

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Vlatko Vučetić

**RAZLIKE U POKAZATELJIMA ENERGETSKIH
KAPACITETA TRKAČA DOBIVENIH RAZLIČITIM
PROTOKOLIMA OPTEREĆENJA**

Doktorska disertacija

Mentor: Dr.sc. Davor Šentija

Zagreb, listopad, 2007.

SAŽETAK

U kliničkoj i sportsko-medicinskoj dijagnostici koriste se brojne metode i protokoli za mjerenje aerobnog i anaerobnog kapaciteta i radne sposobnosti. U aktivnostima u kojima je uspjeh, manje ili više, određen aerobnim kapacitetom, najčešće se koriste maksimalni progresivni testovi opterećenja. S obzirom da ne postoji jedinstven, standardni test za direktno mjerenje aerobnog kapaciteta, usporedba rezultata iz različitih laboratorija često je ograničena ili pak nemoguća. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj protokola, tj. ukupnog trajanja testa opterećenja na pokretnom sagu na parametre za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskog kapaciteta u trkača s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog metabolizma. Također, cilj je bio utvrditi razlike u parametrima za procjenu energetskih kapaciteta, trkačke ekonomičnosti i kinetike primitka kisika između trkača aerobne i anaerobne energetske skupine, te funkcionalne veze između promatranih parametara u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja. Četrdeset i osam trkača nacionalnog ranga, podijeljeni su u dvije skupine: 'AERO' (23 trkača dominantno aerobnih disciplina, 1500 m-maraton), i 'ANAERO' (25 trkača iz disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog energetskog metabolizma, 100-400 m). Svi ispitanici izvršili su 3 progresivna testa opterećenja do iscrpljenja na pokretnom sagu s porastom brzine lokomocije od: A) 1 km/h svake minute (KF1), B) 1 km/h svakih ½ minute (KF05), i C) 2 km/h svake 4 minute (KF4, za određivanje VO_{2ss} , energetske potrošnje u stabilnom stanju). *Breath-by-breath* spiroergometrijski podaci, usrednjeni na 30 sekundi, analizirani su višestrukom analizom varijance za ponovljena mjerenja. Anaerobni energetski kapacitet ispitanika procijenjen je 1) ukupnim deficitom O_2 u KF05 (ANK_{05}) i KF1 (ANK_1) uz pretpostavku linearnog odnosa brzine trčanja u zoni iznad anaerobnog praga i energetske potrebe, određene prema VO_{2ss} u zoni ispod praga, 2) dugom kisika u prvih 5 min oporavka (1-2 min, DK_{BK} ; 3-5 min, DK_{SK}) te 3) maksimalnom koncentracijom laktata u krvi u oporavku (L_{max}). Vremenska konstanta kinetike primitka kisika (τ) u testovima KF05 i KF1 procijenjena je na temelju vremenske razlike (Δt) između VO_2 u testu i VO_{2ss} pri istoj brzini trčanja. Vrijeme iscrpljenja u testovima KF05, KF1 i KF4 iznosilo je u prosjeku 8.5, 14.5 i 18 min kod AERO odnosno 7, 11.5 i 13.5 min kod ANAERO. Rezultati ukazuju da se maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) i VO_2 pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VO_{2VP}), ne razlikuju značajno između testova, i značajno su viši u AERO trkača (VO_{2max} , 66.4 ± 4.5 : 58.0 ± 4.5 mL/kg/min; VO_{2VP} , 57.8 ± 4.4 : 50.1 ± 3.9

mL/kg/min, $p < .01$). Stabilnost VO_{2VP} , ukazuje na postojanje jedinstvenog metaboličkog praga, neovisnog o primijenjenom protokolu opterećenja. No, u obje su skupine i brzina trčanja pri VO_{2VP} (V_{VP} , $17.6 \pm 1.4 : 14.4 \pm 1.6$ km/h u KF05; $16.7 \pm 1.5 : 13.3 \pm 1.3$ km/h u KF1 te $15.6 \pm 1.4 : 12.3 \pm 1.1$ km/h u KF4, $p < 0.01$), i maksimalna dostignuta brzina trčanja (V_{max} , $23.5 \pm 1.3 : 20.9 \pm 1.7$ km/h u KF05; $21.5 \pm 1.3 : 18.6 \pm 1.6$ km/h u KF1 te $19.0 \pm 1.0 : 15.9 \pm 1.5$ km/h u KF4, $p < 0.01$), obrnuto proporcionalne s dužinom trajanja testa. Obje skupine trkača ventilacijski anaerobni prag prelaze pri oko 86 ± 4 % VO_{2max} , neovisno o protokolu testa. Utvrđeno je da ANK u atletičara svih trkačkih disciplina ne ovisi o primijenjenom protokolu, te da je u AERO značajno niži u odnosu na ANAERO trkače, neovisno o primijenjenom testu opterećenja (ANK₀₅, $34.6 \pm 26.0 : 48.0 \pm 14.1$ mL/kg; ANK₁, $35.1 \pm 34.1 : 51.2 \pm 16.6$ mL/kg, $p < 0.01$). Značajno niže vrijednosti L_{max} izmjerene su u KF4 testu u odnosu na KF1 i KF05, u obje skupine trkača, te u AERO u odnosu na ANAERO, u svim testovima opterećenja (L_{max4} , $10.1 \pm 3.0 : 12.5 \pm 2.3$ mmol/l, L_{max05} , $11.8 \pm 3.0 : 14.4 \pm 1.4$ mmol/l; L_{max1} , $12.1 \pm 3.0 : 14.4 \pm 2.1$ mmol/l, $p < 0.01$). AERO trkači imali su značajno viši DK_{BK} (DK_{BK05} , $50.0 \pm 6.3 : 45.4 \pm 6.0$ mL/kg/min; DK_{BK1} , $51.3 \pm 5.8 : 45.7 \pm 4.8$ mL/kg/min; DK_{BK4} , $47.0 \pm 5.3 : 43.3 \pm 5.9$ mL/kg/min; $p < 0.01$), no značajno manji DK_{SK} (DK_{SK05} , $20.3 \pm 6.1 : 24.3 \pm 6.2$ mL/kg/min; DK_{SK1} , $19.7 \pm 5.1 : 22.1 \pm 4.5$ mL/kg/min; DK_{SK4} , $16.8 \pm 6.2 : 19.9 \pm 6.0$ mL/kg/min; $p < 0.01$). Vrijednosti frekvencije srca (pri anaerobnom pragu, FS_{VP} ; maksimalna, FS_{max}) ne razlikuju se značajno između testova. ANAERO dostižu značajno veće vrijednosti FS_{VP} i FS_{max} ($189.9 \pm 9.3 : 196.6 \pm 6.4$, 1/min), neovisno o primijenjenom testu. Maksimalna minutna ventilacija (VE_{max}) ne razlikuje se značajno između skupina trkača, dok je VE pri anaerobnom pragu (VE_{VP}), značajno viša u ANAERO trkača ($p < 0.01$). Maksimalni respiracijski kvocijent (RQ_{max}) ne razlikuje se značajno između AERO i ANAERO, i obrnuto je proporcionalan s dužinom trajanja protokola (RQ_{max05} , $1.24 \pm 0.06 : 1.27 \pm 0.09$; RQ_{max1} , $1.17 \pm 0.04 : 1.18 \pm 0.05$; RQ_{max4} , $1.10 \pm 0.03 : 1.12 \pm 0.02$, $p > 0.05$), o čemu treba voditi računa kada se koristi kao kriterij postignutog iscrpljenja u testovima opterećenja. AERO trkači značajno ekonomičnije trče ispod intenziteta anaerobnog praga (8-12 km/h), u odnosu na ANAERO, koji imaju oko 8% veću energetske potrošnje po jedinici prevaljenog puta ($0.192 \pm 0.02 : 0.208 \pm 0.02$ mL O_2 /kg/m, $p < 0.01$). Utvrđena je značajno brža kinetika VO_2 u aerobnih trkača u odnosu na anaerobne, no samo za KF05 (Δt_{05} , $32.5 \pm 26.6 : 51.3 \pm 21.0$ s, $p < 0.01$), dok za KF1 razlika ne dostiže statističku značajnost ($p = 0.11$). Vrijednosti Δt značajno su više u odnosu na izravno izmjerene vrijednosti τ u trkača, koje se navode u literaturi.

ABSTRACT

Diagnostic procedures in sports medicine comprise numerous methods and protocols used for the evaluation of aerobic and anaerobic energy capacities as well as the work capability. In activities in which the performance is dependent primarily upon the aerobic energy capacity, incremental maximal load tests are used. Given that there is no unified, standard test for direct measurement of aerobic energy capacity, the comparison of results from different laboratories is limited and often times can not be performed at all. The aim of this study was to determine the impact of the test protocol, i.e. the cumulative duration of the treadmill test load on the parameters of both aerobic and anaerobic energy capacities in runners with predominantly aerobic or anaerobic energy contribution. In addition, the aim was to determine the differences in parameters used for the evaluation of energy capacities, running economy and oxygen uptake kinetics between runners of aerobic and anaerobic energy group, as well as to determine the functional ties between the observed parameters in the applied incremental load tests. Forty-eight Croatian runners of national rank were divided into two groups: 'AERO' (23 runners of predominantly aerobic events, 1500 m-marathon), and 'ANAERO' (25 runners of predominantly anaerobic events, 100-400 m). All subjects completed three progressive incremental treadmill tests to exhaustion with the increase in speed of locomotion of: A) 1 km/h each minute (KF1), B) 1 km/h each ½ minute (KF05), and C) 2 km/h each 4 minutes (KF4, to determine $\text{VO}_{2\text{ss}}$, energy expenditure in steady state). *Breath-by-breath* ventilatory and metabolic parameters averaged to 30 seconds were analyzed by means of multiple variance analyses for repeated measurements. Anaerobic energy capacity of the subjects (ANK) was estimated by (1) the cumulative oxygen deficit in KF05 (ANK_{05}) and KF1 (ANK_1) assuming linear relationship between running speed in above-threshold running zone and energy demand as determined by $\text{VO}_{2\text{ss}}$ in sub-threshold zone, (2) oxygen debt in the first 5 min of recovery (1-2 min, DK_{BK} ; 3-5 min, DK_{SK}), and (3) maximal blood lactate concentration in recovery (L_{max}). The time constant of oxygen uptake kinetics (τ) was estimated based on time difference (Δt) between VO_2 in test and $\text{VO}_{2\text{ss}}$ at the same intensity. Time of exhaustion in protocols KF05, KF1 and KF4 averaged respectively 8.5, 14.5 and 18 min in AERO and 7, 11.5 and 13.5 min in ANAERO. The maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$) and oxygen uptake at ventilatory anaerobic threshold ($\text{VO}_{2\text{VP}}$) achieved do not depend upon the test protocol and are significantly greater in AERO runners ($\text{VO}_{2\text{max}}$, 66.4 ± 4.5 : 58.0 ± 4.5 mL/kg/min; $\text{VO}_{2\text{VP}}$, 57.8 ± 4.4 : 50.1 ± 3.9 mL/kg/min, $p < .01$). Stability of

VO_{2VP} indicates the existence of a single metabolic threshold independent of test protocol. However, in both groups of runners running speed at VO_{2VP} (V_{VP}, 17.6±1.4 : 14.4±1.6 km/h in KF05; 16.7±1.5 : 13.3±1.3 km/h in KF1 and 15.6±1.4 : 12.3±1.1 km/h in KF4, p<0.01) and maximal running speed (V_{max}, 23.5±1.3 : 20.9±1.7 km/h in KF05; 21.5±1.3 : 18.6±1.6 km/h in KF1 and 19.0±1.0 : 15.9±1.5 km/h in KF4, p<0.01) proved to be inversely proportional to the duration of the test. Both groups of runners achieved the ventilatory anaerobic threshold intensity at approx. 86±4 % VO_{2max}, independent of test protocol. It was determined that ANK in runners of all events does not depend upon the applied test protocol, and is significantly lower in AERO group (ANK₀₅, 34.6±26.0 : 48.0±14.1 mL/kg, p<0.01; ANK₁, 35.1±34.1 : 51.2±16.6 mL/kg, p<0.01). Maximal blood lactate levels in recovery phase (L_{max}) proved to be significantly lower in KF4 test compared to both KF1 and KF05 in AERO as well as in ANAERO. In AERO, significantly lower values of L_{max} have been established compared to ANAERO in all test protocols (L_{max4}, 10.1±3.0 : 12.5±2.3 mmol/l, L_{max05}, 11.8±3.0 : 14.4±1.4 mmol/l; L_{max1}, 12.1±3.0 : 14.4±2.1 mmol/l, p<0.01). AERO runners had significantly greater DK_{BK} (DK_{BK05}, 50.0±6.3 : 45.4±6.0 mL/kg/min; DK_{BK1}, 51.3±5.8 : 45.7±4.8 mL/kg/min; DK_{BK4}, 47.0±5.3 : 43.3±5.9 mL/kg/min; p<0.01), but significantly lower DK_{SK} (DK_{SK05}, 20.3±6.1 : 24.3±6.2 mL/kg/min; DK_{SK1}, 19.7±5.1 : 22.1±4.5 mL/kg/min; DK_{SK4}, 16.8±6.2 : 19.9±6.0 mL/kg/min; p<0.01.). Maximal heart rate values (FS_{max}) as well as values at anaerobic threshold (FS_{VP}) do not differ significantly between tests. ANAERO achieve significantly greater values of FS_{VP} and FS_{max} (189.9±9.3 : 196.6±6.4, beats/min), independent of test protocol. Maximal ventilation (VE_{max}) does not differ significantly between the observed groups of runners, while VE at anaerobic threshold (VE_{VP}) is significantly higher in ANAERO (p<0.01). Maximal respiratory quotient (RQ_{max}) does not differentiate significantly AERO and ANAERO groups, and is inversely proportional with the protocol duration (RQ_{max05}, 1.24±0.06 : 1.27±0.09; RQ_{max1}, 1.17±0.04 : 1.18±0.05; RQ_{max4}, 1.10±0.03 : 1.12±0.02, p>0.05), which should be considered when RQ_{max} is used as an indicator of maximal exhaustion in load tests. AERO runners are significantly more economical running at sub-threshold intensities (8-12 km/h), compared to ANAERO who have approx. 8% higher energy expenditure per unit of covered distance (0.192±0.02 : 0.208±0.02 mL O₂/kg/m). A significantly faster VO₂ kinetics was found in aerobic runners only for KF05 (Δt₀₅, 32.5±26.6 : 51.3±21.0 s, p<0.01), while in KF1 the difference was not statistically significant (p=0.11). Values of Δt in runners in this study proved significantly

greater compared to τ values measured directly, using the continuous incremental tests as reported in available literature.

SADRŽAJ

1 UVOD	1
1.1 Dijagnostika treniranosti sportaša	2
1.2 Sprave i protokoli testova za procjenu energetske kapaciteta	3
1.3 Energetski sustavi.....	6
1.3.1 Anaerobni energetski sustav	7
1.3.2 Aerobni energetski sustav	10
1.4. Parametri za procjenu energetske kapaciteta	12
1.4.1 Maksimalni primitak kisika	13
1.4.2 Aerobni i anaerobni prag	13
1.5 Određivanje aerobnog i anaerobnog praga.....	15
1.6 Specifičnosti energetske potrebe u pojedinim trkačkim disciplinama.....	17
1.7 Ekonomičnost trčanja.....	19
1.8 Kinetika primitka kisika	20
2 PROBLEM ISTRAŽIVANJA	21
3 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	23
3.1 Istraživanja primjene različitih protokola opterećenja na pokretnom sagu.....	24
3.2 Istraživanja relacija ventilacijskih i metaboličkih parametara sa natjecateljskom uspješnošću	29
3.3 Istraživanja ekonomičnosti trčanja.....	32
3.4 Istraživanja kinetike primitka kisika	34
4 CILJ ISTRAŽIVANJA	38
5 HIPOTEZE	40
6 METODE ISTRAŽIVANJA	43
6.1. Uzorak ispitanika	44
6.2 Uzorak varijabli.....	46
6.2.1 Morfološke mjere.....	46
6.2.2 Mjere dinamičkih plućnih kapaciteta.....	46
6.2.3 Mjere ventilacijskih i metaboličkih parametara.....	46
6.2.4 Opis spiroergometrijskih protokola na pokretnom sagu.....	49
6.2.5 Mjere subjektivne procjene opterećenja	51

6.2.6 Prikaz svih varijabli korištenih za potrebe istraživanja	52
6.3. Mjerna oprema	54
6.4. Metode prikupljanja podataka	56
6.5. Metode obrade i analize podataka	58
6.5.1 Deskriptivna statistika	58
6.5.2 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima kod trkača u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu	58
6.5.3 Funkcionalne veze između ventilacijskih i metaboličkih parametara u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu	58
6.5.4 Izračun koeficijenta ekonomičnosti trčanja	59
6.5.5 Izračun parametra za procjenu kinetike primitka kisika (Δt)	59
6.5.6 Izračun parametara za procjenu anaerobnog kapaciteta	61
6.5.7 Blant-Altman analiza podudarnosti KF05 i KF1	67
7 REZULTATI.....	68
7.1 Deskriptivna analiza	69
7.1.1 Deskriptivna analiza ventilacijskih i metaboličkih parametara	69
7.1.2 Deskriptivna analiza parametara trkačke ekonomičnosti	78
7.1.3 Deskriptivna analiza kinetike primitka kisika	80
7.2 Analiza razlika između primijenjenih testova opterećenja	82
7.2.1 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima za procjenu aerobnog energetske kapaciteta	82
7.2.2 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta	95
7.2.3 Razlike u ostalim fiziološkim parametrima koji ne procjenjuju energetske kapacitete	110
7.3 Analiza razlika između skupina trkača	121
7.3.1 Analiza razlika između skupina trkača u morfološkim obilježjima	121
7.3.2 Analiza razlika između skupina trkača u ventilacijskim i metaboličkim parametrima aerobnog energetske kapaciteta	122
7.3.3 Analiza razlika između skupina trkača u ventilacijskim i metaboličkim parametrima anaerobnog energetske kapaciteta	124

7.3.4 Analiza razlika između skupina trkača u ostalim fiziološkim parametrima koji ne procjenjuju energetske kapacitete	126
7.3.5 Analiza razlika između skupina trkača u ekonomičnosti trčanja.....	128
7.3.6 Analiza razlika između skupina trkača u kinetici primitka kisika	129
7.4 Analiza funkcionalnih veza između parametara	132
7.4.1 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu aerobnog energetske kapaciteta	132
7.4.2 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta	143
7.4.3 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete	153
7.5 Bland-Altmanova analiza podudarnosti KF05 i KF1	163
8 RASPRAVA	167
8.1 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametara	168
8.1.1 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametara za procjenu aerobnog energetske kapaciteta	170
8.1.2 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta	176
8.1.3 Razmatranje ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete	182
8.2 Razmatranje pokazatelja ekonomičnosti trčanja	185
8.3 Razmatranje pokazatelja kinetike primitka kisika	187
8.4 Analiza funkcionalnih veza između parametara	189
8.4.1 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu aerobnog energetske kapaciteta	189
8.4.2 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta	191
8.4.3 Funkcionalne veze ventilacijsko-metaboličkih parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete	193
9 ZAKLJUČAK	195
9.1 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu aerobnog energetske kapaciteta	196
9.2 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta	197

9.3 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu ostalih fizioloških parametra koji ne procjenjuju energetske kapacitete	198
9.4 Ekonomičnost trčanja	199
9.5 Kinetika primitka kisika	199
10 LITERATURA	201
11 PRILOZI	223

1 UVOD

Atletika, kraljica sportova, odlikuje se mnoštvom disciplina. Svaka od disciplina hodanja, trčanja, skokova i bacanja zahtijeva maksimalnu usklađenost brojnih sposobnosti i osobina sportaša. Vrhunska izvedba i vrhunski sportski rezultati, u disciplinama hodanja i trčanja, dakle dvaju osnovnih oblika ljudske lokomocije, uvjetovani su, kako visokom razinom tehničke izvedbe, tako i visokom razinom motoričkih i funkcionalnih sposobnosti.

Dva trkača, čak iste discipline, međusobno se mogu razlikovati u tjelesnoj građi, u svojim fiziološkim i psihološkim značajkama kao i u tehnici izvođenja nekog oblika lokomocije. Te su razlike, kao i biomehaničke osobitosti, naglašenije između osnovnih grupa trkačkih disciplina (sprinteri, srednjeprugaši i dugoprugaši). Proučavanje morfoloških karakteristika i funkcionalnih sposobnosti trkača različitih disciplina dovodi do novih spoznaja, od značaja za proces selekcije kao i za razvoj i ispoljavanje potencijala atletičara u sportskom natjecanju.

1.1 Dijagnostika treniranosti sportaša

Odgovarajuća adaptacija sportaševa organizma u procesu sportskog treninga ostvariti će se jedino ako odgovarajuće genetski determinirane morfološke, motoričke i funkcionalne karakteristike pojedinog sportaša prati i odgovarajući trenažni plan i program. Svaki trenažni sustav zahtijeva precizno doziranje, distribuciju i odnos trenažnog opterećenja i rasterećenja. Kako bi trenažni sustav u trkača polučio odgovarajuće rezultate u svakoj etapi trenažnog plana i programa (razvoj točno definiranih kapaciteta), potrebno je poznavati razinu njegove treniranosti. Naime, veličina energetske kapaciteta (aerobnog i anaerobnog) razlikuje se kako između atletičara različitih trkačkih disciplina tako i između trkača iste discipline. Razvoj pojedinih kapaciteta zahtijeva specifične trenažne operatore i specifične intervale rada i oporavka, koje određujemo i uz pomoć preciznih podataka o trenutnom stanju funkcionalnih parametara. Za postizanje optimalnog stanja treniranosti potrebno je pratiti i primjenjivati dostignuća suvremene sportske znanosti a time i specifičnu dijagnostiku treniranosti sportaša. Dijagnostika u sportu podrazumijeva utvrđivanje razine treniranosti, sposobnosti i osobina sportaša koje su bitne za uspjeh u sportu. Provodi se kao inicijalno, tranzitivno i finalno mjerenje tijekom trenažnog procesa s ciljem da se utvrde trenutna stanja ili kontroliraju učinci koji se programiranim treningom postižu. Dijagnostikom funkcionalnih sposobnosti, pomoću integrativnih kardiopulmonalnih testova opterećenja u precizno kontroliranim uvjetima te mjerenjem izmjene plinova, odnosno spiroergometrijskih parametara, mogu se precizno vrednovati sposobnosti srčanožilnog i dišnog sustava.

1.2 Sprave i protokoli testova za procjenu energetske kapaciteta

U medicinskoj praksi dugi niz godina u upotrebi su brojne metode i protokoli za mjerenje aerobnog kapaciteta i radne sposobnosti. Razvojem sportske znanosti neki od tih testova našli su primjenu i u sportu i sportskoj medicini, odnosno u laboratorijima za funkcionalnu dijagnostiku. U sportovima u kojima je uspjeh, manje ili više, određen sposobnošću transportnog sustava za kisik, najčešće se koriste maksimalni progresivni testovi opterećenja.

Kao sprave za dozirano opterećenje najčešće se koriste biciklergometar i pokretni sag, iako se posljednjih godina u sportsko-medicinskim laboratorijima sve više koriste i specifični ergometri za pojedine sportove (veslanje, kajak, plivanje, skijaško trčanje i slično) koji vjerno reproduciraju dinamički stereotip kretanja specifičan za pojedini sport.

Biciklergometar u laboratorijskom testiranju omogućava precizno doziranje opterećenja (u Watt-ima) i procjenu mehaničke efikasnosti rada, mogućnost dodatnih invazivnih i neinvazivnih pretraga a manji je i rizik ozljeđivanja (zbog sjedećeg položaja ispitanika), što je posebice značajno kod ispitanika starije dobi i rekreativaca. Međutim, zbog manjeg udjela aktivne mišićne mase, često lokalna a ne opća mišićna izdržljivost limitira doseg u testu.

Pokretni sag ima prednost u odnosu na biciklergometar i druge ergometre s obzirom da omogućava prirodne oblike lokomocije - hoda i trčanja. Također, izmjerene maksimalne vrijednosti primitka kisika, u odnosu na biciklergometar, veće su za oko 5 -15% (Buchfuhrer i sur., 1983; Meyer i sur., 1996; Rowland i sur., 1996; Saltin i sur., 1967, Thys i sur., 1979; Verstappen i sur., 1982; Walsh i sur., 1988).

Uz razlike u odabiru ergometra, laboratoriji se razlikuju i po protokolima primijenjenih testova (ovisno o tradiciji, edukaciji, tehničkoj opremljenosti laboratorija, specifičnostima i potrebama ispitanika itd.). Ne postoji jedinstven, standardni test za direktno mjerenje aerobnog kapaciteta. Različiti autori preporučuju različite dužine trajanja pojedinog stupnja opterećenja (kao i ostalih značajki protokola testa, npr. porasta intenziteta i nagiba saga) (Pollock i sur., 1976, Froelicher i sur., 1974, Whipp i sur., 1972, 1981, Balke i Ware, 1959, Yong-Yu i sur., 1991), stoga je komparacija rezultata iz različitih laboratorija često ograničena ili pak nemoguća.

Bruce je 1956. godine opisao prvi protokol za provođenje spiroergometrijskog testa na pokretnom sagu, čime je započeo razvoj nove metodologije testiranja. Protokol po Bruce-u je i do današnjeg vremena ostao najprimjenjivaniji protokol opterećenja na pokretnom sagu a standardizirala ga je i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) (Vivacqua i sur., 1992). Potom su razvijeni još brojni protokoli opterećenja na pokretnom sagu, koji se koriste za mjerenje ili indirektnu procjenu maksimalnog primitka kisika (Balke i Were, 1959, Ellestad i sur., 1969, Vivacqua i Hespanha, 1992).

U pogledu optimalnih karakteristika protokola, različiti autori navode kao optimalno ukupno trajanje testa od 8 do 12 minuta. Pritom su bolji tzv. 'ramp' protokoli, koji koriste manji i jednoliki porast intenziteta između pojedinih stupnjeva opterećenja (Wasserman, 1999).

Testovi sa znatno bržim porastom opterećenja i kraćim ukupnim trajanjem od preporučenog ne daju maksimalne vrijednosti VO_2 , najvjerojatnije uslijed mišićne limitiranosti zbog prevelikog napora. Sa druge strane, u testovima dugog trajanja, dobivene manje vrijednosti VO_{2max} objašnjene su povećanom temperaturom tijela, većom dehidracijom, bolovima ili nelagodnom u mišićima, gubitkom motivacije te različitim energetskeim zahtjevima (Barros i sur., 1999).

Danas se pretežno koriste kontinuirani testovi opterećenja na biciklrgometru i na pokretnom sagu, gdje se porast opterećenja postiže ili povećanjem brzine saga (Taylorov test mod.), ili povećanjem nagiba saga (Balke, UCLA test) ili se pak i brzina i nagib progresivno povećavaju (Bruce). U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili limitirajućih faktora.

Problem koji se javlja prilikom laboratorijskog mjerenja i primjene rezultata u trenažnom programu je taj da pri trčanju na pokretnom sagu nema otpora zraka, koji na otvorenome (sportskom polju ili atletskoj stazi) raste približno kao kubna funkcija brzine trčanja. Unatoč nelinearnom porastu primitka kisika s brzinom trčanja na otvorenom, i linearna funkcija može zadovoljavajuće dobro opisati odnos VO_2 i brzina pri brzinama trčanja do 18 km/h. Stoga različiti autori preporučuju manje nagibe saga (1 - 2%) radi kompenziranja smanjenog opterećenja zbog nedostatka otpora zraka (Heck i sur., 1985; Jones i Doust, 1996; Tegtbur i

sur., 1993). Vrijednosti fizioloških parametara (frekvencija srca, ventilacija, VO_2 itd.) pri trčanju na pokretnom sagu u tom slučaju vjerno simuliraju opterećenje pri trčanju na otvorenom. U testovima koji koriste veći ili promjenjiv nagib saga teško je ili nemoguće opterećenje pretvoriti u odgovarajuću brzinu trčanja na ravnoj stazi zbog veće energetske potrošnje (koja raste proporcionalno s porastom nagiba saga), ali i promjene kinematičkih, odnosno biomehaničkih parametara (dužina i frekvencija koraka, amplituda i kutna brzina u kuku, koljenom i gležanjnom zglobo, aktivacija specifičnih mišića i mišićnih skupina itd.). Paradoksalno, pojedini autori navode nešto više vrijednosti VO_{2max} pri trčanju uz nagib nego po ravnoj podlozi. No u testovima s visokim nagibom saga (preko 10-15%) pri maksimalnom opterećenju (npr. Balke, Bruce), vidljiv je trend snižavanja VO_{2max} s porastom nagiba.

Posljednjih godina u Hrvatskoj značajno raste broj testiranja amaterskih i profesionalnih sportaša raznih, kako 'aerobnih', tako i 'anaerobnih' sportskih disciplina. Za procjenu energetske kapacitete, rutinski se koristi tzv. standardni protokol opterećenja (protokol KF1), a samo iznimno protokol sa skraćenim vremenom trajanja pojedinog stupnja opterećenja (protokol KF05).

1.3 Energetski sustavi

Veličina energetskih kapaciteta kao i razina njihova korištenja bitno razlikuje pojedine osobe. Poznavanje tih karakteristika osnova su za planiranje i provođenje takvih oblika tjelesne aktivnosti koji će omogućiti povećanje i optimalno korištenje energetskih kapaciteta organizma, što je od posebnog značaja u mogućnostima poboljšanja sportskih rezultata.

Uloga energetskih sustava je pretvorba kemijske energije u iskoristivi oblik (adenozintrifosfat, ATP) za sve stanične funkcije. ATP je u stanicama prisutan u vrlo maloj količini. U skeletnim mišićima uskladišteno je oko 5 mikromola ATP-a po gramu, dok je količina kreatinfosfata (CP), drugog fosfatnog spoja bogatog energijom, 20-30 μmol po gramu mišića. Razgradnja i stvaranje ATP-a u mišićima i ostalim stanicama u tijelu izuzetno je dinamičan proces. Čovjek od 70 kg (sedentarnog stila života), ima uskladišteno samo oko 80 grama ATP u tijelu, a da bi zadovoljio cjelodnevnu potrebu za energijom potrebno je oko 60 kg ATP-a.

Da bi se obnavljao ATP i na taj način održavala konstantnom njegova koncentracija u mišićnoj stanici, iskorištava se energija iz kemijskih izvora koji oslobađaju energiju bez prisustva kisika i to su tzv. anoksidacijski ili anaerobni energetski procesi, te iz kemijskih izvora koji zahtijevaju prisustvo kisika i to su tzv. oksidacijski ili aerobni energetski procesi (Guyton i Hall, 2003).

U stvaranju energije tj. obnavljanju ATP-a, sudjeluju tri sustava za pretvorbu kemijske u mehaničku energiju:

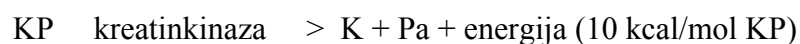
- ❖ anaerobni – alaktatni sustav: sustav razgradnje kreatinfosfata (CP);
- ❖ anaerobni – laktatni sustav: sustav razgradnje glikogena ili glukoze anaerobnom glikolizom do pirogroždane kiseline uz stvaranje laktata;
- ❖ aerobni sustav: sustav oksidativne razgradnje ugljikohidrata i slobodnih masnih kiselina.

1.3.1 Anaerobni energetski sustav

Anaerobni metabolizam podrazumijeva stvaranje energije u uvjetima hipoksije tj. nedostatka kisika. Kao energenti koriste se mišićni glikogen i kreatin-fosfat, a kao nusprodukt anaerobnog metabolizma nastaje mliječna kiselina (laktati – soli mliječne kiseline) i H^+ ioni koji dovode do pada pH krvi te inhibicije mišićne kontrakcije. Anaerobni energetski kapacitet označava dva pojma – ukupnu količinu energije koja mu stoji na raspolaganju za obavljanje rada (kapacitet sustava) te maksimalni intenzitet oslobađanja energije (energetski tempo).

1.3.1.1 Anaerobni alaktatni (fosfageni) sustav

Uz ATP, kreatinfosfat (KP) drugi je fosfatni spoj koji cijepanjem na kreatin (K) i anorganski fosfat (P_a) oslobađa veliku količinu energije kojom se izvanredno brzo obnavlja ATP bez utroška kisika, dakle u anaerobnim uvjetima:



Iako su zalihe kreatinfosfata u mišićima nekoliko puta veće od koncentracije ATP-a (15-25 mmol/kg mišića), dovoljne su za svega 5-10 sekundi maksimalne mišićne aktivnosti. Primjer uloge kreatinfosfata jest sprint na 60 metara, koji traje 6-10 sekundi, a u kojem se događa maksimalno ubrzanje u što kraćem vremenu. Resinteza kreatinfosfata iz P_a i kreatina kod maksimalnih opterećenja moguća je tek u oporavku, dakle uz prisustvo kisika. Poluvrijeme resinteze kreatinfosfata ($t_{1/2}$, vrijeme potrebno za obnavljanje 50% potrošenog kreatinfosfata) iznosi oko 25 sekundi (Guyton i Hall, 2003):

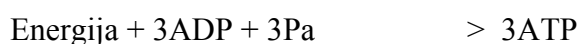
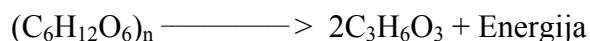


Kod potpunog iscrpljenja fosfagenog kapaciteta u mišićima potrebno je, dakle, oko 2-4 minute za resintezu i popunu ispražnjenih depoa kreatinfosfata. Značaj fosfagenog sustava u sportu očituje se pri kratkim startovima i skokovima, te pri svim eksplozivnim tjelesnim aktivnostima koje traju do nekoliko sekundi. Ovaj sustav ima mali kapacitet odnosno malu ukupnu količinu dostupne energije, ali najveći energetski tempo odnosno najveću brzinu oslobađanja energije. Fosfageni sustav predstavlja najbrže dostupni izvor ATP-a za mišićni

rad i to stoga što ne ovisi o dugoj seriji kemijskih reakcija i o transportu kisika do radne muskulature. Naime, ATP i KP pohranjeni su direktno u kontraktilnom aparatu mišića. Pored toga, kreatin koji nastaje razgradnjom kreatinfosfata, više je alkaličan (lužnat) od samog kreatinfosfata, te djeluje kao pufer i odgađa pad pH i porast kiselosti koja nastaje pri anaerobnoj glikolizi kod produžene aktivnosti (Guyton i Hall, 2003).

