekundi za 0.5 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1%. Ispitanik hoda prvih četiri stupnja opterećenja (do 6 km/h), potom trči od 7$\pm$0.5 km/h. Maksimalna brzina i završetak testa određeni su zadnjim stupnjem opterećenja kojeg je ispitanik uspio istrčati pola minute. Ispitanik u oporavku nastavlja hodati 5 min pri brzini od 5 km/h, uz dalje praćenje spiroergometrijskih parametara. Tijekom trajanja testa prate se i vrijednosti subjektivne percepcije opterećenja modificiranom ljestvicom po Borgu.

5.3.4.2. Opis protokola SS5MIN

Ispitanik se 5 minuta kreće jednakom brzinom (5km/h; 6km/h; 7km/h ili 8km/h) u određenom modalitetu lokomocije (odnosno: 5' kretanjem prema naprijed – pauza – 5' bočno dokoračno kretanje na lijevoj strani – pauza – 5' kretanje unatraške – pauza – 5' bočno dokoračno kretanje na desnoj strani). Odmor između promjene modaliteta lokomocije na određenoj brzini nije definiran duljinom trajanja već je individualiziran za svakog ispitanika te traje onoliko koliko je potrebno da ispitaniku frekvencija srca padne ispod 100 o/min. U zadnjih 30 sekundi svakog 5' intervala ispitanik priopćuje i vrijednost subjektivne percepcije opterećenja modificiranom ljestvicom po Borgu.

5.3.6. Mjere subjektivne procjene opterećenja

SPO je primjenjiv u svakom sportu, a bazira se na ljestvici od 00 do 13 (Modificirana ljestvica po Borgu).

Tablica 2. Ljestvica subjektivne procjene opterećenja (SPO) (Borg, 1973; Vučetić, 2007)

Zone opterećenja	**SPO**	**SPO Mod**	**Subjektivni osjećaj**
mirovanje	6	00	vrlo, vrlo lagano
oporavak	7	0	vrlo, vrlo lagano
oporavak	8	1	
ekstenzivno	9	2	vrlo lagano
ekstenzivno	10	3	
ekstenzivno	11	4	prilično lagano
intenzivno	12	5	
intenzivno	13	6	
intenzivno	14	7	ponešto teško
prag	15	8	
prag	16	9	teško
anaerobno	17	10	
anaerobno	18	11	vrlo teško
snaga	19	12	
snaga	20	13	vrlo, vrlo teško

5.3.7. Prikaz svih varijabli korištenih za potrebe istraživanja

Tablica 3. Prikaz svih varijabli korištenih u istraživanju s mjernim jedinicama i korištenim oznakama

OZNAKA	NAZIV VARIJABLE	MJERNA JEDINICA
Dob	Dob ispitanika	godina
Visina	Visina tijela	cm
Težina	Težina (masa) tijela	kg
KNnad	Kožni nabor nadlaktice	mm
KNleđ	Kožni nabor leđa	mm
KNprs	Kožni nabor prsa	mm
KNtrb	Kožni nabor trbuha	mm
KNsupra	Suprailijakalni kožni nabor	mm
KNnatk	Kožni nabor natkoljenice	mm
KNpotk	Kožni nabor potkoljenice	mm
KNbic	Kožni nabor bicepsa	mm
KNaks	Aksilarni kožni nabor	mm
Σ9KN	Suma devet kožnih nabora	mm
PMT%	Postotak potkožnog masnog tkiva	%
FVC	Forsirani vitalni kapacitet	l
FEV1	Tiffeneauov indeks	%
v_{max}	Maksimalna postignuta brzina trčanja	km/h
VO_2	Apsolutni primitak kisika	lO_2/min
VO_{2max}	Apsolutni maksimalni primitak kisika	lO_2/min
VO_{2ss}	Primitak kisika u stabilnom stanju	lO_2/min
RVO_2	Relativni primitak kisika	mlO_2/min/kg
RVO_{2max}	Relativni maksimalni primitak kisika	mlO_2/min/kg
$\%RVO_2$	Postotak relativnog primitka kisika	%
FS	Frekvencija srca	o/min
FS_{max}	Maksimalna frekvencija srca	o/min
%FS	Postotak frekvencije srca	%
VE	Minutna ventilacija	l/min

VE_{max}	Maksimalna minutna ventilacija	l/min
Rf	Frekvencija disanja	u/min
Rf_{max}	Maksimalna frekvencija disanja	u/min
VT	Dišni volumen	l
VT_{max}	Maksimalni dišni volumen	l
C	Ekonomičnost kretanja	$mlO_2/kg/m$

5.4. Metode prikupljanja podataka

Cijelo istraživanje provedeno je u laboratoriju za funkcionalno istraživanje u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Testiranje se izvodilo u zatvorenoj i prozračenoj prostoriji, uz konstantne mikroklimatske uvjete (18-21°C).

Prije laboratorijskih mjerenja, za svakog ispitanika napravljena je anamneza i fizikalni pregled, te su izmjerene antropometrijske i morfološke mjere, kompozicija tijela (% masti i bezmasne mase) i spirometrija. Provedba mjernih postupaka odvijala se u laboratoriju u 6 termina u periodu od 14 dana. Ispitanicima je savjetovano da konzumiraju lagani obrok 1.5-3 sata prije dolaska u laboratorij te da se suzdrže od tjelesne aktivnosti barem dva sata prije dolaska na mjerenja.

Spiroergometrijski test na pokretnom sagu je test koji se na zdravim ispitanicima primjenjuje u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u posljednjih 10 godina. Test je pogodan za sve populacije ispitanika, od predškolske djece do starijih osoba, neovisno o vrijednosti aerobnog kapaciteta (Vučetić i Šentija, 2004; prema Vučetić 2007). Prije spiroergometrijskog testa sa direktnim mjerenjem primitka kisika, ispitanicima je bio postavljen sustav za telemetrijsko praćenje srčanog ritma, te respiracijska maska za nos i usta. Uz spiroergometrijske parametre pratili su se i podaci o subjektivnoj procjeni opterećenja (SPO) prema modificiranoj Borgovoj skali (Borg, 1973). Praćenje subjektivnog osjećaja opterećenja tokom testiranja daje značajnu informaciju o toleranciji napora, a pokazalo se da subjektivni osjećaj opterećenja visoko korelira sa energetskom potrošnjom, frekvencijom srca i drugim fiziološkim varijablama. Ljestvica po Borgu ima 13 kategorija percepcije intenziteta, te se nalazi na vidnom mjestu ispred ispitanika. Ispitanik pri određenom stupnju opterećenja na upit mjerioca signalizira rukom kojem broju na ljestvici odgovara njegova percepcija opterećenja. Prije testa

ispitanicima se daju usmene upute za određivanje subjektivnog osjećaja opterećenja korištenjem modificirane tablice po Borgu.

Radi prilagodbe na spravu za dozirano opterećenje, svi ispitanici su prije početka mjerenja imali priliku vježbati sve primijenjene modalitete lokomocije na pokretnom sagu u trajanju od 10-15 minuta. Schieb (1986) navodi da je dovoljno 10-15 minuta vježbanja na pokretnom sagu za prilagodbu na spravu. Breath-by-breath podaci dobiveni iz primijenjenih protokola te VO_2max usrednjeni su na vremenski period od 30 sekundi.

5.5. Metode obrade i analize podataka

Nakon obavljenih mjerenja pristupilo se je unosu, obradi podataka i statističkoj analizi rezultata koja je izvršena na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu korištenjem statističkog programa Statistica for Windows 7.0. Spomenuti programski paket poslužio je za računanje osnovnih statističkih parametara, testiranje i analizu razlika te za tablični i grafički prikaz rezultata. Za neke dodatne grafičke prikaze i izračune korišten je Microsoft Office Excel 2007 program unutar Windows 7.0 operacijskog sustava.

5.5.1. Deskriptivna statistika

U deskriptivnoj statistici koristili su se pokazatelji: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimalni (Min) i maksimalni rezultat (Max) te pokazatelji parametara distribucije (Skewness, Kurtosis).

5.5.2. Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu

Višestruka analiza varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja i Bonferroni-ev *post hoc* test korišteni su za utvrđivanje razlika u promatranim parametrima između pojedinih protokola. Prag prihvaćanja hipoteze bio je $p < 0.05$.

5.5.3. Funkcionalne veze između ventilacijskih i metaboličkih parametara u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu

Funkcionalne veze izmenu ventilacijskih i metaboličkih parametara pojedinih testova opterećenja određene su Pearsonovim koeficijentom korelacije (r), uz prag prihvaćanja hipoteze $p < 0.05$.

5.5.4. Računanje koeficijenta ekonomičnosti trčanja

Ekonomičnost trčanja (C) ukazuje na sposobnost organizma da održava određenu submaksimalnu brzinu trčanja uz minimalnu potrošnju energije. Određuje se mjerenjem VO_2 u mirovanju i u stabilnom stanju pri zadanoj brzini trčanja (Karp, 2008):

$$C = (VO_{2SS} - VO_{2mir})\ v^{-1}\ (mL\ O_2/kg/m)$$

Vrijednosti dobivene ovakvim načinom računanja prikazuju *netto* vrijednost ekonomičnosti trčanja jer se stvarna vrijednost primitka kisika na određenom intenzitetu umanjivala za vrijednosti primitka kisika u mirovanju. U ovom istraživanju koristila se *brutto* vrijednost ekonomičnosti na određenom intenzitetu:

$$C = VO_{2SS} \times v^{-1}\ (mL\ O_2/kg/m)$$

U literaturi možemo naći razne načine izražavanja ekonomičnosti, relativnim primitkom kisika (mL O_2/kg/min, ili mL $O_2/kg^{3/4}$/min, Bergh i sur., 1991) ili pak kao $\%VO_{2max}$ pri određenoj brzini trčanja (Svedenhag i Sjödin, 1984), no na taj je način otežana usporedba ekonomičnosti pri različitim brzinama trčanja. Prema tome je u ovom istraživanju ekonomičnost trčanja (C) izražena potrošnjom kisika po prijeđenom metru (mL O_2/kg/m) (Di Prampero i sur., 1993).

Vrijednosti primitka kisika pri stabilnom stanju (VO_{2SS}) dobivene su tijekom protokola SS5MIN prosjekom primitka kisika u zadnje 3 minute određenog intenziteta. Usrednjavanje originalnih 'breath-by-breath' podataka je napravljeno na 30 sekundi.

6. REZULTATI I RASPRAVA

6.1. Deskriptivna analiza

Breath-by-breath podaci dobiveni iz primijenjenih protokola opterećenja na pokretnom sagu usrednjeni su na vremenski period od 30 sekundi. Analiza razlika između ventilacijskih i metaboličkih parametara dobivena je univarijantnom analizom varijance (ANOVA) i Bonferronijevim post hoc testom.

Tablica 4. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu morfoloških mjera svih ispitanika

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
KNnad (mm)	11,55±3,70	6,40-17,40	0,01	-1,44
KNled (mm)	11,16±2,83	7,20-16,80	0,14	-0,94
KNprs (mm)	7,75±2,36	4,00-11,40	0,00	-1,09
KNtrb (mm)	17,69±6,75	9,40-30,00	0,64	-0,78
KNsupra (mm)	9,31±3,53	4,40-20,20	2,05	5,97
KNnatk (mm)	12,94±5,22	4,80-21,80	0,10	-0,79
KNpotk(mm)	9,41±3,40	4,80-16,20	0,90	0,19
KNbic (mm)	4,70±1,54	3,00-8,80	1,38	2,08
KNaks (mm)	8,90±2,54	5,80-14,00	0,72	-0,23
Σ9KN (mm)	93,41±26,45	56,10-142,20	0,24	-1,02
PMT % (%)	11,92±3,09	6,40-17,00	-0,32	0,26

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7.

Tablica 5. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu spirometrijskih parametara te ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u protokolu KF1

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
FVC (l)	6,42±0,90	5,31-8,87	1,23	2,57
FEV1 (l)	5,17±0,92	3,92-7,63	1,13	2,38
v_{maxKF1} (km/h)	16,06±1,09	15,00-19,00	1,70	2,81
$VO_{2maxKF1}$ (lO_2/min)	4,52±0,78	3,14-5,54	-0,07	-1,22
$RVO_{2maxKF1}$ (mlO_2/kg/min)	59,75±12,97	44,63-74,94	2,39	6,93

FS_{maxKF1} (o/min)	190,69±6,31	182-202	0,33	-0,75
VE_{maxKF1} (l/min)	149,34±18,12	129,40-190,60	1,41	1,48
Rf_{maxKF1} (u/min)	55,88±6,64	44,00-66,90	-0,22	-0,85
VT_{maxKF1} (l)	3,00±0,58	2,28-4,17	0,48	-0,71

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7.

Tablica 6. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u protokolu SS5MIN na 5 km/h

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
VO_{2f5} (lO_2/min)	1,37±0,17	0,96-1,61	-0,74	0,94
RVO_{2f5} (mlO_2/kg/min)	17,34±1,86	14,14-21,82	0,58	1,10
$\%RVO_{2f5}$ (%)	29,77±4,77	18,15-41,07	0,00	3,22
FS_{f5} (o/min)	99,13±7,90	83-113	-0,69	0,49
$\%FS_{f5}$ (%)	52,01±4,11	42,79-58,15	-1,15	0,84
VE_{f5} (l/min)	33,18±3,87	24,40-41,40	-0,24	1,30
Rf_{f5} (u/min)	25,07±5,30	14,00-31,40	-0,84	-0,12
VT_{f5} (l)	1,87±0,71	1,23-3,63	1,66	1,98
VO_{2dn5} (lO_2/min)	2,75±0,41	2,05-3,47	-0,03	-0,60
RVO_{2dn5} (mlO_2/kg/min)	34,59±3,42	26,96-39,15	-1,00	0,41
$\%RVO_{2dn5}$ (%)	59,42±9,11	34,66-68,92	-1,43	2,50
FS_{dn5} (o/min)	149,25±14,90	127-176	0,29	-0,80
$\%FS_{dn5}$ (%)	78,24±6,90	67,88-87,37	-0,10	-1,42
VE_{dn5} (l/min)	70,56±8,90	51,70-86,70	-0,22	0,15
Rf_{dn5} (u/min)	35,71±6,07	23,70-44,40	-0,35	-0,74
VT_{dn5} (l)	2,27±0,48	1,55-3,25	0,22	-0,32
VO_{2ln5} (lO_2/min)	2,75±0,41	2,07-3,34	0,03	-1,08
RVO_{2ln5} (mlO_2/kg/min)	34,59±3,16	28,14-39,24	-0,51	-0,65

$\%RVO_{2ln5}$ (%)	59,70±10,02	31,20-70,14	-1,64	3,44
FS_{ln5} (o/min)	152,50±13,21	131-175	0,37	-0,86
$\%FS_{ln5}$ (%)	79,96±6,11	71,50-89,47	0,14	-1,37
VE_{ln5} (l/min)	74,45±9,54	59,00-93,60	0,21	-0,57
Rf_{ln5} (u/min)	37,28±5,86	26,30-46,40	-0,39	-0,78
VT_{ln5} (l)	2,28±0,47	1,51-3,03	0,03	-1,22
VO_{2u5} (lO_2/min)	2,10±0,32	1,60-2,70	0,43	-0,46
RVO_{2u5} (mlO_2/kg/min)	26,62±4,65	19,50-34,91	0,27	-0,57
$\%RVO_{2u5}$ (%)	46,04±11,27	24,14-68,07	0,31	0,25
FS_{u5} (o/min)	129,88±11,68	109-159	0,67	1,55
$\%FS_{u5}$ (%)	68,09±5,36	56,77-78,71	0,13	0,58
VE_{u5} (l/min)	53,93±7,46	40,40-68,10	0,47	0,01
Rf_{u5} (u/min)	32,31±6,15	21,60-44,40	-0,06	-0,24
VT_{u5} (l)	2,14±0,79	1,30-3,85	1,13	0,24

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7.; f5 – kretanje brzinom od 5km/h u smjeru frontalno, dn5 –kretanje brzinom od 5km/h u smjeru desno bočno, ln5 – kretanje brzinom od 5km/h u smjeru lijevo bočno, u5 – kretanje brzinom od 5km/h u smjeru unatraške.

Tablica 7. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u protokolu SS5MIN na 6 km/h

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
VO_{2f6} (lO_2/min)	1,67±0,26	1,29-2,39	1,28	3,37
RVO_{2f6} (mlO_2/kg/min)	21,11±2,72	16,68-28,70	1,20	3,35
$\%RVO_{2f6}$ (%)	36,30±6,48	20,46-50,62	-0,24	2,50
FS_{f6} (o/min)	103,31±8,30	91-118	0,29	-0,84
$\%FS_{f6}$ (%)	54,20±4,21	47,15-62,50	0,31	-0,16
VE_{f6} (l/min)	37,43±4,39	28,80-47,00	0,45	0,75
Rf_{f6} (u/min)	24,60±5,35	10,10-31,20	-1,24	2,37
VT_{f6} (l)	2,13±0,94	1,41-5,39	3,11	11,01
VO_{2dn6} (lO_2/min)	2,97±0,47	1,93-3,63	-0,67	-0,18

RVO_{2dn6} (mlO_2/kg/min)	37,37±4,45	27,46-43,84	-0,69	0,25
$\%RVO_{2dn6}$ (%)	64,36±11,37	33,48-81,57	-1,11	2,74
FS_{dn6} (o/min)	156,19±13,82	133-181	0,18	-0,96
$\%FS_{dn6}$ (%)	81,86±6,09	71,88-92,39	0,19	-0,88
VE_{dn6} (l/min)	78,73±10,58	60,50-99,30	-0,13	-0,11
Rf_{dn6} (u/min)	36,54±7,06	21,00-48,40	-0,49	0,20
VT_{dn6} (l)	2,42±0,54	1,40-3,46	0,14	-0,33
VO_{2ln6} (lO_2/min)	3,05±0,48	2,07-3,54	-0,64	-0,89
RVO_{2ln6} (mlO_2/kg/min)	38,39±4,73	29,42-47,73	0,23	0,11
$\%RVO_{2ln6}$ (%)	66,26±12,52	34,01-87,82	-0,87	2,23
FS_{ln6} (o/min)	161,56±11,98	136-178	-0,48	-0,37
$\%FS_{ln6}$ (%)	84,71±5,43	74,73-93,48	-0,21	-0,61
VE_{ln6} (l/min)	83,00±10,27	63,80-104,20	-0,07	0,10
Rf_{ln6} (u/min)	38,83±6,68	23,60-48,60	-0,62	0,03
VT_{ln6} (l)	2,42±0,48	1,50-3,62	0,58	1,93
VO_{2u6} (lO_2/min)	2,67±0,33	2,14-3,17	0,02	-1,23
RVO_{2u6} (mlO_2/kg/min)	33,81±4,45	27,22-42,62	0,40	-0,72
$\%RVO_{2u6}$ (%)	58,25±10,88	30,40-78,42	-0,69	2,15
FS_{u6} (o/min)	146,56±13,45	119-166	-0,42	-0,31
$\%FS_{u6}$ (%)	76,81±5,99	65,38-86,46	-0,53	-0,52
VE_{u6} (l/min)	68,01±7,02	50,30-82,10	-0,56	2,19
Rf_{u6} (u/min)	35,99±6,35	21,30-45,10	-0,60	0,45
VT_{u6} (l)	2,26±0,60	1,42-3,65	0,94	0,46

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7. i str.22-23, tablica 6., stavka 6.1.

Tablica 8. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u protokolu SS5MIN na 7 km/h

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
VO_{2f7} (lO_2/min)	2,23±0,44	1,81-3,66	2,46	7,93

RVO_{2f7} (mlO_2/kg/min)	28,31±5,61	23,21-44,00	1,63	3,05
$\%RVO_{2f7}$ (%)	48,88±11,71	24,42-69,35	-0,01	-0,04
FS_{f7} (o/min)	121,81±13,47	101-145	0,48	-0,65
$\%FS_{f7}$ (%)	63,86±6,47	54,17-75,00	0,35	-1,03
VE_{f7} (l/min)	50,74±7,95	37,00-63,70	0,16	-0,97
Rf_{f7} (u/min)	28,71±6,82	15,40-39,10	-0,27	-0,50
VT_{f7} (l)	2,35±0,87	1,71-5,13	2,55	7,22
VO_{2dn7} (lO_2/min)	3,25±0,47	2,42-3,85	-0,31	-0,93
RVO_{2dn7} (mlO_2/kg/min)	40,87±3,61	34,17-46,69	-0,52	-0,26
$\%RVO_{2dn7}$ (%)	70,41±11,26	39,02-85,07	-1,51	3,10
FS_{dn7} (o/min)	166,75±13,63	140-189	-0,64	0,09
$\%FS_{dn7}$ (%)	87,46±6,72	73,44-99,45	-0,36	0,11
VE_{dn7} (l/min)	94,28±11,22	70,80-111,60	-0,41	-0,32
Rf_{dn7} (u/min)	42,03±9,11	22,60-54,80	-0,53	-0,26
VT_{dn7} (l)	2,56±0,49	1,89-3,90	1,27	2,52
VO_{2ln7} (lO_2/min)	3,23±0,47	2,50-3,89	-0,19	-1,43
RVO_{2ln7} (mlO_2/kg/min)	40,70±3,61	34,62-45,44	-0,34	-1,32
$\%RVO_{2ln7}$ (%)	70,29±11,65	34,28-83,97	-2,12	5,79
FS_{ln7} (o/min)	169,56±12,74	146-187	-0,43	-0,90
$\%FS_{ln7}$ (%)	88,95±6,43	79,17-96,89	-0,25	-1,55
VE_{ln7} (l/min)	94,18±8,71	75,90-109,50	-0,18	0,03
Rf_{ln7} (u/min)	42,21±8,55	28,20-54,50	0,04	-1,09
VT_{ln7} (l)	2,52±0,52	1,79-3,67	0,70	-0,13
$VO2_{u7}$ (lO_2/min)	3,02±0,49	2,27-3,88	-0,25	-0,98
RVO_{2u7} (mlO_2/kg/min)	37,94±4,46	31,70-46,74	0,38	-0,56
$\%RVO_{2u7}$ (%)	65,33±10,59	31,69-77,06	-2,22	6,77
FS_{u7} (o/min)	159,56±14,43	128-177	-0,91	-0,06

$\%FS_{u7}$ (%)	83,66±6,96	70,33-91,85	-0,66	-0,83
VE_{u7} (l/min)	82,70±8,13	68,90-96,00	-0,05	-0,88
Rf_{u7} (u/min)	39,89±8,73	26,80-55,00	0,05	-1,12
VT_{u7} (l)	2,57±0,73	1,83-4,49	1,23	1,68

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7. i str.22-23, tablica 6., stavka 6.1.

Tablica 9. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u protokolu SS5MIN na 8 km/h

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
VO_{2f8} (lO_2/min)	2,76±0,49	2,21-4,32	2,19	6,62
RVO_{2f8} (mlO_2/kg/min)	34,83±5,33	27,75-52,03	2,33	7,57
$\%RVO_{2f8}$ (%)	59,87±10,78	31,74-78,01	-0,97	2,19
FS_{f8} (o/min)	136,81±14,31	110-166	0,41	0,27
$\%FS_{f8}$ (%)	71,73±6,93	60,44-86,01	0,35	-0,37
VE_{f8} (l/min)	63,41±5,88	55,50-75,70	0,88	0,18
Rf_{f8} (u/min)	31,86±8,27	16,10-43,20	-0,54	-0,54
VT_{f8} (l)	2,58±1,15	1,65-5,87	2,09	4,16
VO_{2dn8} (lO_2/min)	3,62±0,50	2,85-4,61	0,20	-0,59
RVO_{2dn8} (mlO_2/kg/min)	45,64±3,80	39,73-53,21	0,19	-0,67
$\%RVO_{2dn8}$ (%)	78,99±14,20	40,71-96,75	-1,39	2,41
FS_{dn8} (o/min)	176,19±11,91	151-195	-0,76	0,11
$\%FS_{dn8}$ (%)	92,39±5,48	82,29-98,37	-0,65	-0,87
VE_{dn8} (l/min)	111,05±12,48	85,10-127,50	-0,66	-0,27
Rf_{dn8} (u/min)	45,99±9,48	26,70-60,70	-0,65	-0,25
VT_{dn8} (l)	2,71±0,56	2,07-4,20	1,25	1,94
VO_{2ln8} (lO_2/min)	3,66±0,56	2,78-4,82	0,24	-0,19
RVO_{2ln8} (mlO_2/kg/min)	45,99±3,65	40,02-55,57	0,93	2,15
$\%RVO_{2ln8}$ (%)	79,44±13,48	42,00-101,04	-1,35	3,25

FS_{ln8} (o/min)	178,25±10,03	158-192	-0,75	-0,54
$\%FS_{ln8}$ (%)	93,51±5,00	85,94-100,55	-0,18	-1,38
VE_{ln8} (l/min)	117,06±11,19	93,20-139,10	0,18	1,01
Rf_{ln8} (u/min)	47,88±8,87	32,90-61,10	-0,05	-1,21
VT_{ln8} (l)	2,70±0,44	1,98-3,65	0,35	-0,02
VO_{2u8} (lO_2/min)	3,33±0,49	2,55-4,35	0,21	-0,03
RVO_{2u8} (mlO_2/kg/min)	41,88±3,99	36,26-50,14	0,48	-0,47
$\%RVO_{2u8}$ (%)	72,32±12,67	37,74-91,16	-1,17	2,79
FS_{u8} (o/min)	168,19±12,68	139-186	-0,88	0,28
$\%FS_{u8}$ (%)	88,18±5,80	76,37-94,02	-0,67	-1,02
VE_{u8} (l/min)	96,94±11,76	76,20-115,00	-0,01	-0,88
Rf_{u8} (u/min)	43,26±10,05	28,90-58,80	0,16	-1,22
VT_{u8} (l)	2,72±0,67	1,83-3,92	0,51	-0,77

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7. i str.22-23, tablica 6., stavka 6.1.

Tablica 10. Osnovni deskriptivni parametri ekonomičnosti trčanja svih ispitanika u primijenjenim protokolima

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
C_{f5} (mlO_2/kg/m)	0,19±0,02	0,16-0,25	1,50	3,27
C_{dn5} (mlO_2/kg/m)	0,40±0,04	0,31-0,44	-1,07	0,50
C_{ln5} (mlO_2/kg/m)	0,40±0,03	0,33-0,44	-0,45	-1,06
C_{u5} (mlO_2/kg/m)	0,30±0,05	0,22-0,40	0,39	-0,62
C_{f6} (mlO_2/kg/m)	0,20±0,02	0,16-0,24	0,34	0,24
C_{dn6} (mlO_2/kg/m)	0,35±0,04	0,27-0,40	-1,01	0,48
C_{ln6} (mlO_2/kg/m)	0,36±0,04	0,28-0,44	0,04	-0,24
C_{u6} (mlO_2/kg/m)	0,33±0,04	0,26-0,41	0,36	-0,74
C_{f7} (mlO_2/kg/m)	0,23±0,05	0,19-0,35	1,52	2,39
C_{dn7} (mlO_2/kg/m)	0,33±0,03	0,28-0,37	-0,51	-0,83
C_{ln7} (mlO_2/kg/m)	0,33±0,03	0,29-0,38	-0,23	-1,36

C_{u7} (mlO_2/kg/m)	0,31±0,03	0,26-0,38	0,39	0,13
C_{f8} (mlO_2/kg/m)	0,25±0,03	0,20-0,35	1,96	5,83
C_{dn8} (mlO_2/kg/m)	0,32±0,02	0,28-0,37	0,16	0,00
C_{ln8} (mlO_2/kg/m)	0,33±0,03	0,29-0,40	1,33	3,07
C_{u8} (mlO_2/kg/m)	0,30±0,03	0,26-0,35	0,39	-0,38

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7. i str.22-23, tablica 6., stavka 6.1.