1.3.1.2 Anaerobni laktatni (glikolitički) sustav

Anaerobna glikoliza je proces djelomične razgradnje glikogena odnosno glukoze u anaerobnim uvjetima do mliječne kiseline. Taj se proces sastoji od 12 vezanih reakcija te se energija za obnavljanje ATP-a oslobađa znatno sporije, dakle manji je energetske tempo nego kod fosfagenog sustava:



Iz jednog mola glukoze (180 grama), anaerobnom glikolizom resintetizira se svega 3 mola ATP-a, za razliku od 38 molova ATP-a koliko nastaje uz kompletnu razgradnju (do CO₂ i H₂O) iste količine glikogena aerobnim metabolizmom. Anaerobna glikoliza dovodi do akumulacije mliječne kiseline (laktati – soli mliječne kiseline) i H⁺ iona u mišiću, a zatim i u krvi. Vrijednost pH indeksa opada, dakle dolazi do povećanja kiselosti tkiva. Kako razgradnja glukoze dovodi do stvaranja pirogroždane kiseline, zakonima kemijskih reakcija nakupljanje pirogroždane kiseline (finalnog produkta) dovelo bi do usporavanja kemijske reakcije. Stoga prelazak dijela pirogroždane kiseline u mliječnu predstavlja jedini način da se razgradnja glikogena u tim uvjetima nastavi još neko vrijeme. Laktati nastaju u mišićnim stanicama, eritrocitima te moždanim stanicama, a razgrađuju se u jetri (Guyton i Hall, 2003). Kako se razina laktata i H⁺ iona u krvi povećava za vrijeme trenažnog rada zbog nedostatka kisika, ona se može mjeriti u svrhu procjene fizičke pripremljenosti sportaša ili u svrhu definiranja primjerenog intenziteta trenažnog rada kod sportaša, a iz razloga što indirektno ukazuje na trenutnu uključenost procesa anaerobne glikolize u dobivanju ukupne energije za rad.

Pri radu visokog intenziteta, ubrzanje procesa anaerobne glikolize praćeno je jednako brzom akumulacijom mliječne kiseline u radnoj muskulaturi, odakle se širi u okolna tkiva i krv. Stoga i koncentracija mliječne kiseline u krvi može ukazati na metabolički put, odnosno energetske sustav koji se pretežno koristi u toku aktivnosti. Ukoliko je koncentracija mliječne kiseline visoka, energija za mišićni rad dobivena je dominantno procesom anaerobne glikolize. Analogno, ako je koncentracija niska znači da u procesu mišićnog rada dominira aerobni metabolizam. Stvaranje ATP-a anaerobnom glikolizom ograničeno je i zalihama mišićnog glikogena (15-25 g/kg mišića), te puferskom sposobnošću tjelesnih tekućina.

Da bi kemijski procesi anaerobne glikolize postigli maksimalnu brzinu potrebno je svega nekoliko sekundi. Iako je snaga glikolitičkog sustava značajno manja od fosfagenog, ukupni je kapacitet dvostruko veći. Da bi se potrošio ukupni anaerobni glikolitički kapacitet potrebna je maksimalna tjelesna aktivnost u trajanju od oko 40-60 sekundi. Stoga se značaj anaerobnog glikolitičkog sustava očituje pri aktivnostima trajanja od nekoliko sekundi do 1-2 minute, ali i pri intervalnim aktivnostima dužeg trajanja. Kod sportaša, dobar anaerobni laktatni kapacitet znači veću sposobnost i toleranciju zakiseljena tkiva, te brži oporavak kod produženih i ponavljajućih sprinterskih dionica.

Razgradnja akumulirane mliječne kiseline kao i obnova potrošenih depoa glikogena nakon maksimalnih opterećenja znatno je sporija od oporavka fosfagenog sustava, i također je moguća tek u oporavku, dakle uz prisutnost kisika. Poluvrijeme oporavka anaerobnog glikolitičkog sustava ($t_{1/2}$) iznosi oko 15-30 minuta (Guyton i Hall, 2003). Kod potpunog iscrpljenja glikolitičkog kapaciteta potrebno je, dakle, više sati za potpun oporavak sustava i resintezu glikogena. Najveći dio mliječne kiseline nastale anaerobnom glikolizom u toku oporavka, nakon konverzije u pirogroždanu kiselinu, oksidira se i razgrađuje do CO_2 i O_2 u tzv. Krebsovom ciklusu i respiratornom lancu. To se pretežno događa u sporim, oksidativnim vlaknima. Manji dio mliječne kiseline se konvertira u glikogen ili bjelančevine, a tek neznatni dio se izluči iz tijela putem mokraće i znoja. Brzinu razgradnje mliječne kiseline određuje oksidativni potencijal radne muskulature (broj mitohondrija, koncentracija oksidativnih enzima), ali i susjednih neaktivnih vlakana, gdje se nakon difuzije i aktivnog transporta također metabolizira jedan dio akumulirane mliječne kiseline. Brzinu razgradnje i

odstranjivanje laktata iz mišića i krvotoka ograničava i prokrvljenost i gustoća kapilarne mreže skeletnih mišića.

Za sve nabrojene faktore važne za anaerobni glikolitički kapacitet postoji mogućnost adaptacije ukoliko se primjenjuju adekvatni podražaji, odnosno specifična trenažna opterećenja. Uočavamo da je veličina glikolitičkog anaerobnog kapaciteta dijelom vezana i na strukturalne značajke koje se razvijaju tipično aerobnim aktivnostima (broj mitohondrija u mišićnim stanicama, perfuzija i kapilarizacija mišićnog tkiva, oksidativni enzimi, itd.), što je od praktične važnosti u trkačkim disciplinama zbog mogućnosti i potrebe kombiniranja aerobnih i anaerobnih opterećenja u trenažnom procesu.

1.3.2 Aerobni energetske sustav

Aerobni i anaerobni sustav djeluju istovremeno, ali u različitim omjerima, ovisno o intenzitetu aktivnosti. Ovaj sustav podrazumijeva potpunu razgradnju ugljikohidrata i masti u mitohondrijima, a zbog potrebe za kisikom, nazivaju se sustav aerobne glikolize i sustav aerobne lipolize.

Dakle, aerobni metabolizam sastoji se od dva procesa. Prvi je metabolizam lipida koji podrazumijeva razgradnju masti, a drugi aerobna glikoliza, koja podrazumijeva razgradnju glikogena (glikogenoliza). Samo iznimno, u ekstremnim situacijama kao što su višednevni fizički naponi, izgladnjelost i sl. aerobni metabolizam može uključivati i značajniju razgradnju bjelancevina. Obzirom da metabolizam lipida osigurava mnogo energije važan je izvor energije za dugotrajne aktivnosti (npr. trkačke discipline na duge staze), no zbog činjenice da se lipoliza odvija vrlo sporo, nije posebno značajna za sprinterske discipline niti discipline 800 do 1500 metara u kojima se podrazumijeva maksimalni napor u trajanju od 2–4 minute. U disciplinama srednjih i dugih pruga aerobna glikoliza i potpuna razgradnja glikogena najvažniji je način stvaranja energije. Potrebno je okvirno 60–90 sekundi u uvjetima utrke da se dišni i srčano žilni sustav aktiviraju do te mjere da mogu osiguravati dovoljno kisika da bi se energetske zahtjevi pokrivali najvećim dijelom iz aerobnih izvora. Aerobni energetske kapacitet po svojoj je definiciji i suštini mjera energetske tempa, odnosno intenziteta oslobađanja energije u jedinici vremena.

Aerobni metabolizam, tj. oksidacija ugljikohidrata i masti (iznimno i bjelančevina) odgovoran je za stvaranje energije pri srednje trajnim i dugotrajnim tjelesnim aktivnostima niskog ili srednjeg intenziteta. Pri aerobnom stvaranju energije transportni sustav za kisik osigurava dovoljnu količinu kisika, te u lancu oksidativnih procesa koji čine tzv. Krebsov ciklus i oksidativna fosforilacija unutar mitohondrija od jednog mola glukoze nastaje 38 molova ATP-a (Guyton i Hall, 2003):



Zalihe glikogena u mišićima i jetri dovoljne su za maksimalno 90 minuta intenzivne aerobne aktivnosti, što znači da su zalihe načelno dovoljne za pokrivanje potreba prosječnog trkačkog treninga. Pri produženim intenzivnim treninzima neophodno je dodavanje ugljikohidrata ukoliko se želi zadržati visoki aerobni intenzitet treninga.

Pri aerobnoj razgradnji masti, koja je od presudnog značaja pri produženim treninzima niskog intenziteta, dolazi do oksidacije masnih kiselina u procesu tzv. β -oksidacije te potom u Krebsovom ciklusu. Masti mogu osloboditi značajno veću količinu energije od ugljikohidrata, točnije 9 Kcal : 4 Kcal po gramu težine, ali za istu količinu oslobođene energije trebaju značajno više kisika, točnije oko 4 L/mol ATP-a za razliku od ugljikohidrata koji trebaju oko 3.5 L/mol ATP-a. Masti, dakle, pri istoj potrošnji kisika oslobađaju približno 10% manje energije. Za razliku od ugljikohidrata, zalihe tjelesne masti u ljudskom tijelu gotovo su neograničene. Naime, približno 16 % tjelesne težine kod muškaraca i 24 % tjelesne težine kod žena otpada na zalihe tjelesne masti. Teoretski, tek pri ranije spomenutim ekstremnim situacijama, tipa višednevni fizički napori bez primjerene nadoknade utrošene energije, ili s druge strane intenzivnog višednevnog gladovanja, dolazi do iscrpljenja zaliha tjelesnih masti te razgradnje bjelančevina kao mehanizma oslobađanja energije za fizički rad.

Aerobno oslobađanje energije za mišićni rad sporije je od anaerobnog, ali je znatno ekonomičnije. Isto tako, konačni produkti aerobne razgradnje hranjivih tvari (voda i ugljični dioksid) ne remete značajno pH vrijednost i homeostazu organizma. Treba spomenuti da je određena količina mliječne kiseline u krvi prisutna i u stanju mirovanja i to približno 1

mmol/L, a kao posljedica glikolize u eritrocitima i bubrezima koji stvaraju mliječnu kiselinu i pri prisustvu kisika. Niže koncentracije mliječne kiseline prisutne su u krvi i pri aktivnostima nižeg do srednjeg intenziteta i to do maksimalno 3-5 mmol/L. Naime, manji dio mišićnih vlakana pri aerobnim aktivnostima radi u anaerobnom režimu i u tim uvjetima stvaraju mliječnu kiselinu koja se razgrađuje i oksidira u drugim mišićnim vlaknima, te prema tome pri aerobnom režimu rada postoji ravnoteža između stvaranja i razgradnje mliječne kiseline.

1.4. Parametri za procjenu energetske kapaciteta

Funkcionalna dijagnostika u sportu pokriva vrlo široko područje a mjerenje njenih sastavnica, tzv. općih funkcionalnih sposobnosti (aerobni i anaerobni kapacitet) rutinski se primjenjuje u sportsko-medicinskim laboratorijima, ali sve više i na sportskim borilištima i terenima. Na taj način mogu se dobiti podaci o specifičnim fiziološkim i biokemijskim reakcijama tijekom trenažne ili natjecateljske aktivnosti u konkretnoj sportskoj grani.

Parametri koji se najčešće koriste u procjeni aerobnog energetske kapaciteta su apsolutni i relativni maksimalni primitak kisika (VO_{2max} , VO_{2max}/kg), te anaerobni prag, i to intenzitet (Watt, km/h) i postotak maksimalnog primitka kisika ($\% VO_{2max}$).

Parametri koji se najčešće koriste u procjeni anaerobnog kapaciteta su koncentracija mliječne kiseline u krvi (mmol/l), dug kisika i raspon anaerobne zone, odnosno izdržaj u anaerobnoj zoni.

Ostali fiziološki parametri koji se koriste u trenažnom procesu i tijekom dijagnostičkih postupaka su maksimalna vrijednost i vrijednost na razini anaerobnog praga frekvencije srca (FS_{max} i FS_{VP}) na razini praga, minutne ventilacije (VE_{max} i VE_{VP}) te respiracijskog kvocijenta (RQ_{max} i RQ_{VP}).

Aerobni kapacitet (aerobna izdržljivost, kardiorespiratorna izdržljivost ili aerobni fitnes) definira se kao sposobnost obavljanja rada kroz duži vremenski period u uvjetima aerobnog metabolizma. Općeprihvaćeni parametri za procjenu aerobnog kapaciteta, tj. dugotrajne izdržljivosti, jesu: 1) maksimalni primitak kisika, VO_{2max} , a označava količinu kisika koju organizam može potrošiti u vremenu od jedne minute, i 2) anaerobni prag, koji označava maksimalni intenzitet radnog opterećenja pri kojemu su akumulacija mliječne kiseline i njena razgradnja u ravnoteži.

1.4.1 Maksimalni primitak kisika

Maksimalni primitak kisika definira se kao ona razina primitka kisika u minuti pri kojoj daljnje povećanje radnog opterećenja ne dovodi do daljnjeg povećanja primitka kisika. VO_{2max} se definira i kao maksimalna količina kisika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti pri intenzivnoj tjelesnoj aktivnosti.

Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) izražava se u apsolutnim (litre kisika u minuti - $LO_2 \text{ min}^{-1}$) ili relativnim vrijednostima (mililitri kisika po kilogramu tjelesne težine - $mLO_2 / \text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$). Maksimalni primitak kisika ovisi o sposobnosti srčanožilnog i dišnog sustava da dopremi atmosferski kisik do mišićnih stanica i o sposobnosti radne muskulature da iskoristi kisik u procesu oksidativne razgradnje hranjivih tvari. Vrijednost maksimalnog primitka kisika moguće je izračunati prema formuli:

$$VO_{2max} = MVD_{max} \times \Delta O_2 (I - E)_{max} \quad (I-1)$$

pri čemu je MVD minutni volumen disanja korigiran faktorom STPD*, a $\Delta O_2 (I - E)$ inspiracijsko-ekspiracijska razlika u koncentraciji kisika, ili prema formuli:

$$VO_{2max} = MVS \times \Delta O_2 (A-V) \quad (I-2)$$

pri čemu je MVS minutni volumen srca, a $\Delta O_2 (A-V)$ arterijsko-venska razlika u koncentraciji kisika u krvi.

Uz maksimalni primitak kisika, koji je dobar pokazatelj aerobne izdržljivosti, drugi važan faktor koji utječe na rezultat jest i ekonomičnost funkcionalnih sustava. Na primjer, ako se uspoređuju dva sportaša s istim VO_{2max} , trkač s većom ekonomičnošću bit će brži.

1.4.2 Aerobni i anaerobni prag

Uz VO_{2max} , kao osnovni parametri za procjenu aerobnog kapaciteta koriste se još i aerobni i anaerobni prag. Kao tranzicijske točke, označavaju dva metabolička praga koji odjeljuju tri zone intenziteta tjelesne aktivnosti (Skinner, McLellan, 1980): laganu, umjerenu i tešku, i

* STPD = engl. Standard, Temperature, Pressure, Dry

imaju veliki značaj u kliničkoj i sportskoj funkcionalnoj dijagnostici. Prvi, aerobni prag (AeP) odvaja laganu tjelesnu aktivnost pri kojoj (u vremenu od oko 3 minute) primitak kisika postiže stabilnu vrijednost koja odgovara intenzitetu rada, od umjerene tjelesne aktivnosti, pri kojoj dolazi do povećanja koncentracije mliječne kiseline u radnom mišićju i krvi iznad razine u mirovanju. Pri umjerenom opterećenju intenzitet je iznad aerobnog praga, no još uvijek je moguća ravnoteža između akumulacije i razgradnje laktata, te postizanje stabilnog stanja VO_2 i stabilne koncentracije mliječne kiseline u krvi. Teška tjelesna aktivnost odvija se iznad drugog, anaerobnog (AnP) metaboličkog praga koji označava maksimalni intenzitet rada pri kojem je moguća ravnoteža između akumulacije i razgradnje mliječne kiseline, i iznad kojega potrošnja kisika ne može podmiriti ukupne energetske zahtjeve (Heck, 1985); prevladava anaerobna glikoliza kao izvor energije za mišićni rad te nije moguće postizanje stabilnog stanja VO_2 i stabilne koncentracije mliječne kiseline u krvi.

Dakle, s porastom intenziteta tjelesne aktivnosti dostiže se prag na kojemu dolazi do znatnije aktivacije anaerobne glikolize u radnom mišićju i do porasta koncentracije mliječne kiseline u krvi; taj prag se javlja pri intenzitetu od oko 40-60% VO_{2max} i koncentraciji mliječne kiseline u krvi od oko 1,5-2 mmol/L, a naziva se aerobni ili laktatni prag ili prvi ventilacijski prag. Pri većem intenzitetu rada još uvijek je moguće postići stabilno stanje VO_2 i mliječne kiseline u krvi, tj. može se uspostaviti ravnoteža između procesa akumulacije i razgradnje mliječne kiseline, ali samo do intenziteta koji odgovara tzv. maksimalnom laktatnom stabilnom stanju (MLSS) ili anaerobnom pragu ili drugom ventilacijskom pragu (Barstow i sur., 1993). Anaerobni prag se dostiže pri intenzitetu od oko 80-90% VO_{2max} (u ne-sportaša pri 65 - 70% VO_{2max} , a u sportaša aerobnih disciplina i do 95% VO_{2max} , ovisno o trenažnom ciklusu - pripremnom, prednatjecateljskom ili natjecateljskom), uz koncentraciju mliječne kiseline u krvi od oko 3-6 mmol/L (Viru, 1995).

Pri tjelesnoj aktivnosti s opterećenjem iznad anaerobnog praga, nedostatna doprema kisika u radno mišićje uzrokuje nagli porast anaerobne glikolize i koncentracije mliječne kiseline u mišićima, a potom i u krvi, uz posljedični pad pH i metaboličku acidozu koja dovodi do hiperventilacije, a ukoliko bi se aktivnost nastavila, i do inhibicije glikolize i mišićne kontrakcije te, posljedično, brzog iscrpljenja.

1.5 Određivanje aerobnog i anaerobnog praga

Aerobni i anaerobni prag određuju se laboratorijskim ili terenskim testovima. Tri se osnovne metode najčešće koriste za određivanje AeP i AnP: 1) metode temeljene na analizi ventilacijskih parametara (tzv. ventilacijski pragovi; aerobni, VP_1 i anaerobni, VP_2 , ili respiracijska kompenzacijska točka prema Wassermanu (1999)); 2) metode temeljene na analizi laktata u krvi (tzv. laktatni pragovi; LP_1 i LP_2); 3) 'Critical power' (CP) model (Moritani, 1981), za određivanje AnP, koji se zasniva na linearnom odnosu maksimalnog izvršenog rada i trajanja rada, uz vrijeme iscrpljenja od 1-15 minuta. Pored toga, u novije je vrijeme utvrđeno kako postoji i tzv. 'elektromiografski (EMG) prag' utvrđen na temelju praćenja električne aktivnosti mišića tijekom rada, a koji odgovara intenzitetu rada pri VP i LP (Lucia i sur., 1999). Na značaj određivanja dvaju metaboličkih pragova ali i na kontroverze oko samog koncepta pragova ukazuju čak 33 različita kriterija za utvrđivanje i 36 različitih naziva pragova (Bosquet i sur., 2002). Kao 'zlatni standard', za procjenu laktatnog AnP koristi se tzv. '*maximal lactate steady-state*' metoda (MLSS; Heck i sur., 1985), no riječ je o vrlo zahtjevnoj, invazivnoj metodi koja je neprimjerena za praktičnu primjenu u sportu. Prednost je VP metode neinvazivnost, mogućnost korištenja tzv. *ramp* protokola (s finom gradacijom progresivnog opterećenja) i preciznijeg određivanja pragova, uz paralelno mjerenje VO_{2max} . Pri određivanju VP_1 i VP_2 koristi se tzv. *V-slope* metoda, na temelju praćenja promjena odnosa primitka kisika (VO_2) i izdahnutog ugljičnog dioksida (VCO_2), minutnog volumena disanja, ventilacijskog ekvivalenta te praćenjem koncentracije kisika (FeO_2 %) i ugljičnog dioksida ($FeCO_2$ %) u izdahnutom zraku (Beaver i sur., 1985 i 1986; Casaburi i sur., 1987; Aunola i sur., 1988; Barstow i Mole', 1991; Cheng i sur., 1992; Antonutto i Di Prampero, 1995; Wasserman i sur., 1999). I pored toga, zbog složenosti mehanizama koji određuju dinamiku mjerenih ventilacijskih i metaboličkih parametara i njihovu analizu, određivanje VP_2 u određenom je broju slučajeva podložno subjektivnoj procjeni.

U kliničkoj i sportsko-dijagnostičkoj praksi ne postoji jedinstveni standardni test za procjenu VP_2 , te nije razjašnjen utjecaj protokola (trajanje pojedinog stupnja opterećenja i ukupnog trajanja testa) na VP_2 , i nameće se pitanje da li se parametri za procjenu energetske kapaciteta dobiveni različitim protokolima međusobno razlikuju. Isto tako, postavlja se pitanje da li se, i u kojem smjeru, parametri za procjenu energetske kapaciteta dobiveni

različitim protokolima opterećenja razlikuju s obzirom na odnos aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta. Atletičari trkači u tu svrhu predstavljaju optimalan uzorak ispitanika – specijalizirani su i adaptirani za široki raspon brzine trčanja i dužine staze, odnosno za prevladavajuće (različite) udjele energetskeg sustava – od alaktatnog (sprinteri na 100m) i laktatnog (sprinteri na 400m) anaerobnog do aerobnog (dugoprugaši).

Ventilacijski anaerobni prag izražava se brzinom trčanja (pokretni sag - km/h, tempo po km i sl.), snagom (bicikl ergometar – Watt, kpm/min ili km/h; veslački ergometar - Watt, ili tempo na 500 m), a može se izraziti i kao vrijednost u % dostignute vrijednosti maksimalnog primitka kisika ($\%VO_{2max}$) ili kao vrijednost u % maksimalnog dostignutog opterećenja u testu ($\%V_{max}$, $\%P_{max}$).

Anaerobni laktatni prag se najčešće definira intenzitetom aktivnosti pri koncentraciji mliječne kiseline u krvi od 4 mmol/L, mada se u literaturi navode vrijednosti u rasponu od 3 do čak 6,8 mmol/L, i stoga je za potrebe kontrole razine treniranosti vrhunskih sportaša potrebno odrediti individualnu vrijednost laktatnog praga. U prosjeku sportaši ovaj intenzitet aktivnosti mogu kontinuirano održavati oko 60 minuta (Virus, 1995).

Organizam male količine mliječne kiseline proizvodi i u mirovanju, te je njena koncentracija u krvi oko 1 mmol/L. Nema značajne razlike u koncentraciji mliječne kiseline u mirovanju između sportaša i nesportaša. Nakon maksimalnih anaerobnih napora u vrhunskih su sportaša (u elitnih 400- ili 800-metraša te veslača, judaša i sl.) zabilježene vrijednosti koncentracije mliječne kiseline u krvi i preko 25 mmol/L (Wasserman i sur, 1999).

Iako ventilacijski i laktatni anaerobni prag visoko koreliraju, pojedini autori osporavaju činjenicu da ventilacijski i laktatni anaerobni prag mjere isti metabolički parametar. Primjena različitih protokola testova opterećenja može objasniti i razlike u vrijednosti laktatnog i ventilacijskog anaerobnog praga dobivene u pojedinim istraživanjima.

1.6 Specifičnosti energetske potrebe u pojedinim trkačkim disciplinama

Doprinos različitih energetske sustava ovisi o trkačkoj disciplini. U sprinterskim disciplinama, CP i ATP su osnovni izvori energije, pri čemu je doprinos aerobnog metabolizma minimalan. Ono što je tipično za discipline srednjih pruga je da je znatni dio energije za mišićni rad osiguran iz anaerobnih izvora, jer je razina intenziteta toliko visoka da doprema kisika nije dostatna da se oksidacijom hranjivih tvari zadovolje energetske potrebe. Tijekom disciplina na duge staze, gdje intenzitet aktivnosti nije toliko visok, doprema kisika putem krvotoka je dovoljna da omogući oksidaciju i ugljikohidrata i masti, oslobađajući veliku količinu energije uz produkciju minimalne količine mliječne kiseline. U disciplinama na duge pruge, doprinos anaerobnog metabolizma ukupnoj količini stvorene energije za mišićni rad je mali, i smanjuje se sa povećanjem trkačke discipline.

Opterećenja visokog intenziteta smanjuju zalihe CP, koji se izuzetno brzo obnavlja, dok je koncentracija ATP-a u stanicama konstantna. Sistem CP-ATP, naziva se i fosfageni sustav, jedan je od četiri primarna energetske sustava organizma i može zadovoljiti energetske potrebe u trajanju od 5-10 sekundi rada maksimalnim intenzitetom, te ima glavnu ulogu u oslobađanju energije za mišićni rad u sprinterskim disciplinama.

Tablica 1.6.1. Udio energetske izvora u različitim trkačkim disciplinama (Martin i Coe, 1997).

Disciplina	Intenzitet (% VO_{2max})	Karakteristika trke	% energetske doprinosa		
			ATP-CP	Laktatni	Aerobni
100 m		maks., kratki sprint	70	22	8
200 m		maks., kratki sprint	40	46	14
400 m		99 % od maks., produženi sprint	10	60	30
800 m	135	98 % od maksimuma, izdržljivost u sprintu	5	38	57
1500 m	112	95% od maksimuma, brzinska izdržljivost	2	22	76
3000 m	102	90 % od maksimuma, izdržljivost + sprint	<1	12	88
5000 m	97	85 % od maksimuma, dugotrajna izdržljivost + sprint	<1	7	93
10 000 m	92	dugotrajna izdržljivost + mali udio brzine	<1	3	97
Maraton	82	aerobni ritam, dugotrajna izdržljivost, vrlo mali udio brzine	<1	<1	99

Podaci adaptirani prema Matthews (1996), Peronnet i Thibault (1989) i Lager i sur. (1986)

Prilikom aktivnosti dužeg trajanja i submaksimalnog intenziteta, kao što su atletske discipline trčanja i hodanja na duge pruge, organizam koristi drugačije energetske mehanizme nego za aktivnosti kraćeg trajanja i visokog intenziteta, kao kod sprinterskih disciplina. Kod disciplina na srednje pruge pokrivanje energetske potrebe tijekom trke je složenije, tj. određeno je značajkama i aerobnog i anaerobnog sustava. Uz očite razlike u veličini i vrsti energetske kapaciteta u različitim trkačkim disciplinama, ponekad su prisutne i značajne razlike u energetskim kapacitetima između trkača istih disciplina.

Prema Barstowu i sur. (2000), vrsta mišićnih vlakana koja prevladava u radnom mišićju sportaša ima utjecaj na kinetiku primitka kisika pri tjelesnoj aktivnosti. Prema tome, uz pretpostavku da sportaši iste trkačke discipline imaju sličan omjer sporih (aerobnih) i brzih (anaerobnih) vlakana, za očekivati je da će i kinetika primitka kisika u tijeku testa s progresivnim opterećenjem biti slična, a isto tako uz pretpostavku da trkači različite trkačke discipline imaju različit omjer sporih i brzih vlakana, za očekivati je da će se razlikovati i kinetika primitka kisika pri opterećenju.

1.7 Ekonomičnost trčanja

Kao i u mnogo drugih prostora funkcionalne dijagnostike, i u prostoru ekonomičnosti se javlja terminološki i metodološke raznolikosti koje otežavaju usporedbu rezultata znanstvenih istraživanja. Jedan od problema vezan je uz sam termin ekonomičnosti ili efikasnosti trčanja, veslanja, skijaškog trčanja ili vožnje bicikla. Razlika između efikasnosti i ekonomičnosti je u tome da se ekonomičnost mjeri kao potrošnja energije (npr. primitak kisika) pri nekoj brzini kretanja (npr. trčanja), dok je efikasnost mjera potrošnje energije za ispoljeni rad. U ovom istraživanju mjeriti će se parametar ekonomičnosti trčanja.

Trkačka ekonomičnost (RE – running economy) je definirana količinom potrošene energije za određeni tempo trčanja, a izražava se primitkom kisika pri zadanoj submaksimalnoj brzini trčanja (Conley i Krahenbuhl, 1980; Conley i sur., 1984; Morgan i Craig, 1992; Anderson, 1996), ili energetsom potrošnjom (C) izraženom u mL O₂ po jedinici prevaljenog puta (mL O₂/kg/m). Di Prampero (1986) navodi da je C do intenziteta anaerobnog praga neovisna o brzini trčanja.

Ekonomičnost trčanja (C) ukazuje na sposobnost organizma da održava određenu submaksimalnu brzinu trčanja uz minimalnu potrošnju energije. Određuje se mjerenjem VO₂ u mirovanju i u stabilnom stanju pri zadanoj brzini trčanja:

$$C = (VO_{2ss} - VO_{2mir}) \times v^{-1} \text{ (mL O}_2\text{/kg/m)} \quad (1-3)$$

Pri istoj submaksimalnoj brzini trčanja trkač sa dobrom ekonomičnošću troši manje energije, a time i manje kisika, nego trkač sa lošijom ekonomičnošću. Treba istaknuti da postoji visoka povezanost između ekonomičnosti trčanja i uspjeha u trkama na dugim prugama, pri čemu je C, u homogenom uzorku vrhunskih trkača na duge pruge, bolji prediktor nego VO_{2max} (Conley i Krahenbuhl, 1980; Conley i sur, 1984; Morgan i Craig, 1992; Anderson, 1996; Saunders i sur., 2004).

1.8 Kinetika primitka kisika

Pri svakoj tjelesnoj aktivnosti postoji povećana potreba za kisikom u odnosu na potrebu u stanju mirovanja. Također i prilagodba s nižeg na viši intenzitet tjelesne aktivnosti zahtijeva porast VO_2 zbog povećane potrebe za ATP-om. Doprema kisika (osim pri aktivnostima maksimalnog intenziteta) ne limitira VO_2 kinetiku, s obzirom da je kinetika dopreme O_2 do radnog mišićja brža bilo od mišićne bilo od plućne VO_2 kinetike (Grassi i sur., 1998; Grassi i sur., 2000; De Corta i sur., 1991). Inercija mišićnog oksidativnog metabolizma uvjetovana je brzinom aktivacije mitohondrijskih enzima i/ili intracelularnom akumulacijom kontrolnih metabolita (Timmons i sur., 1998). Dinamika porasta potrošnje O_2 (VO_2 kinetika) stoga je sporija od trenutnog porasta energetske potrebe za datu aktivnost.

Pri laganoj tjelesnoj aktivnosti primitak kisika postiže stabilnu vrijednost koja odgovara intenzitetu rada, u vremenu od oko 3 minute (Whipp i Wasserman, 1972). Međutim, pri intenzitetu rada iznad laktatnog (aerobnog, prvog ventilacijskog) praga, efikasnost rada je snižena (viša potrošnja kisika po izvršenom radu) zbog odgođenog dodatnog porasta primitka kisika (Barstow i Mole, 1991; Wasserman i sur., 1999). Ta sekundarna komponenta u kinetici VO_2 nazvana je 'spora komponenta VO_2 ', a javlja se približno 1.5-3 minute nakon početka rada, te odgađa ili pak sprječava postizanje stabilnog stanja VO_2 (Whipp i Wasserman, 1972; Barstow i Mole, 1991; Casaburi i sur., 1987; Barstow i sur., 1993).

Razvojem tehnologije i vrlo brzih analizatora za O_2 i CO_2 , posljednjih se godina sve više istražuje i koristi i kinetika primitka kisika kao parametar za procjenu funkcionalnih sposobnosti. Kinetika primitka kisika ukazuje na dinamiku porasta potrošnje O_2 iz stanja mirovanja ili s nižeg na viši intenzitet aktivnosti i indeks je sveukupne integrirane sposobnosti dišnog, srčanožilnog i mišićnog sustava, i proizlazi iz složenog međudjelovanja različitih mehanizama koji reguliraju dopremu i utilizaciju O_2 u radnom mišićju. 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 VO_2 , pri tranziciji s nižeg (ili iz mirovanja) na viši intenzitet tjelesne aktivnosti.

2 PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Protokoli testova za procjenu aerobnog kapaciteta razlikuju se od laboratorija do laboratorija (ovisno o tradiciji, edukaciji, tehničkoj opremljenosti laboratorija, specifičnostima i potrebama ispitanika, itd.), te ne postoji jedinstveni, standardni test za procjenu aerobnog i anaerobnog kapaciteta.

Stoga je ograničena ili pak nemoguća komparacija rezultata iz različitih laboratorija, a neki od testova, preuzeti iz kardioloških laboratorija, nisu ni prikladni za procjenu aerobnih sposobnosti zdrave populacije i sportaša. Svaki primijenjeni protokol opterećenja ima svoje specifičnosti, prednosti i nedostatke, i količinu korisnih informacija koje nosi za ispitanika i trenera.

Tako u pogledu ukupnog trajanja testa opterećenja, protokoli kraćeg trajanja, uz uštedu vremena, omogućuju brži ulazak u anaerobnu zonu opterećenja i viši maksimalni intenzitet, što omogućuje praćenje 'odgovora' organizma u uvjetima visoke acidoze (što je naročito značajno za atletičare trkačkih disciplina od 400 do 1500 metara). Istovremeno, progresivni testovi opterećenja kratkog trajanja ne omogućuju postizanje stabilnog stanja i utvrđivanje stvarnih spiroergometrijskih pokazatelja na pojedinom stupnju opterećenja. Protokoli dužeg trajanja, s druge strane, omogućuju praćenje adaptacije organizma na produženi rad u aerobnim i miješanim aerobno-anaerobnim uvjetima ali i praćenje razine ekonomičnosti trčanja što je naročito značajno u trkačkim disciplinama srednjih i dugih pruga (800 m do maratona); zahtijevaju, međutim, značajno više vremena i motivacije, i onemogućuju finu gradaciju i veći broj stupnjeva opterećenja.