Tablica 11. Osnovni deskriptivni parametri varijable subjektivna procjena opterećenja svih ispitanika u primijenjenim protokolima

n=16	AS±SD	Min-Max	Skewness	Kurtosis
SPO_{f5}	0,69±0,60	0-2	0,20	-0,38
SPO_{dn5}	3,63±1,71	1-7	0,22	-0,41
SPO_{ln5}	3,56±1,50	1-6	-0,07	-0,36
SPO_{u5}	2,19±1,11	0-4	-0,08	-0,27
SPO_{f6}	1,25±0,77	0-3	0,49	0,60
SPO_{dn6}	4,25±1,24	2-6	-0,54	-0,45
SPO_{ln6}	4,75±1,48	2-7	-0,49	0,01
SPO_{u6}	3,25±1,13	0-5	-1,52	4,07
SPO_{f7}	2,25±1,18	0-4	0,00	-0,55
SPO_{dn7}	5,56±1,31	3-8	0,15	-0,30
SPO_{ln7}	5,69±1,25	3-8	-0,26	0,33
SPO_{u7}	4,50±1,26	1-6	-1,36	2,95
SPO_{f8}	2,56±1,26	0-4	-1,07	0,42
SPO_{dn8}	6,69±1,49	3-9	-0,90	1,15
SPO_{ln8}	6,63±1,67	3-9	-0,69	-0,09
SPO_{u8}	5,56±1,63	2-8	-0,44	0,34

Legenda na str.17-18, tablica 3., stavka 5.3.7. i str.22-23, tablica 6., stavka 6.1.

Tablica 12. Usporedba vrijednosti postotka frekvencije srca pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije te pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije

	5 KM/H		6 KM/H		7 KM/H		8 KM/H	
F	$\%FS_{f5}$=52,01%	f5<f6 za 2,19%	$\%FS_{f6}$=54,20%	f6<f7 za 9,66%	$\%FS_{f7}$=63,86%	f7<f8 za 7,87%	$\%FS_{f8}$=71,73%	f8>f5 za 19,72%
	f5<dn5 za 26,23%	f5<f7 za 11,85%	f6<dn6 za 27,66%	f6<f8 za 17,53%	f7<dn7 za 23,6%	f7<ln7 za 25,09%	f8<dn8 za 20,66%	f8<ln8 za 21,78%
	f5<ln5 za 27,95%		f6<ln6 za 30,51%					
DN	$\%FS_{dn5}$=78,24%	dn5<dn6 za 3,62%	$\%FS_{dn6}$=81,86%	dn6<dn7 za 5,59%	$\%FS_{dn7}$=87,46%	dn7<dn8 za 4,93%	$\%FS_{dn8}$=92,39%	dn8>dn5 za 14.15%
	dn5<dn6 za 1,72%	dn5<dn7 za 9,22%	dn6<ln6 za 2.84%	dn6<dn8 za 10.53%	dn7<ln7 za 1,49%	dn7>u7 za 3,8%	dn8<ln8 za 1.12%	dn8>u8 za 4,2%
	dn5>u5 za 10,15%		dn6>u6 za 5,05%					
LN	$\%FS_{ln5}$=79,96%	ln5<ln6 za 4,75%	$\%FS_{ln6}$=84,71%	ln6<ln7 za 4,24%	$\%FS_{ln7}$=88,95%	ln7<ln8 za 4,56%	$\%FS_{ln8}$=93,51%	ln8>ln5 za 13,55%
	ln5>u5 za 11,87%	ln5<ln7 za 8,99%	ln6>u6 za 7,89%	ln6<ln8 za 8,8%	ln7>u7 za 5,29%		ln8>u8 za 5,33%	
U	$\%FS_{u5}$=68,09%	u5<u6 za 8,72%	$\%FS_{u6}$=76,81%	u6<u7 za 6,84%	$\%FS_{u7}$=83,66%	u7<u8 za 4,52%	$\%FS_{u8}$=88,18%	u8>u5 za 20,09%
	u5>f5 za 16,08%	u5<u7 za 15,57%	u6>f6 za 22,61%	u6<u8 za 11,37%	u7>f7 za 19,8%		u8>f8 za 16,45%	

Legenda: F – kretanje frontalno, DN – kretanje bočno (desna noga prednja), LN – kretanje bočno (lijeva noga prednja), U – kretanje unatraške

Tablica 13. Usporedba vrijednosti postotka relativnog ptimitka kisika pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije te pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije

	5 KM/H		6 KM/H		7 KM/H		8 KM/H	
F	$\%RVO_{2f5}$=29,77%	f5<f6 za 6,53%	$\%RVO_{2f6}$=36,30%	f6<f7 za 12,58%	$\%RVO_{2f7}$=48,88%	f7<f8 za 10,99%	$\%RVO_{2f8}$=59,87%	f8>f5 za 30,1%
	f5<dn5 za 29,65%	f5<f7 za 19,11%	f6<dn6 za 28,06%	f6<f8 za 23,57%	f7<dn7 za 21,53%	f7<ln7 za 21,41%	f8<dn8 za 19,12%	f8<ln8 za 19,57%
	f5<ln5 za 29,93%		f6<ln6 za 29,96%					
DN	$\%RVO_{2dn5}$=59,42%	dn5<dn6 za 4,94%	$\%RVO_{2dn6}$=64,36%	dn6<dn7 za 6,05%	$\%RVO_{2dn7}$=70,41%	dn7<dn8 za 8,58%	$\%RVO_{2dn8}$=78,99%	dn8>dn5 za 19,57%
	dn5<ln5 za 0,28%	dn5<dn7 za 10,99%	dn6<ln6 za 1,9%	dn6<dn8 za 14,63%	dn7>ln7 za 0,12%	dn7>u7 za 5,08%	dn8<ln8 za 0,45%	dn8>u8 za 6,67%
	dn5>u5 za 13,38%		dn6>u6 za 6,11%					
LN	$\%RVO_{2ln5}$=59,70%	ln5<ln6 za 6,56%	$\%RVO_{2ln6}$=66,26%	ln6<ln7 za 4,03%	$\%RVO_{2ln7}$=70,29%	ln7<ln8 za 9,15%	$\%RVO_{2ln8}$=79,44%	ln8>ln5 za 19,74%
	ln5>u5 za 13,66%	ln5<ln7 za 10,59%	ln6>u6 za 8,01%	ln6<ln8 za 13,18%	ln7>u7 za 4,96%		ln8>u8 za 7,12%	
U	$\%RVO_{2u5}$=46,04%	u5<u6 za 12,21%	$\%RVO_{2u6}$=58,25%	u6<u7 za 7,08%	$\%RVO_{2u7}$=65,33%	u7<u8 za 6,99%	$\%RVO_{2u8}$=72,32%	u8>u5 za 26,28%
	u5>f5 za 16,27%	u5<u7 za 19,29%	u6>f6 za 21,95%	u6<u8 za 14,07%	u7>f7 za 16,45%		u8>f8 za 13,45%	

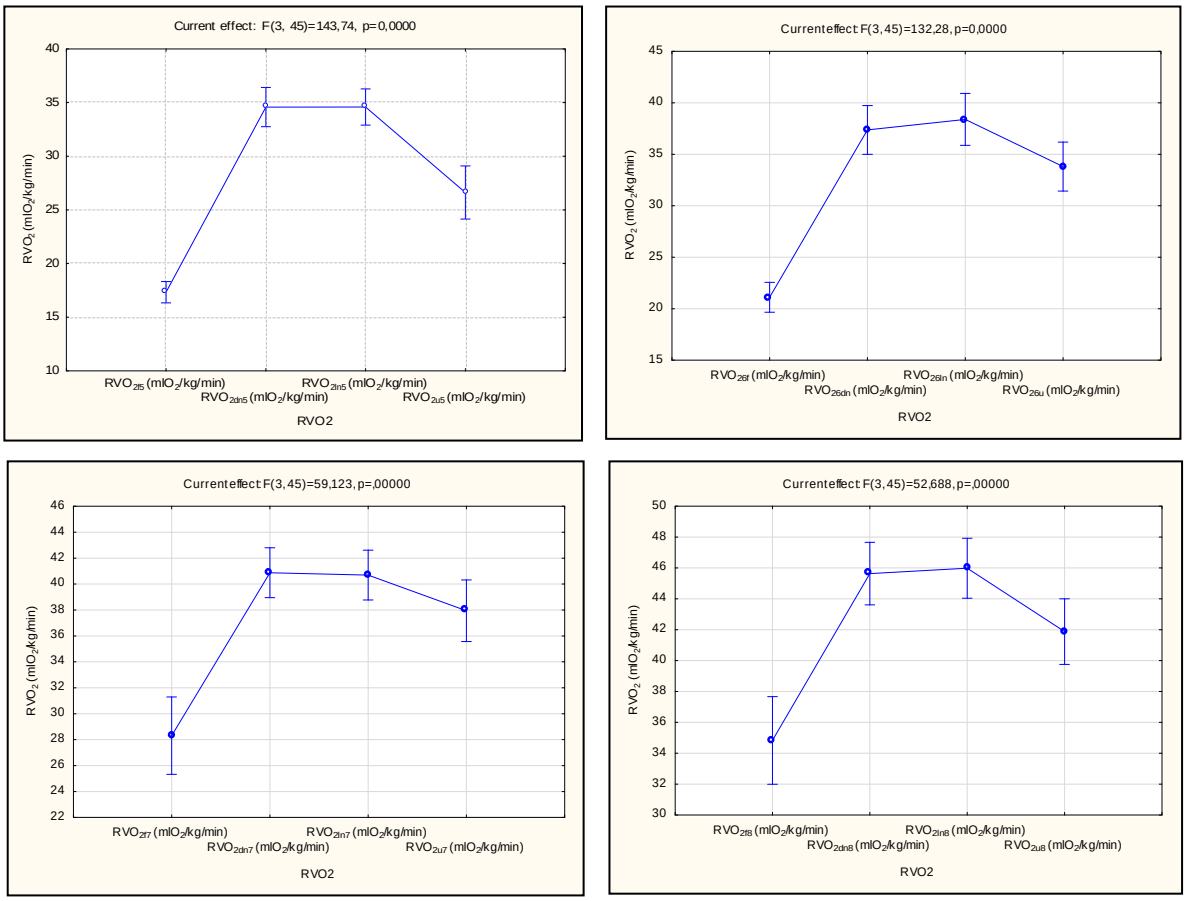
Legenda: F – kretanje frontalno, DN – kretanje bočno (desna noga prednja), LN – kretanje bočno (lijeva noga prednja), U – kretanje unatraške

6.2. Analiza razlika između promatranih ventilacijskih i metaboličkih parametara u primijenjenim testovima opterećenja

Provedene su analize razlika između odgovarajućih varijabli (npr. između RVO_{2f5} i RVO_{2dn5}) pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetom lokomocije u pojedinom protokolu te između odgovarajućih varijabli (npr. između RVO_{2f5} i RVO_{2f6}) pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije kroz sve protokole.

6.2.1. Analiza razlika između vrijednosti relativnog primitka kisika u primijenjenim testovima opterećenja

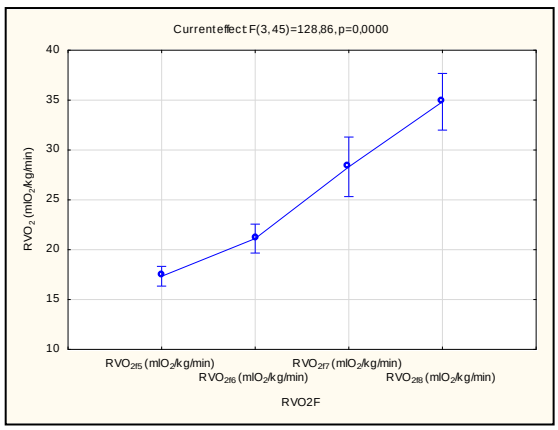
Slika 1. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog primitka kisika pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN.

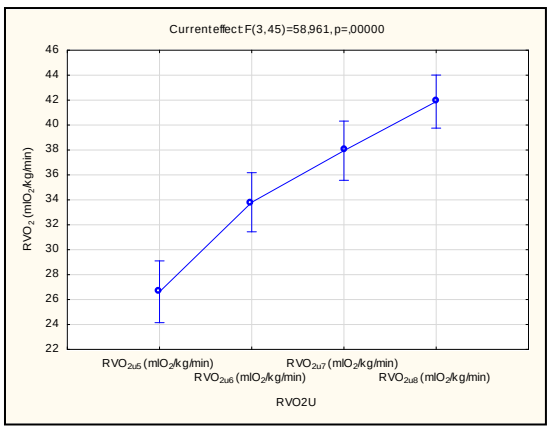


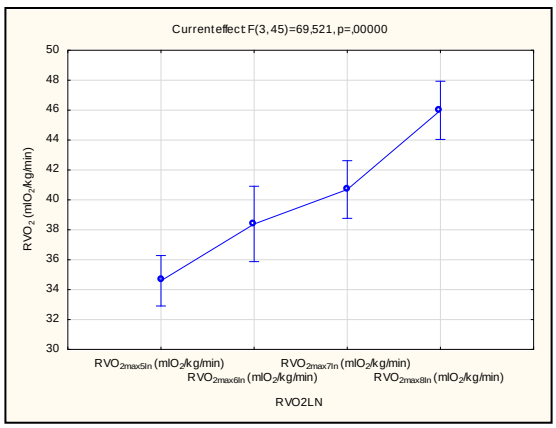
Grafički prikazi na slici 1. pokazuju da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima relativnog primitka kisika s obzirom na modalitet lokomocije. Vrijednosti relativnog primitka kisika pri frontalnom kretanju (RVO_{2f5}=17,34±1,86 mlO_2/kg/min) statistički su značajno niže od vrijednosti pri bočnom kretanju (RVO_{2dn5}=34,59±3,42; RVO_{2ln5}=34,59±3,16 mlO_2/kg/min). Također vrijednosti RVO_2 pri frontalnom kretanju su

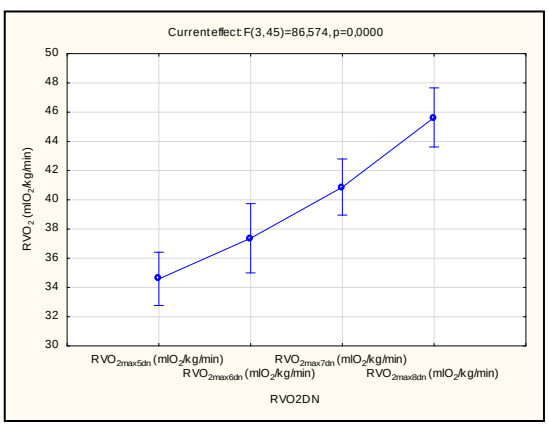
statistički značajno niže i od vrijednosti pri kretanju unatraške. Ove razlike mogu se uočiti neovisno o brzini izvođenja kretanja. Razlika između vrijednosti RVO_2 pri lijevom (RVO_{2ln6}=38,39±4,73 mlO_2/kg/min) i desnom (RVO_{2dn6}=37,37±4,45 mlO_2/kg/min) bočnom kretanju nije statistički značajna. Statistički značajna razlika pojavljuje se i između vrijednosti RVO_2 pri kretanju unatraške i pri bočnim kretanjima, međutim ta razlika nije neovisna o brzini kretanja te pri brzini od 7 km/h razlika nije statistički značajna. Navedeni rezultati ukazuju na to da je energetska potrošnja ispitanika značajno viša pri bočnom kretanju nego pri kretanju frontalno i/ili kretanju unatraške, neovisno o brzini kretanja. Također, grafovi ukazuju i da je energetska potrošnja viša pri kretanju unatraške nego pri frontalnom kretanju, neovisno o brzini kretanja. Ove razlike djelomično se mogu objasniti time da je frontalno kretanje prirodnije od bočnog kretanja i kretanja unatraške, pa je prema tome i tijelu potrebno manje energije za obavljanje već automatiziranih obrazaca kretanja, no upravo iz ovog razloga su ispitanici prije mjerenja prolazili period prilagodbe na sag i različite modalitete lokomocije. Ovi rezultati ukazuju to da pri promjeni modaliteta lokomocije dolazi do minimiziranja energetske potrošnje što je u skladu s rezultatim drugih istraživanja (Diedrich i Warren, 1995; Heglund i Taylor, 1988; Mercier i sur., 1994; Sparrow i Newell, 1998).

Slika 2. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog primitka kisika pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN





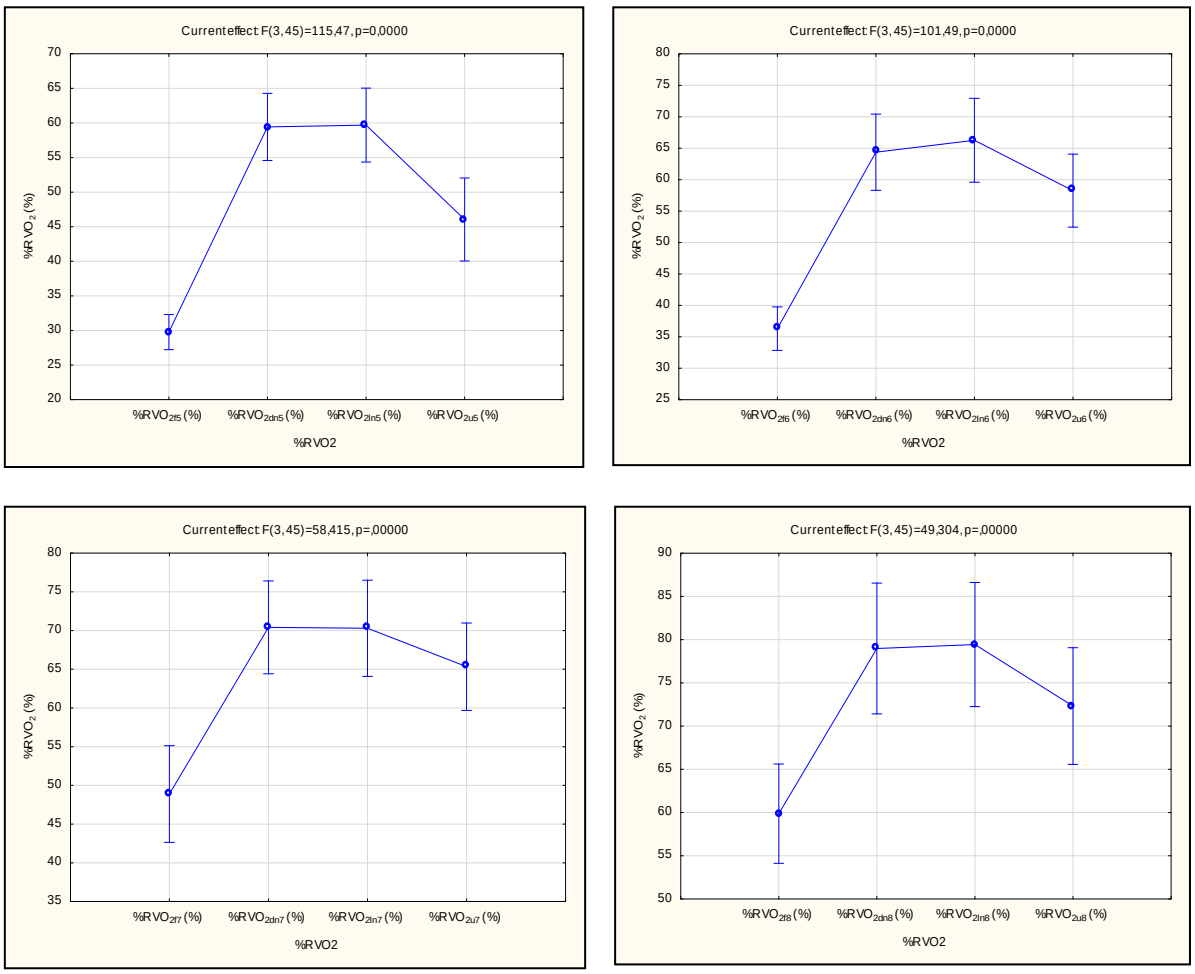




Slika 2., prema očekivanome, pokazuje statistički značajne razlike između vrijednosti RVO_2 pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije. Grafički prikazi pokazuju statistički značajno više vrijednosti RVO_2 (RVO_{2f6}=21,11±2,72 mlO_2/kg/min; RVO_{2f7}=28,31±5,61 mlO_2/kg/min) pri kretanju većom brzinom te su razlike u vrijednostima neovisne o modalitetu lokomocije. Energetska potrošnja viša je pri kretanju većom brzinom te ne ovisi o modalitetu lokomocije, odnosno isti obrazac porasta energetske potrošnje pri kretanju većom brzinom uočljiv je pri sva četiri modaliteta lokomocije korištena u ovom istraživanju. Taj obrazac je očekivan jer promjene u brzini kretanja za posljedice imaju promjene u metaboličkim i ventilacijskim parametrima (Sparrow i Newell, 1998).

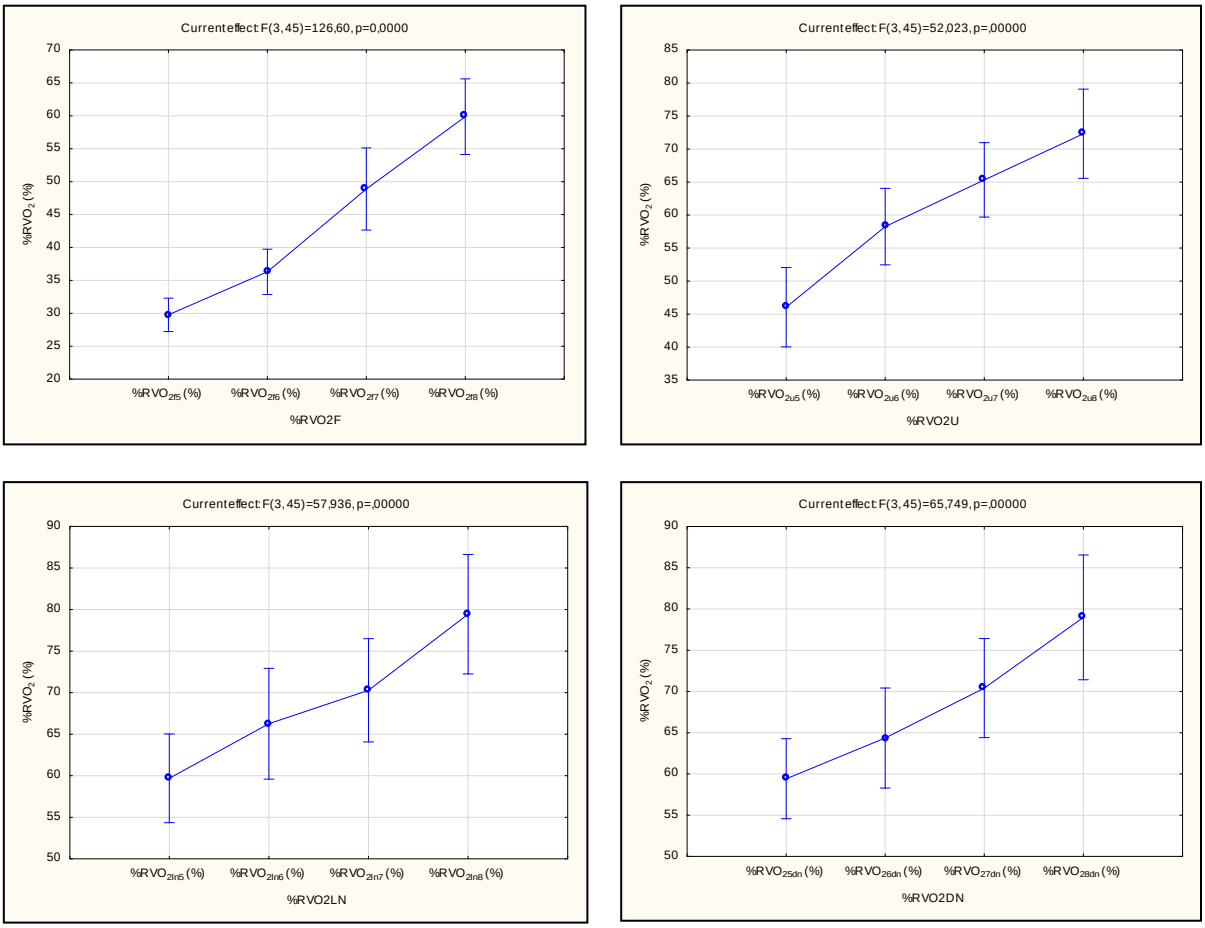
6.2.2. Analiza razlika između vrijednosti postotka relativnog primitka kisika u primijenjenim testovima opterećenja

Slika 3. Prikaz razlike u vrijednostima postotka relativnog primitka kisika pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN



Grafički prikazi na slici 3. pokazuju da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima postotka relativnog primitka kisika s obzirom na modalitet lokomocije. Prema tablici 13. vrijednosti postotka relativnog primitka kisika pri bočnom kretanju statistički su značajno više od vrijednosti pri frontalnom kretanju i to od 19% do 30%, ovisno o brzini kretanja. To se odnosi i na lijevo i na desno bočno kretanje. Vrijednosti $\%RVO_2$ pri kretanju unatraške statistički su značajno više od vrijednosti pri frontalnom kretanju. Pri kretanju unatraške vrijednosti $\%RVO_2$ više su za 13% do 22% nego pri frontalnom kretanju. Do navedenih razlika dolazi neovisno o brzini izvođenja kretanja. Razlika između vrijednosti $\%RVO_2$ pri lijevom i desnom bočnom kretanju nije statistički značajna no postoji te su vrijednosti pri lijevom bočnom kretanju do 2% više od vrijednosti pri desnom bočnom kretanju, ovisno o brzini kretanja. Statistički značajna razlika pojavljuje se i između vrijednosti $\%RVO_2$ pri kretanju unatraške i pri bočnim kretanjima, međutim ta razlika nije neovisna o brzini kretanja te pri brzini od 7 km/h razlika nije statistički značajna. Vrijednosti pri kretanju unatraške niže su od 5% do 14% od vrijednosti pri kretanju bočno, neovisno radi li se o kretanju lijevo ili desno bočno. Dakle, navedeni rezultati ukazuju da je energetska potrošnja ispitanika pri frontalnom kretanju značajno niža nego pri bočnom kretanju, neovisno o brzini kretanja. Prema tablici 13. vrijednost $\%RVO_2$ pri frontalnom kretanju manja je za 30% od vrijednosti pri bočnom kretanju, pri brzini kretanja 5 km/h. Pri brzini od 6 km/h vrijednost $\%RVO_2$ pri frontalnom kretanju manja je za 28% do 30% od vrijednosti pri bočnom kretanju. Nadalje, pri brzini kretanja 5 km/h vrijednost $\%RVO_2$ pri kretanju unatraške viša je za 16% od vrijednosti pri kretanju frontalno. Prema tome, energetska potrošnja je viša pri kretanju unatraške nego pri frontalnom kretanju. Značajne razlike javljaju se i između vrijednosti $\%RVO_2$ pri kretanju unatraške i pri bočnom kretanju. Pri brzini kretanja 5 km/h vrijednosti $\%RVO_2$ pri bočnom kretanju više su za 13% od vrijednosti pri kretanju unatraške. Navedene razlike ukazuju na to da se promjenom modaliteta lokomocije značajno utječe na razinu energetske potrošnje.