U kliničkoj i sportsko-dijagnostičkoj praksi ne postoji jedinstveni standardni spiroergometrijski test opterećenja na pokretnom sagu, i nameće se pitanje da li se parametri za procjenu energetske kapacitete dobiveni različitim protokolima međusobno razlikuju.

Isto tako, postavlja se pitanje da li se, i u kojem smjeru, parametri za procjenu energetske kapacitete dobiveni različitim protokolima opterećenja na pokretnom sagu razlikuju s obzirom na promatranu grupaciju trkača (u smislu udjela aerobnog i anaerobnog energetskog kapaciteta).

3 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Dosadašnja istraživanja vezana uz problem i cilj ovog rada mogu se podijeliti na istraživanja:

- ❖ primjene različitih protokola opterećenja na pokretnom sagu;
- ❖ utjecaja trajanja testa opterećenja na spiroergometrijske parametre;
- ❖ relacija ventilacijskih i metaboličkih parametara sa natjecateljskom uspješnošću;
- ❖ trkačke ekonomičnosti i efikasnosti;
- ❖ kinetike primitka kisika;

Dosadašnja istraživanja čine znanstvenu osnovu za problem i cilj ove disertacije. Brojna su istraživanja vezana uz problematiku optimizacije protokola testova opterećenja, kao i istraživanja vezana uz mogućnost primjene istih testova u svakodnevnoj praksi. Dosadašnja istraživanja ukazuju na postojanje velikog broja protokola opterećenja i problem usporedbe dobivenih rezultata istraživanja.

3.1 Istraživanja primjene različitih protokola opterećenja na pokretnom sagu

Prvi protokoli primjenjivani u testovima za procjenu aerobnog kapaciteta na pokretnom sagu, s obzirom na tadašnju mjernu tehniku, sastojali su se od progresivnih diskontinuiranih stupnjeva opterećenja, odvojenih kraćim ili dužim vremenskim intervalima. Cilj protokola je bio da se dostigne opterećenje pri kojem više nema porasta primitka kisika u odnosu na prethodni, niži intenzitet rada. Ta se vrijednost smatrala maksimalnim primitkom kisika (VO_{2max}) (Hanson i sur., 1982; Robinson i sur., 1937; Saltin i sur., 1967; Wasserman i sur., 1999).

Danas se pretežno koriste kontinuirani testovi opterećenja na pokretnom sagu, gdje se porast opterećenja postiže ili povećanjem brzine saga, ili povećanjem nagiba saga (Froelicher i sur., 1974; Medved, 1987) ili se pak i brzina i nagib progresivno povećavaju (Bruce i sur., 1973; Medved, 1987; Ward i sur., 1998). U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili limitirajućih faktora. No, često pri maksimalnom opterećenju ispitanici ne pokazuju *plateau* u primitku kisika, već on raste do posljednjeg stupnja opterećenja. Stoga se, za utvrđivanje dostignuća maksimalnih vrijednosti u testu,

koriste slijedeći kriteriji (Billat i sur., 1998; Duncan i sur., 1997; Froelicher i sur., 1974; Gleim i sur., 1990; Medved, 1987; Rowland i sur., 1996; Wasserman i sur., 1999):

- 1) porast VO_2 dostiže *plateau* (porast manje od 2 mL/kg/min ili < 5%) sa porastom opterećenja,
- 2) frekvencija srca unutar je 10 otkucaja/min ili 5% u odnosu na predviđeni maksimum za dob,
- 3) RQ (respiracijski kvocijent) > 1.10 ili >1.15,
- 4) VE/VO_2 (dišni ekvivalent) > 30,
- 5) koncentracija mliječne kiseline u krvi > 8 mmol/L
- 6) subjektivni osjećaj opterećenja (SOO) iznosi > 18 bodova prema Borgovoj ljestvici.

Međutim, stavovi se razlikuju u pogledu vrijednosti i broja kriterija koji identificiraju stvarno postignuće $\text{VO}_{2\max}$. Stoga je uveden novi pojam - vršni primitak kisika (*'peak VO_2 '*), koji označava maksimalnu vrijednost primitka kisika postignutu u određenom testu i ovisi o primijenjenom protokolu testa, i ne mora odgovarati stvarnom maksimalnom primitku kisika (Bruce i sur., 1973; Rowland i sur., 1996; Wasserman i sur., 1999).

Za razliku od trčanja na otvorenom, tj. sportskom polju ili atletskoj stazi, pri trčanju na pokretnom sagu nema otpora zraka, koji raste kao kubna funkcija brzine trčanja (Pugh, 1970). Unatoč nelinearnog porasta primitka kisika s brzinom trčanja na otvorenom, linearna funkcija može podjednako dobro opisati odnos VO_2 - brzina, pri brzinama trčanja do 18 km/h (Jones i Doust, 1996). Stoga različiti autori koriste manje nagibe saga (1% -2%) radi kompenzacije smanjenog opterećenja zbog nedostatka otpora zraka (Heck i sur., 1985; Jones i Doust, 1996; Tegtbur i sur., 1993).

Vrijednosti fizioloških parametara (VO_2 , frekvencija srca, ventilacija, itd.) pri trčanju na pokretnom sagu u tom slučaju vjerno simuliraju opterećenje pri trčanju na otvorenom. U testovima koji koriste veći ili promjenjivi nagib saga teško je ili nemoguće opterećenje pretvoriti u odgovarajuću brzinu trčanja na ravnoj stazi zbog veće energetske potrošnje (koja raste proporcionalno sa porastom nagiba saga), ali i promjene kinematičkih, odnosno biomehaničkih parametara (dužina i frekvencija koraka, amplituda i kutna brzina u kuku,

koljenu i gležanjском zgloбу, aktivacija specifičnih mišićа i mišićnih skupina, itd.) (Frishberg, 1983; Nigg i sur., 1995).

Pojedini autori navode nešto više vrijednosti VO_{2max} pri trčanju uz nagib nego po ravnoj podlozi (Kasch i sur., 1976; Martin i Coe, 1997; Saltin i Astrand PO, 1967); no u testovima sa visokim nagibom saga (preko 10-15%) pri maksimalnom opterećenju (npr. Balke, Bruce), vidljiv je trend snižavanja VO_{2max} sa porastom nagiba.

U pogledu trajanja opterećenja pojedini se protokoli također. značajno razlikuju - od 5 do preko 30 minuta, a kod diskontinuiranih protokola cijeli test može trajati i više dana (Duncan i sur., 1997; Taylor i sur., 1955). Više autora navodi da testovi s progresivnim opterećenjem u trajanju od 8-12 minuta daju najveće vrijednosti maksimalnog primitka kisika u normalnih, zdravih ispitanika (Bruce i sur. 1973; Wasserman i sur., 1999; Zhang i sur., 1991), dok Fairshter i sur. (1983) te Kang i sur. (2001) navode da se i kraćim testovima, u trajanju od svega 5-6 minuta, može postići VO_{2max} . Pri testovima dužeg trajanja pad motivacije, lokalni umor, dehidracija i drugi faktori mogu negativno utjecati na rezultat u testu (Rowland, 1996; Wasserman i sur., 1999).

Broj i trajanje pojedinih stupnjeva opterećenja također varira ovisno o protokolu. Prvi su protokoli imali stupnjeve opterećenja u trajanju od 3 ili više minuta zbog limitiranosti mjerne aparature, te zbog postizanja stabilnog stanja (tzv. steady state). Razvojem mjernih instrumenata i vrlo brzih analizatora za O_2 i CO_2 utvrđeno je da se dinamika izmjene plinova mijenja zajedno sa porastom intenziteta, te noviji protokoli uglavnom koriste stupnjeve kraćeg trajanja, osim kada se mjeri mehanička efikasnost (te je potrebno stabilno stanje) ili koncentracija mliječne kiseline u krvi.

Zhang i sur. (1991) navode da su parametri aerobnog kapaciteta neovisni o protokolu (trajanju pojedinog stupnja opterećenja) ukoliko je ukupno trajanje testa isto; primijenivši 4 protokola sa istim vremenom iscrpljenja (12 min) i istim sveukupnim porastom intenziteta (0 - 280W) ali sa različitim trajanjem, odnosno pomakom pojedinih stupnjeva opterećenja (0.1, 1, 2 i 3 min, odnosno 1, 10, 20 i 30 Watt-a), dobili su gotovo identične vrijednosti aerobnog i anaerobnog praga, VO_{2max} i drugih fizioloških parametara aerobnog metabolizma. Stoga su

protokoli sa pomacima kraćeg trajanja (1 min) prikladniji zbog bolje gradacije i više dobivenih podataka u odnosu na protokole sa velikim pomacima i malim brojem stupnjeva opterećenja.

Posljednjih godina u kliničkoj praksi i sportu sve se više koriste ventilacijski aerobni i anaerobni prag (maksimalni intenzitet rada pri kojem su produkcija i razgradnja mliječne kiseline u ravnoteži) za određivanje aerobnih sposobnosti, utjecaja lijekova na toleranciju radnog opterećenja i preskripciju trenažnih opterećenja (Caiozzo i sur., 1982; McConnell, 1988; Meyer i sur., 1996; Tsuji i sur., 1990; Wasserman i sur., 1999). Testovi sa većim brojem stupnjeva opterećenja značajno olakšavaju i određivanje AP.

Kako bi analizirali utjecaj trajanja pojedinog stupnja opterećenja u progresivnom testu na pokretnom sagu na fiziološke varijable, Kuipers i sur. (2003) su testirali 8 treniranih trkača sa tri različita protokola (trajanja 1, 3 i 6 minuta pojedinog stupnja opterećenja). Maksimalno laktatno stabilno stanje (MLSS) i pripadajuća brzina trčanja određena je četvrtim testom koji se sastojao od tri 15-minutna opterećenja bazirana na brzini trčanja pri anaerobnom pragu – V4 (4 mmol/L) određenom temeljem trećeg protokola (stupanj opterećenja u trajanju od 6 minuta). Prvi 15-minutni interval bio je pri brzini V4 - 0,5km/h, drugi interval pri brzini V4 a treći pri brzini od V4 + 0,5 km/h. Rezultati istraživanja ukazali su da između primijenjenih protokola postoji razlika u prosječnoj dostignutoj maksimalnoj brzini trčanja, no da nema statistički značajne razlike u prosječnom vršnom primitku VO_2 , vršnoj razini laktata u krvi i ventilacijskom anaerobnom pragu i obrnuto je proporcionalna s dužinom trajanja stupnja opterećenja) te frekvenciji srca. Statistički značajna razlika dobivena je jedino u parametru brzine trčanja pri koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/L (V4).

Višu maksimalnu dostignutu brzinu trčanja u protokolu s kraćim trajanjem stupnja opterećenja (1 km/min), Kuipers i sur. (2003) objašnjavaju manjim udjelom anaerobne komponente pri istim brzinama trčanja. Naime, pri brzinama iznad anaerobnog praga za svaki stupanj opterećenja, što je kraće trajanje pojedinog stupnja, manja je akumulacija laktata, tj. manja je potrošnja energije iz zaliha anaerobnog kapaciteta.

Gibson i sur. (1999) su uspoređivali fiziološke parametre dobivene dvama različitim protokolima opterećenja na pokretnom sagu (protokol sa progresivnim povećanjem brzine trčanja i protokol sa progresivnim povećanjem nagiba saga) te nisu dobili značajne razlike u vrijednostima vršnog VO_2 ali su dobili statistički značajne razlike u vrijednostima maksimalne dostignute frekvencije srca i respiracijskog kvocijenta.

Billat i sur. (1996), su testirali 15 trkača na srednjim prugama sa dva protokola na pokretnom sagu (sa porastom opterećenja od $1 \text{ kmh}^{-1}/2\text{min}$ te $0.5 \text{ kmh}^{-1}/1\text{min}$), sa ciljem da istraže utjecaj dužine trajanja pojedinog stupnja opterećenja u protokolu na pokretnom sagu na brzinu trčanja pri $\text{VO}_{2\max}$ ($\text{vVO}_{2\max}$) i vrijeme trčanja do iscrpljenja pri istoj brzini (t_{lim}). Nisu dobivene statistički značajne razlike u $\text{vVO}_{2\max}$ te u nekim ventilacijskim i metaboličkim parametrima pri submaksimalnim brzinama trčanja, dok je u parametru t_{lim} dobivena velika varijabilnost rezultata ali bez statistički značajne razlike.

Možemo zaključiti da se većina autora slaže da je vrijednost $\text{VO}_{2\max}$ neovisna o vrsti protokola, no oprečni rezultati ostalih parametara pri maksimalnim dostignutim vrijednostima kao i pri ventilacijskom anaerobnom pragu i submaksimalnom opterećenju upućuju da nema jedinstvenog stava u pogledu utjecaja protokola testiranja na navedene parametre. Stoga je i upitan odabir protokola i prilagodba protokola testiranja potrebama i zahtjevima ispitanika, odnosno sportskih disciplina (u pogledu značaja pojedinih energetske sustava).

3.2 Istraživanja relacija ventilacijskih i metaboličkih parametara sa natjecateljskom uspješnošću

U literaturi navode se različiti fiziološki parametri značajni za uspjeh u trkačkim disciplinama, kao što su maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) (Saltin, 1967, Pollock, 1977, Rusko i sur., 1978, Boileau i sur., 1982), ekonomičnost trčanja (Conley i Krahenbuhl, 1980; Sjodin i sur., 1982, Conley i sur., 1984; Saunders i sur., 2004), kinetika akumulacije laktata za vrijeme aktivnosti (Farrell i sur., 1979, Sjodin i Jacobs, 1981) te parametri anaerobnog praga (Powers i sur., 1983, Svedahl i Macintosh, 2003).

Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) je jedan od najobjektivnijih parametara za utvrđivanje potencijala transportnog sustava za kisik i potencijala za trkačke discipline srednjih i dugih pruga. Međutim, različiti rezultati analiza povezanosti VO_{2max} i natjecateljske uspješnosti na srednjim i dugim prugama (Astrand i Rodahl, 1986; Costill, 1970; Farrell i sur., 1979; Conley i sur., 1980; Brandon i Boileau, 1987; Housh i sur., 1988) sugeriraju da i drugi ventilacijski i metabolički parametri, (npr. anaerobni prag, ekonomičnost trčanja, brzina trčanja pri VO_{2max} i dr.) imaju možda i veću važnost u predikciji rezultata u trci (Housh i sur., 1988; Powers i sur., 1983; Daniels i sur., 1984; Conconi i sur., 1988; Kumagai i sur., 1982;).

Značaj ventilacijskih i metaboličkih parametara u trkačkoj uspješnosti proporcionalan je dužini staze, tj. intenzitetu trčanja u pojedinoj trkačkoj disciplini. Maksimalni primitak kisika (VO_{2max}), ekonomičnost trčanja (ET – 'running economy') i anaerobni prag (VP ili LT) su fiziološki parametri čiji utjecaj na natjecateljsku uspješnost raste s porastom dužine staze trkačke discipline (Costill, 1967; Foster i sur., 1978; Conley i Krahenbuhl, 1980; Conley i sur., 1984; Bulbulian i sur., 1986; Brandon i Boileau, 1992; Morgan i Craib, 1992; Anderson, 1996; Saunders i sur., 2004).

Trkači na duge pruge (atletičari koji se natječu u disciplinama na 5000 m i duže) u pravilu imaju viši VO_{2max} , efikasnije troše O_2 i imaju značajno nižu akumulaciju laktata u krvi nego trkači na srednjim prugama (atletičari koji se natječu u disciplinama od 800 – 3000m)

(Boileau i sur., 1982; Conley i Krahenbuhl, 1980; Taunton i sur., 1981; Saunders i suradnici, 2004).

Trkači na srednje pruge, kod kojih su maksimalno angažirani i anaerobni i aerobni sustav, (naročito trkači na 1500 i 3000 m) mogu duže vremena održavati tempo blizak brzini trčanja pri VO_{2max} usprkos visokoj acidozi (tj. visokoj razini laktata u krvi), dok u disciplinama 1-2 minute trajanja (800 m) značaj anaerobnog kapaciteta dolazi još više do izražaja. Natjecateljska uspješnost na 800 m povezana je sa najvećom dostignutom brzinom trčanja u progresivnom testu opterećenja na pokretnom sagu, a u nešto slabijoj, ali značajnoj vezi sa VO_{2max} i ostalim aerobnim parametrima.

Anaerobni kapacitet je značajni prediktor u svim disciplinama srednjih pruga, a njegova značajnost raste obrnuto proporcionalno s porastom dužine trkačke discipline (Daniels i Oldrige, 1970; Costill i sur., 1973; Boileau i sur., 1982; Bulbulian i sur., 1986; Snell, 1990; Brandon i Boileau, 1992). Koncentracija laktata u krvi je mjera koncentracije laktata u mišićima i 'limitirani' pokazatelj anaerobnog kapaciteta, jer nisu dokazane direktne veze između produkcije glikolitičke energije i koncentracije laktata u krvi. No, dobivene statistički značajne negativne korelacije između koncentracije laktata u krvi i rezultata u trkama na 400 metara ukazuju da se 'laktati' mogu koristiti za grubu procjenu anaerobnog kapaciteta (Fujitsuka i sur., 1982; Nummela i sur., 1992; Rusko i sur., 1993; Nummela i sur., 1996).

Izmjerene vrijednosti koncentracije laktata u krvi nakon utrke na 400 m i 800 m i prosječne brzine trčanja ukazale su na visoku razinu povezanosti glikolitičkog kapaciteta i natjecateljske uspješnosti u ovim disciplinama ($r=0.71 - 0.89$; Lacour i sur., 1990), no iste značajna povezanost nije potvrđena u utrkama na 1500 m. I ostala istraživanja su pokazala da je dobivena vršna vrijednost koncentracije laktata značajan prediktor natjecateljske uspješnosti u disciplini 400 m (objašnjava 21-26% varijance rezultata sprinterskih disciplina), no ne i za discipline trčanja na srednje i duge pruge (Weyand i sur., 1994; Noakes i sur., 1990; Nummela i sur., 2007). Vrijednosti L_{max} nakon utrka na 100 i 200 metara (8.5 ± 0.8 i 10.3 ± 0.8 mmol/L) također se nisu pokazale kao dobri prediktori natjecateljskog rezultata (Hautier i sur., 1994). Vrijednosti maksimalne koncentracije laktata nakon sprinta na 400 m očekivano

su više u sprintera nego dugoprugaša (Ohkuwa i Miyamura, 1984), a vrijednosti L_{max} mjerene za vrijeme oporavka na pokretnom sagu uglavnom su nešto niže od vrijednosti izmjerene nakon utrke, i više su kod trkača u sprinterskim disciplinama nego kod trkača srednjih i dugih pruga (Svedenhag i Sjodin, 1984). Najveće vrijednosti laktata nakon trke izmjerene su nakon trkačkih disciplina na 400 i 800 m, trajanja 45 do 120 s, (Kindermann i Keul, 1977). Koncentracija laktata u krvi nakon tih disciplina kod nekih trkača dostiže vrijednosti od 25 mmol/L, tj. 15 do 20 puta veće vrijednosti od koncentracije u mirovanju.

Po Brandonu i Boileau (1992), trkači na 800 m treninge trebaju usmjeriti ka razvoju anaerobnog i aerobnog kapaciteta te brzine trčanja, a trkači na 1500 i 3000 metara ka podizanju razine VO_{2max} , povećanja anaerobnog kapaciteta i razvoju osjećaja za dužinu koraka te ekonomičnosti trčanja.

3.3 Istraživanja ekonomičnosti trčanja

Trkačka ekonomičnost (C) određena je primitkom kisika pri određenoj brzini trčanja, uz pretpostavku stabilnog stanja (Farrell i sur., 1979; Conley i Krahenbuhl, 1980; Conley i sur., 1984; Morgan i Craig, 1992; Anderson, 1996). Dakle, C se određuje samo pri submaksimalnim brzinama trčanja, budući da se pri brzinama iznad razine anaerobnog praga u pravilu ne dostiže stabilno stanje VO_2 , te je procjena energetske potrošnje otežana i nepouzdana. Trkači sa boljom C troše manje kisika od trkača sa lošijom C pri istoj brzini trčanja. C se izražava razinom energetske potrošnje po jedinici prevaljenog puta ($\text{mL O}_2/\text{kg/m}$), te razlikujemo bruto energetske potrošnje i neto, pri kojoj se u izračunu koristi samo energetska potrošnja za datu aktivnost, bez udjela energetske potrošnje u stanju mirovanja. Rjeđe, ekonomičnost trčanja se izražava primitkom kisika pri zadanoj submaksimalnoj brzini trčanja, pri čemu, za razliku od prve metode, nije moguća usporedba ekonomičnosti između različitih brzina trčanja.

Di Prampero (1986) navodi da je C neovisna o brzini trčanja, do razine anaerobnog praga, i iznosi $0.179 \pm 0.017 \text{ mL/kg/m}$. Brojni autori navode povezanost C i stupnja treniranosti trkača (Astrand i Saltin, 1961; Daniels, 1974; Daniels i sur., 1977; Farrell i sur., 1979; McMiken i Daniels, 1976; Pollock, 1977), kao i povezanost s rezultatima u trčanju na duge pruge (Costill, 1967; Costill i sur., 1973; Pollock, 1977; Conley i Krahenbuhl, 1980; Morgan i Craig, 1992; Di Prampero i sur., 1993). Daniels (1985) navodi da ekonomičnost trčanja varira do 30% unutar homogene grupe trkača (trkača sa sličnim $\text{VO}_{2\text{max}}$); također navodi, kao i drugi autori (Costill i sur., 1973; Morgan i sur., 1989) da je C bolji prediktor natjecateljske uspješnosti od $\text{VO}_{2\text{max}}$. Costill i sur. (1973) su u skupini trkača sa širokim rasponom $\text{VO}_{2\text{max}}$ utvrdili da je utilizacija aerobnog kapaciteta (izražena kao $\% \text{VO}_{2\text{max}}$) pri submaksimalnom tempu trčanja statistički značajno korelirana s natjecateljskim uspjehom.

Udio sporih i brzih mišićnih vlakana utječe na trkačku ekonomičnost; veći udio sporih mišićnih vlakana (što je slučaj u trkača na srednje i duge pruge) pozitivno korelira s C, (Williams i Cavanagh, 1987; Bosco i sur., 1987; Kaneko, 1990).

Također, trenirani su trkači puno ekonomičniji od netreniranih i rekreativnih trkača (Daniels, 1985; Bransford i Howley, 1977; Mayers i Gutin, 1979; Dolgener, 1982; Pollock i sur., 1980). Daniels i Daniels (1992) su, uspoređujući trkače na srednje i duge pruge, utvrdili da su prvi ekonomičniji pri brzini od 19 km/h, a drugi pri manjim brzinama trčanja.

Istraživanjem funkcionalne veze između trkačke ekonomičnosti i natjecateljske uspješnosti utvrđen je raspon vrijednosti koeficijenta korelacije (r) od 0.36 do 0.83 (Foster i sur., 1977; Farrell i sur., 1979; Daniels, 1985). Douglas i sur. (1980) te Conley i Krahennbuhl (1980) navode da unutar homogene grupe vrhunskih trkača čak 65 % varijance natjecateljske uspješnosti može biti objašnjeno variranjem trkačke ekonomičnosti.

Di Prampero i suradnici (1993), su ustanovili da 5%-tno unapređenje trkačke ekonomičnosti ima za posljedicu 3%-tno poboljšanje rezultata u trci na duge pruge. I istraživanja drugih autora ukazala su da poboljšanje ekonomičnosti trčanja može biti dobar prediktor uspješnosti, te dobar pokazatelj napretka i stanja treniranosti trkača na srednje i duge pruge na trkama (Pollock, 1977; Conley i Krahennbuhl, 1980; Daniels, 1985; Conley i sur., 1984; Svedenhag i Sjordin, 1985; Farell i sur., 1993; Weston i sur., 2000).

U longitudinalnom istraživanju vrhunskih francuskih trkača na duge pruge, koji su bili testirani tri puta unutar jedne godine utvrđena je stabilnost C uz istovremeni porast VO_{2max} . Autori zaključuju da je mogućnost unapređenja trkačke ekonomičnosti kod vrhunskih trkača na duge pruge iznimno mala (Brisswalter i Legros, 1994).

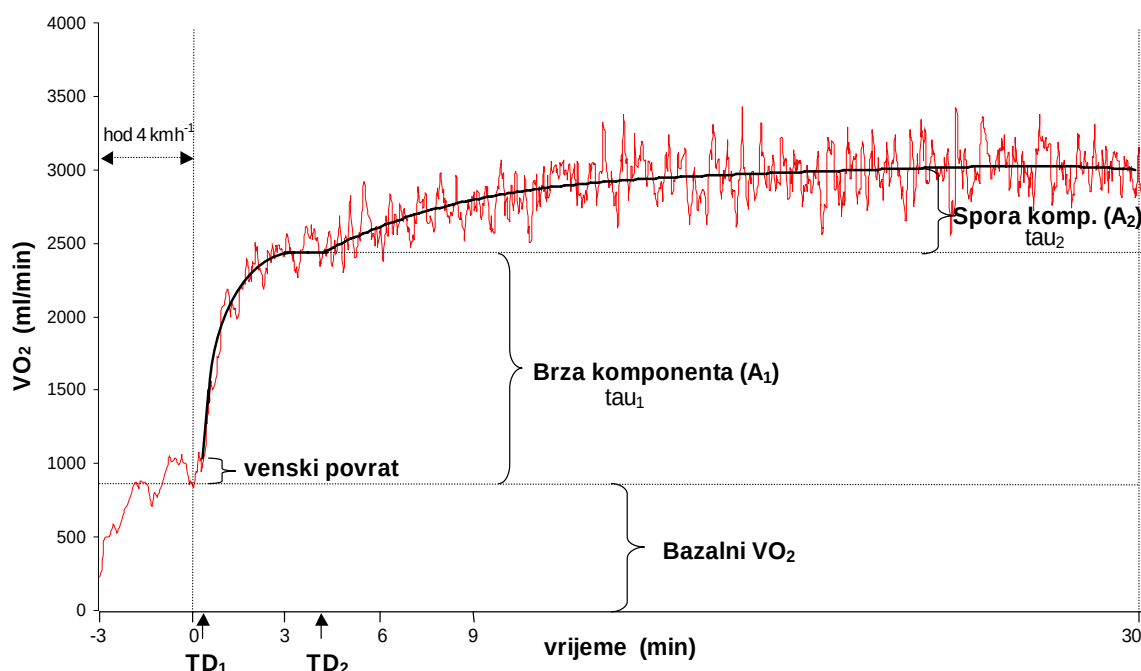
Usporedba elitnih ($VO_{2max} = 79$ mL/kg/min) i subelitnih ($VO_{2max} = 69.2$ mL/kg/min) američkih trkača ukazala je da su elitni trkači ekonomičniji i trče pri nižem % VO_{2max} pri zadanom tempu trke (Pollock, 1977). Usporedbom 8 kenijjskih i 8 europskih trkača na duge pruge sa sličnim rezultatom na 10 km (Weston i sur., 2000), utvrđena je 5% bolja ekonomičnost trčanja kenijjskih trkača usprkos 13% nižim vrijednostima VO_{2max} . Također, kenijjski trkači trku na 10 km trče pri višem % VO_{2max} ali pri sličnoj koncentraciji laktata u krvi. Autori zaključuju da poboljšanje trkačke ekonomičnosti utječe na poboljšanje natjecateljskog rezultata.

3.4 Istraživanja kinetike primitka kisika

Čini se da je kinetika VO_2 osjetljivija od maksimalnog aerobnog kapaciteta ($\text{VO}_{2\max}$) ili anaerobnog praga na podražaje kao što je tjelesno vježbanje (Grassi i sur, 2000; Grassi, 2000). Određivanje kinetike VO_2 ima i dodatnu prednost jer ne zahtijeva maksimalna opterećenja koja mogu biti kontraindicirana u pacijenata ili starijih ispitanika. Stoga bi analiza kinetike VO_2 mogla biti korisna metoda u procjeni aerobnih sposobnosti ispitanika, pacijenata i sportaša. Kinetika VO_2 kod porasta iz mirovanja, ili sa nižeg na više umjereno opterećenje može se opisati pomoću tri faze:

faza I, kardiodinamska faza ili faza venskog povrata, traje oko 10-30 sekundi od početka tranzicije, a predstavlja trenutni porast plućne cirkulacije i VO_2 (unutar par otkucaja srca) zbog porasta udarnog volumena i frekvencije srca, te brzog dolaska venske krvi iz donjih ekstremiteta s nižom koncentracijom kisika. To je period prije nego što krv iz radnog mišićja dospije do pluća.

Slika 3.4.1. Kinetika VO_2 , A_1 i A_2 su brza i spora komponenta, TD_1 i TD_2 su odgovarajuća vremena odgođe, τ_1 i τ_2 su odgovarajuće vremenske konstante (Šentija, 2002).



faza II, tzv. "brza komponenta", započinje nakon 15-tak sekundi, odnosno nakon što krv iz radnog mišićja dospije do pluća. Ova faza predstavlja razdoblje većeg porasta staničnog

disanja, a matematički se opisuje kao mono-eksponencijalni porast plućnog VO_2 koji dostiže *plateau*, odn. stabilno stanje (ukoliko je umjereno opterećenje) s vremenskom konstantom (τ_1) od približno 25-35s. Faza II započinje nakon prve faze, odnosno s 10-30 s odgode od početka tranzicije (TD_1) (Slika 3.4.1). Amplituda faze II linearna je funkcija intenziteta rada, dok se vremenska konstanta opisuje bilo kao nepromijenjena neovisno o intenzitetu, odnosno viša pri radu s teškim opterećenjem.

faza III započinje oko 3 minute od tranzicije na više opterećenje i predstavlja stabilno stanje u kojem primitak kisika odgovara energetskej potrošnji.

Pri prijelazu iz umjerene aktivnosti ili mirovanja na teško opterećenje kinetika VO_2 u osnovi je ista kao i za umjerenu tjelesnu aktivnost, uz dodatnu komponentu (koja se javlja uz vremensku odgodu, TD_2 : ~ 90-180s) koja usporava pojavu faze III i stabilnog stanja, ukoliko do njega i dođe.

Za aktivnost iznad anaerobnog praga, ova "spora komponenta" može uzrokovati porast primitka kisika do $\text{VO}_{2\max}$, kao i sniženje mehaničke efikasnosti rada. Iako početak spore komponente može biti istodoban s fazom II ($\text{TD}_1 = \text{TD}_2$), primjena nelinearnog regresijskog algoritma s neovisnim određivanjem vremena odgode omogućuje modeliranje podataka bez ograničenja, s istim ili različitim početkom faza II i III. Pri matematičkom modeliranju VO_2 kinetike faza I se isključuje iz analize, dok se za faze II i III koristi bieksponecijalni model, ili pak model sa monoeksponencijalnom (faza II) i linearnom (faza III) komponentom (Armon i sur., 1991; Obert i sur., 1999).

Kinetiku VO_2 (vremensku konstantu, τ) moguće je procijeniti i iz razlike u VO_2 pri stabilnom stanju ($\Delta\text{VO}_2(\text{ss})$) i VO_2 pri istom intenzitetu aktivnosti izmjerenom u testu s kontinuiranim progresivnim porastom opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja ($\Delta\text{VO}_2(t)$), ukoliko VO_2 raste linearno s porastom intenziteta ($d\text{VO}_2 / dt = \text{const}$) (Whipp i sur., 1981):

$$\tau \cdot d\text{VO}_2 / dt + \Delta\text{VO}_2(t) = \Delta\text{VO}_2(\text{ss}), \text{ te je} \quad (3-1)$$

$$\tau = \Delta t = (\text{VO}_2(\text{ss}) - \text{VO}_2(t)) / (d\text{VO}_2 / dt) \quad (3-2)$$

odnosno, iz razlike brzine trčanja pri stabilnom stanju (v_{ss}) i brzine trčanja pri istom VO_2 u progresivnom testu opterećenja (v_t):

$$\tau = \Delta t = (v_t - v_{ss}) / (dv / dt) \quad (3-3)$$

Što je brža kinetika VO_2 (tj. što je manji τ), to će vremenska razlika između VO_2 pri stabilnom stanju i VO_2 u testu s progresivnim opterećenjem (Δt) biti manja.

Većina istraživanja koja obrađuju kinetiku VO_2 pri tjelesnoj aktivnosti rađena je pri opterećenju na biciklergometru. No pri različitim dinamičkim aktivnostima veličina spore komponente VO_2 značajno se razlikuje. Billat i sur. (1998, 1999), Jones i Connell (1999) te Carter i sur. (2000) usporedili su kinetiku VO_2 pri radu na biciklergometru i pri trčanju na pokretnom sagu, te su utvrdili značajno veću sporu komponentu VO_2 pri radu na biciklergometru u odnosu na trčanje.

Bernard i sur. (1998) testirali su na pokretnom sagu 13 visoko utreniranih atletičara srednje- i dugoprugaša, pri intenzitetima preko 80% VO_{2max} . Svi su ispitanici postigli stabilno stanje do intenziteta od 92% VO_{2max} , a čak 8 i pri 99% VO_{2max} . Energetska potrošnja pri trčanju iznad 84% VO_{2max} bila je značajno viša pri stabilnom stanju (C_{ss}) u odnosu na potrošnju centriranu na 3. minutu opterećenja (C_3). C_3 je mogao objasniti tek 60% varijabiliteta C_{ss} .

Brža kinetika VO_2 trkača na duge pruge naspram netreniranih ispitanika je u prijašnjim istraživanjima više puta dokazana (Caputo i sur., 2003), no istraživanja razlike u kinetici VO_2 kod treniranih trkača koji imaju slično trenažno iskustvo ali se razlikuju u VO_{2max} je područje od značajnog interesa znanstvenika.