Slika 4. Prikaz razlike u vrijednostima postotka relativnog primitka kisika pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN

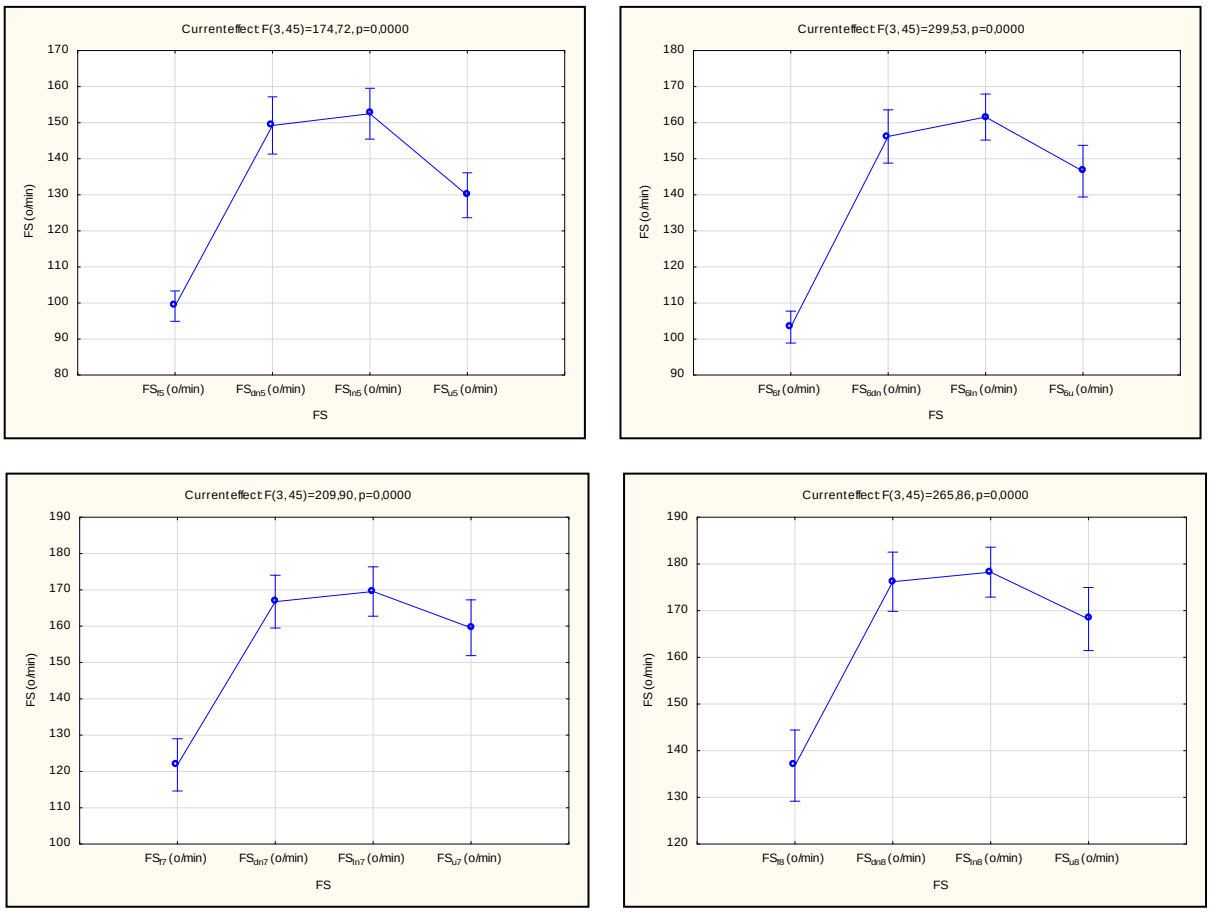


Slika 4. pokazuje statistički značajne razlike između vrijednosti $\%RVO_2$ pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije. Grafički prikazi pokazuju statistički značajno više vrijednosti $\%RVO_2$ pri kretanju većom brzinom te su razlike u vrijednostima neovisne o modalitetu lokomocije. Tako na tablici 13. vidimo da je razlika između vrijednosti $\%RVO_2$, pri frontalnom kretanju od 6% do 30%, pri bočnim kretanjima uočavamo nešto manju razlliku, od 5% do 20% te pri kretanju unatraške razlika je od 7% do 26% ovisno o brzini kretanja. Međutim, pri kretanju lijevo bočno razlika u vrijednostima $\%RVO_2$ pri brzini kretanja od 6 km/h i 7 km/h nije statistički značajna. Prema rezultatima vidimo da su ispitanici ekonomičniji pri manjim brzinama kretanja, odnosno da je energetska potrošnja viša pri većim brzinama kretanja, neovisno o modalitetu lokomocije. Tablica 13. sukladna je s navedenim. Vrijednost $\%RVO_2$ pri frontalnom kretanju brzinom 5 km/h niža je za 6% nego pri kretanju brzinom 6 km/h istim modalitetom lokomocije. Pri kretanju brzinom 7 km/h ta razlika se povećava na 19%. Konačno, vrijednost $\%RVO_2$ pri

kretanju frontalno i brzinom 8 km/h je 30% viša od vrijednosti pri kretanju brzinom 5 km/h istim modalitetom lokomocije. Sličan obrazac ponavlja se i kod ostala tri modaliteta lokomocije korištena u ovom istraživanju.

6.2.3. Analiza razlika između vrijednosti frekvencije srca u primijenjenim testovima opterećenja

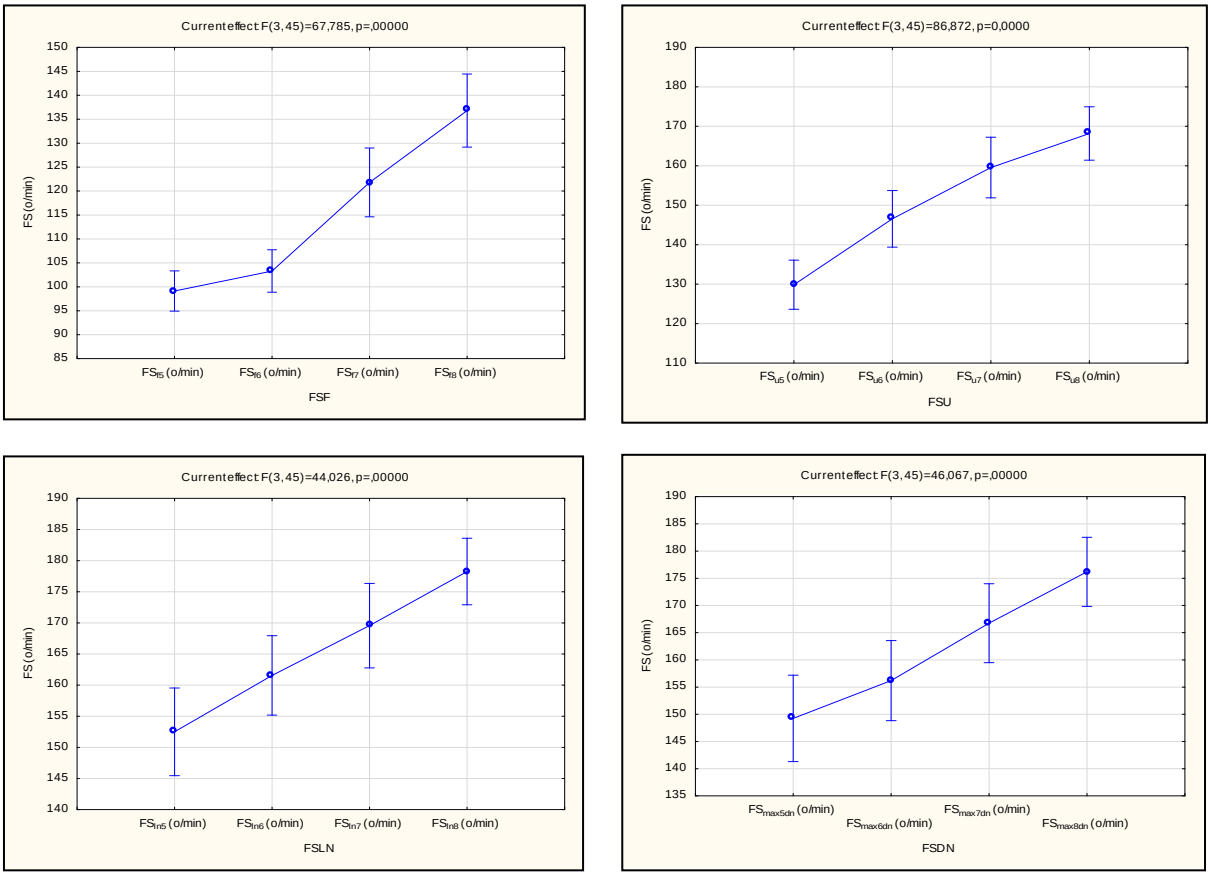
Slika 5. Prikaz razlike u vrijednostima frekvencije srca pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN



Slika 5. pokazuje da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima frekvencije srca pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije. Pri kretanju frontalno vrijednosti FS (FS_{f6}=103,31±8,30 o/min) statistički su značajno niže nego pri bočnom kretanju (FS_{dn6}=156,19±13,82; FS_{ln6}=161,56±11,98 o/min) i kretanju unatraške (FS_{u6}=146,56±13,45 o/min). Vrijednosti FS pri kretanju unatraške statistički su značajno niže od vrijednosti FS pri bočnom kretanju, dok između vrijednosti FS pri kretanju lijevo i desno bočno ne postoji statistički značajna razlika. Navedene razlike pojavljuju se neovisno o brzini kretanja. Rezultati ukazuju da su pri kretanju bočno ispitanici pod većim opterećenjem, odnosno intenzitet aktivnosti je viši nego pri kretanju frontalno i/ili

unatraške. Zatim, pri kretanju unatraške intenzitet je viši nego pri kretanju frontalno. U tablici 11. vrijednosti SPO sukladne su navedenom (SPO_{f5}=0,69±0,60; SPO_{dn5}=3,63±1,71; SPO_{u5}=2,19±1,11).

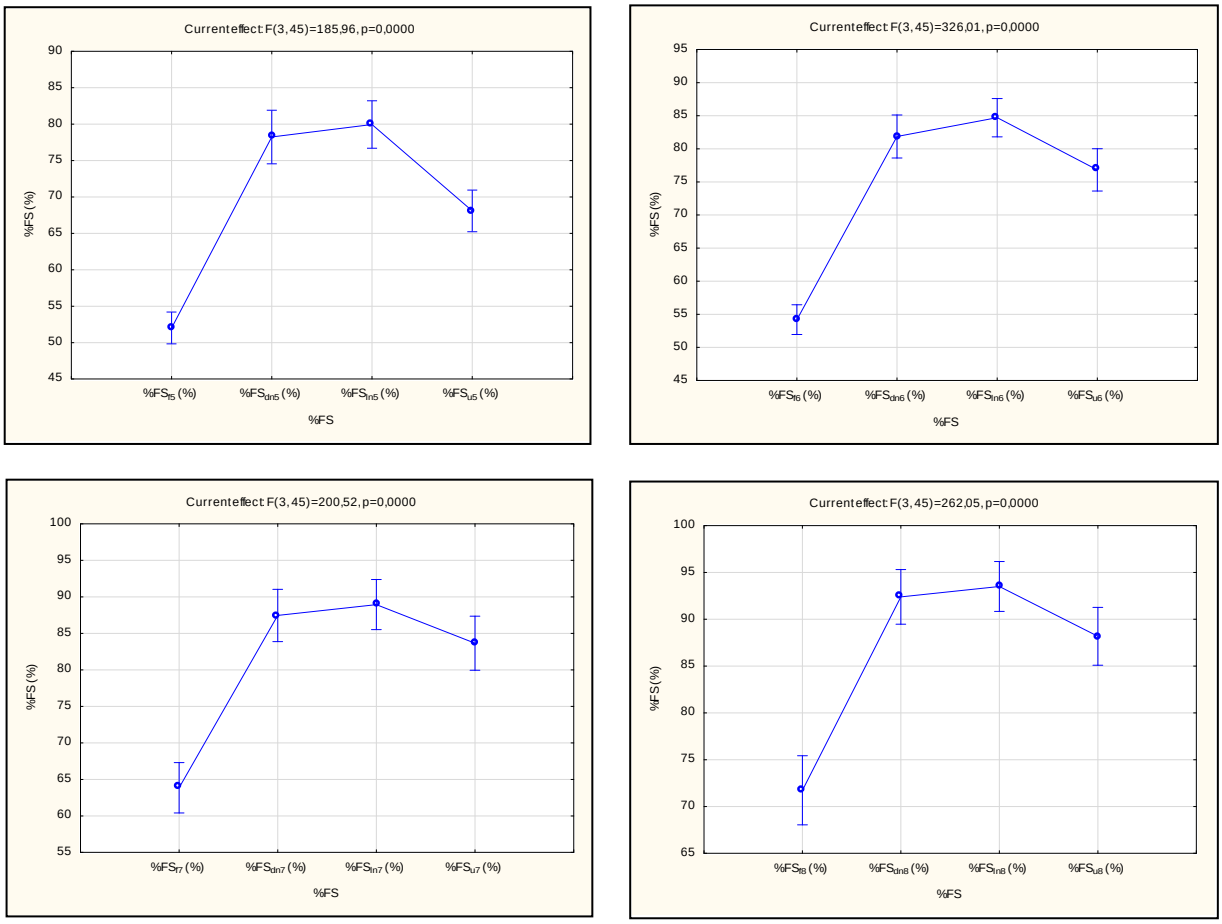
Slika 6. Prikaz razlike u vrijednostima frekvencije srca pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN



Grafički prikazi na slici 6. ukazuju da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima FS pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije. Vrijednosti FS (FS_{dn6}=156,19±13,82; FS_{dn7}=166,75±13,63 o/min) statistički su značajno više pri većim brzinama kretanja s jednom iznimkom. Pri kretanju frontalno razlika između vrijednosti FS između kretanja brzinom od 5 km/h i 6 km/h nije statistički značajna. Prema navedenom možemo zaključiti da su ispitanici pri većim brzinama kretanja pod većim opterećenjem nego pri manjim brzinama, neovisno o modalitetu lokomocije. Tablica 11. ukazuje na isto (SPO_{dn6}=4,25±1,24; SPO_{dn7}=5,56±1,31).