Powers i sur. (1985) usporedili su vrhunske sportaše koji su se razlikovali u maksimalnom primitku kisika; utvrdili su da, pri konstantnom opterećenju koje odgovara intenzitetu od oko 50% VO_{2max} , sportaši s višim vrijednostima VO_{2max} imaju bržu kinetiku VO_2 . Zhang i sur. (1991) su utvrdili da se kinetika VO_2 , s porastom intenziteta rada (25%, 50%, 75% i 100% radnog kapaciteta), progresivno usporava, te također, da ovisi o aerobnom kapacitetu ispitanika. Carter i sur. (2000), naprotiv, na uzorku od 23 ispitanika različite

aerobne izdržljivosti, nisu utvrdili značajnu razliku u vremenskoj konstanti između kontinuiranog opterećenja s umjerenim i teškim intenzitetom. Značajno sporija kinetika VO_2 (viši τ) pri teškom opterećenju u odnosu na umjereno opterećenje, bila je prisutna jedino za 6 ispitanika s najnižim vrijednostima $\text{VO}_{2\max}$. Koppo i sur. (2004) navode, kao mogući uzrok brže kinetike (manjeg τ) u aerobno treniranih sportaša, veću gustoću mitohondrija, veću koncentraciju oksidativnih enzima kao i veći udio sporih oksidativnih vlakana u radnom mišićju.

Velika većina istraživanja koja obrađuju kinetiku VO_2 pri tjelesnoj aktivnosti rađena je pri opterećenju na biciklergometru. Vrlo su rijetki radovi koji navode vrijednosti τ i drugih parametara kinetike VO_2 u visoko treniranih trkača ili drugih sportaša. Borrani i sur. (2001) navode vrijednosti za τ u 13 trkača nacionalnog ranga od 17.2 ± 5.8 s. Ove su vrijednosti niže od vrijednosti τ zabilježene u mladim, netreniranih ispitanika (tipično ≈ 20 -30 s) (Koppo i sur, 2004; Šentija, 2002).

4 CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj ovog istraživanja jest utvrditi utjecaj protokola primijenjenih testova progresivnog opterećenja na pokretnom sagu na parametre za procjenu aerobnog i anaerobnog energetske kapaciteta u atletičara različitih trkačkih disciplina.

Iz ovako postavljenog primarnog cilja istraživanja proizlaze i operativni ciljevi istraživanja:

I – utvrditi razlike u parametrima za procjenu energetske kapaciteta kod atletičara trkača u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja na pokretnom sagu,

II – utvrditi razlike u parametrima za procjenu energetske kapaciteta posebno kod trkača s dominantnim udjelom aerobnog metabolizma i posebno kod trkača s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma, s obzirom na primijenjene protokole testova progresivnog opterećenja na pokretnom sagu,

III – utvrditi razlike u parametrima za procjenu energetske kapaciteta između atletičara s dominantnim udjelom aerobnog i atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma, u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja na pokretnom sagu,

IV – utvrditi funkcionalne veze između parametara energetske kapaciteta kod trkača u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja na pokretnom sagu,

V – utvrditi razlike u trkačkoj ekonomičnosti, kod atletičara različitih trkačkih disciplina (s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog metabolizma),

VI – utvrditi razlike u kinetici primitka kisika kod atletičara različitih trkačkih disciplina (s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog metabolizma).

5 HIPOTEZE

Temeljem postavljenih ciljeva istraživanja testirati će se sljedeće hipoteze:

Iz prvog cilja istraživanja proizlaze sljedeće hipoteze:

H01 – U primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti parametara aerobnog energetskeg kapaciteta (VO_{2max} , VO_{2VP} , V_{VP} , V_{max}) statistički značajno se ne razlikuju

H02 – U primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti parametara anaerobnog energetskeg kapaciteta (D_{AE} , D_{AN} , VO_{2AN} , EP_{AN} , ANK , L_{max} , DK_{BK} , DK_{SK}) statistički značajno se razlikuju

H03 – Vrijednosti ostalih fizioloških parametara (VE_{max} , VE_{VP} , RQ_{max} , RQ_{VP} , FS_{max} , FS_{VP}) statistički značajno se ne razlikuju.

Iz drugog cilja istraživanja proizlaze sljedeće hipoteze:

H04 – U primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti parametara aerobnog energetskeg kapaciteta (VO_{2max} , VO_{2VP} , V_{VP} , V_{max}) statistički značajno se ne razlikuju u atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta.

H05 – U primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti parametara anaerobnog energetskeg kapaciteta (D_{AE} , D_{AN} , VO_{2AN} , EP_{AN} , ANK , L_{max} , DK_{BK} , DK_{SK}) statistički značajno se razlikuju u atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta.

H06 – U primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti ostalih fizioloških parametara (VE_{max} , VE_{VP} , RQ_{max} , RQ_{VP} , FS_{max} , FS_{VP}) statistički značajno se ne razlikuju u atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta.

Iz trećeg cilja istraživanja proizlaze sljedeće hipoteze:

U primijenjenim testovima opterećenja atletičari trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog metabolizma statistički se značajno razlikuju u odnosu na atletičare trkačkih disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma u vrijednostima:

H07 – parametara aerobnog energetskeg kapaciteta (VO_{2max} , VO_{2VP} , V_{VP} , V_{max})

H08 – parametara anaerobnog energetskeg kapaciteta (D_{AE} , D_{AN} , VO_{2AN} , EP_{AN} , ANK , L_{max} , DK_{BK} , DK_{SK})

H09 – ostalih fizioloških parametara (VE_{max} , VE_{VP} , RQ_{max} , RQ_{VP} , FS_{max} , FS_{VP})

Iz četvrtog cilja istraživanja proizlaze sljedeće hipoteze:

Postoji statistički značajna povezanost između vrijednosti parametara u primijenjenim testovima opterećenja:

H10 – za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta (VO_{2max} , VO_{2VP} , V_{VP} , V_{max})

H10 – za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta (D_{AE} , D_{AN} , VO_{2AN} , EP_{AN} , ANK , L_{max} , DK_{BK} , DK_{SK})

H12 – za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete (VE_{max} , VE_{VP} , RQ_{max} , RQ_{VP} , FS_{max} , FS_{VP})

Iz petog cilja istraživanja proizlazi sljedeća hipoteza:

H13 – postoji statistički značajna razlika u aerobnoj trkačkoj ekonomičnosti između atletičara s dominantnim udjelom aerobnog i atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma.

Iz šestog cilja istraživanja proizlazi sljedeća hipoteza:

H14 – postoji statistički značajna razlika u kinetici primitka kisika između atletičara s dominantnim udjelom aerobnog i atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma.

6 METODE ISTRAŽIVANJA

6.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika čini 48, anamnestički zdravih, atletičara hrvatskog nacionalnog ranga (Tablica 6.1.1). U uzorak ispitanika uključeni su atletičari trkačkih disciplina od 100m do maratona uz uvjet da redovno treniraju najmanje 3 godine i da su na rang listi Hrvatskog atletskog saveza proteklih godina rangirani u matičnoj disciplini do 20. mjesta.

Tablica 6.1.1. Osnovni podaci, deskriptivni parametri u varijablama za procjenu morfoloških karakteristika i dinamičkih plućnih kapaciteta trkača svih trkačkih disciplina

<i>n=48</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
DOB (god)	21.73	17.00	35.00	5.09	1.20	0.69	0.20
ALVT (cm)	181.07	165.60	195.20	5.67	-0.10	0.48	0.05
AVTT (kg)	71.87	56.00	85.90	6.86	-0.14	-0.28	0.05
ΣKN (mm)	59.63	36.00	113.63	17.15	1.77	2.97	0.19
FVC (l)	6.09	4.64	7.66	0.75	-0.04	-0.56	0.09
FEV1 (l)	4.97	3.54	6.11	0.62	-0.09	-0.75	0.10
%FVC (%)	81.71	57.10	94.00	6.80	-0.95	2.30	0.09

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

S obzirom na dominantan udio aerobnog i anaerobnog kapaciteta trkača formirane su dvije skupine ispitanika:

- I. ANAERO - skupina trkača u disciplinama s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta (trkači na 100m, 200m, 400m, 110m i 400 m prepone).
- II. AERO - skupina trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta (trkači od 1500m do maratona).

Svaku od skupina sačinjavaju atletičari starosne dobi između 17 i 35 godina.

Tablica 6.1.2. Osnovni podaci, deskriptivni parametri u varijablama za procjenu morfoloških karakteristika i dinamičkih plućnih kapaciteta za AERO skupinu trkača

<i>n=23</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
DOB (god)	23.73	17.00	35.00	6.20	0.58	-1.02	0.16
ALVT (cm)	179.63	165.60	189.90	6.20	-0.35	-0.40	0.12
AVTT (kg)	69.13	56.00	82.00	6.52	-0.10	0.04	0.10
ΣKN (mm)	60.13	42.70	104.20	15.67	1.51	2.39	0.18
FVC (L)	6.03	4.64	7.66	3.02	0.90	-0.05	0.11
FEV1 (L)	4.82	3.54	6.11	2.57	0.73	0.18	0.13
%FVC (%)	81.23	70.00	94.00	24.00	6.29	0.19	0.11

Legenda str. 52. * $p<0.05$; ** $p<0.01$

Tablica 6.1.3. Osnovni podaci, deskriptivni parametri u varijablama za procjenu morfoloških karakteristika i dinamičkih plućnih kapaciteta za ANAERO skupinu trkača

<i>n=25</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
DOB (god)	19.88	17.00	25.00	2.83	0.65	-1.02	0.19
ALVT (cm)	182.40	174.70	195.20	4.88	0.88	0.64	0.12
AVTT (kg)	74.39	62.40	85.90	6.28	-0.15	-0.54	0.12
ΣKN (mm)	59.15	36.00	113.63	18.81	2.00	3.82	0.30*
FVC (L)	6.14	5.24	7.35	2.11	0.59	0.39	0.15
FEV1 (L)	5.11	4.26	5.90	1.64	0.48	0.27	0.20
%FVC (%)	82.16	57.10	91.70	34.60	7.33	-1.71	0.13

Legenda str. 52. * $p<0.05$; ** $p<0.01$

Sva mjerenja provedena su u Sportsko-dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u skladu s etičkim načelima. Svakom ispitaniku (koji je sudjelovao u mjerenjima) bilo je predloženo objašnjenje studije, mogući zdravstveni rizik i predviđeni postupak mjerenja, te je potpisao suglasnost kojom potvrđuje da je upoznat sa svrhom i ciljevima mjerenja, mjernim protokolom, mogućim rizicima mjerenja i da mjerenju pristupa dobrovoljno.

6.2 Uzorak varijabli

Po dolasku u Sportsko-dijagnostički centar, atletičari su upoznati sa planom i programom provedbe mjerenja, koji se je sastojao od 4 segmenta: mjerenja osnovnih morfoloških dimenzija te provedbe 3 protokola opterećenja na pokretnom sagu u tri različite vremenske točke.

Mjerenja su obuhvatila 21 morfološku mjeru od čega je u ovom radu korišteno 11 mjera, 3 spirometrijske mjere dinamičkih plućnih kapaciteta te 24 spiroergometrijske mjere energetske kapaciteta u svakom od primijenjenih testova opterećenja.

6.2.1 Morfološke mjere

Mjerenje morfoloških karakteristika ispitanika obavljeno je u skladu s naputcima Međunarodnog Biološkog Programa (IBP, Weiner i Lourie, 1969; Mišigoj-Duraković i sur., 1996). Od morfoloških mjera u istraživanju su korištene mjere visine tijela (cm), tjelesne masa (kg) i sume 9 kožnih nabora (nadlaktice, leđa, prsa, trbuha, suprailiokristalni, natkoljenice, potkoljenice, bicepsa, aksilarni).

6.2.2 Mjere dinamičkih plućnih kapaciteta

Spirometrijskim postupkom izmjereni su dinamički plućni kapaciteti ispitanika:

- ✓ Forsirani vitalni kapacitet (L),
- ✓ Forsirani ekspiracijski volumen u 1 sekundi (L),
- ✓ Tiffeneauov indeks (%).

6.2.3 Mjere ventilacijskih i metaboličkih parametara

Uzorak varijabli za procjenu aerobnih i anaerobnih energetske kapaciteta čine spiroergometrijski parametri dobiveni u testovima progresivnog opterećenja. Spiroergometrijski sustav i pripadajući programski paket Quark b² 7.0 (COSMED, Italy) omogućava kontinuirano *on-line, breath-by-breath* praćenje primitka kisika (VO₂, STPD), izdahnutog ugljičnog dioksida (VCO₂, STPD), frekvencije srčanog ritma (FS), minutnog volumena disanja (VE, BTPS), respiracijskog kvocijenta (RQ), koncentracije plinova u

izdahnutom zraku ($P_{ET}CO_2$, $P_{ET}O_2$), dišnog volumena (V_t), frekvencije disanja (BF), pulsa kisika (PO_2), te dišnih ekvivalenata za kisik (VE/VO_2) i ugljični dioksid (VE/VCO_2).

Uz ove parametre na istom testu pratiti će se i vrijednosti frekvencije srca (monitorom Polar Vantage NV, Polar Electro, Finska), subjektivne percepcije opterećenja (upotrebom Borgove ljestvice) te koncentracije laktata u krvi na kraju progresivnog testa opterećenja (Arkray lactate analyser, Japan).

Varijable za procjenu funkcionalnih obilježja korištenih u istraživanju su:

- ✓ Apsolutni maksimalni primitak O_2 (L/min),
- ✓ Relativni maksimalni primitak O_2 (mL/kg/min),
- ✓ Maksimalna frekvencija srca (1/min),
- ✓ Maksimalni respiracijski kvocijent,
- ✓ Maksimalna minutna ventilacija (L/min),
- ✓ Maksimalna dostignuta brzina trčanja (km/h),
- ✓ Apsolutni primitak O_2 pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VP) (L/min),
- ✓ Relativni primitak O_2 pri VP (mL/kg/min),
- ✓ Frekvencija srca pri VP (1/min),
- ✓ Respiracijski kvocijent pri VP,
- ✓ Minutna ventilacija pri VP (L/min),
- ✓ Brzina trčanja pri VP (km/h),
- ✓ Deficit VO_2 u aerobnoj zoni (mL/kg),
- ✓ Deficit VO_2 u anaerobnoj zoni (mL/kg),
- ✓ Primitak O_2 u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (mL/kg),
- ✓ Energetska potreba u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (mL/kg),
- ✓ Ukupni anaerobni kapacitet (mL/kg),
- ✓ Maksimalna koncentracija laktata u krvi (mmol/L),
- ✓ Procijenjena brza komponenta duga kisika (VO_2 u prve 2 minute oporavka) (L/min),
- ✓ Procijenjena spora komponenta duga kisika (od 2 do 5 minute oporavka) (mL/kg/km),
- ✓ Trkačka ekonomičnost – VO_2 pri 8, 10 i 12 km/h (mL/kg/m),
- ✓ Vremenska konstanta kinetika VO_2 u rasponu od 8 do 12 km/h (s).

Set varijabli ponavlja se za svaki primijenjeni progresivni test opterećenja – a biti će im pridružen indeks sa nazivom protokola test opterećenja na pokretnom sagu (KF05, KF1 i KF4).

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). Radi prilagodbe na pokretni sag ispitanici koji nisu nikad hodali ili trčali na pokretnom sagu prije početka mjerenja vježbali su hod i trčanje na pokretnom sagu u trajanju od 15-20 minuta. Test se izvodi u zatvorenoj i prozračenoj prostoriji, uz konstantne mikroklimatske uvjete (18-21°C i 40-60% vlažnosti zraka). Aparatura sa računalom omogućava da se podaci tokom izvođenja testa prikazuju numerički i grafički u realnom vremenu na zaslonu računala, te se automatski pohranjuju u memoriju računala za kasniju analizu. Tokom testa ispitanici dišu preko respiracijske maske za nos i usta (*Hans Rudolph*, SAD) koja je spojena na bidirekcionalnu turbinu s optoelektričnim čitačem protoka zraka. Od turbine se uzorak zraka (1 mL/s) odvodi putem *Nafion Permapure*® kapilarne cijevi (odstranjuje vlagu ne mijenjajući koncentraciju plinova) do brzih analizatora za kisik (cirkonijski) i ugljični dioksid (infracrveni). Prije svakog ispitanika turbina je baždarena pomoću 3-L pumpe, dok su analizatori baždareni sa mješavinom plina poznate koncentracije (16,1 % O₂ i 5,2 % CO₂, NO₂ ostatak). Nakon analogno-digitalne konverzije signala omogućeno je kontinuirano praćenje ventilacijsko-metaboličkih parametara na zaslonu računala. Spomenute parametre moguće je pratiti za svaki ciklus udah-izdah (*breath-by-breath*), no zbog velike količine podataka u tom slučaju isti su usrednjeni na vremenske intervale od 30 sekundi, te se maksimalne vrijednosti parametara odnose na najviše vrijednosti u pojedinom intervalu od 30 sekundi.

Maksimalna koncentracija laktata u arterijskoj krvi određena je uzimanjem uzorka od 2 µl krvi iz jagodice prsta uz pomoć uređaja za mjerenje koncentracije laktata u krvi (Slika 6.2.3.3). Tri su uzorka krvi uzeta nakon 1, 3 i 5 minuta oporavka, po prestanku vršnog opterećenja, te se kao vrijednost maksimalne koncentracije laktata uzimala najveća izmjerena vrijednost.

Tijekom testa, pored kontinuiranog praćenja ventilacijsko-metaboličkih parametara na zaslonu računala, pratio se i subjektivni osjećaj opterećenja ispitanika pomoću modificirane Borgove skale (Borg, 1973; Tablica 6.2.5.1). Praćenje subjektivnog osjećaja opterećenja tokom testiranja daje značajnu informaciju o toleranciji napora, a pokazalo se da subjektivni osjećaj opterećenja visoko korelira sa energetsom potrošnjom, frekvencijom srca i drugim fiziološkim varijablama. Ljestvica po Borgu ima 15 kategorija percepcije intenziteta, a ista se nalazi na vidnom mjestu ispred ispitanika. Ispitanik pri svakom stupnju opterećenja na upit mjerioca signalizira rukom kojem broju na ljestvici odgovara njegova percepcija opterećenja. Prije testa ispitanicima se daju pisane upute za određivanje subjektivnog osjećaja opterećenja korištenjem modificirane tablice po Borgu (Borg, 1973).

6.2.4 Opis spiroergometrijskih protokola na pokretnom sagu

Svaki od primijenjenih protokola opterećenja na pokretnom sagu započinje mirovanjem na sagu u prvoj minuti uz praćenje svih ventilacijskih i metaboličkih parametara. Protokol se nastavlja hodaњem pri brzini od 3 km/h. Trajanje pojedinog stupnja opterećenja i povećanje brzine saga ovisi o protokolu. Ispitanik počinje trčati pri brzini od 7 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1.5 %. U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili ograničavajućih faktora. No, često pri maksimalnom opterećenju ispitanici ne pokazuju plato tj. stabilizaciju primitka kisika, već on raste do posljednjeg stupnja opterećenja, što ostavlja dvojbu da li je ispitanik doista postigao svoje maksimalne vrijednosti. Stoga se za utvrđivanje dostignuća stvarnih maksimalnih vrijednosti u testu koriste slijedeći kriteriji (Green i Dawson, 1996; Cheng i sur., 1992; Bruce i sur., 1973; Brisswalter i sur., 1996; Antonutto i Di Prampero, 1995):

- 1) porast VO_2 dostiže plateau (porast manje od 2 mL/kg/min ili $< 5\%$) sa porastom opterećenja,
- 2) frekvencija srca unutar je 10 otkucaja/min ili 5% u odnosu na predviđeni maksimum za dob,
- 3) RQ (respiracijski kvocijent) > 1.10 ili > 1.15 ,
- 4) VE/VO_2 (dišni ekvivalent) > 30 ,
- 5) koncentracija mliječne kiseline u krvi > 8 mmol/L
- 6) subjektivni osjećaj iscrpljenja iznosi - 13 bodova po modificiranoj Borgovoj ljestvici

Nakon završetka testa prvi (aerobni) ventilacijski prag i drugi (anaerobni) ventilacijski prag određen je V-slope metodom (veći porast VCO_2 u odnosu na VO_2), te praćenjem promjena VE/VO_2 i VE/VCO_2 , prema Walshu i sur. (1990). Najviši primitak kisika zabilježen u VO_{2max} testu tokom bilo kojeg 30-s intervala označen je kao vršni VO_2 (VO_{2max}).

6.2.4.1 Opis protokola KF05

Nakon faze mirovanja u trajanju od 1 minute test započinje hodaњem pri brzini od 3 km/h koja traje 2 minute, nakon toga se brzina saga povećava svakih 30 sekundi za 1 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1.5%. Ispitanik hoda prva četiri stupnja opterećenja (do 6 km/h), potom trči od 7 km/h. Maksimalna brzina i završetak testa određeni su zadnjim stupnjem opterećenja kojeg je ispitanik uspio istrčati u cijelosti. Ispitanik u oporavku nastavlja hodati 5 min pri brzini od 5 km/h, uz dalje praćenje spiroergometrijskih parametara te mjerenje koncentracije laktata na kraju 1., 3. i 5. minute oporavka.

6.2.4.2 Opis protokola KF1

Nakon faze mirovanja u trajanju od 1 minute test započinje hodaњem pri brzini od 3 km/h koje traje 2 minute, nakon toga se brzina saga povećava svake minute za 1 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1.5%. Ispitanik hoda prvih četiri stupnja opterećenja (do 6 km/h), potom trči od 7 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 te mjerenje koncentracije laktata na kraju 1., 3. i 5. minute oporavka.

6.2.4.3 Opis protokola KF4

Nakon faze mirovanja u trajanju od 1 minute ispitanik hoda po 1 minutu pri brzinama od 3 i 4 km/h, i potom dvije minute na 5 km/h. Nakon toga slijedi prvi 4 minutni interval trčanja pri brzini saga od 8 km/h. Porast brzine pokretnog saga nakon svakog 4 minutnog intervala jest 2 km/h. Nagib saga je konstantan i iznosi 1.5%. Završetak testa određen je istrčanim poluminutnim vremenskim intervalom zadanog stupnja opterećenja.

Ispitanik u oporavku nastavlja hodati 5 min pri brzini od 5 km/h, uz dalje praćenje spiroergometrijskih parametara te mjerenje koncentracije laktata nakon prvih 45", nakon 3' te 5' u oporavku.

6.2.5 Mjere subjektivne procjene opterećenja

SPO je primjenjiv u svakom sportu, a bazira se na ljestvici od 6 do 20 (00 do 13). Za početnu i završnu vrijednost skale uzete su vrijednosti 6(00) i 20(13) zbog analogije s FS u mirovanju (60) i pri maksimalnom opterećenju (200).

Tablica 6.2.5.1 Ljestvica subjektivne procjene opterećenja (SPO) (Borg, 1973)

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

6.2.6 Prikaz svih varijabli korištenih za potrebe istraživanja

Tablica 6.2.6.1 Prikaz svih varijabli korištenih u istraživanju sa mjernim jedinicama i korištenim oznakama

<i>Oznaka</i>	<i>Naziv varijable</i>	<i>Mjerna jedinica</i>
VO_{2max}	Maksimalni primitak O ₂	L/min
RVO_{2max}	Relativni maksimalni primitak O ₂	mL/kg/min
FS_{max}	Maksimalna frekvencija srca	1/min
RQ_{max}	Maksimalni respiracijski kvocijent	
VE_{max}	Maksimalna minutna ventilacija	L/min
v_{max}	Maksimalna brzina pokretnog saga	km/h
VO_{2VP}	Primitak O ₂ pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VP)	L/min
RVO_{2VP}	Relativni primitak O ₂ pri VP	mL/kg/min
FS_{VP}	Frekvencija srca pri VP	1/min
RQ_{VP}	Respiracijski kvocijent pri VP	
VE_{VP}	Minutna ventilacija pri VP	L/min
v_{VP}	Brzina pokretnog saga pri VP	km/h
D_{AE}	Deficit VO ₂ u aerobnoj zoni	mL/kg
D_{AN}	Deficit VO ₂ u anaerobnoj zoni	mL/kg
VO_{2AN}	Primitak O ₂ u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu	mL/kg
EP_{AN}	Energetska potreba u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu	mL/kg
ANK	Ukupni anaerobni kapacitet (ANK = D _{AE} + D _{AN})	mL/kg
L_{max}	Maksimalna koncentracija laktata nakon testa opterećenja na pokretnom saga	mmol/L
DK_{BK}	Procijenjena brza komponenta duga kisika (VO ₂ u prve 2 minute oporavka)	L/min
DK_{SK}	Procijenjena spora komponenta duga kisika (od 2 do 5 minute oporavka)	L/min
C	Trkačka ekonomičnost	mL/kg/m
Δt	Vremenska konstanta kinetika VO ₂ u rasponu od 8 do 12 km/h	s
FVK	Forsirani vitalni kapacitet	L
FVK_{1S}	Forsirani ekspiracijski volumen u 1 sekundi	L
FEV1	Tiffeneauov indeks	%
ALVT	Visina tijela	cm
AVTT	Težina (masa) tijela	kg
ΣKN	Suma 9 kožnih nabora	mm
VO_{2mir}	Relativni primitak O ₂ u mirovanju	mL/kg/min
VO_{2ss}	Relativni primitak O ₂ pri stabilnom stanju (mjereno u protokolu KF4)	mL/kg/min
VP	Ventilacijski anaerobni prag	
v_{ss}	brzina pokretnog saga pri VO _{2ss}	km/h
a	odsječak na osi y regresijskog pravca - VO ₂ i brzine pokretnog saga u protokolima KF05 i KF1	mL/kg/min

b	nagib regresijskog pravca - VO_2 i brzine pokretnog saga u protokolima KF05 i KF1	$\text{mL} \cdot \text{min}^2 / \text{kg} / \text{km}$
a_{ss}	odsječak na osi y regresijskog pravca - VO_2 i brzine pokretnog saga u protokolu KF4	$\text{mL} / \text{kg} / \text{min}$
b_{ss}	nagib regresijskog pravca - VO_2 i brzine pokretnog saga u protokolu KF4	$\text{mL} \cdot \text{min}^2 / \text{kg} / \text{km}$
s_c	'čisti' istrčani anaerobni metri (prijedeni put) u anaerobnoj zoni	m
Suk	ukupno istrčani metri (prijedeni put) u anaerobnoj zoni	m

6.3. Mjerna oprema

U ovom istraživanju korištena je sljedeća mjerna oprema:

- antropometrijski set (GPM, Švicarska),
- kaliper (John Bull, USA),
- Run Race Competition HC1200 (Technogym, Italija, pokretni sag dužine 190 cm, širine 60 cm, sa mogućnošću preciznog podešavanja brzine od 1 do 25 km/h, sa pomakom od 0.1 km/h; Oprema potrebna za spomenuti test sastoji se od pokretnog saga (Slika 6.2.3.1),

Slika 6.2.3.1 Pokretni sag Technogym – RunRace Competition HC1200



- Quark b² (Cosmed, Italija) automatizirani, kompjutorizirani sustav koji omogućava kontinuirano ('breath by breath') prikupljanje, grafički prikaz, tiskanje, pohranu i analizu mjerenih ventilacijskih i metaboličkih parametara. Mjerni se sustav sastoji od respiracijske maske za nos i usta (Hans Rudolph, USA), koja je spojena na bidirekcionalnu turbinu s optoelektričnim čitačem protoka zraka. Od turbine uzorak zraka (1 mL/s) odvodi se putem Nafion Permapure® kapilarne cijevi (odstranjuje vlagu ne mijenjajući koncentraciju plinova) do brzih analizatora za kisik (cirkonijski) i CO₂ (infracrveni). Analizatori mjere koncentraciju plinova (O₂ i CO₂), s preciznošću od $\pm 0.03\%$. Nakon analogno-digitalne konverzije signala omogućeno je kontinuirano on-line, breath-by-breath praćenje primitka kisika (VO₂,STPD), izdahnutog ugljičnog dioksida (VCO₂, STPD), frekvencije srčanog

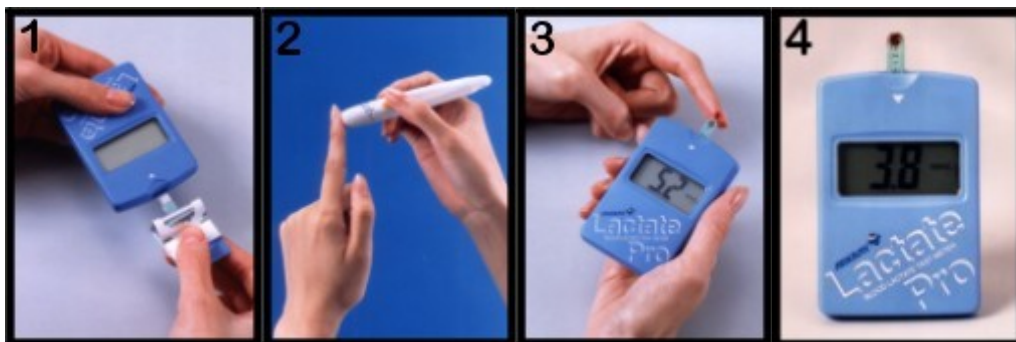
ritma (FS), minutnog volumena disanja (VE, BTPS), respiracijskog kvocijenta (RQ), koncentracije plinova u izdahnutom zraku ($P_{ET}CO_2$, $P_{ET}O_2$), dišnog volumena (VP), frekvencije disanja (BF), pulsa kisika (PO_2), te dišnih ekvivalenata za kisik (VE/VO_2) i ugljični dioksid (VE/VCO_2). Prije svakog 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 , N_2 rest) (Slika 6.2.3.2).

Slika 6.2.3.2 Sustav Quark b2



- Polar Electro OY CE 0537 (Polar Electro, Finska) telemetrijski sustav za praćenje frekvencije srčanog ritma. Sustav se sastoji od dvije elektrode s odašiljačem (dometa od 1 metar), koji se pomoću elastične trake pričvršćuje oko grudnog koša, i prijamnika.
- Arkray lactate Pro analyser (Arkray, Japan) korišten je za određivanje maksimalne koncentracije laktata u krvi.

Slika 6.2.3.3 Aparat za mjerenje koncentracije laktata u krvi tipa Arkray lactate Pro analyser



6.4. Metode prikupljanja podataka

Cijelo istraživanje provedeno je u laboratoriju za funkcionalno istraživanje u Sportsko dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u jutarnjim satima.

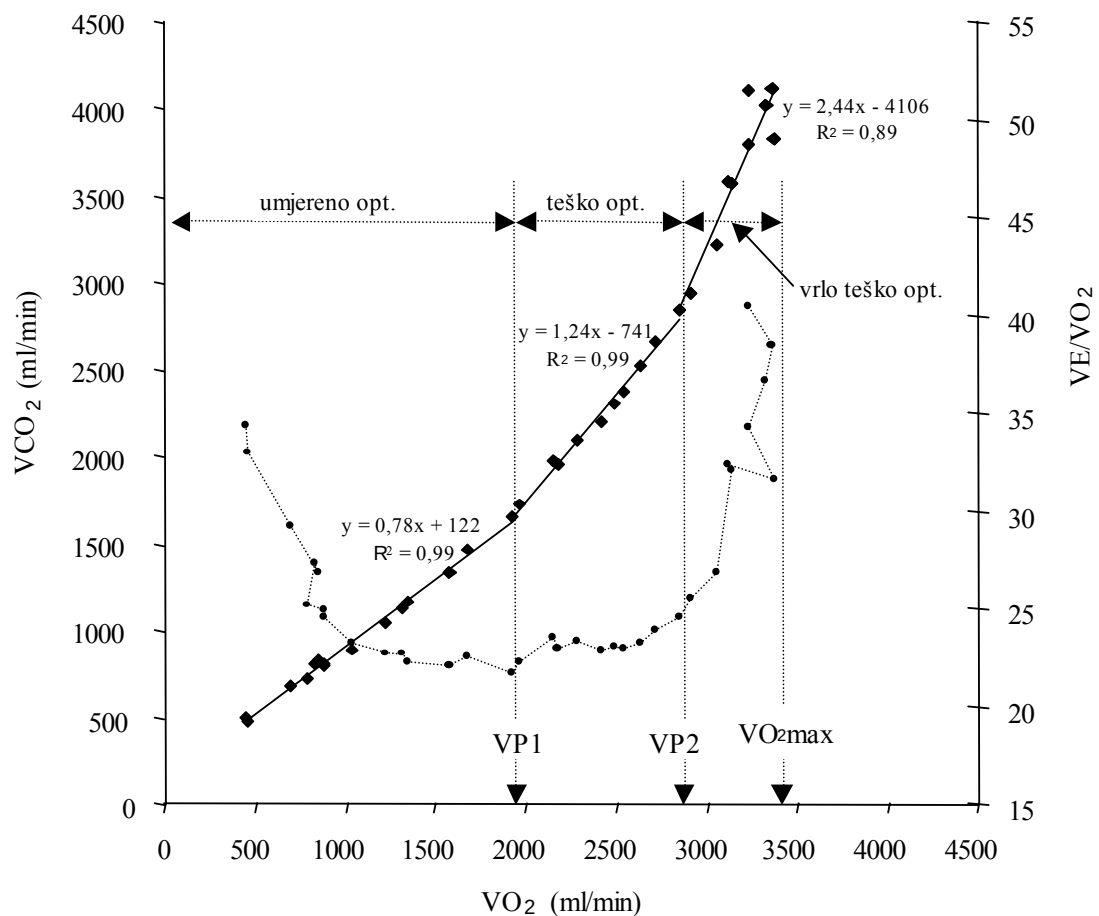
Prije laboratorijskih mjerenja, za svakog ispitanika napravljena je anamneza i fizikalni pregled, te su izmjerene antropometrijske i morfološke mjere, RR, kompozicija tijela (% masti i bezmasne mase) i spirometrije. Provedba mjernih postupaka odvijala se je u laboratoriju u tri termina, odvojenih 5 do 7 dana. Nijedan od testova ne zahtijeva duži oporavak od 48 h, tako da su se mogla provesti kroz 3 tjedna za pojedinog ispitanika.

Prije dolaska u laboratorij ispitanici su prema ustaljenim navikama konzumirali lagani obrok 1.5-3 sata, uz savjet da ponove isti postupak prije svakog mjerenja. Mjerenje su se provodila u isto vrijeme dana (± 2 sata). Prije svih spiroergometrijskih testova 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 (1973) (Tablica 6.2.5.1). Radi prilagodbe na spravu za dozirano opterećenje, ispitanici koji nisu nikad hodali ili trčali na pokretnom sagu, prije početka mjerenja imali su priliku vježbati hod i trčanje na pokretnom sagu u trajanju od 15-20 minuta. Schieb (1986) navodi da je dovoljno 10-15 minuta vježbanja na pokretnom sagu za prilagodbu na spravu. Nakon pauze i istezanja od 10 minuta, proveo se je jedan od tri protokola, tj. KF05, KF1 ili KF4 test na pokretnom sagu.

Breath-by-breath podaci dobiveni iz protokola KF05, KF1 i KF4 te VO_{2max} usrednjeni su na vremenski period od 30 sekundi. Drugi ventilacijski (anaerobni) prag (VP_2) određen je *V-slope* metodom (veći porast VCO_2 u odnosu na VO_2) i VE/VO_2 (porast VE/VO_2 bez porasta VE/VCO_2) prema Walshu i sur. (1990) i vizualnom inspekcijom dvaju iskusnih i nezavisnih procjenjivača (Slika 6.4.1). Pragovi određeni od strane obiju procjenjivača su potom uspoređeni; ukoliko su se razlikovali, pragovi su određeni dogovorom između procjenjivača. Najviši primitak kisika zabilježen u VO_{2max} testu tokom bilo kojeg 30-s intervala označen je kao vršni VO_2 (VO_{2max}).

Slika 6.4.1. Aerobni i anaerobni ventilacijski prag (VP1, VP2) određeni *V-slope* metodom. VCO_2 i VO_2 = volumen izdahnutog ugljičnog dioksida i primitka kisika; VE/VO_2 = ventilacijski ekvivalent. Pri intenzitetu (primitku kisika) manjem od AP1, nagib regresijskog pravca VO_2 / VCO_2 manji je od 1 (0,78), dok je iznad aerobnog praga nagib > 1 (1,24). Pri intenzitetu iznad AP2, dolazi do metaboličke acidoze što dovodi do hiperventilacije i povećanog izdavanja VCO_2 , naglog porasta ventilacijskog ekvivalenta i daljeg porasta nagiba regresijskog pravca VO_2 / VCO_2 (2,44) od AP2 do VO_{2max} (Šentija i Vučetić, 2006)



6.5. 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 2003* program unutar *Windows XP* operacijskog sustava.

6.5.1 Deskriptivna statistika

Prije statističke obrade rezultata Kolmogorov-Smirnovim postupkom testirana je hipoteza o normalnosti distribucije za svaku od varijabli. 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*).

6.5.2 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima kod trkača u primijenjenim testovima opterećenja na pokretnom sagu

Višestruka analiza varijance (ANOVA) za ponovljena mjerenja i Tukey-ev *post hoc* test korišteni su za utvrđivanje razlika u promatranim parametrima između pojedinih protokola te razlike između dvaju eksperimentalnih skupina atletičara različitih trkačkih disciplina (ANAERO i AERO). Prag prihvatanja hipoteze bio je $p < 0.05$.

Za utvrđivanje razlika između eksperimentalnih skupina u prostoru osnovnih ventilacijskih i metaboličkih parametara koristio se je i Studentov t-test. Prag prihvatanja hipoteze bio je $p < 0.05$.

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

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

6.5.4 Izračun koeficijenta ekonomičnosti trčanja

Koeficijent ekonomičnosti trčanja (C) određen je primitkom kisika u mirovanju (VO_{2mir}) i u stabilnom stanju (VO_{2ss} , određen protokolom KF4) pri zadanoj brzini trčanja (v) (Di Prampero, 1986):

$$C = (VO_{2ss} - VO_{2mir}) \times v^{-1} \text{ (mLO}_2\text{/kg/m)} \quad (6-1)$$

6.5.5 Izračun parametra za procjenu kinetike primitka kisika (Δt)

Kinetiku VO_2 , tj. " τ " (vremensku konstantu koja ju opisuje,) moguće je procijeniti iz vremenske razlike (Δt) potrebne da se, u progresivnom testu opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja, dostigne VO_2 koji odgovara VO_2 pri stabilnom stanju i istom intenzitetu aktivnosti (Whipp i sur., 1981).

Kinetiku VO_2 (vremensku konstantu, τ) moguće je procijeniti i iz razlike u VO_2 pri stabilnom stanju ($\Delta VO_2(ss)$) i VO_2 pri istom intenzitetu aktivnosti izmjenjenom u testu s kontinuiranim progresivnim porastom opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja ($\Delta VO_2(t)$), ukoliko VO_2 raste linearno s porastom intenziteta ($dVO_2 / dt = const$) (Whipp i sur., 1981):

$$\tau \cdot dVO_2 / dt + \Delta VO_2(t) = \Delta VO_2(ss), \text{ te je} \quad (6-2)$$

$$\tau = \Delta t = (VO_2(ss) - VO_2(t)) / (dVO_2 / dt) \quad (6-3)$$

odnosno, iz razlike brzine trčanja pri stabilnom stanju (v_{ss}) i brzine trčanja pri istom VO_2 u progresivnom testu opterećenja (v_t):

$$\tau = \Delta t = (v_t - v_{ss}) / (dv / dt) \quad (6-4)$$

Što je brža kinetika VO_2 (tj. što je manji τ), to će vremenska razlika između VO_2 pri stabilnom stanju i VO_2 u testu s progresivnim opterećenjem (Δt) biti manja.

$$\Delta t_{KF1}(s) = (v_{KF1}(VO_{2ss}) - v(ss)) \cdot 60 \quad (6-5)$$

$$v_{KF1}(VO_{2ss}) = (VO_{2ss} - a_{KF1}) / b_{KF1} \quad (6-6)$$

$$\Delta t_{KF05}(s) = (v_{KF05}(VO_{2ss}) - v(ss)) \cdot 30 \quad (6-7)$$

$$v_{KF05}(VO_{2ss}) = (VO_{2ss} - a_{KF05}) / b_{KF05} \quad (6-8)$$

pri čemu je $\text{VO}_{2\text{ss}}$ (mL/kg/min) primitak kisika pri stabilnom stanju, v_{ss} (km/h) je brzina pokretnog sga pri $\text{VO}_{2\text{ss}}$, a_{KF1} , a_{KF05} (mL/kg/min) i b_{KF1} , b_{KF05} (mL*min²/kg/km) su varijable regresijskih jednadžbi u testovima KF1 i KF 05, a Δt_{KF1} i Δt_{KF05} (s) su procijenjene vremenske konstante za protokole KF1 i KF05 (Sl. 6.5.5.1). S obzirom da je u testovima KF1 i KF05, umjesto kontinuiranog porasta opterećenja (tzv. *ramp test*), primijenjen stepeničasti porast opterećenja (tzv. *step test*), a VO_2 je usrednjavao za isti period u oba testa (30 sekundi) $\text{VO}_2(\text{ss})$ je korigiran za povećani primitak kisika:

$$\text{VO}_2(\text{ss})_{\text{kor.}} = \text{VO}_2(\text{ss}) + (d\text{VO}_2 / dt) \cdot (t_{\text{step}} / 2), \quad (6-9)$$

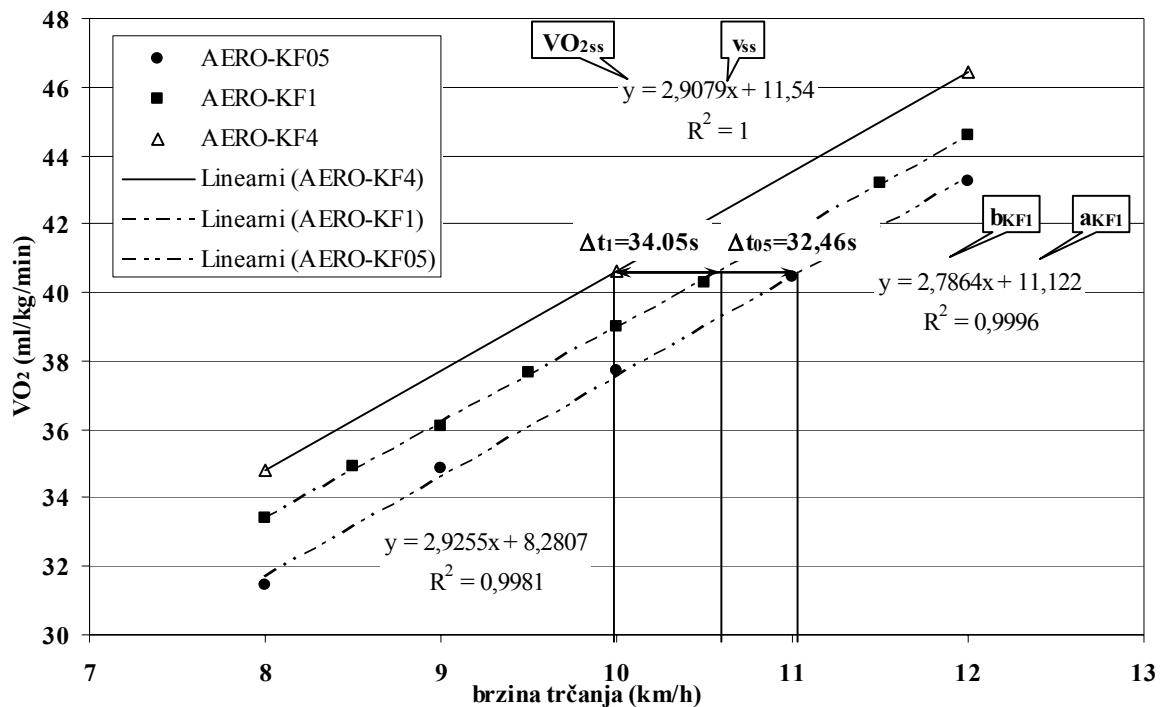
gdje t_{step} označava trajanje pojedinog stupnja opterećenja, odnosno

$$v_{\text{sskor.}} = v_{\text{ss}} - (dv / dt) \cdot (t_{\text{step}} / 2) \quad (6-10)$$

a s obzirom da je umnožak $(dv / dt) \cdot (t_{\text{step}} / 2)$ isti za KF05 i KF1, možemo pisati

$$v_{\text{sskor.}} = v_{\text{ss}} - 0.5 \quad (6-11)$$

Slika 6.5.5.1 Prikaz izračuna parametara za procjenu kinetike VO_2 (Δt) kod jednog ispitanika iz razlike u VO_2 pri stabilnom stanju (test KF4) i VO_2 pri istoj brzini trčanja izmjerenoj u testovima opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja (KF05 i KF1)



- ✓ $\dot{V}O_{2ss}$ (mL/kg/min) je primitak kisika pri stabilnom stanju,
- ✓ v_{ss} (km/h) je brzina pokretnog saga pri $\dot{V}O_{2ss}$,
- ✓ a_{KF1} (mL/kg/min) i b_{KF1} (mL*min²/kg/km) su regresijski koeficijenti u progresivnom testu KF1,
- ✓ Δt_{KF1} i Δt_{KF05} (s) su vremenske konstante za protokole KF1 i KF05

6.5.6 Izračun parametara za procjenu anaerobnog kapaciteta

Anaerobni kapacitet u ovom istraživanju procijenjen je parametrima ukupnog anaerobnog kapaciteta (ANK), izračunat zbrajanjem deficita kisika u aerobnoj (D_{AE}) i anaerobnoj zoni (D_{AN}), maksimalnom koncentracijom laktata u krvi nakon pojedinog protokola (L_{max}) te brzom i sporom komponentom duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}).

Parametar L_{max} je definiran kao postignuta vršna vrijednost koncentracije mliječne kiseline u kapilarnoj krvi, mjerene u 1', 3' i 5' minuti oporavka, nakon pojedinih testova opterećenja.

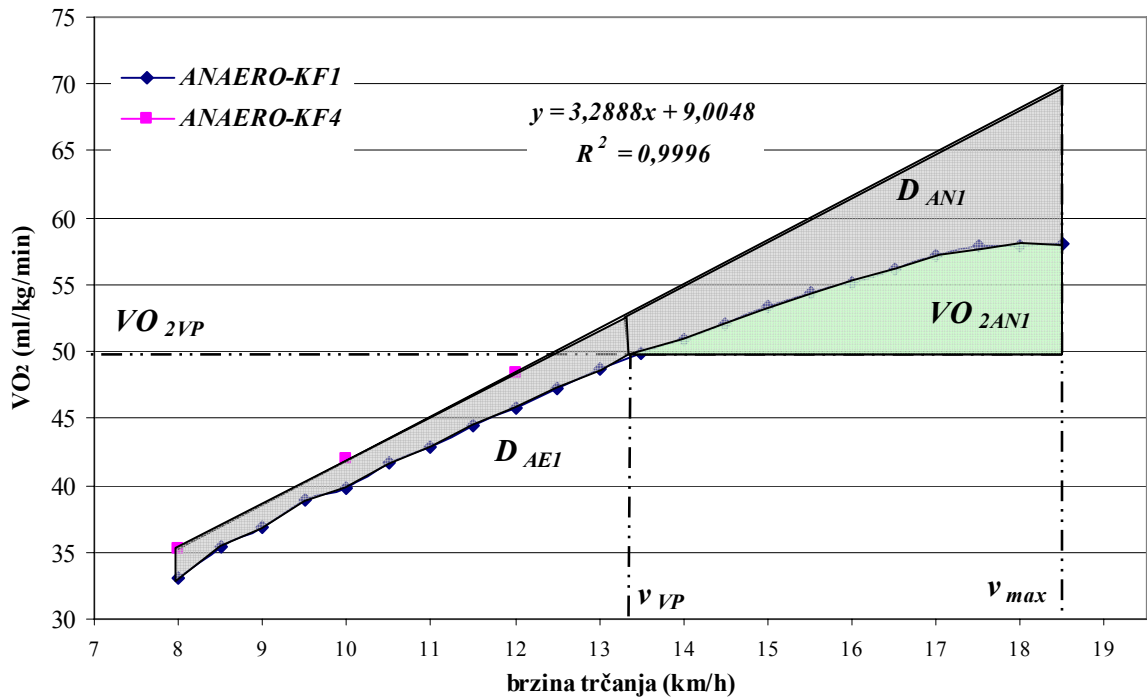
Parametri DK_{BK} i DK_{SK} označavaju dug O_2 potrošen u prve dvije (DK_{BK}) i u sljedeće tri (DK_{SK}) minute oporavka, odnosno od trenutka završetka posljednjeg stupnja opterećenja do isteka druge odnosno pete minute oporavka.

6.5.6.1 Izračun ukupnog anaerobnog kapaciteta (ANK)

Za izračun parametra ANK potrebno je izračunati parametre deficita kisika u aerobnoj i anaerobnoj zoni (D_{AE} i D_{AN}).

$$ANK = D_{AE} + D_{AN} \quad (6-12)$$

Slika 6.5.6.1 Prikaz ukupnog anaerobnog kapaciteta s pripadajućim parametrima



Izračun deficita kisika u aerobnoj zoni (D_{AE})

Za izračun parametra D_{AE} (Slika 6.5.6.1) potrebno je izračunati:

- ✓ vrijednosti RVO_2 pri svakom stupnju opterećenja u protokolima KF05, KF1 i KF4 od početka trčanja (8 km/h) do ventilacijskog anaerobnog praga,

Izračun deficita O_2 u aerobnoj zoni (D_{AE}), zasniva se na razlici u ukupnoj količini O_2 potrošenog u aerobnoj zoni u protokolu u kojem se postiže 'stabilno stanje' (KF4) i 1-minutnog ili ½-minutnog protokola opterećenja (KF05 ili KF1), odnosno ukupnoj razlici VO_2 između dva protokola (KF4 i KF1 ili KF05) u aerobnoj zoni (od početka trčanja (t_8) do prelaska ventilacijskog anaerobnog praga (t_{VP})) (Slika 6.5.6.1).

Parametar deficita kisika u aerobnoj zoni za ½-minutni protokol opterećenja (D_{AE05}) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$D_{AE05} = \left(\sum_{n=t_8}^{n=t_{VP}} (VO_{2KF4n} - VO_{2KF05n}) \right) / 2 \quad (6-13)$$

a parametar deficita kisika u aerobnoj zoni za 1-minutni protokol opterećenja (D_{AE1}) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$D_{AE1} = \left(\sum_{n=t_g}^{n=t_{tp}} (VO_{2KF4n} - VO_{2KF1n}) \right) \quad (6-14)$$

Izračun deficita kisika u anaerobnoj zoni (D_{AN})

Za izračun parametra D_{AN} (Slika 6.5.6.1) potrebno je izračunati:

- ✓ parametar energetske potrebe u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (EP_{AN}),
- ✓ parametar primitka O_2 u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VO_{2AN}),

Parametar deficita kisika u anaerobnoj zoni za ½-minutni protokol opterećenja (D_{AN05}) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$D_{AN05} = EP_{AN05} - VO_{2AN05} \quad (6-15)$$

a parametar deficita kisika u anaerobnoj zoni za 1-minutni protokol opterećenja (D_{AN1}) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$D_{AN1} = EP_{AN1} - VO_{2AN1} \quad (6-16)$$

Za izračun parametra EP_{AN} potreban je:

- ✓ parametar nagiba pravca linearne regresije 4-minutnog protokola (protokola u kojem se postiže 'stabilno stanje' VO_2 (b_{ss}),
- ✓ parametar intervala anaerobne zone (v_{AN} - broj stupnjeva brzine istrčane u anaerobnoj zoni (od ventilacijskog anaerobnog praga do zadnje istrčanog stupnja opterećenja)),
- ✓ parametar 'čistih' istrčanih anaerobnih metara ili prijednog puta u anaerobnoj zoni (s_C).

Parametar energetske potrebe u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu za ½-minutni protokol opterećenja (EP_{AN05}) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$EP_{AN05} = (s_{c05}/8.33) \times (b_{ss}/2) \quad (6-17)$$

a parametar energetske potrebe u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu za 1-minutni protokol opterećenja (EP_{AN1}) (Slika 6.5.6.1) se izračunava pomoću jednadžbe:

$$EP_{AN1} = (s_{c1}/16.66) \times b_{ss} \quad (6-18)$$

Za izračun parametra VO_{2AN} potrebno je poznavati:

- ✓ parametar relativnog primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu (RVO_{2VP}),
- ✓ parametar intervala anaerobne zone (v_{AN} - broj stupnjeva brzine istrčane u anaerobnoj zoni (od ventilacijskog anaerobnog praga do zadnje istrčanog stupnja opterećenja)),
- ✓ vrijednosti RVO_2 pri svakom stupnju opterećenja od ventilacijskog anaerobnog praga do kraja testa.

Izračun parametra primitka O_2 u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VO_{2AN}), zasniva se na ukupnoj količini O_2 potrošenog u anaerobnoj zoni iznad vrijednosti RVO_{2VP} , odnosno ukupnoj količini O_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu od trenutka prelaska ventilacijskog anaerobnog praga (t_{VP}) do trenutka završetka zadnjeg stupnja opterećenja (t_{max}) (Slika 6.5.6.1).

$$VO_{2AN} = \left(\sum_{n=t_{VP}}^{n=t_{max}} (VO_{2n} - VO_{2VP}) \right) \quad (6-19)$$

Izračuni parametra 'čistih' istrčanih anaerobnih metara ili prijeđenog puta u anaerobnoj zoni (s_C)

Izračun ukupno istrčanih metara, ili prijeđenog puta u anaerobnoj zoni (s_{UK}), zasniva se na zbroju istrčanih metara u svakom od stupnjeva opterećenja od ventilacijskog anaerobnog praga (s_{tVT}) do kraja testa, odnosno do početka 5 minutnog oporavka (s_{tmax}).

Prijeđeni put u jedinici vremena je definiran kao:

$$\Delta s = v * \Delta t \quad (6-20)$$

a pređeni put pri brzini ventilacijskog anaerobnog praga:

$$\Delta s_{tVP} = v_{VP} * \Delta t \quad (6-21)$$

uz uvjet da je $\Delta t=60$ sek u protokolima KF1 i KF4, a $\Delta t=30$ sek u protokolu KF05 konstantan, a brzina izražena u m/s.

S obzirom da je nama cilj izračunati ukupno prijeđeni put u anaerobnoj zoni (od ventilacijskog anaerobnog praga do kraja testa), moramo zbrojiti prijeđeni put pri svakoj brzini nakon ventilacijskog anaerobnog praga, odnosno:

$$s_{UK} = \Delta s_{tVP} + \Delta s_{tVP+1} + \Delta s_{tVP+2} + \dots + \Delta s_{tmax} \quad (6-22)$$

ili kraće zapisano:

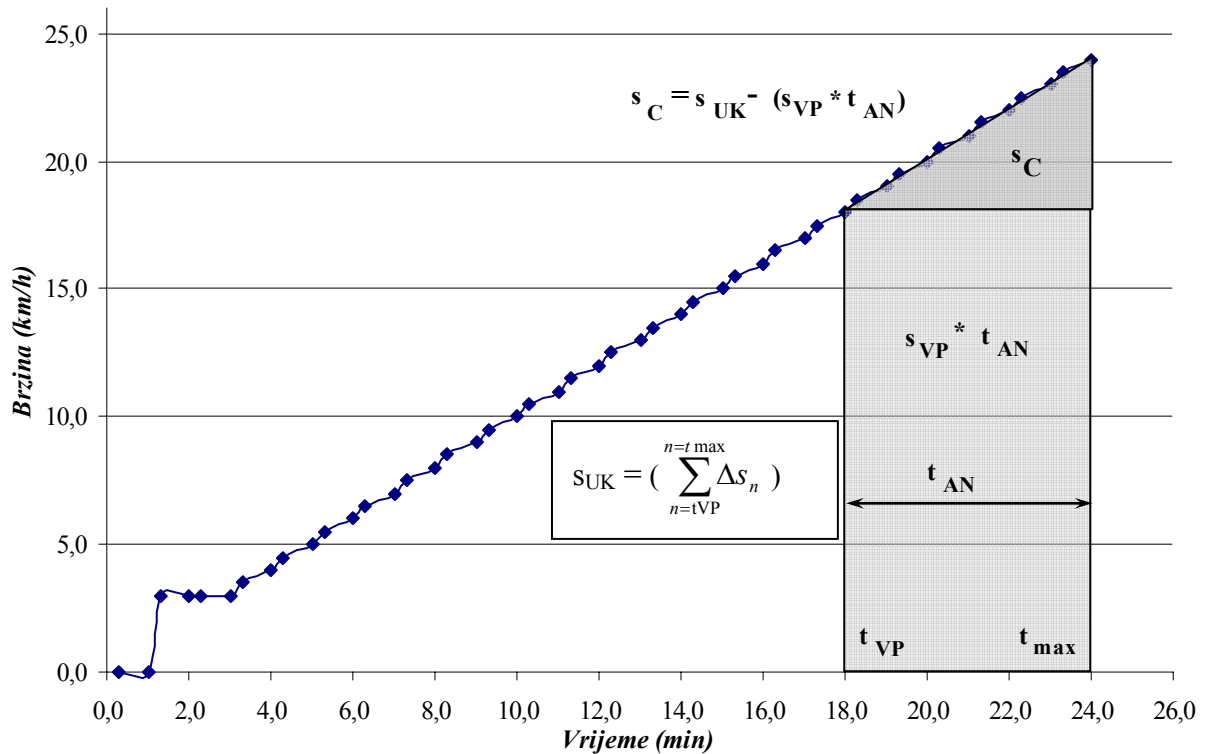
$$s_{UK} = \left(\sum_{n=tVP}^{n=tmax} \Delta s_n \right) \quad (6-23)$$

Izračun 'čistih' istrčanih anaerobnih metara ili prijeđenog puta (s_C), zasniva se na razlici između s_{UK} i produkta istrčanih metara pri stupnju opterećenja pri ventilacijskom anaerobnom pragu (s_{tVT}) i broju stupnjeva opterećenja u anaerobnoj zoni (t_{AN}) (Prilog 11.1).

$$s_C = s_{UK} - (s_{tVP} * t_{AN}); \text{ uz} \quad (6-24)$$

$$t_{AN} = t_{max} - t_{VP} \quad (6-25)$$

Slika 6.5.6.2 Prikaz izračuna ukupnih i 'čistih' istrčanih metara u anaerobnoj zoni (s_{UK} ; s_C), kod jednog ispitanika



6.5.6.2 Izračun parametara za procjenu brze i spore komponente duga kisika

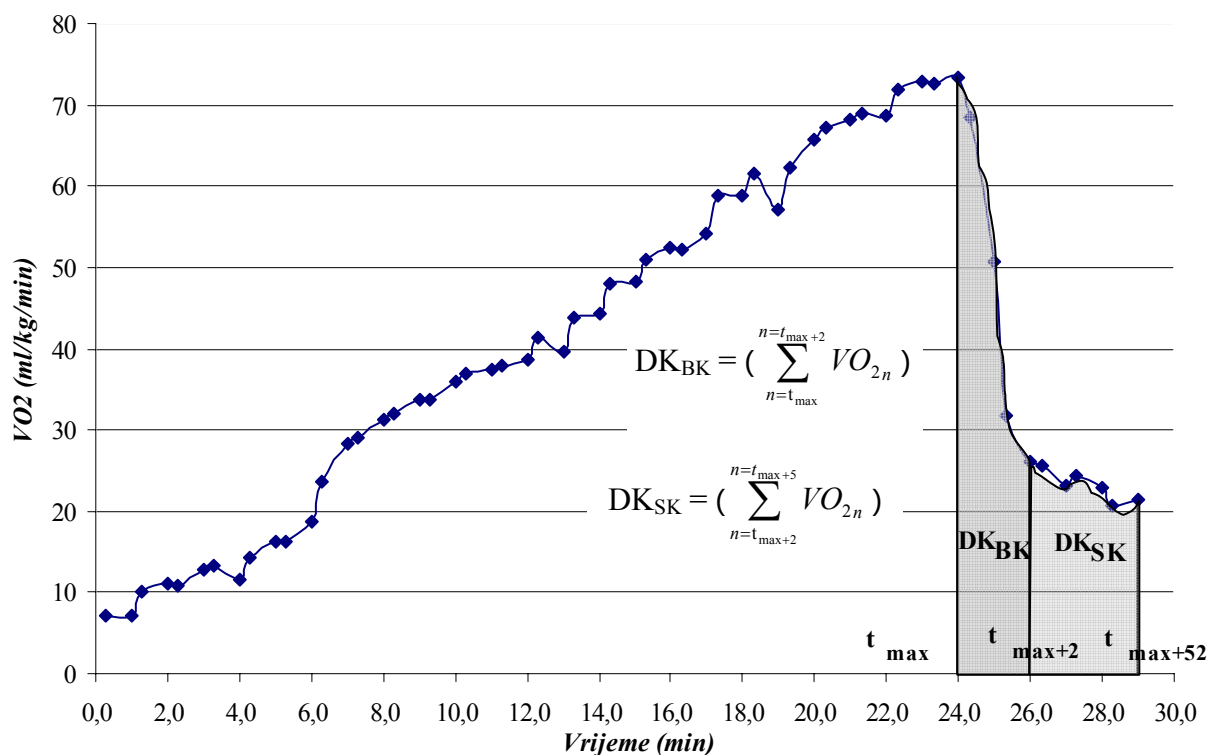
Parametar za procjenu brze komponente duga kisika (DK_{BK}), odgovara ukupnoj količini O_2 potrošenog u prve dvije minute oporavka, odnosno od trenutka završetka zadnjeg stupnja opterećenja (t_{max}) do isteka druge minute oporavka (t_{max+2}) (Slika 6.5.6.3).

$$DK_{BK} = \left(\sum_{n=t_{max}}^{n=t_{max+2}} VO_{2n} \right) \quad (6-26)$$

Parametar za procjenu spore komponente duga kisika (DK_{SK}), odgovara ukupnoj količini O_2 potrošenog u sljedeće tri minute oporavka, odnosno od trenutka isteka druge minute oporavka (t_{max+2}) do isteka pete minute oporavka (t_{max+5}) (Slika 6.5.7.1).

$$DK_{SK} = \left(\sum_{n=t_{max+2}}^{n=t_{max+5}} VO_{2n} \right) \quad (6-27)$$

Slika 6.5.6.3 Prikaz izračuna brze i spore komponente duga kisika (DK_{BK} ; DK_{SK}), kod jednog ispitanika na osnovu VO_2 u prve dvije (DK_{BK}) i razlici između druge i pete (DK_{SK}) minute oporavka nakon maksimalne dostignute brzine trčanja (t_{max})



6.5.7 Blant-Altman analiza podudarnosti KF05 i KF1

Analiza podudarnosti između testova KF05 i KF1 u najznačajnijim parametrima za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta provjerena je Blant-Altmanovom analizom podudarnosti.

7 REZULTATI

7.1 Deskriptivna analiza

Breath-by-breath podaci dobiveni iz protokola KF05, KF1 i KF4 te VO_{2max} usrednjeni su na vremenski period od 30 sekundi. Ventilacijski anaerobni pragovi određeni *V-slope* metodom i vizualnom inspekcijom (Slika 6.4.1), razlikovali su se između dvaju procjenjivača u 5, 7 i 9 ispitanika za KF05, KF1 i KF4. Te su razlike u svim slučajevima iznosile $\frac{1}{2}$ do $1\frac{1}{2}$ stupanj opterećenja; u tim je testovima prag određen usuglašavanjem između procjenjivača.

7.1.1 Deskriptivna analiza ventilacijskih i metaboličkih parametara

Osnovni deskriptivni parametri prikazani su u Tablicama 7.1.1 – 9

7.1.1.1 Deskriptivna analiza ventilacijskih i metaboličkih parametara u testu KF05

Tablica 7.1.1 Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u testu KF05

<i>n=48</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2max05} (L/min)	4.48	3.57	5.57	0.43	0.67	0.77	0.10
RVO_{2max05} (mL/kg/min)	62.51	50.90	75.93	6.17	0.09	-0.57	0.08
VO_{2VP05} (L/min)	3.88	3.26	4.69	0.38	0.43	-0.48	0.07
RVO_{2VP05} (mL/kg/min)	54.05	44.90	67.46	5.66	0.29	-0.32	0.06
%VO_{2VP05} (%)	86.48	79.74	94.44	3.51	0.42	-0.21	0.09
v_{max05} (km/h)	22.15	17.00	25.00	1.98	-0.43	-0.02	0.11
v_{VP05} (km/h)	15.95	11.00	20.50	2.18	-0.13	-0.28	0.10
L_{max05} (mmol/l)	13.25	7.40	17.90	2.71	-0.43	-0.70	0.12
D_{AE05} (mL/kg)	21.52	-19.69	76.89	16.66	0.97	2.88	0.13
D_{AN05} (mL/kg)	20.21	1.84	51.17	11.31	0.35	0.08	0.13
VO_{2AN05} (mL/kg)	16.03	2.26	29.51	6.37	-0.05	-0.50	0.07
EP_{AN05} (mL/kg)	36.24	9.96	77.06	13.45	0.46	0.50	0.08
ANK_{05} (mL/kg)	41.73	-10.55	97.75	21.43	0.31	0.62	0.08
DK_{BK05} (mL/kg)	47.61	30.68	59.00	28.32	6.54	-0.18	0.11
DK_{SK05} (mL/kg)	22.40	7.30	41.00	6.38	0.58	1.17	0.12
FS_{max05} (l/min)	192.35	171.00	209.00	8.46	-0.56	0.48	0.10
FS_{VP05} (l/min)	174.31	153.00	193.00	9.62	-0.36	-0.33	0.09
VE_{max05} (L/min)	163.09	121.40	216.00	18.69	0.37	1.14	0.11
VE_{VP05} (L/min)	102.93	75.70	139.90	15.04	0.55	0.09	0.08
RQ_{max05}	1.25	1.13	1.48	0.08	0.66	0.17	0.11
RQ_{VP05}	1.00	0.97	1.06	0.02	0.78	1.53	0.16

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.2 Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za 'aerobnu' skupinu trkača u testu KF05

<i>n=23</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2max05} (L/min)	4.63	3.57	5.57	0,50	0,13	0,50	0.17
RVO_{2max05} (mL/kg/min)	66.96	57.48	75.93	4,43	0,23	0,07	0.11
VO_{2VP05} (L/min)	4.01	3.33	4.69	0,38	0,21	-0,51	0.11
RVO_{2VP05} (mL/kg/min)	58.16	51.45	67.46	4,08	0,89	0,32	0.17
%VO_{2VP05} (%)	86.90	81.76	93.31	3,30	0,28	-0,74	0.14
v_{max 05} (km/h)	23.48	21.00	25.00	1,31	-0,08	-1,33	0.23
v_{VP05} (km/h)	17.61	15.50	20.50	1,37	0,40	-0,57	0.19
L_{max 05} (mmol/l)	11.77	7.40	17.90	3,03	0,57	-0,68	0.12
D_{AE05} (mL/kg)	20.75	-19.69	76.89	21.40	1.06	2.12	0.15
D_{AN05} (mL/kg)	13.82	1.84	34.75	10.37	0.70	-0.78	0.19
VO_{2AN05} (mL/kg)	15.62	3.85	26.32	6.58	-0.21	-0.93	0.14
EP_{AN05} (mL/kg)	29.45	9.95	53.55	11.88	0.48	-0.44	0.14
ANK₀₅ (mL/kg)	34.57	-10.55	97.75	26.03	0.99	1.17	0.18
DK_{BK05} (mL/kg)	50.04	39.10	59.00	6.31	-0.29	-1.35	0.12
DK_{SK05} (mL/kg)	20.33	7.30	33.00	6.07	0.11	0.17	0.09
FS_{max 05} (1/min)	188.96	171.00	209.00	9,97	0,05	-0,09	0.17
FS_{VP05} (1/min)	171.70	153.00	193.00	11,28	0,24	-0,71	0.10
VE_{max 05} (L/min)	161.57	125.00	203.30	17,88	0,03	0,53	0.12
VE_{VP05} (L/min)	108.89	89.40	139.90	12,88	0,60	0,34	0.18
RQ_{max 05}	1.24	1.13	1.35	0,06	-0,17	-0,89	0.16
RQ_{VP05}	1.00	0.97	1.03	0,02	0,42	-0,51	0.21

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.1.3 Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za skupinu 'anaerobnih' trkača u protokolu KF05

<i>n=25</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2max05} (L/min)	4.35	3.91	4.96	0,30	0,96	-0,28	0.17
RVO_{2max05} (mL/kg/min)	58.42	50.90	66.48	4,73	-0,10	-0,60	0.11
VO_{2VP05} (L/min)	3.75	3.26	4.33	0,32	0,32	-0,93	0.12
RVO_{2VP05} (mL/kg/min)	50.26	44.90	58.60	3,92	0,65	-0,29	0.10
%VO_{2VP05} (%)	86.09	79.74	94.44	4,63	1,21	1,84	0.13
v_{max 05} (km/h)	20.92	17.00	24.00	1,68	-0,55	-0,05	0.20
v_{VP05} (km/h)	14.42	11.00	17.50	1,58	-0,34	0,02	0.16
L_{max 05} (mmol/l)	14.41	10.70	18.90	1,41	0,04	-0,66	0.08
D_{AE05} (mL/kg)	22.20	3.41	47.00	11.41	0.42	-0.50	0.11
D_{AN05} (mL/kg)	25.83	12.19	51.17	8.99	1.20	1.84	0.25
VO_{2AN05} (mL/kg)	16.39	2.26	29.51	6.30	0.13	-0.01	0.11
EP_{AN05} (mL/kg)	42.22	24.33	77.06	11.98	0.89	1.55	0.08
ANK₀₅ (mL/kg)	48.03	24.01	79.50	14.11	0.34	-0.36	0.13
DK_{BK05} (mL/kg)	45.38	30.68	56.70	6.04	-0.29	0.19	0.13
DK_{SK05} (mL/kg)	24.31	14.80	41.00	6.16	1.21	1.49	0.19
FS_{max 05} (1/min)	195.48	185.00	206.00	5,29	-0,05	-0,39	0.10
FS_{VP05} (1/min)	176.72	155.00	187.00	7,21	-1,01	1,89	0.12
VE_{max 05} (L/min)	164.49	121.40	216.00	19,66	0,59	1,71	0.14
VE_{VP05} (L/min)	97.45	75.70	139.30	15,02	1,09	1,40	0.17
RQ_{max 05}	1.27	1.14	1.48	0,09	0,64	-0,49	0.14
RQ_{VP05}	1.00	0.97	1.06	0,02	1,05	2,97	0.15

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Analizom deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa dobivenih u protokolu KF05 na uzorku atletičara svih trkačkih disciplina zajedno te trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablica 7.1.1 – 3), ustanovljeno je da je većina rezultata u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara normalno distribuirana uz grešku zaključivanja od 0.05. Može se zaključiti da oblik distribucije neće značajnije utjecati na analizu rezultata ovog skupa varijabli.