6.2.4. Analiza razlika između vrijednosti postotka frekvencije srca u primijenjenim testovima opterećenja

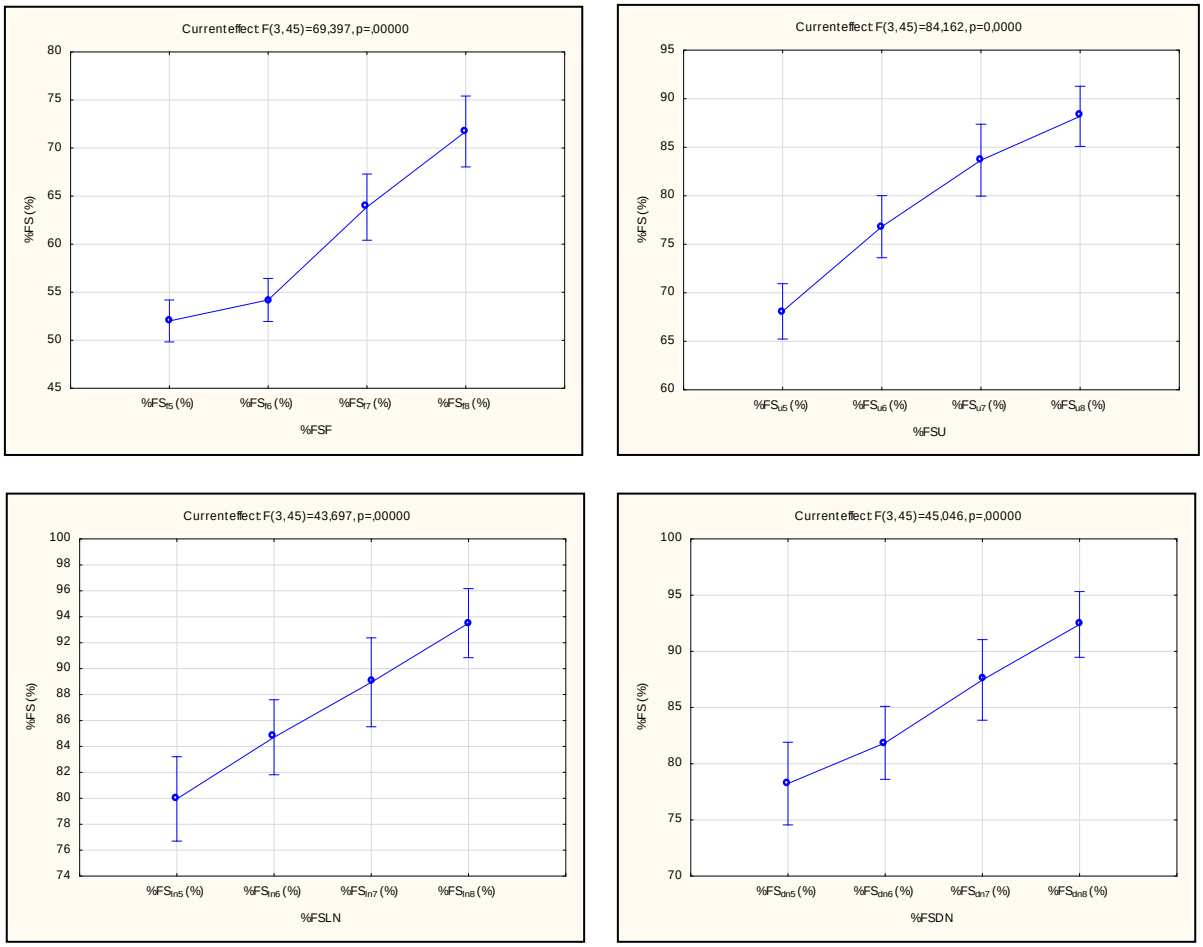
Slika 7. Prikaz razlike u vrijednostima postotka frekvencije srca pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN



Slika 7. pokazuje da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima postotka frekvencije srca pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije. Pri kretanju frontalno vrijednosti %FS statistički su značajno niže nego pri bočnom kretanju i kretanju unatraške. U tablici 12. vidimo da su vrijednosti %FS pri kretanju frontalno niže za 21% do 31% od vrijednosti pri bočnom kretanju te su niže za 16% do 23% od vrijednosti pri kretanju unatraške, ovisno o brzini kretanja. Vrijednosti %FS pri kretanju unatraške statistički su značajno niže od vrijednosti %FS pri bočnom kretanju i to za 4% do 12%, ovisno o brzini kretanja, dok između vrijednosti %FS pri kretanju lijevo i desno bočno ne postoji statistički značajna razlika. Navedene razlike pojavljuju se neovisno o brzini kretanja. Prema rezultatima uočavamo da je intenzitet vježbanja značajno viši pri bočnom kretanju nego pri frontalnom kretanju. U tablici 12. vidimo da je vrijednost %FS pri kretanju bočno i brzinom 6 km/h 28% do 30% viša od vrijednosti pri frontalnom kretanju. Također, intenzitet

vježbanja viši je pri kretanju unatraške nego pri frontalnom kretanju. Pri bočnom kretanju opterećenje je veće nego pri kretanju unatraške. Vrijednosti %FS pri kretanju bočno i brzinom 8 km/h više su 4% do 5% od vrijednosti pri kretanju unatraške istom brzinom. Navedeni rezultati ukazuju na to da se promjenom modaliteta lokomocije mijenja i radno opterećenje, odnosno intenzitet vježbanja, neovisno o brzini kretanja.

Slika 8. Prikaz razlike u vrijednostima postotka frekvencije srca pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN

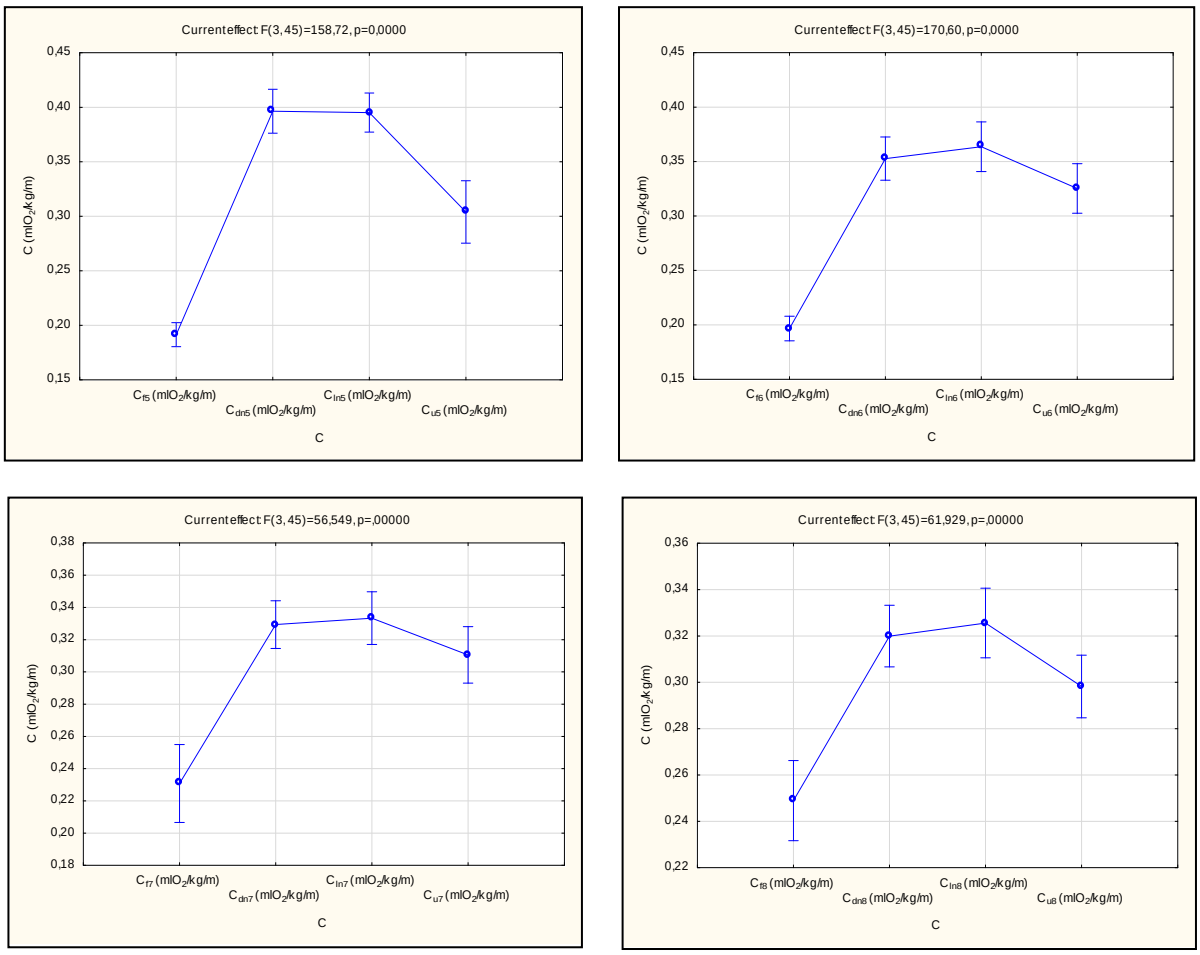


Grafički prikazi na slici 8. pokazuju da postoji statistički značajna razlika između vrijednosti %FS pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije. Vrijednosti %FS statistički su značajno više pri većim brzinama kretanja s jednom iznimkom. Pri kretanju frontalno razlika između vrijednosti %FS između kretanja brzinom od 5 km/h i 6 km/h nije statistički značajna. Na tablici 12. uočavamo da je razlika između

vrijednosti %FS pri frontalnom kretanju od 2% do 20%. Pri bočnim kretanjima razlika između vrijednost %FS je od 4% do 14% dok je pri kretanju unatraške razlika od 5% do 20%, ovisno o brzini kretanja. Još jednu stvar možemo uočiti na tablici 12., a to je da vrijednosti %FS pri kretanju bočno i brzinom 8 km/h dosežu vrijednosti preko 90% FS_{max} (%FSdn8=92,39%; %FSln8=93,51%), što ukazuje da se ispitanici nalaze u zoni anaerobnog praga. U praksi to znači da ispitanika kroz promjene modaliteta lokomocije može izmjenjivati i zone funkcionalnog opterećenja.

6.2.5. Analiza razlika između vrijednosti ekonomičnosti trčanja u primijenjenim testovima opterećenja

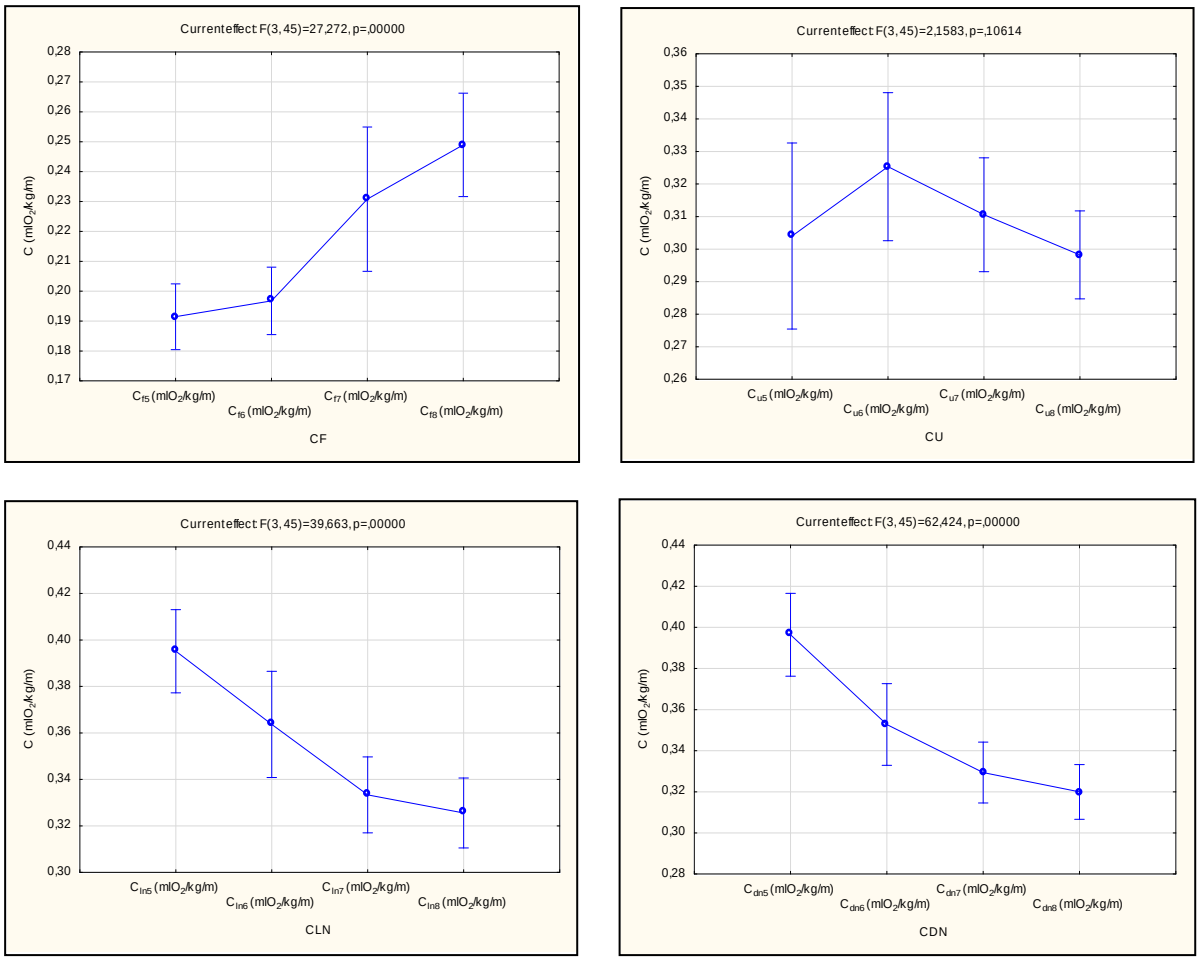
Slika 9. Prikaz razlike u vrijednostima ekonomičnosti trčanja pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN



Grafički prikazi na slici 9. pokazuju da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima ekonomičnosti trčanja s obzirom na modalitet lokomocije. Vrijednosti ekonomičnosti

trčanja pri frontalnom kretanju (C_{f7}=0,23±0,05 mlO_2/kg/m) statistički su značajno niže od vrijednosti pri bočnom kretanju (C_{dn7}=0,33±0,03; C_{ln7}=0,33±0,03 mlO_2/kg/m). Također vrijednosti C pri frontalnom kretanju su statistički značajno niže i od vrijednosti pri kretanju unatraške. Ove razlike mogu se uočiti neovisno o brzini izvođenja kretanja. Razlika između vrijednosti C pri lijevom (C_{ln8}=0,33±0,03 mlO_2/kg/m) i desnom (C_{dn8}=0,32±0,02 mlO_2/kg/m) bočnom kretanju nije statistički značajna. Statistički značajna razlika pojavljuje se i između vrijednosti C pri kretanju unatraške i pri bočnim kretanjima, međutim ta razlika nije neovisna o brzini kretanja te pri brzini od 7 km/h razlika nije statistički značajna. Rezultati ukazuju da su ispitanici ekonomičniji pri kretanju frontalno nego pri kretanju bočno i/ili unatraške. Također, pri kretanju unatraške ispitanici su ekonomičniji nego pri kretanju bočno. Prema tome, možemo zaključiti da se promjenom modaliteta lokomocije mijenja i ekonomičnost trčanja. U praktičnoj primjeni je ovo važno jer viša razina ekonomičnosti trčanja ima za posljedicu manji primitak kisika (Saunders i sur., 2006) te sportaš s boljom ekonomičnošću imaju manju energetsku potrošnju.