7.1.1.2 Deskriptivna analiza ventilacijskih i metaboličkih parametara u testu KF1

Tablica 7.1.4 Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u testu KF1

<i>n=48</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2max1} (L/min)	4.44	3.40	5.54	0.45	0.16	0.46	0.12
RVO_{2max1}(mL/kg/min)	62.04	51.45	75.85	6.03	0.20	-0.60	0.07
VO_{2VP1} (L/min)	3.83	2.91	4.92	0.42	0.28	0.15	0.07
RVO_{2VP1} (mL/kg/min)	53.49	41.53	67.36	5.82	0.25	-0.61	0.09
%VO_{2VP1} (%)	86.30	75.00	92.63	3.60	-0.78	1.20	0.13
v_{max1} (km/h)	19.99	15.00	24.00	2.05	-0.39	-0.20	0.11
v_{VP1} (km/h)	14.94	11.00	19.50	2.22	0.19	-0.89	0.08
L_{max1} (mmol/l)	13.31	6.00	18.90	2.76	-0.09	-0.06	0.06
D_{AE1} (mL/kg)	19.51	-40.96	76.89	20.92	-0.05	1.95	0.12
D_{AN1} (mL/kg)	24.18	-1.24	73.11	15.31	0.92	1.06	0.11
VO_{2AN1} (mL/kg)	24.81	7.65	50.65	8.96	1.03	1.17	0.13
EP_{AN1} (mL/kg)	48.99	24.25	95.87	18.11	0.80	0.04	0.12
ANK₁ (mL/kg)	43.69	-31.34	104.79	27.22	-0.52	0.98	0.10
DK_{BK1} (mL/kg)	48.35	37.80	60.30	5.96	0.37	-0.83	0.15
DK_{SK1} (mL/kg)	20.98	12.72	33.70	4.89	0.49	0.06	0.07
FS_{max1} (l/min)	194.44	171.00	210.00	8.66	-0.35	-0.25	0.08
FS_{VP1} (l/min)	176.23	153.00	196.00	10.15	-0.30	-0.29	0.09
VE_{max1} (L/min)	161.29	114.50	219.20	19.92	0.59	1.21	0.11
VE_{VP1} (L/min)	102.56	70.00	128.60	13.84	0.09	-0.40	0.08
RQ_{max1}	1.18	1.10	1.29	0.04	0.39	-0.18	0.09
RQ_{VP1}	1.00	0.97	1.05	0.02	1.31	2.51	0.30**

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.1.5. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za 'aerobnu' skupinu trkača u testu KF1

<i>n=23</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2 max 1} (L/min)	4.59	3.43	5.54	0.50	-0.17	0.25	0.10
RVO_{2 max 1} (mL/kg/min)	66.43	60.42	75.85	4.49	0.30	-0.90	0.13
VO_{2VP1} (L/min)	3.98	2.91	4.92	0.47	-0.15	0.03	0.09
RVO_{2VP1} (mL/kg/min)	57.57	50.33	67.36	4.49	0.18	-0.64	0.12
%VO_{2VP1} (%)	86.88	81.41	91.18	2.56	-0.27	0.38	0.11
v_{max 1} (km/h)	21.52	19.00	24.00	1.26	-0.24	-0.39	0.21
v_{VP1} (km/h)	16.74	14.00	19.50	1.51	-0.16	-0.97	0.19
L_{max 1} (mmol/l)	12.12	6.00	18.80	2.96	0.48	0.44	0.12
D_{AE1} (mL/kg)	19.13	-40.96	76.89	28.01	-0.02	0.45	0.13
D_{AN1} (mL/kg)	15.99	-1.24	44.94	10.60	0.92	1.25	0.11
VO_{2AN1} (mL/kg)	24.66	13.78	40.67	6.02	0.67	1.03	0.13
EP_{AN1} (mL/kg)	40.64	24.25	71.78	12.82	0.81	0.28	0.13
ANK₁ (mL/kg)	35.12	-31.34	104.79	34.14	0.04	0.15	0.12
DK_{BK1} (mL/kg)	51.25	43.80	60.30	5.80	0.11	-1.51	0.15
DK_{SK1} (mL/kg)	19.72	12.72	32.50	5.08	0.83	0.52	0.09
FS_{max 1} (l/min)	190.83	171.00	210.00	8.68	-0.04	0.47	0.13
FS_{VP1} (l/min)	173.26	153.00	196.00	10.36	-0.16	0.03	0.13
VE_{max 1} (L/min)	162.27	125.10	219.20	20.70	0.80	1.39	0.14
VE_{VP1} (L/min)	107.84	79.30	127.50	13.80	-0.23	-0.69	0.14
RQ_{max 1}	1.17	1.10	1.26	0.04	0.58	0.28	0.15
RQ_{VP1}	1.00	0.97	1.05	0.01	1.81	8.25	0.33**

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.1.6. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za skupinu 'anaerobnih' trkača u testu KF1

<i>n=25</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2 max 1} (L/min)	4.30	3.40	5.01	0.34	-0.30	0.94	0.15
RVO_{2 max 1} (mL/kg/min)	58.00	51.45	65.86	4.16	0.20	-0.97	0.11
VO_{2VP1} (L/min)	3.69	3.05	4.28	0.31	-0.08	-0.23	0.11
RVO_{2VP1} (mL/kg/min)	49.73	41.53	59.30	4.14	0.56	0.45	0.12
%VO_{2VP1} (%)	85.77	75.00	92.63	4.33	-0.61	0.33	0.15
v_{max 1} (km/h)	18.58	15.00	21.00	1.57	-0.75	-0.37	0.21
v_{VP1} (km/h)	13.28	11.00	15.50	1.25	-0.06	-0.62	0.15
L_{max 1} (mmol/l)	14.41	10.70	18.90	2.06	0.10	0.01	0.08
D_{AE1} (mL/kg)	19.85	-8.89	46.91	12.32	0.11	0.29	0.10
D_{AN1} (mL/kg)	31.39	6.03	73.11	15.35	0.79	0.93	0.11
VO_{2AN1} (mL/kg)	24.95	7.65	50.65	11.06	0.98	0.28	0.18
EP_{AN1} (mL/kg)	56.33	26.65	95.87	19.10	0.48	-0.62	0.12
ANK₁ (mL/kg)	51.24	25.27	76.23	16.55	-0.02	-1.41	0.14
DK_{BK1} (mL/kg)	45.68	37.80	55.70	4.83	0.44	-0.47	0.14
DK_{SK1} (mL/kg)	22.14	13.40	33.70	4.50	0.43	0.55	0.06
FS_{max 1} (l/min)	197.76	183.00	208.00	7.32	-0.49	-0.84	0.13
FS_{VP1} (l/min)	178.96	161.00	196.00	9.33	-0.37	-0.50	0.11
VE_{max 1} (L/min)	160.38	114.50	208.70	19.56	0.39	1.49	0.14
VE_{VP1} (L/min)	97.70	70.00	128.60	12.23	0.20	0.77	0.10
RQ_{max 1}	1.18	1.10	1.29	0.05	0.22	-0.22	0.11
RQ_{VP1}	1.01	0.98	1.05	0.02	1.06	1.04	0.26

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Analizom deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa dobivenih u protokolu KF1 na uzorku atletičara svih trkačkih disciplina zajedno te trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablica 7.1.4 – 6), ustanovljeno je da je većina rezultata u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara normalno distribuirana uz grešku zaključivanja od 0.05, osim u varijablama pretrčani metri u anaerobnoj zoni (s_{c1}) i respiracijski kvocijent pri ventilacijskom anaerobnom pragu (RQ_{VP1}) u uzorku svih trkača zajedno i RQ_{VP1} kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog kapaciteta kod kojih je vidljiva nešto izraženija pozitivna asimetrija. Može se zaključiti da oblik distribucije neće značajnije utjecati na analizu rezultata ovog skupa varijabli.

7.1.1.3 Deskriptivna analiza ventilacijskih i metaboličkih parametara u testu KF4

Tablica 7.1.7. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara svih ispitanika u testu KF4

<i>n=48</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2 max 4} (L/min)	4.42	3.34	5.64	0.45	0.21	0.35	0.08
RVO_{2max4} (mL/kg/min)	61.57	48.85	77.24	5.95	0.17	-0.26	0.09
VO_{2VP4} (L/min)	3.87	3.01	4.79	0.37	0.17	0.29	0.10
RVO_{2VP4} (mL/kg/min)	53.88	44.46	66.98	5.51	0.51	-0.51	0.12
%VO_{2VP4} (%)	87.55	78.72	98.47	3.86	0.56	0.560	0.13
v_{max 4} (km/h)	17.40	13.00	20.75	2.05	-0.30	-0.79	0.10
v_{VP4} (km/h)	13.84	10.25	18.25	2.10	0.30	-0.73	0.13
L_{max 4} (mmol/l)	11.33	4.00	16.00	2.85	-0.38	-0.30	0.07
DK_{BK4} (mL/kg)	45.07	34.80	60.60	5.85	0.51	-0.07	0.09
DK_{SK4} (mL/kg)	18.44	7.50	36.80	6.25	0.39	0.11	0.09
FS_{max 4} (1/min)	193.25	173.00	208.00	8.59	-0.56	-0.14	0.14
FS_{VP4} (1/min)	176.71	157.00	197.00	8.80	-0.07	-0.12	0.06
VE_{max 4} (L/min)	157.02	112.50	212.30	20.24	0.70	1.50	0.13
VE_{VP4} (L/min)	105.55	77.20	135.00	15.42	0.01	-0.77	0.08
RQ_{max 4}	1.11	1.04	1.20	0.03	0.26	0.41	0.13
RQ_{VP4}	1.00	0.97	1.05	0.02	0.76	2.03	0.24**

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.1.8. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za 'aerobnu' skupinu trkača u testu KF4

<i>n=23</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2 max 4} (L/min)	4.54	3.34	5.64	0.53	-0.15	0.15	0.10
RVO_{2 max 4} (mL/kg/min)	65.53	58.20	77.24	4.58	0.35	0.48	0.10
VO_{2VP4} (L/min)	3.98	3.04	4.79	0.44	-0.14	-0.28	0.09
RVO_{2VP4} (mL/kg/min)	57.63	50.46	66.98	4.76	0.24	-0.95	0.11
%VO_{2VP4} (%)	87.97	78.72	98.47	4.51	0.31	0.37	0.11
v_{max 4} (km/h)	19.07	17.00	20.75	1.02	-0.10	-0.79	0.17
v_{VP4} (km/h)	15.58	12.75	18.25	1.43	0.25	-0.55	0.20
L_{max 4} (mmol/l)	10.12	4.00	15.30	2.97	-0.15	-0.58	0.14
DK_{BK4} (mL/kg)	46.98	38.20	56.60	5.29	0.14	-0.77	0.08
DK_{SK4} (mL/kg)	16.82	7.50	28.10	6.21	0.37	-1.03	0.17
FS_{max 4} (1/min)	189.87	173.00	208.00	9.32	-0.19	-0.47	0.15
FS_{VP4} (1/min)	173.91	157.00	197.00	9.71	0.36	0.27	0.15
VE_{max 4} (L/min)	156.06	119.60	206.80	20.30	0.48	0.65	0.10
VE_{VP4} (L/min)	110.02	80.90	135.00	16.44	-0.18	-0.99	0.14
RQ_{max 4}	1.10	1.04	1.16	0.03	-0.31	0.53	0.14
RQ_{VP4}	1.00	0.97	1.04	0.01	0.51	2.81	0.22

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.1.9. Osnovni deskriptivni parametri u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara za skupinu 'anaerobnih' trkača u testu KF4

<i>n=25</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
VO_{2 max 4} (L/min)	4.32	3.59	5.08	0.34	0.14	0.04	0.09
RVO_{2 max 4} (mL/kg/min)	57.92	48.85	67.89	4.60	0.39	0.26	0.10
VO_{2VP4} (L/min)	3.76	3.01	4.20	0.28	-0.45	0.95	0.10
RVO_{2VP4} (mL/kg/min)	50.42	44.46	58.76	3.58	0.74	0.40	0.18
%VO_{2VP4} (%)	87.16	81.65	94.04	3.21	0.84	0.41	0.20
v_{max 4} (km/h)	15.87	13.00	18.50	1.46	-0.16	-0.73	0.14
v_{VP4} (km/h)	12.25	10.25	14.50	1.13	0.19	-0.25	0.15
L_{max 4} (mmol/l)	12.45	8.60	16.00	2.26	-0.07	-1.07	0.11
DK_{BK4} (mL/kg)	43.30	34.80	60.60	5.89	1.12	1.90	0.12
DK_{SK4} (mL/kg)	19.92	8.70	36.80	6.02	0.58	1.39	0.08
FS_{max 4} (1/min)	196.36	181.00	206.00	6.63	-0.48	-0.34	0.13
FS_{VP4} (1/min)	179.28	165.00	193.00	7.13	-0.11	-0.38	0.13
VE_{max 4} (L/min)	157.91	112.50	212.30	20.57	0.94	2.72	0.20
VE_{VP4} (L/min)	101.44	77.20	125.70	13.46	-0.17	-0.76	0.10
RQ_{max 4}	1.12	1.07	1.20	0.03	0.60	-0.11	0.16
RQ_{VP4}	1.00	0.97	1.05	0.02	0.85	1.82	0.25

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Analizom deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa dobivenih u protokolu KF4 na uzorku atletičara svih trkačkih disciplina zajedno te trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablica 7.1.7 – 9), ustanovljeno je da je većina rezultata u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara normalno distribuirana uz grešku zaključivanja od 0.05, osim u varijabli respiracijski kvocijent pri ventilacijskom anaerobnom pragu (RQ_{VP4}) u uzorku svih trkača zajedno u kojoj je vidljiva nešto izraženija pozitivna asimetrija. Može se zaključiti da oblik distribucije neće značajnije utjecati na analizu rezultata ovog skupa varijabli.

7.1.2 Deskriptivna analiza parametara trkačke ekonomičnosti

Parametar ekonomičnosti trčanja određen je na temelju vrijednosti ventilacijskih i metaboličkih parametara dobivenih K4 protokolom na pokretnoj traci mjerenjem VO_2 u mirovanju i u stabilnom stanju pri brzinama 8, 10 i 12 km/h trčanja ($C = (\text{VO}_{2\text{ss}} - \text{VO}_{2\text{mir}}) \text{ v}^{-1}$ ($\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{m}$)). U tablicama 7.1.10 – 12 prikazani su osnovni deskriptivni parametri izračunatih vrijednosti ekonomičnosti trčanja pri 8km/h (C8), 10 km/h (C10) i 12 km/h (C12) te prosječnu vrijednost ekonomičnosti trčanja (C) za atletičare svih trkačkih disciplina zajedno te za atletičare sa dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta zasebno.

Tablica 7.1.10. Osnovni deskriptivni parametri ekonomičnosti trčanja svih trkača

<i>n=48</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
C 8 (mLO₂/kg/m)	0.205	0.169	0.241		-0.01	-0.47	0.06
C 10 (mLO₂/kg/m)	0.201	0.167	0.236		0.15	-0.39	0.05
C 12 (mLO₂/kg/m)	0.199	0.167	0.233		0.34	-0.45	0.07
C (mLO₂/kg/m)	0.202	0.168	0.237		0.13	-0.38	0.07

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.11. Osnovni deskriptivni parametri ekonomičnosti trčanja za AERO skupinu trkača

<i>n=23</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
C 8 (mLO₂/kg/m)	0.200	0.169	0.223	0.02		-0.47	0.13
C 10 (mLO₂/kg/m)	0.195	0.167	0.216	0.01		-0.29	0.11
C 12 (mLO₂/kg/m)	0.191	0.167	0.216	0.01		0.22	0.11
C (mLO₂/kg/m)	0.195	0.168	0.216	0.01		-0.33	0.16

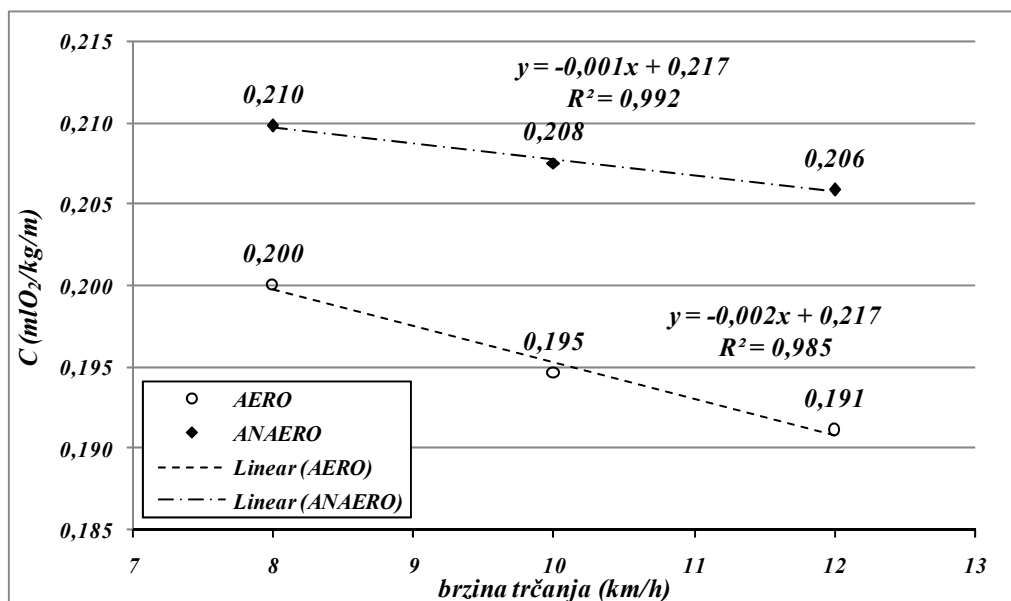
Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.12. Osnovni deskriptivni parametri ekonomičnosti trčanja za ANAERO skupinu trkača

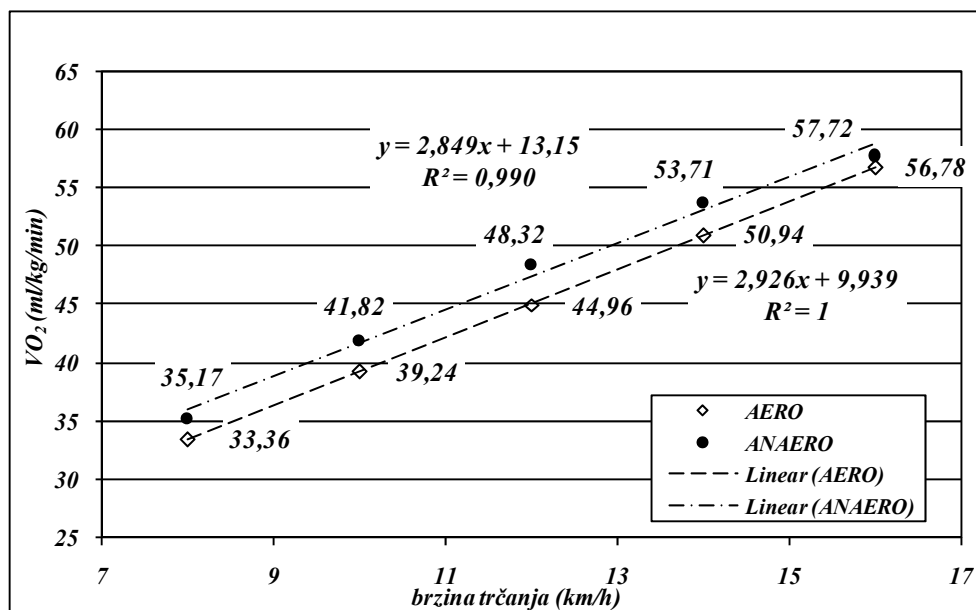
<i>n=25</i>	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
C 8 (mLO₂/kg/m)	0.210	0.171	0.241	0.02	-0.06	-0.70	0.11
C 10 (mLO₂/kg/m)	0.208	0.175	0.236	0.02	-0.18	-0.62	0.09
C 12 (mLO₂/kg/m)	0.206	0.176	0.233	0.02	-0.17	-0.59	0.09
C (mLO₂/kg/m)	0.208	0.174	0.237	0.02	-0.16	-0.61	0.08

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

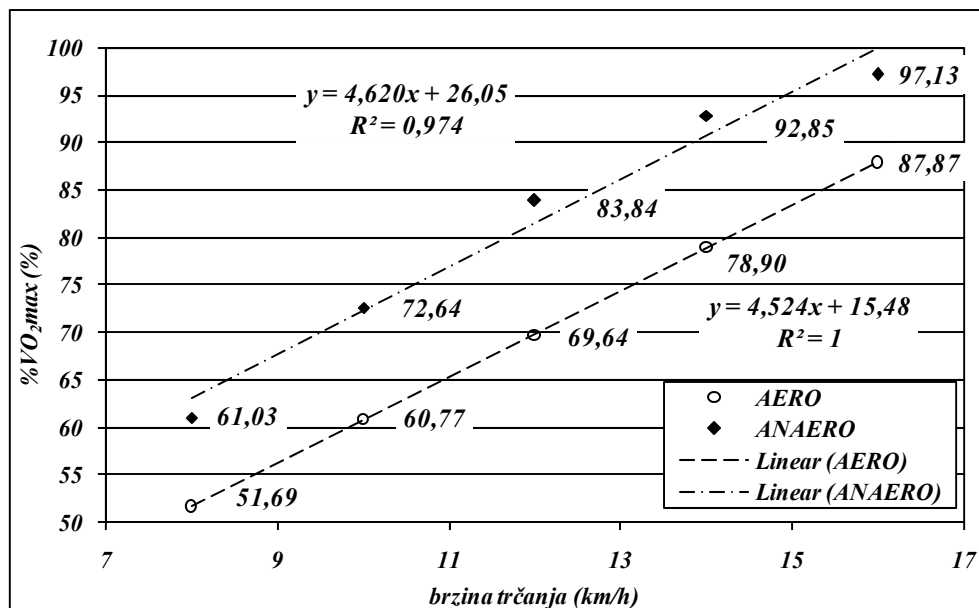
Slika 7.1.1. Prikaz trkačke ekonomičnosti pri brzinama od 8, 10 i 12 km/h AERO i ANAERO trkača



Slika 7.1.2. $\text{VO}_{2\text{SS}}$ pri brzinama od 8, 10, 12, 14 i 16 km/h u AERO i ANAERO trkača koji su završili ove stupnjeve opterećenja



Slika 7.1.3. %VO_{2max} pri brzinama od 8, 10, 12, 14 i 16 km/h u AERO i ANAERO trkača trkača koji su završili ove stupnjeve opterećenja



Analizom deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa u varijablama ekonomičnosti trčanja na uzorku atletičara svih trkačkih disciplina zajedno te trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablica 7.1.10 – 12), ustanovljeno je da su svi rezultati u varijablama normalno distribuirani uz grešku zaključivanja od 0.05, te se može se zaključiti da oblik distribucije neće značajnije utjecati na analizu rezultata ovog skupa varijabli.

7.1.3 Deskriptivna analiza kinetike primitka kisika

Parametar kinetika VO₂ (vremenska konstanta, Δt) procijenjena je iz razlike u VO₂ pri stabilnom stanju (KF4) i VO₂ pri istom intenzitetu aktivnosti izmjenom u progresivnom testu opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja (KF05 i KF1). U tablicama 7.1.13 – 18 prikazani su osnovni deskriptivni parametri izračunatih vrijednosti vremenske konstante kinetike VO₂ procijenjene pri brzinama 8 km/h, 10 km/h i 12 km/h trčanja a izražene kao prosječna vrijednost vremenske konstante kinetike VO₂ (Δt) u protokolima KF05 i KF1 za atletičare svih trkačkih disciplina zajedno te za atletičare sa dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta zasebno.

7.1.3.1 Deskriptivna analiza kinetike primitka kisika u testu KF05

Tablica 7.1.13. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ svih trkača u testu KF05

<i>n</i> =48	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_{05} (s)	42.50	-37.55	92.03	25.33	-0.39	0.93	0.07

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.14. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ AERO trkača u testu KF05

<i>n</i> =23	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_{05} (s)	32.46	-37.55	84.25	26.56	-0.44	1.18	0.09

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.15. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ ANAERO trkača u testu KF05

<i>n</i> =25	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_{05} (s)	51.33	15.45	92.03	20.96	0.25	-0.69	0.10

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

7.1.3.2 Deskriptivna analiza kinetike primitka kisika u testu KF1

Tablica 7.1.16. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ svih trkača u testu KF1

<i>n</i> =48	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_1 (s)	44.62	-66.68	144.73	41.96	-0.16	0.60	0.13

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.17. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ AERO trkača u testu KF1

<i>n</i> =23	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_1 (s)	34.05	-66.68	130.30	45.39	-0.23	0.14	0.11

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.1.18. Osnovni deskriptivni parametri kinetike VO₂ ANAERO trkača u testu KF1

<i>n</i> =25	<i>AS</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	<i>Skew</i>	<i>Kurt</i>	<i>max D</i>
Δt_1 (s)	53.93	-34.53	144.73	37.13	0.30	0.99	0.16

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Analiza deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa u varijablama kinetike primitka kisika na uzorku atletičara svih trkačkih disciplina zajedno te trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablice 7.1.13 – 18), ukazuje na normalnu distribuciju rezultata.

7.2 Analiza razlika između primijenjenih testova opterećenja

Razlike u svakoj od promatranih ventilacijskih i metaboličkih varijabli s obzirom na primijenjeni protokol opterećenja na pokretnoj traci, razlike između eksperimentalnih skupina kao i interakcija utjecaja energetskeg tipa i primijenjenog protokola prikazane su u Tablicama 7.2.1 – 36.

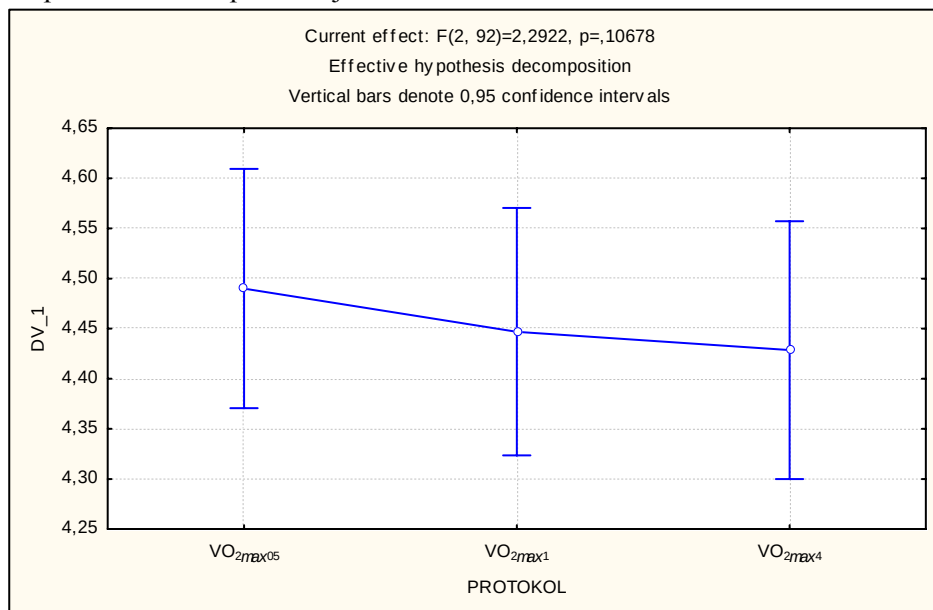
7.2.1 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta

Tablica 7.2.1. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u vrijednostima maksimalnog primitka kisika

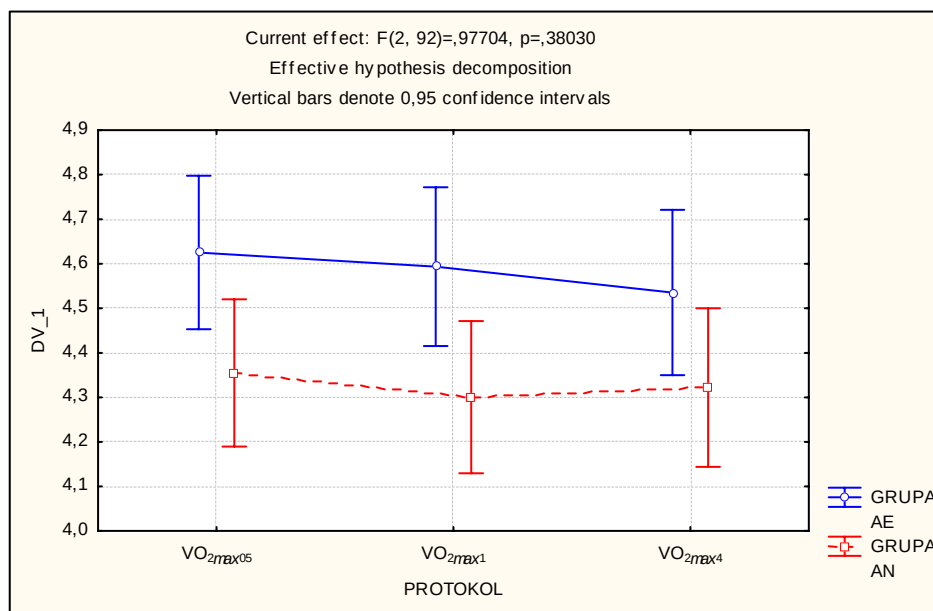
<i>Effect</i>	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	2853.25	1	2853.25	5671.20	0.00
SKUPINA	2.41	1	2.41	4.79	0.03
Error	23.14	46	0.50		
PROTOKOL	0.10	2	0.05	2.29	0.11
PROTOKOL*SKUPINA	0.04	2	0.02	0.98	0.38
Error	1.91	92	0.02		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.1. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalnog primitka kisika izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.2. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalnog primitka kisika izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

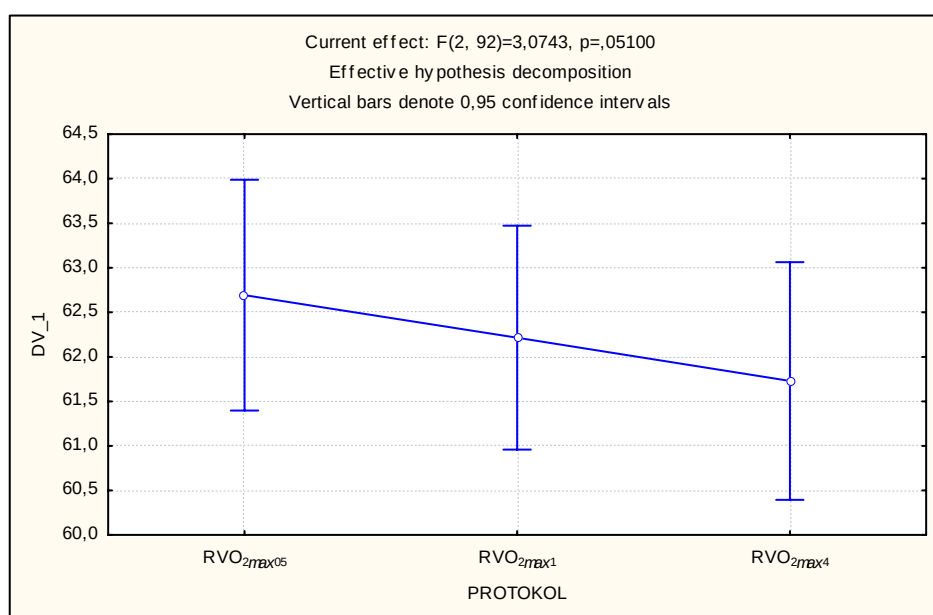


Tablica 7.2.2. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli relativnog maksimalnog primitka kisika

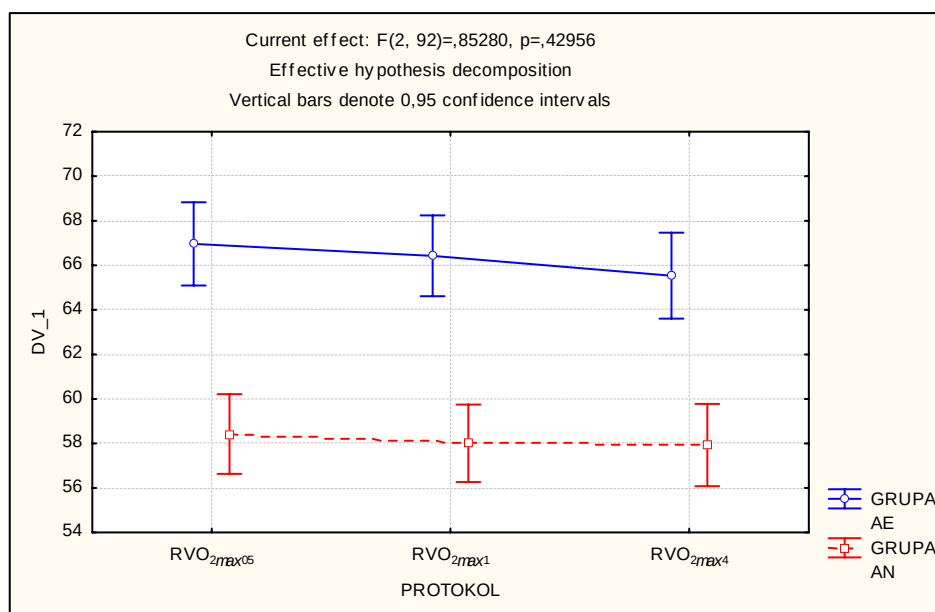
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	556354.81	1	556354.81	10628.49	0.00
SKUPINA	2411.20	1	2411.20	46.06	0.00
Error	2407.90	46	52.35		
PROTOKOL	22.24	2	11.12	3.07	0.05
PROTOKOL*SKUPINA	6.17	2	3.08	0.85	0.43
Error	332.70	92	3.62		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.3. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog maksimalnog primitka kisika izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.4. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog maksimalnog primitka kisika izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



Analiza varijance potvrdila je pretpostavke da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci ne utječe na vrijednost VO_{2max} za ukupni uzorak i ANAERO skupinu trkača (Slika 7.2.1 i 7.2.3), dok je u AERO trkača dobivena granično neznačajna razlika VO_{2max} , ($p=0.051$) (Slika 7.2.2 i 7.2.4). Istovremeno su potvrđene statistički značajno veće vrijednosti VO_{2max} kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog u odnosu na trkače s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablice 7.2.1 - 2), a Tukeyev *post-hoc* test pokazuje da se skupine ispitanika u parametrima VO_{2max} i RVO_{2max} statistički značajno razlikuju u svakom od primijenjenih protokola opterećenja.

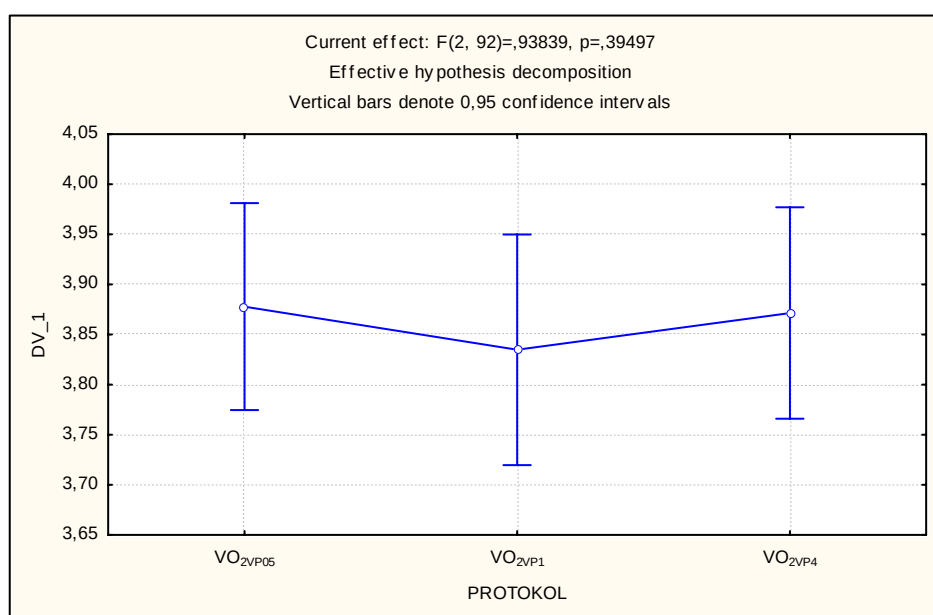
Dakle, potvrđena je pretpostavka da primjena različitih protokola kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog ili anaerobnog energetskeg kapaciteta, ne dovodi do statistički značajne razlike u vrijednosti maksimalnog primitka kisika.

Tablica 7.2.3. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu

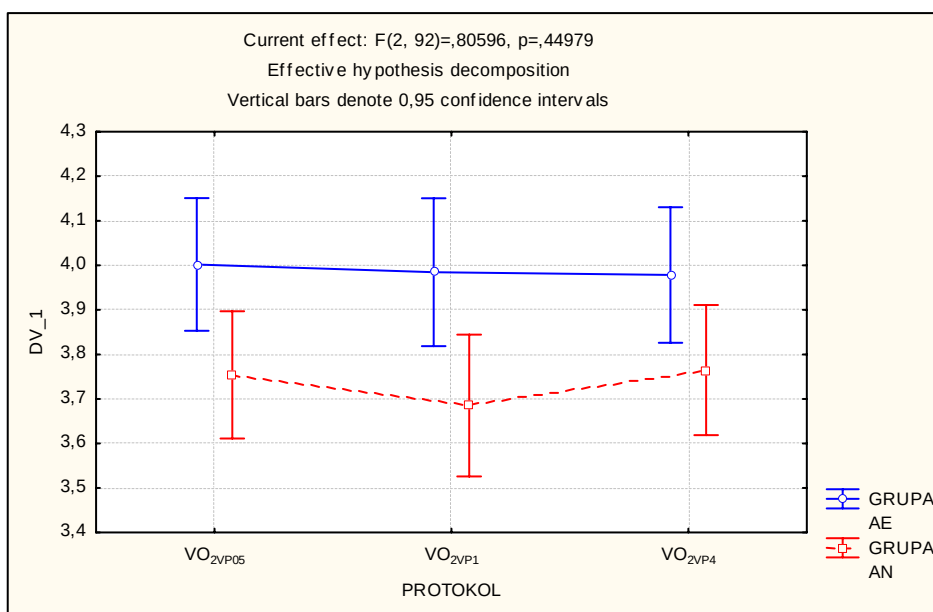
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	2143.36	1	2143.36	5969.12	0.00
SKUPINA	2.31	1	2.31	6.43	0.01
Error	16.52	46	0.36		
PROTOKOL	0.05	2	0.03	0.94	0.39
PROTOKOL*SKUPINA	0.04	2	0.02	0.81	0.45
Error	2.54	92	0.03		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.5. Prikaz razlike u vrijednostima primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.6. Prikaz razlike u vrijednostima primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

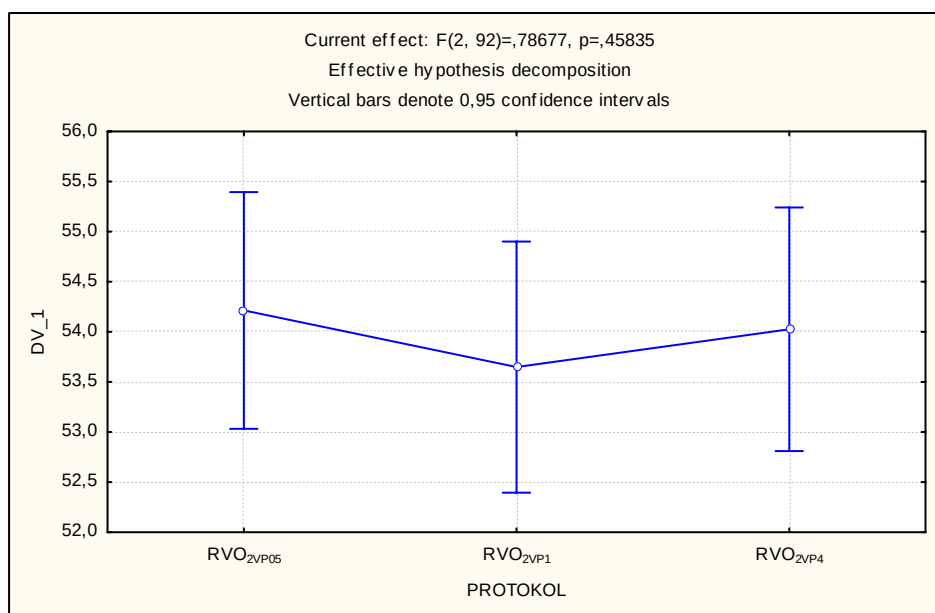


Tablica 7.2.4. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli relativnog primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu

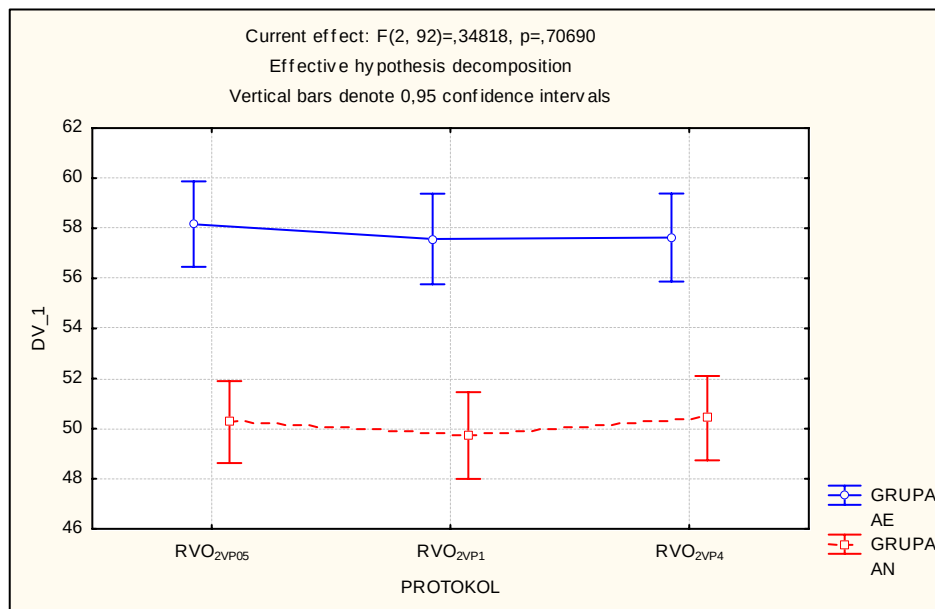
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	418604.28	1	418604.28	9849.50	0.00
SKUPINA	2103.99	1	2103.99	49.51	0.00
Error	1955.00	46	42.50		
PROTOKOL	7.94	2	3.97	0.79	0.46
PROTOKOL*SKUPINA	3.51	2	1.76	0.35	0.71
Error	464.19	92	5.05		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.7. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.8. Prikaz razlike u vrijednostima relativnog primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



Analiza varijance za ponovljena mjerenja ukazuje da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci ne utječe na vrijednosti primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu (Slika 7.2.5 i 7.2.7), te je potvrđena pretpostavka da primjene različitih protokola kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog ili anaerobnog energetskeg kapaciteta, ne

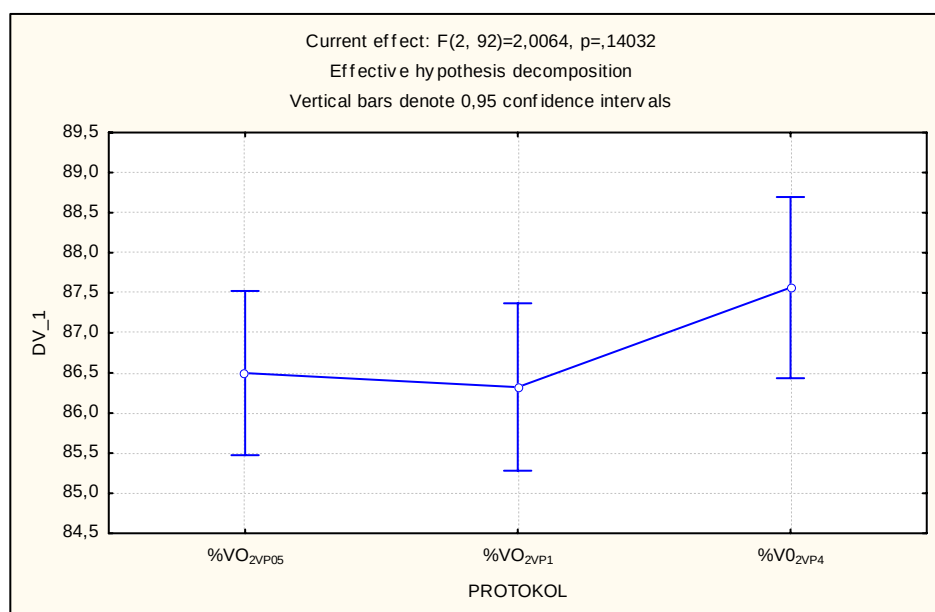
izaziva statistički značajne razlike u vrijednosti VO_{2VP} i RVO_{2VP} (Tablice 7.2.3 - 4). Istovremeno su potvrđene pretpostavljene statistički značajno veće vrijednosti VO_{2VP} i RVO_{2VP} kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog u odnosu na trkače s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta, a Tukeyev *post-hoc* test pokazuje da se skupine ispitanika u ovoj varijabli statistički značajno razlikuju u svakom od primijenjenih protokola opterećenja u vrijednostima VO_2 pri ventilacijskom anaerobnom pragu (Slika 7.2.6 i 7.2.8).

Tablica 7.2.5. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli relativnog primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu izraženog kao % od maksimalnog relativnog primitka kisika

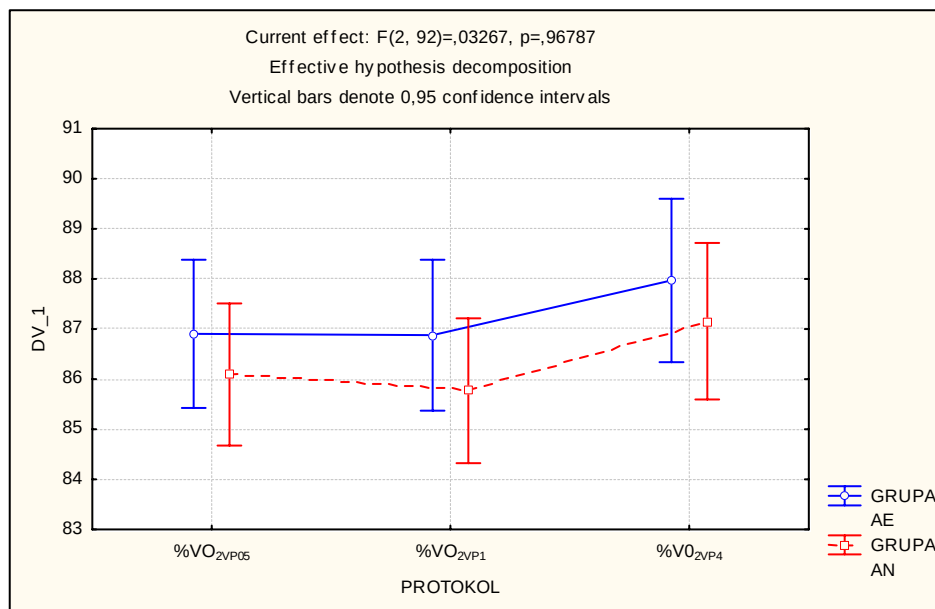
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	1082959.07	1	1082959.07	57432.86	0.00
SKUPINA	29.85	1	29.85	1.58	0.21
Error	867.38	46	18.86		
PROTOKOL	43.25	2	21.62	2.01	0.14
PROTOKOL*SKUPINA	0.70	2	0.35	0.03	0.97
Error	991.52	92	10.78		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.9. Prikaz razlike u vrijednostima ventilacijskog anaerobnog praga izraženog kao % od maksimalnog primitka kisika izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.10. Prikaz razlike u vrijednostima ventilacijskog anaerobnog praga izraženog kao % od maksimalnog primitka kisika izmjenjenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



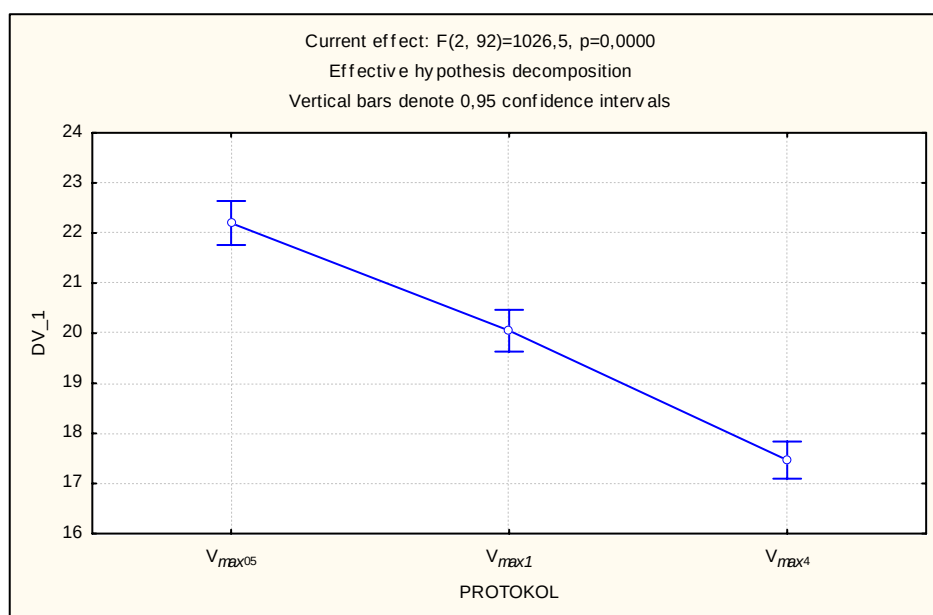
U Tablici 7.2.5 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja u parametru %VO_{2VP}. Nisu utvrđeni statistički značajni glavni utjecaji niti za skupine trkača (SKUPINA) niti za primijenjene protokole (PROTOKOL). Očekivano, nije utvrđena niti značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola opterećenja na pokretnoj traci. Drugim riječima, izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci ne utječe na parametar postotka maksimalnog primitka kisika pri kojem trkači prelaze ventilacijski anaerobni prag. Istovremeno, trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta statistički se značajno ne razlikuju u parametru %VO_{2VP}.

Tablica 7.2.6. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli maksimalne dostignute brzine pokretne trake

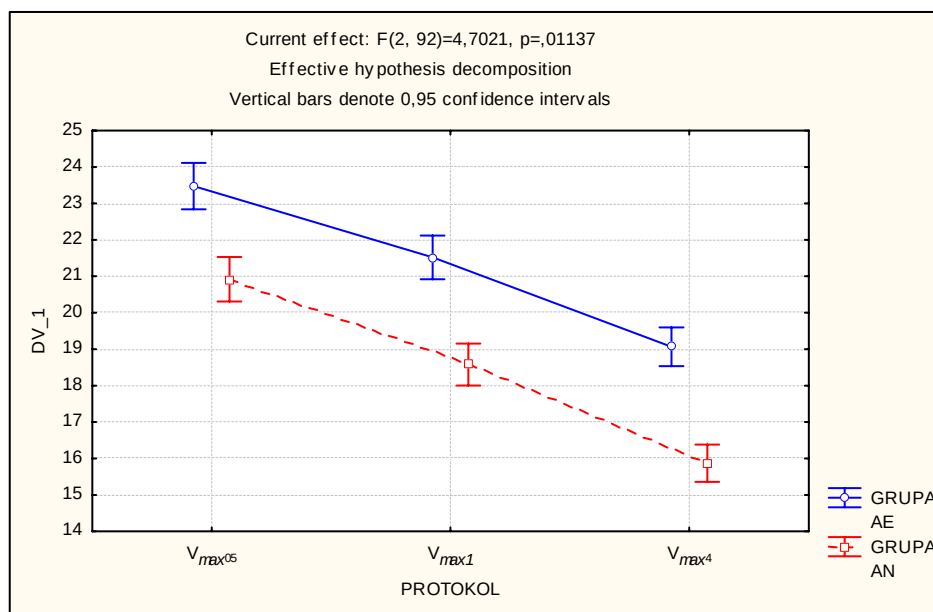
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	56960.02	1	56960.02	10487.05	0.00
SKUPINA	301.90	1	301.90	55.58	0.00
Error	249.85	46	5.43		
PROTOKOL	537.87	2	268.94	1026.52	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	2.46	2	1.23	4.70	0.01
Error	24.10	92	0.26		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.11. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne dostignute brzine trčanja izmjenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.12. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne dostignute brzine trčanja izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

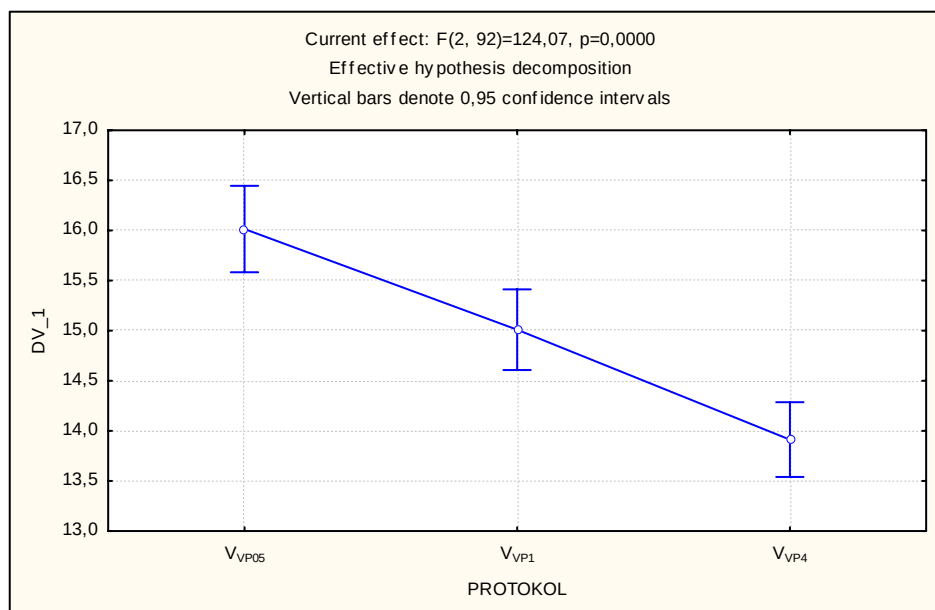


Tablica 7.2.7. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli brzine pokretne trake pri ventilacijskom anaerobnom pragu

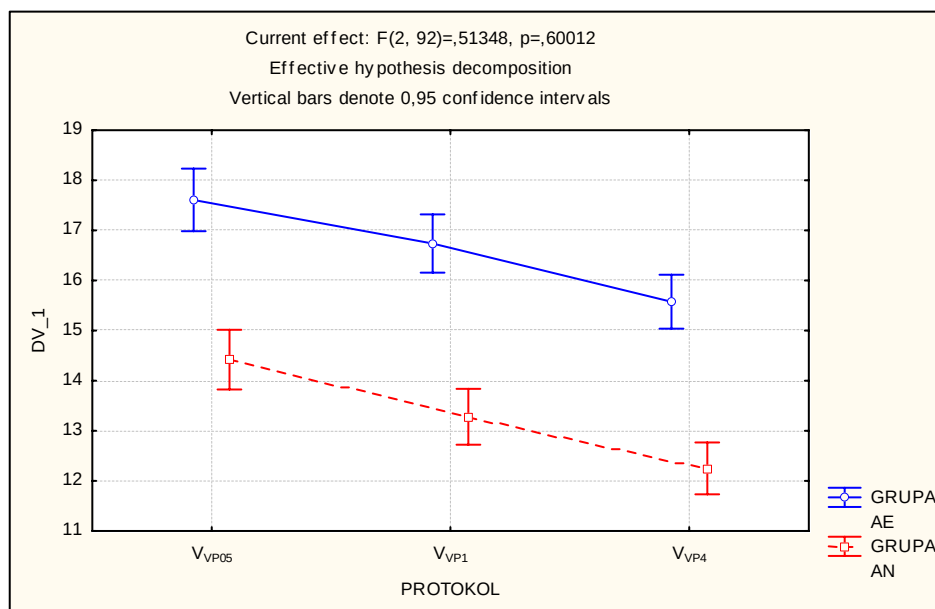
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	32253.19	1	32253.19	6572.76	0.00
SKUPINA	397.22	1	397.22	80.95	0.00
Error	225.73	46	4.91		
PROTOKOL	105.85	2	52.93	124.07	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	0.44	2	0.22	0.51	0.60
Error	39.25	92	0.43		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.13. Prikaz razlike u vrijednostima brzine trčanja pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.14. Prikaz razlike u vrijednostima brzine trčanja pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



Analizama varijance za ponovljena mjerenja u parametru maksimalne dostignute brzine (v_{max}) i brzine pokretne trake pri ventilacijskom anaerobnom pragu (v_{VP}) utvrđen je statistički značajan utjecaj skupine trkača (SKUPINA) kao i primijenjenog protokola opterećenja (PROTOKOL) (Slika 7.2.11 – 14). Očekivano, utvrđena je i značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola opterećenja kod parametra maksimalne dostignute brzine trčanja na pokretnoj traci (Tablica 7.2.6), no nije utvrđena statistički značajna interakcija skupine trkača i primijenjenog protokola opterećenja kod parametra brzine trčanja pri ventilacijskom anaerobnom pragu (Tablica 7.2.7).

Dobiveni rezultati ukazuju da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci statistički značajno utječe na maksimalnu dostignutu brzinu trčanja i brzinu trčanja pri kojem trkači prelaze ventilacijski anaerobni prag. Istovremeno, trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta statistički se značajno razlikuju u parametrima v_{max} i v_{VP} .

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti:

Prva i četvrta hipoteza ovog istraživanja kojom se je tvrdilo da se u primijenjenim testovima (protokolima) opterećenja vrijednosti parametara aerobnog energetskeg kapaciteta statistički značajno ne razlikuju za ukupni uzorak trkača, niti za pojedine skupine trkača s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta, **moгу biti djelomično prihvaćene**, odnosno, hipoteze mogu biti prihvaćene za parametre VO_{2max} , RVO_{2max} , VO_{2VP} i RVO_{2VP} , a odbacuju se za parametre v_{max} i v_{VP} .

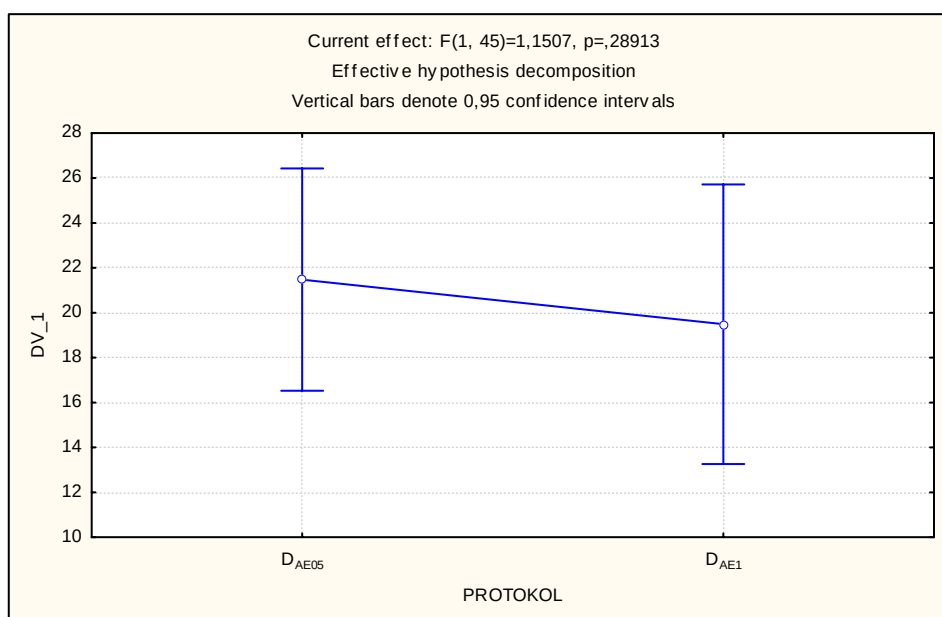
7.2.2 Razlike u ventilacijskim i metaboličkim parametrima za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta

Tablica 7.2.8. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u parametru deficita kisika u aerobnoj zoni

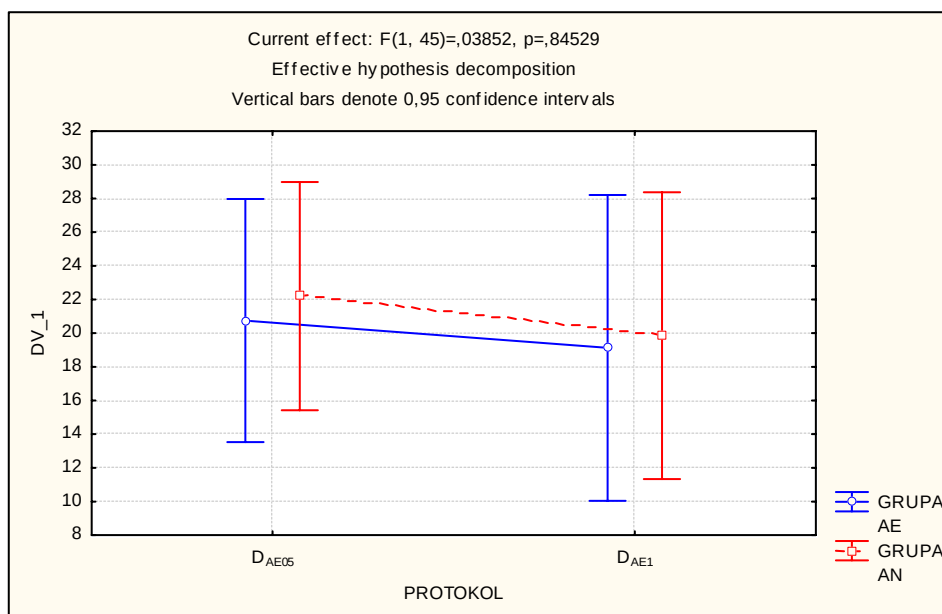
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	39278.48	1	39278.48	60.42	0.00
SKUPINA	27.63	1	27.63	0.043	0.84
Error	29252.64	46	650.06		
PROTOKOL	92.42	1	92.42	1.15	0.29
PROTOKOL*SKUPINA	3.09	1	3.09	0.04	0.85
Error	3614.54	46	80.32		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.15. Prikaz razlike u vrijednostima deficita kisika u aerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.16. Prikaz razlike u vrijednostima deficita kisika u aerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

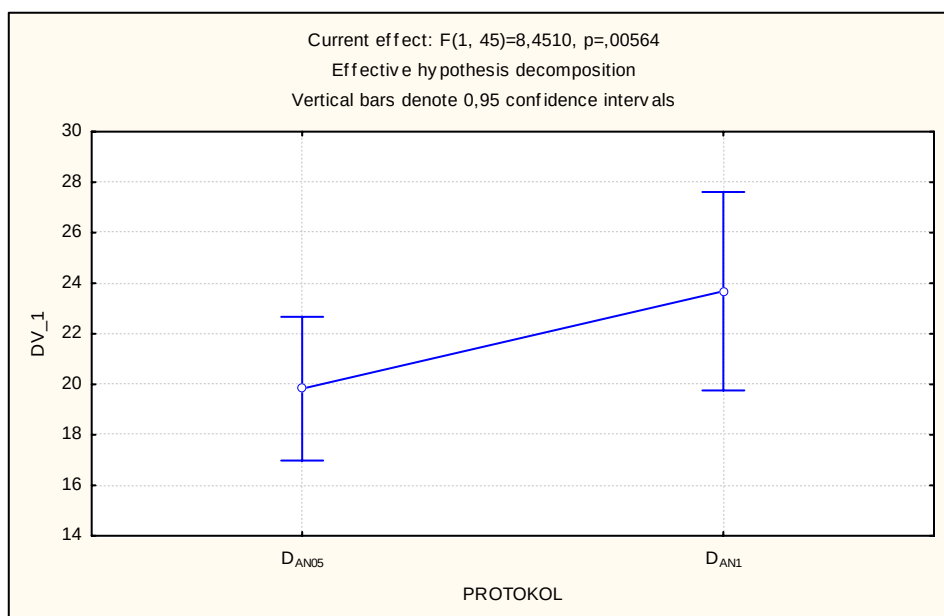


Tablica 7.2.9. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u parametru deficita kisika u anaerobnoj zoni

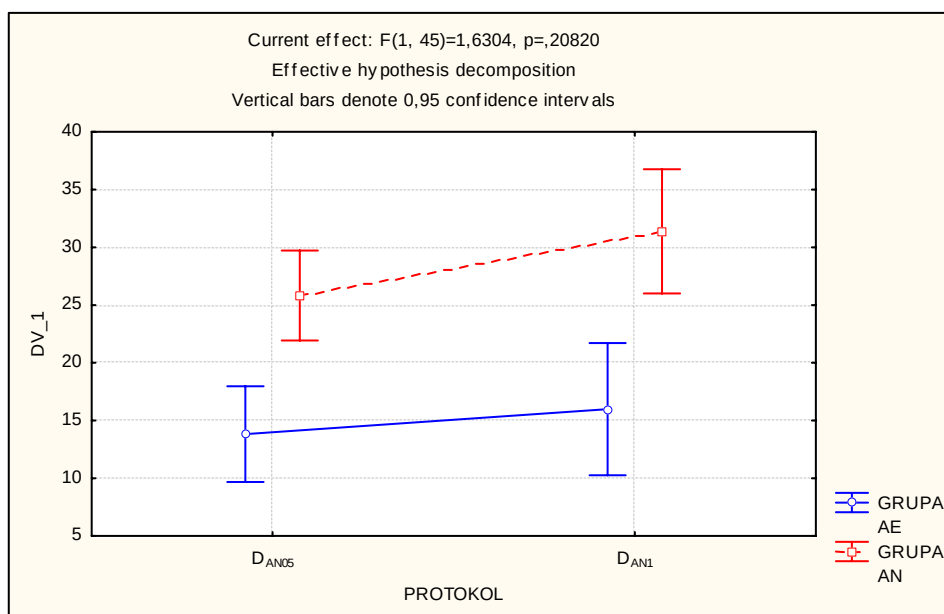
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	44312.59	1	44312.59	192.51	0.00
SKUPINA	4394.88	1	4394.88	19.09	0.00
Error	10358.17	46	230.18		
PROTOKOL	348.69	1	348.69	8.45	0.01
PROTOKOL*SKUPINA	67.27	1	67.27	1.63	0.21
Error	1856.73	46	41.26		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.17. Prikaz razlike u vrijednostima deficita kisika u anaerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.18. Prikaz razlike u vrijednostima deficita kisika u anaerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



U Tablicama 7.2.8 i 7.2.9 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja u parametrima za procjenu anaerobnog kapaciteta – deficiti VO_2 u aerobnoj i anaerobnoj zoni (D_{AE} i D_{AN}). Utvrđen je statistički značajni utjecaj primijenjenog protokola opterećenja kao i skupine trkača za D_{AN} , za razliku od D_{AE} , za koji nije utvrđena statistički značajna razlika niti u primijenjenim protokolima opterećenja niti između skupina trkača. Za oba parametra deficita kisika nije utvrđena značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola opterećenja na pokretnoj traci (PROTOKOL x SKUPINA).