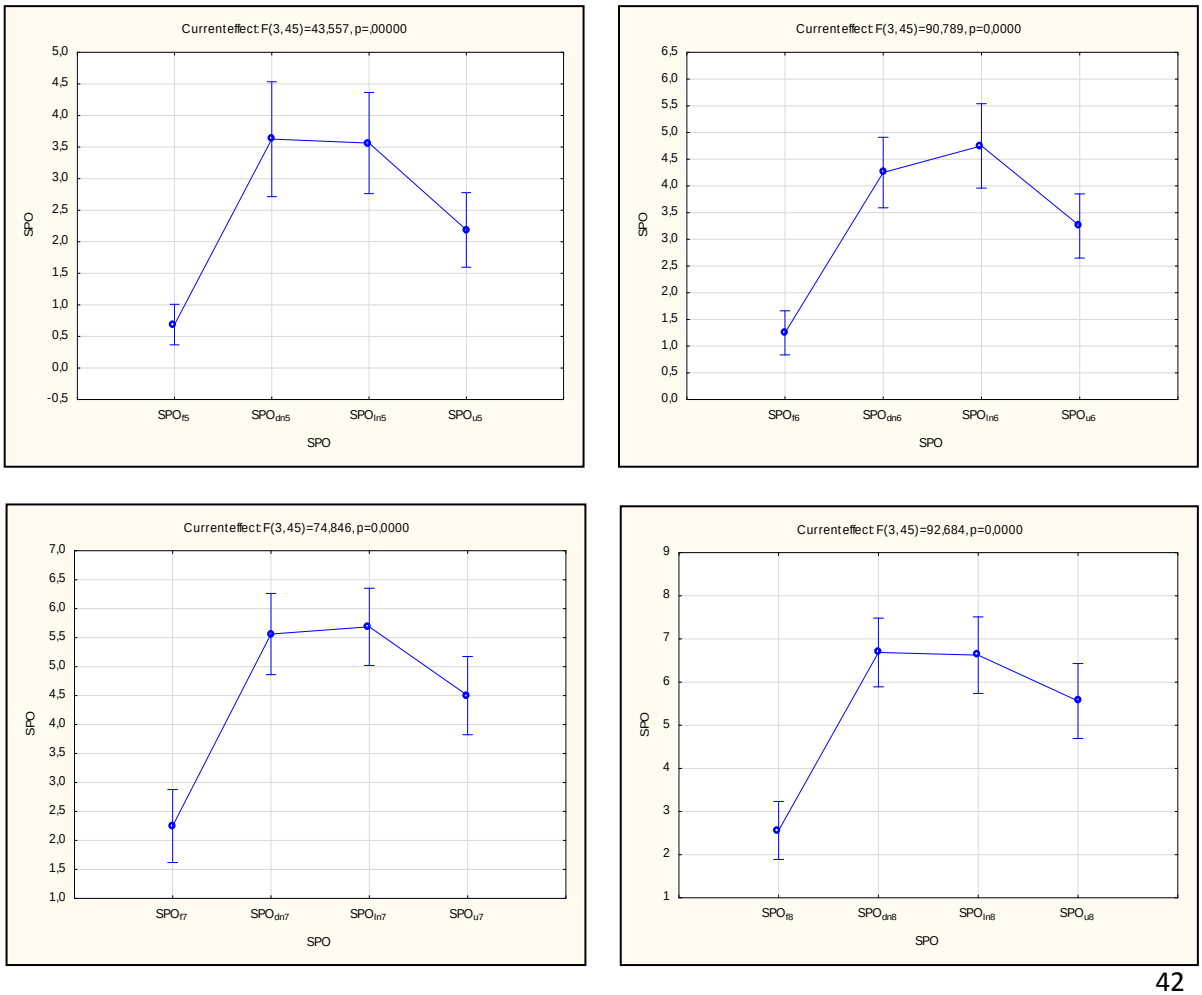
Slika 10. Prikaz razlike u vrijednostima ekonomičnosti trčanja pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN



Slika 10. ukazuje na to da su vrijednosti C ovisne o modalietu lokomocije. Pri frontalnom kretanju vrijednosti C više su pri većim brzinama no razlika između vrijednosti značajna je samo pri kretanju brzinom 6 (C_{f6}=0,20±0,02 mlO_2/kg/m) i 7 km/h (C_{f7}=0,23±0,05 mlO_2/kg/m). Kod bočnih kretanja vrijednosti C padaju pri većim brzinama te su razlike između vrijednosti pri kretanju brzinom 5 i 6 km/h i između vrijednosti pri kretanju brzinom 6 i 7 km/h statistički značajne. Pri kretanju unatraške razlike između vrijednosti C nisu statistički značajne. Prema rezultatima uočavamo da su ispitanici pri frontalnom kretanju ekonomičniji pri manjim brzinama nego pri većim, što je u skladu s rezultatim drugih istraživanja (Daniels i Daniels, 1992; Svedenhag i Sjödin, 1984). Vrlo zanimljivo je da pri bočnim kretanjima uočavamo drugačiji obrazac. Ispitanici postaju ekonomičniji pri većim brzinama, odnosno energetska potrošnja je veća pri manjim brzinama.

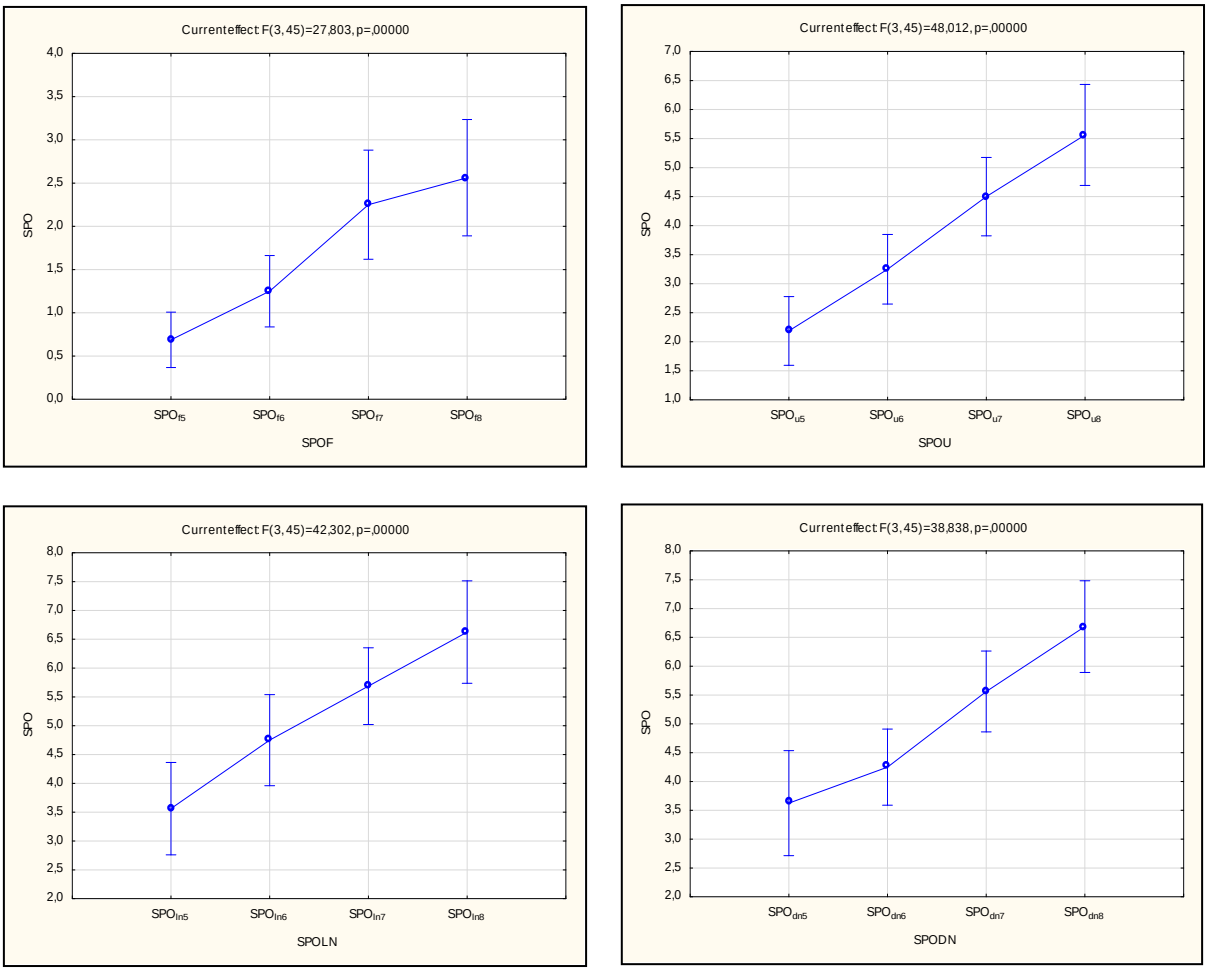
6.2.6. Analiza razlika između vrijednosti subjektivne procjene opterećenja u primijenjenim testovima opterećenja

Slika 11. Prikaz razlike u vrijednostima subjektivne procjene opterećenja pri kretanju istom brzinom (5, 6, 7 i 8 km/h) a različitim modalitetima lokomocije izmjerenih protokolom SS5MIN



Slika 11. pokazuje da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima subjektivne procjene opterećenja pri kretanju istom brzinom a različitim modalitetima lokomocije. Pri kretanju frontalno (SPO_{f5}=0,69±0,60) vrijednosti SPO statistički su značajno niže nego pri bočnom kretanju (SPO_{dn5}=3,63±1,71; SPO_{ln5}=3,56±1,50) i kretanju unatraške (SPO_{u5}=2,19±1,11). Vrijednosti SPO pri kretanju unatraške statistički su značajno niže od vrijednosti SPO pri bočnom kretanju, dok između vrijednosti SPO pri kretanju lijevo (SPO_{ln7}=5,69±1,25) i desno (SPO_{dn7}=5,56±1,31) bočno ne postoji statistički značajna razlika. Navedene razlike pojavljuju se neovisno o brzini kretanja. Rezultati ukazuju da su ispitanici pod znatno veći opterećenjem pri kretanju bočno nego pri kretanju frontalno i/ili unatraške. Pri kretanju unatraške ispitanici su pod većim opterećenjem nego pri kretanju frontalno. Vrijednosti SPO u skladu su s vrijednostima RVO_2 (Slika 1.) i FS (Slika 5.).

Slika 12. Prikaz razlike u vrijednostima subjektivne procjene opterećenja pri kretanju različitom brzinom a istim modalitetom lokomocije (frontalno kretanje, kretanje unatraške, kretanje lijevo bočno i kretanje desno bočno) izmjerenih protokolom SS5MIN



Grafički prikazi na slici 12. pokazuju da su vrijednosti SPO više pri većim brzinama neovisno o modalitetu lokomocije. Pri frontalnom kretanju razlika između vrijednosti SPO pri kretanju brzinom 6 (SPO_{f6}=1,25±0,77) i 7 km/h (SPO_{f7}=2,25±1,18) je statistički značajna dok je pri kretanju desno bočno razlika između vrijednosti SPO statistički značajna pri kretanju brzinom 6 i 7 km/h i 7 i 8 km/h. Kod kretanja lijevo bočno i unatraške razlika u vrijednostima SPO je statistički značajna. Navedeni rezultati ukazuju da opterećenje raste proporcionalno s porastom brzine, neovisno o modalitetu lokomocije.

7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja bio je analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri istoj brzini kretanja, ali u različitim modalitetima lokomocije (frontalno kretanje, bočno dokoračno kretanje i kretanje unatraške) te analizirati razlike u energetskoj potrošnji pri različitoj brzini kretanja, ali u istom modalitetu lokomocije. Analizom razlika dolazim do zaključka da postoje statistički značajne razlike u energetskoj potrošnji pri istoj brzini kretanja u različitim modalitetima lokomocije. Potrošnja energije značajno je viša pri kretanju bočno nego pri kretanju frontalno i/ili unatraške. Nadalje, pri kretanju unatraške energetska potrošnja viša je nego prije kretanju frontalno dok između kretanja lijevo i desno bočno razlike postoje ali nisu statistički značajne. Navedene razlike javljaju se neovisno i brzini kretanja. Statistički značajne razlike u energetskoj potrošnji postoje je i pri različitoj brzini kretanja, ali u istom modalitetu lokomocije. Energetska potrošnja viša je pri kretanju većim brzinama, neovisno o modalitetu lokomocije. Zanimljiv podatak javlja se na slici 10. gdje uočavamo da su vrijednosti ekonomičnosti trčanja pri bočnim kretanjima niže pri većim brzinama. Ovaj rezultat djelomično se može objasniti prilagodbom ispitanika na modalitet kretanja, odnosno prethodnim izvođenjem kretanja pri manjim brzinama tijelo ispitanika prilagođava se modalitetu kretanja te kasnijim izvođenjem kretanje postaje ekonomičnije.

Rezultati ovog istraživanja imaju vrijednost i u praktičnoj primjeni. Mijenjanje modaliteta lokomocije tokom trenažnog procesa dovodi do promjene razine energetske potrošnje sportaša te ona može biti niža ili viša ovisno o tome koji je cilj trenažnog procesa. Također promjenom modaliteta lokomocije mijenja se i opterećenje na sportaša, odnosno sportaš promjenom modaliteta lokomocije mijenja i zonu funkcionalnog opterećenja. Prema tome, rezultati ovog istraživanja primjenjivi su u trenažnom procesu različitih sportskih aktivnosti te nisu limitirani na primjenu u sportovima gdje je trčanje glavni motorički obrazac.

8. LITERATURA

1. Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports Medicine*, 22 (2), 76-89.

2. Anić, Š; Klaić, N. i Domović, Ž. (2002). Rječnik stranih riječi. Zagreb: SANI-PLUS.

3. Bangsbo, J.; Krustrup, P.; Gonzalez-Alonso, J.; Boushel, R. i Saltin, B. (2000). Muscle oxygen kinetics at onset of intense dynamic exercise in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 279, 899-906.

4. Barstow, T.J. i Mole, P.A. (1991). Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 2099-2106.

5. Barstow, T.J. (1994). Characterization of VO_2 kinetics during heavy exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (11), 1327–1334.

6. Barstow, T.J.; Jones, A.M.; Nguyen, P.H. i Casaburi, R. (1996). Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81, 1642–1650.

7. Bašić, L. (2014). Razlike u ekonomičnosti trčanja između atletičara različitih trkačkih disciplina. Diplomski rad. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

8. Bergh, U.; Sjödin, B.; Forsberg, A. i Svedenhag, J. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (2), 205-211.

9. Bernard, O.; Maddio, F.; Ouattara, S.; Jimenez, C.; Charpenet, A.; Melin, B. i Bittel, J. (1998). Influence of the oxygen uptake slow component on the aerobic energy cost of high-intensity submaximal treadmill running in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 578-585.

10. Billat, V.L.; Richard, R.; Binsse, V.M.; Koralsztein, J.P. i Haouzi, P. (1998). The VO_2 slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 85, 2118-2124.

11. Billat, V.L.; Mille-Hamard, L.; Petit, B. i Koralsztein J.P. (1999). The Role of Cadence on the VO_2 Slow Component in Cycling and Running in Triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 429-437.

12. Billat, V.L. (2001). Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. Special recommendations for middle and long distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31 (1), 13-21.

13. Borg, G. (1973). Perceived exertion: A note on history and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5 (2), 90-93.

14. Bransford, D.R. i Howley, E.T. (1977). Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. *Medicine and Science in Sports*, 9 (1), 41-44.

15. Brueckner, J.C.; Atchou, G.; Capelli, C.; Duvallet, A.; Barrault, D.; Jousselin, E.; Rieu, M. i di Prampero, P.E. (1991). The energy cost of running increases with the distance covered. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 385-389.

16. Bula, J.E.; Rhodes, E.C.; Langill, R.H.; Sheel, A.W. i Taunton, J.E. (2008). Effects of interindividual variation state of training and prolonged work on running economy. *Biology of Sport*, 25 (3), 197-210.

17. Candau, R.; Belli, A.; Millet, G.Y.; Georges, D.; Barbier, B. i Rouillou, J.D. (1998). Energy cost and running mechanics during a treadmill run to voluntary exhaustion in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77 (6), 479-485.

18. Caputo, F.; Mello, M.T. i Denadai, B.S. (2003). Oxygen Uptake Kinetics and Time to Exhaustion in Cycling and Running: a Comparison Between Trained and Untrained Subjects. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 111 (5), 461-466.

19. Carter, H.; Jones, A.M.; Barstow, T.J.; Burnley, M.; Williams, C.A. i Doust, J.H. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry:a comparison. *Journal of Apllied Physiology*, 89, 899-907.

20. Casaburi, R.; Storer, T.W.; Ben-Dov, I. i Wasserman, K. (1987). Effect of endurance training on possible determinants of VO_2 during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, 62, 199-207.

21. Cavagna, G.A.; Heglund, N.C. i Taylor, C.R. (1977). Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanisms for minimizing energy expenditure. *American Journal of Physiology*, 233 (5), 243-261.

22. Conley, D.L. i Krahenbuhl, G.S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 357-360.

23. Craib, M.W.; Mitchell, V.A.; Fields, K.B.; Cooper, T.R.; Hopewell, R. i Morgan D.W. (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (6), 737-743.

24. Dalleau, G.; Belli, A.; Bourdin, M. i Lacour, J.R. (1998). The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 257-263.

25. Daniels, J. i Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24 (4), 483-489.

26. De Cort, S.C.; Innes, J.A.; Barstow, T.J. i Guz, A. (1991). Cardiac output, oxygen consumption and arteriouvenous oxygen difference following a sudden rise in exercise level in humans. *Journal of Physiology*, 441, 501-512.

27. Di Prampero, P.E.; Capelli, C.; Pagliaro, P.; Antonutto, G.; Girardis, M.; Zamparo, P. i Soule, R.G. (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *Journal of Applied Physiology*, 74 (5), 2318–2324.

28. Diedrich, F.J. i Warren, W.H. (1995). Why Change Gaits? Dynamics of the Walk-Run Transition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21 (1), 183-202.

29. Farley, C.T. i Taylor, C.R. (1991). A mechanical trigger for the trot-gallop transition in horses. *Science*, 253, 306-308.

30. Farrell, P.A.; Wilmore, J.H.; Coyle, E.F.; Billing, J.E. i Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11 (4), 336-344.

31. Fletcher, G.F.; Balady, G.J.; Amsterdam, E.A.; Chaitman, B.; Eckel, R.; Fleg, J.; Froelicher, V.F., Leon, A.S.; Pina, I.L.; Rodney, R.; Simons-Morton, D.G.; Williams, M.A. i Bazzarre, T. (2001). Exercise Standards for Testing and Training: A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*, 104, 1694-1740.

32. Foster, C. i Lucia, A. (2007). Running Economy-The Forgotten Factor in Elite Performance. *Sports Medicine*, 37 (4-5), 316-319.

33. Franch, J.; Madsen, K.; Djurhuus, M.S. i Pedersen, P.K. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (8), 1250-1256.

34. Gleim, G.W.; Stachenfeld, N.S. i Nicholas, J.A. (1990). The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *Journal of Orthopaedic Research*, 8 (6), 814-823.

35. Godges, J.J.; Macrae, H.; Longdon, C.; Tinberg, C. i Macrae, P. (1989). The Effects of Two Stretching Procedures on Hip Range of Motion and Gait Economy. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 7, 350-357.

36. Grant, S.; Corbett, K.; Amjad, A.M.; Wilson, J. i Aitchison, T. (1995). A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 29 (3), 147-152.

37. Grassi, B.; Gladden, L.B.; Samaja, M.; Stary, C.M.; i Hogan, M.C. (1998). Faster adjustment of O_2 delivery does not affect VO_2 on-kinetics in isolated in situ canine muscle. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1394-1403.

38. Grassi, B.; Hogan, M.C.; Kelley, K.M.; Aschenbach, W.G.; Hamann, J.J.; Evans, R.K.; Patillo, R.E. i Gladden, L.B. (2000). Role of convective O_2 delivery in determining VO_2 on-kinetics in canine muscle contracting at peak VO_2. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1293-1301.

39. Guyton, A.C. i Hall, J.E. (2012). Medicinska fiziologija. Zagreb: Medicinska naklada.

40. Heglund, N.C. i Taylor, C.R. (1988). Speed, stride frequency and energycost per stride:how do they change with body size and gait. *The journal of Experimental Biology*, 138, 301-318.

41. Helgerud, J.; Storen, O. i Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European Journal of Applied Physiology*, 108 (6), 1099-1105.

42. Horga, S. (1993). Psihologija sporta. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.

43. Hoyt, D.F. i Taylor, C.R. (1981). Gait and the energetics of locomotion in horses. *Nature*, 292, 239-240.

44. Johnston, R.E.; Quin,T.J.; Kertzer, R. i Vroman, N.B. (1995). Improving Running Economy Through Strength Training. *Strength and Conditioning Journal*, 17 (4), 7-13.

45. Johnston, R.E.; Quinn, T.J.; Kertzer, R. i Vroman, N.B. (1997). Strength Training in Female Distance Runners: Impact on Running Economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (4), 224-229.

46. Jones, A.M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 39-43.

47. Jones, A.M. i McConnell, A.M. (1999). Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 213-219.

48. Jones, A.M. (2006). The Physiology of the World Record Holder for the Women's Marathon. *International Journal of Sport Science and Coaching*, 1 (2), 101-116.

49. Karp, J.R. (2008). The Three Players of Distance Running: An In-Depth Look at Running Economy. *Track coach. Winter*, 182, 5801-5806.

50. Lakka, T.A.; Venäläinen, J.M.; Rauramma, R.; Salonen, R.; Toumilehto, J. i Salonen, J.T. (1994). Relation of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness to the risk of acute myocardial infarction in men. *The New England Journal of Medicine*, 330 (22), 1549-1554.

51. Laukkanen, J.A.; Lakka, T.A.; Rauramma, R.; Kuhanen, R.; Venäläinen, J.M.; Salonen, R. i Salonen, J.T. (2001). Cardiovascular Fitness as a Predictor of Mortality in Men. *Archives of Internal Medicine*, 161 (6), 825-831.

52. Lazzer, S.; Salvadego, D.; Rejc, E.; Buglione, A.; Antonutto, G. i di Prampero, P.E. (2012). The energetics of ultra-endurance running. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 1709-1715.

53. Marcinik, E.J.; Potts, J.; Schlabach, G.; Will, S.; Dawson, P. i Hurley, B.F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23 (6), 739-743

54. Marwood, S.; Roche, D.; Rowland, T.; Garrard, M. i Unnithan, V.B. (2010). Faster pulmonary oxygen uptake kinetics in trained versus untrained male adolescents. *Medicine and Scince in Sports and Exercise*, 42 (1), 127-134.

55. Mayers, N. i Gutin, B. (1979). Physiological characteristics of elite prepubertal cross-country runners. *Medicine and Science in Sports*, 11 (2), 172-176.

56. McCarthy, J.P.; Agre, J.C.; Graf, B.K.; Pozniak, M.A. i Vailas, A.C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27 (3), 429-436.

57. Mercier, J.; Le Gallais, D.; Durand, M.; Goudal, C.; Micallef, J.P. i Prefaut, C. (1994). Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *European Journal of Applied Physiology*, 69 (6), 525-529.

58. Millet, G.P.; Jaouen, B.; Borrani, F. i Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO_2 kinetics. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34 (8), 1351-1359.

59. Millet, G.Y.; Morin, J.B; Degache, F.; Edonard, P.; Feasson, L.; Verney, J. i Oullion, R. (2009). Running from Paris to Beijing: biomechanical and physiological consequnces. *European Journal of Applied Physiology*, 107 (6), 731-738.

60. Mišigoj-Duraković, M. (1996). Morfološka antropometrija u sportu. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu sveučilišta u Zagrebu.

61. Morgan, D.; Baldin, F.; Martin, P. i Kohrt, W. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at VO_2max amon well trained runner. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21 (1), 78-83.

62. Morgan, D.W.; Bransford, D.R.; Costill, D.L.; Daniels, J.T.; Howley, E.T. i Krahenbuhl, G.S. (1995). Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27 (3), 404-409.

63. Noonan, V. i Dean, E. (2000). Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Physical Therapy*, 80 (8), 782-807.

64. Pennycuick, C.J. (1975). On the running of the GNU (Connochaetes Taurinus) and other animals. *The Journal of Experimental Biology*, 63, 775-799.

65. Poole, D.C.; Schaffartzik, W.; Knight, D.R.; Derion, T.; Kennedy, B.; Guy, H.J.; Prediletto, R. i Wagner, P.D. (1991). Contribution of exercising legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 71 (4), 1245-1260.

66. Powers, S.K.; Dodd, S.; Deason, R.; Byrd, R. i Mcknight, T. (1983). Ventilatory Threshold, Running Economy and Distance Running Performance of Trained Athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54 (2), 179-182.

67. Powers, S.K.; Dodd, S. i Beadle, R.E. (1985). Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in VO_2max. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 306-308.

68. Rampinini, E.; Impellizzeri, F.M.; Castagna, C.; Coutts, A.J. i Wisløff, U. (2007). Technical performance during soccer matches of the Italian Seria A league: effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12 (1), 227-233.

69. Sahlin, K.; Tonkonogi, M. i Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavia*, 162 (3), 261-266.

70. Saltin, B.; Larsen, H.; Terrados, N.; Bangsbo, J.; Bak, T.; Kim, C.K.; Svedenhag, J. i Rolf, C.J. (1995). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runner compared with Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 5, 209-221.

71. Saunders, P.U.; Pyne, D.B.; Telford, R.D. i Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34 (7), 465-485.

72. Saunders, P.U.; Telford, R.D.; Pyne, D.B.; Peltola, E.M.; Cunningham, R.B.; Gore, C.J. i Hawley, J.A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strenth and Conditioning Research*, 20 (4), 947-954.

73. Schieb, D.A. (1986). Kinematic accomodation of novice treadmill runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57 (1), 1-7.

74. Sparrow, W.A. i Newell, K.M. (1998). Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5 (2), 173-196.

75. Spurrs, R.W.; Murphy, A.J. i Watsford, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 1-7.

76. Svedenhag, J. i Sjödin, B. (1984). Maximal and Submaximal Oxygen Uptakes and Blood Lactate Levels in Elite Male Middle- and Long-Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine*, 5, 255-261.

77. Svedenhag, J. i Sjödin, B. (1985). Physiological Characteristics of Elite Male Runners In and Off-Season. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10 (3), 127-133.

78. Šentija, D. (2002). Energetska dinamika pri tranzicijskoj brzini između hoda i trčanja. Doktorska disertacija. Zagreb: Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

79. Taylor, C.R. (1985). Force development during sustained locomotion: a determinant of gait, speed and metabolic power. *The Journal of Experimental Biology*, 115, 253-262.

80. Thomas, D.Q.; Fernhall, B. i Granat, H. (1999). Changes in Running Economy During a 5km Run in Trained Men and Women Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (2), 162-167.

81. Turner, A.M.; Owings, M. i Schwane, J.A. (2003). Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 60-67.

82. Vučetić, V. i Šentija, D. (2005). Doziranje i distribucija intenziteta opterećenja u trenažnom procesu – zone trenažnog procesa. *Kondicijski trening*, 3 (2), 36-42.

83. Vučetić, V. (2007). Razlike u pokazateljima energetskih kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja. Doktorska disertacija. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

84. Weston, A.R.; Mbambo, Z. i Myburgh, K.H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (6), 1130-1134.

85. Whipp, B.J. i Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *Journal of Apllied Physiology*, 33 (3), 351-356.

86. Wyndham, C. (1967). Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake. *Canadian Medical Association Journal*, 96 (12), 736-742.

87. Yamamoto, L.M.; Lopez, R.M.; Klau, J.F.; Casa, D.J.; Kraemer, W.J. i Maresh, C.M. (2008). The Effects of Resistance Training on Endurance Distance Running Performance Among Highly Trained Runners: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (6), 2036-2044.

88. Zhang, Y.; Johnson, M.C.; Chow, N. i Wassermann, K. (1991). The role of fitness on VO_2 and VCO_2 kinetics in response to proportional step increases in work rate. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 94-100.