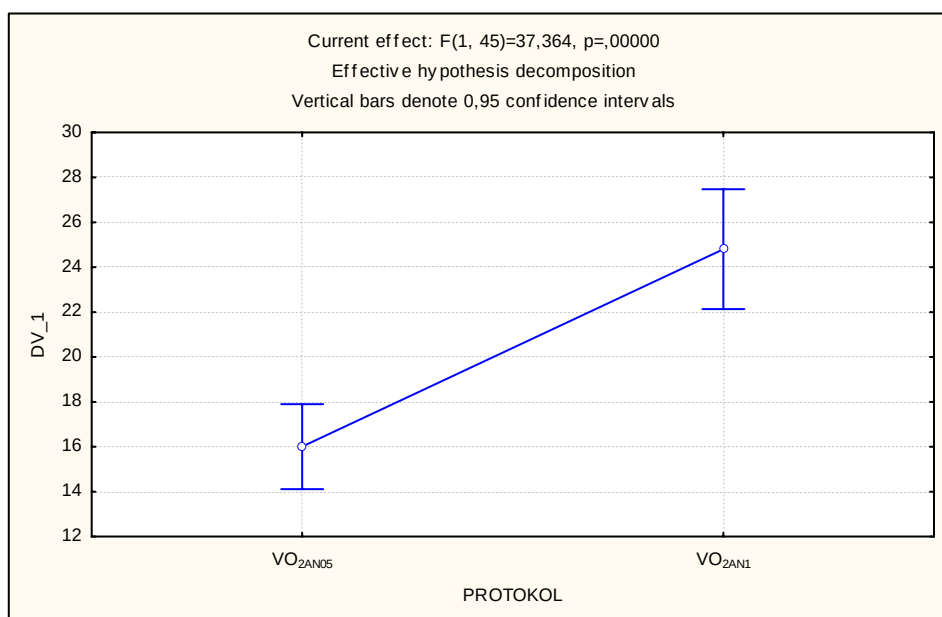
Rezultati u ovim parametrima ukazuju da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci utječe na procjenjeni deficit kisika u anaerobnoj zoni, koji se statistički značajno razlikuje i s obzirom na dominantni udio aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta trkača.

Tablica 7.2.10. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli VO_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni

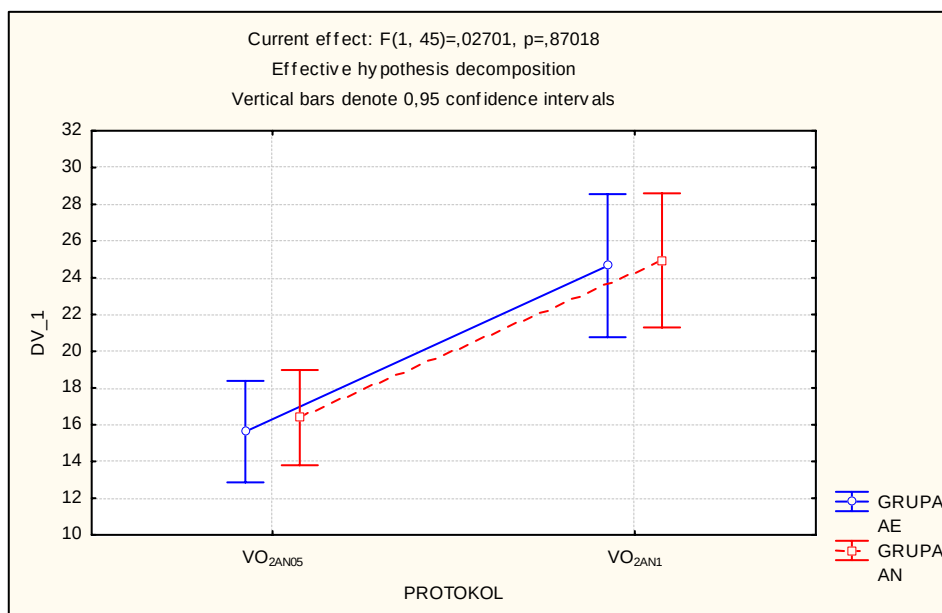
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	38971.55	1	38971.55	519.51	0.00
SKUPINA	6.47	1	6.47	0.09	0.77
Error	3375.73	46	75.02		
PROTOKOL	1810.32	1	1810.32	37.36	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	1.31	1	1.31	0.03	0.87
Error	2180.27	46	48.45		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.19. Prikaz razlike u vrijednostima VO_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.20. Prikaz razlike u vrijednostima VO_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

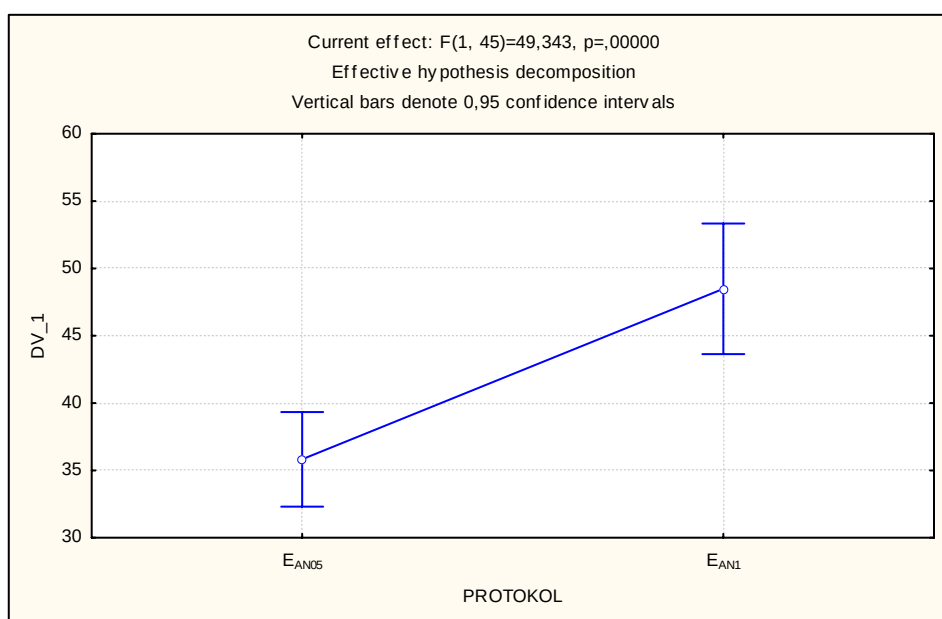


Tablica 7.2.11. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u parametru za procjenu energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni

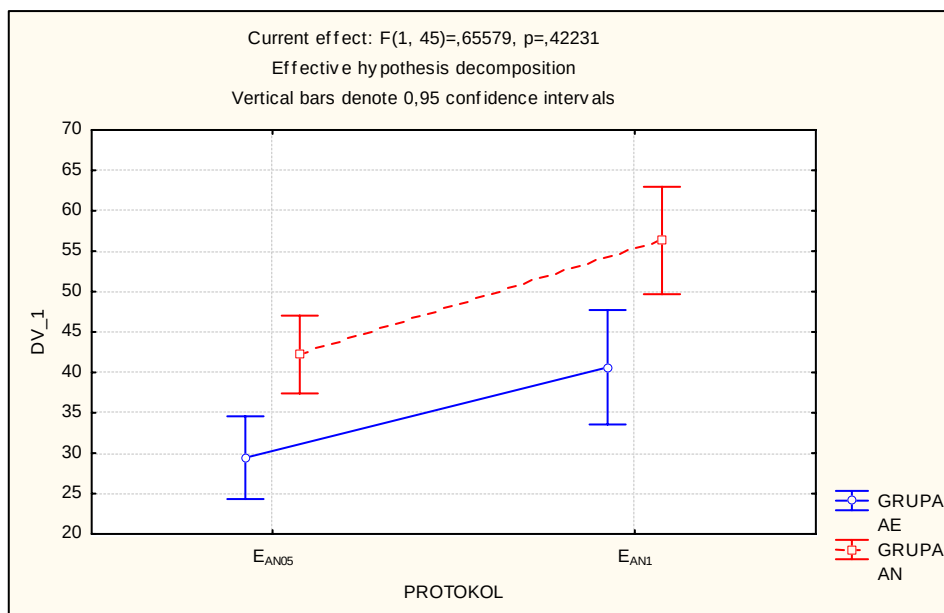
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	166396.9	1	166396.9	492.67	0.00
SKUPINA	4738.6	1	4738.6	14.03	0.00
Error	15198.5	46	337.7		
PROTOKOL	3748.0	1	3748.0	49.34	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	49.8	1	49.8	0.66	0.42
Error	3418.1	46	76.0		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.21. Prikaz razlike u vrijednostima parametra za procjenu energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni izmjerenu različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.22. Prikaz razlike u vrijednostima parametra za procjenu energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu u anaerobnoj zoni izmjerenu različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

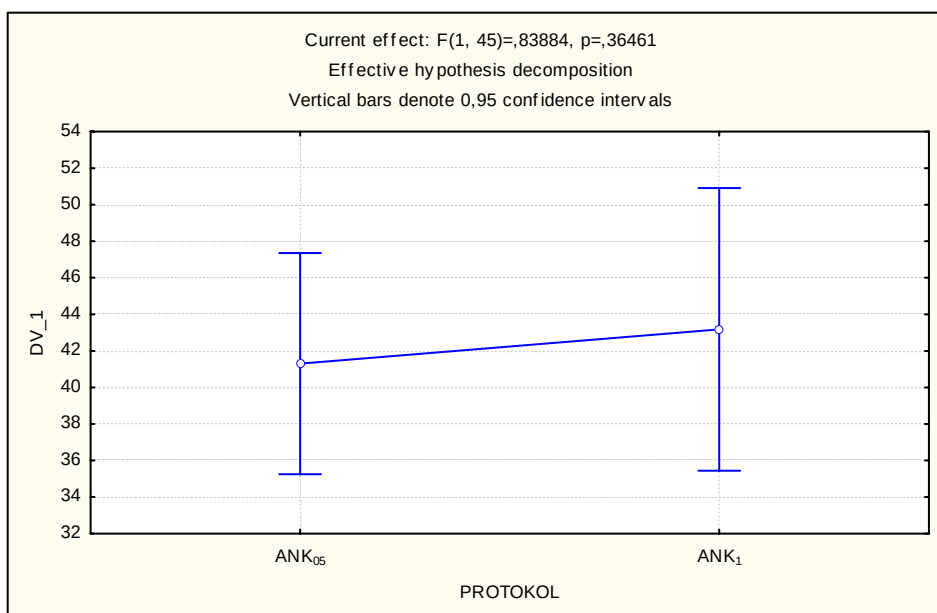


Tablica 7.2.12. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u parametru za procjenu ukupnog anaerobnog kapaciteta

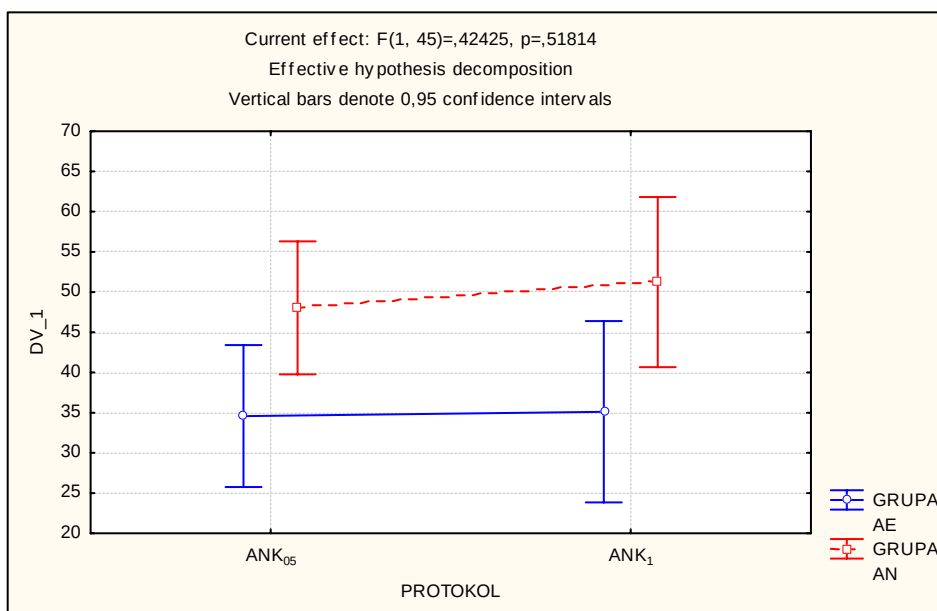
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	167030.4	1	167030.4	164.67	0.00
SKUPINA	5119.5	1	5119.5	5.05	0.03
Error	45643.9	46	1014.3		
PROTOKOL	82.1	1	82.1	0.84	0.36
PROTOKOL*SKUPINA	41.5	1	41.5	0.42	0.52
Error	4403.1	46	97.8		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.23. Prikaz razlike u vrijednostima parametra za procjenu ukupnog anaerobnog kapaciteta izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.24. Prikaz razlike u vrijednostima parametra za procjenu ukupnog anaerobnog kapaciteta izmjerenog različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



U Tablicama 7.2.10 - 12 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja parametara za procjenu anaerobnog kapaciteta – VO_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu ($\text{VO}_{2\text{AN}}$), energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (EP_{AN}), ukupnog anaerobnog kapaciteta (ANK). U parametrima $\text{VO}_{2\text{AN}}$ i EP_{AN} utvrđeni su statistički značajni glavni efekti za primijenjeni protokol opterećenja (PROTOKOL), a u parametrima EP_{AN} i ANK su utvrđeni statistički značajni glavni efekti za skupine trkača (SKUPINA). U sva tri parametra za procjenu anaerobnog kapaciteta nije utvrđena značajna interakcija skupine trkača i primijenjenog protokola opterećenja na pokretnoj traci (PROTOKOL x SKUPINA).

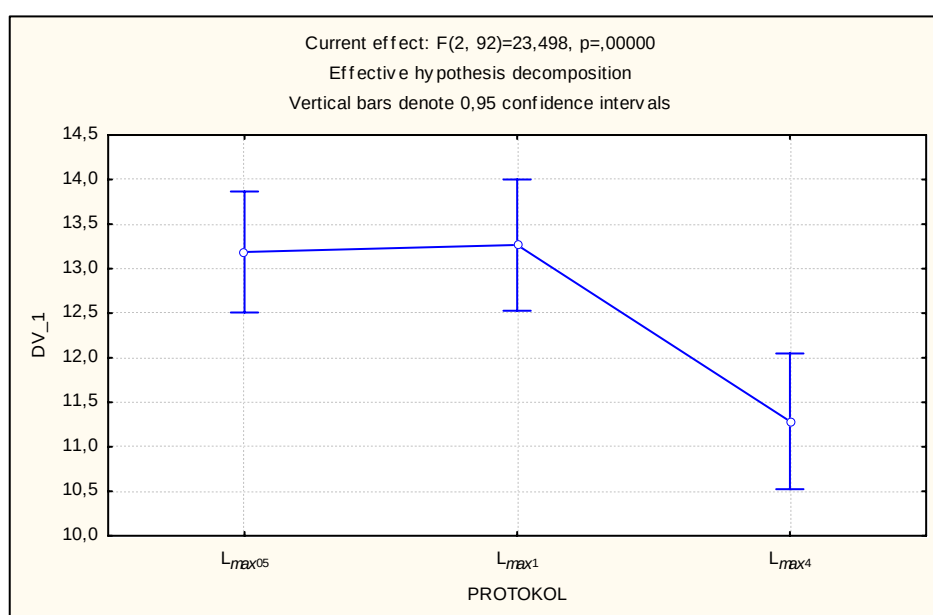
S obzirom na dobivene rezultate, možemo istaknuti da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci određuje parametar VO_2 iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu i energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu, te da se trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog i trkači s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta statistički značajno razlikuju u parametrima ukupnog anaerobnog kapaciteta i energetske potrebe iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu.

Tablica 7.2.13. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli maksimalne koncentracije laktata u krvi

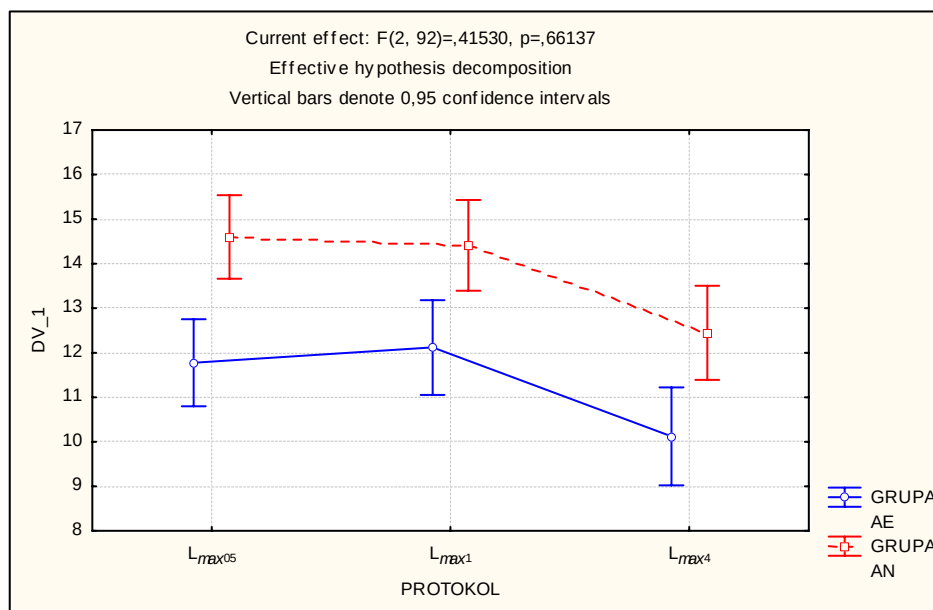
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	22745.16	1	22745.16	1672.18	0.00
SKUPINA	221.44	1	221.44	16.28	0.00
Error	625.70	46	13.60		
PROTOKOL	120.49	2	60.24	23.50	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	2.13	2	1.06	0.42	0.66
Error	235.87	92	2.56		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.25. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne koncentracije laktata u krvi izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.26. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne koncentracije laktata u krvi izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



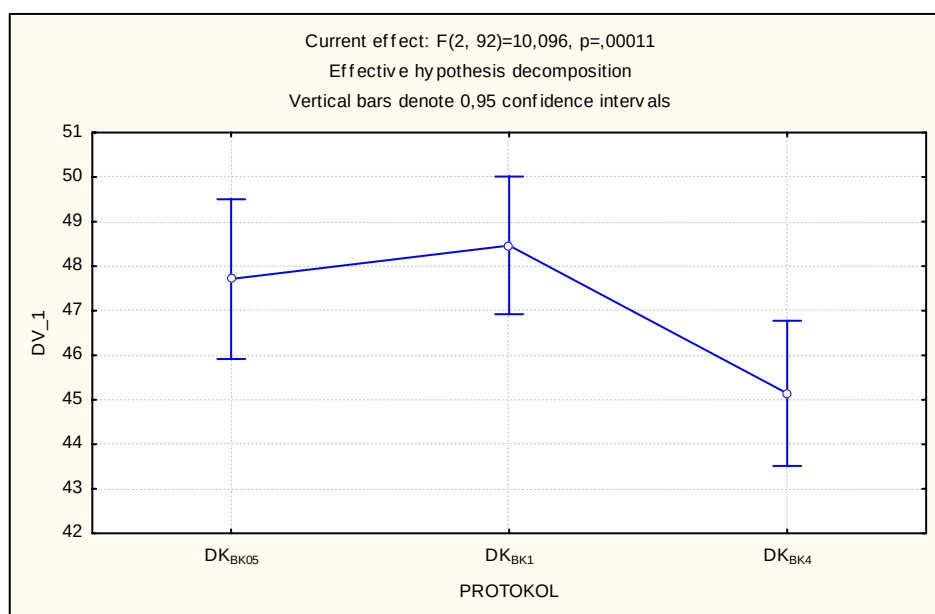
Analiza varijance za ponovljena mjerenja potvrdila je hipotezu značajno većih vrijednosti maksimalne koncentracije laktata u krvi na kraju testa opterećenja (L_{max}) u trkača disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog kapaciteta (Tablica 7.2.13), Tukey-ev *post-hoc* test pokazuje da postoje statistički značajne razlike između skupina trkača u KF05 i KF1 testovima opterećenja na pokretnoj traci ($p < 0.01$).

Tablica 7.2.14. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli za procjenu brze komponente duga kisika

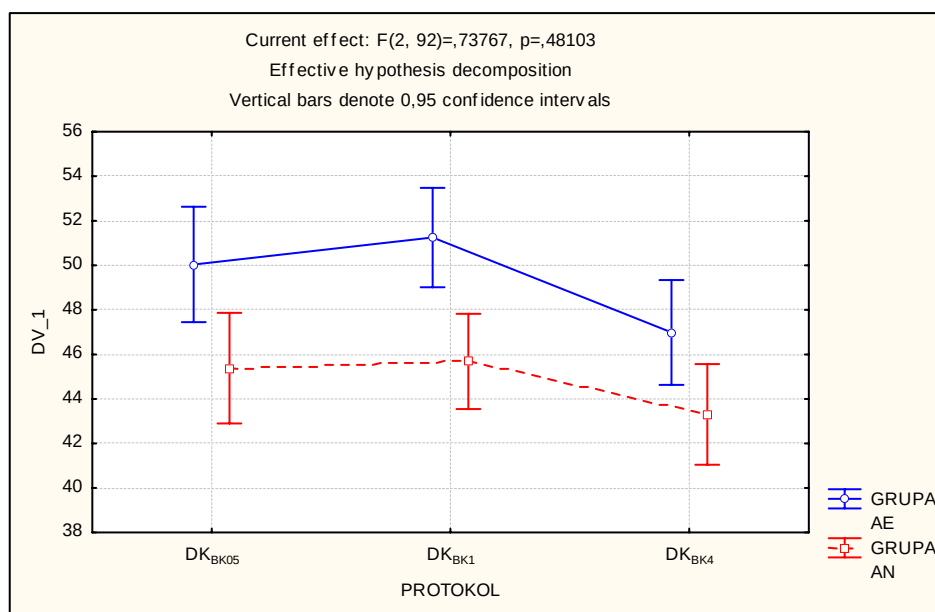
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	318978.63	1	318978.63	4622.65	0.00
SKUPINA	770.83	1	770.83	11.17	0.00
Error	3174.15	46	69.00		
PROTOKOL	290.38	2	145.19	10.10	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	21.22	2	10.61	0.74	0.48
Error	1323.05	92	14.38		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.27. Prikaz razlike u vrijednostima procijenjene brze komponente duga kisika izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.28. Prikaz razlike u vrijednostima procijenjene brze komponente duga kisika izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

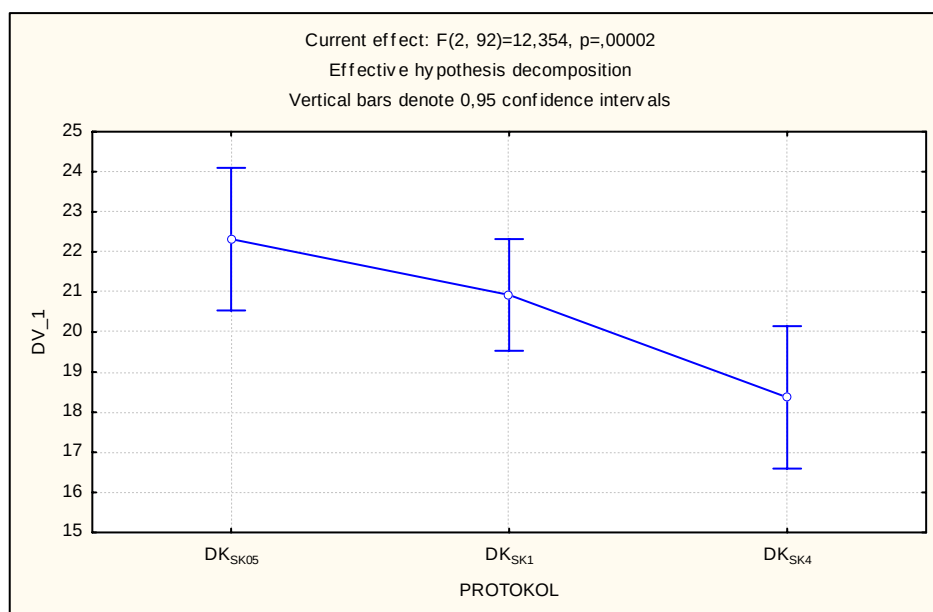


Tablica 7.2.15. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli za procjenu duga kisika mjerenog u prvih 5 minuta oporavka nakon testa opterećenja

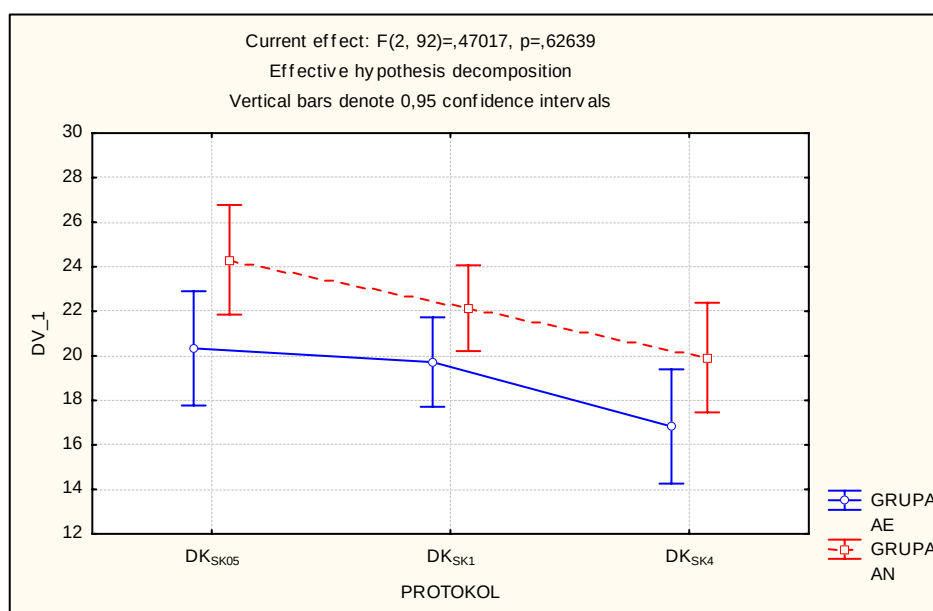
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	60641.80	1	60641.80	910.76	0.00
SKUPINA	359.98	1	359.98	5.41	0.02
Error	3062.86	46	66.58		
PROTOKOL	384.06	2	192.03	12.35	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	14.62	2	7.31	0.47	0.63
Error	1430.10	92	15.54		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.29. Prikaz razlike u vrijednostima duga kisika mjenog u prvih 5 minuta oporavka nakon testa opterećenja izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.30. Prikaz razlike u vrijednostima duga kisika mjenog u prvih 5 minuta oporavka nakon testa opterećenja izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



U Tablicama 7.2.14 - 15 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja u parametrima za procjenu duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}). Utvrđeni su statistički značajni glavni efekti za skupine trkača i za primijenjeni protokol opterećenja, no nije utvrđena statistički značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola.

Odnosno, izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci određuje veličinu procijenjenog duga kisika; također, svi protokoli omogućuju razlikovanje trkača disciplina s dominantnim udjelom aerobnog i anaerobnog energetskog kapaciteta.

Druga i peta hipoteza ovog istraživanja kojom se je tvrdilo da se primijenjenim testovima opterećenja vrijednosti parametara anaerobnog energetskog kapaciteta statistički značajno razlikuju za ukupni uzorak trkača, i za pojedine skupine trkača s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta, **moгу biti djelomično prihvaćene**, odnosno, hipoteze mogu biti prihvaćene za parametre L_{max} , D_{AN} , EP_{AN} , DK_{BK} i DK_{SK} , a odbacuju se za parametre D_{AE} i ANK .

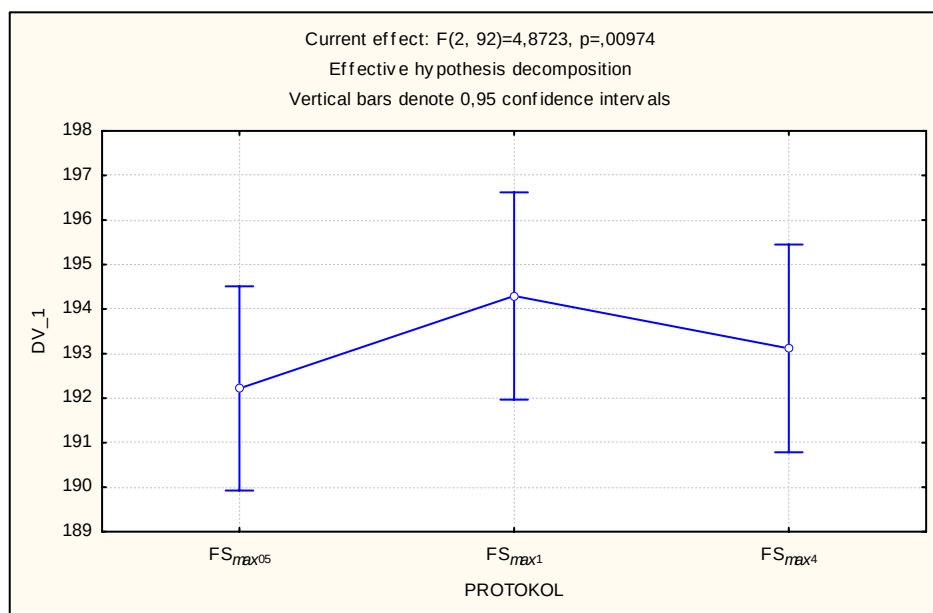
7.2.3 Razlike u ostalim fiziološkim parametrima koji ne procjenjuju energetske kapacitete

Tablica 7.2.16. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli maksimalne frekvencije srca

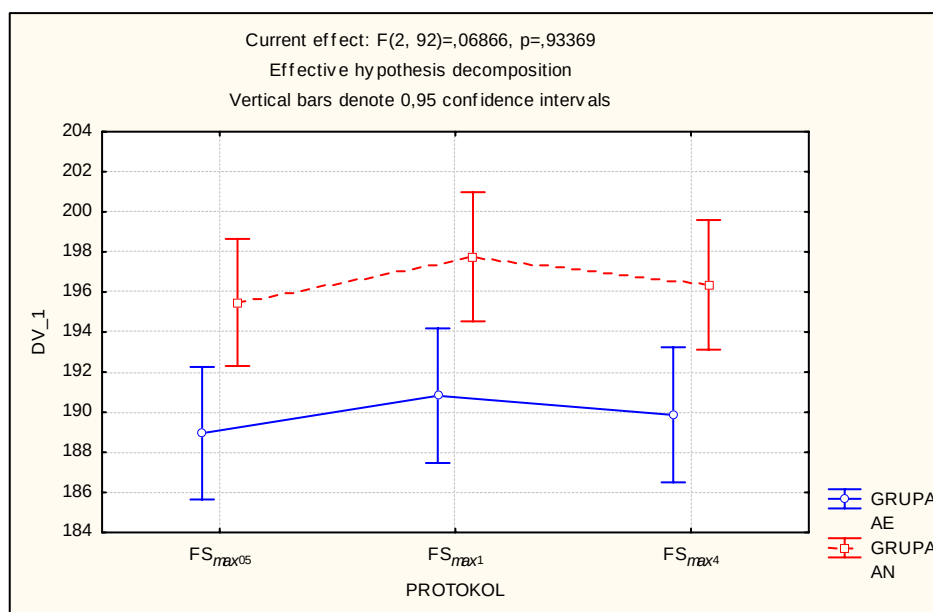
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	5366130.01	1	5366130.01	31696.23	0.00
SKUPINA	1588.90	1	1588.90	9.39	0.00
Error	7787.74	46	169.30		
PROTOKOL	103.77	2	51.88	4.87	0.01
PROTOKOL*SKUPINA	1.46	2	0.73	0.07	0.93
Error	979.69	92	10.65		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.31. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne frekvencije srca izmjerenih različitim protokolima opterećenja na pokretnoj traci



Slika 7.2.32. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne frekvencije srca izmjerenih različitim protokolima opterećenja na pokretnoj traci između skupina trkača

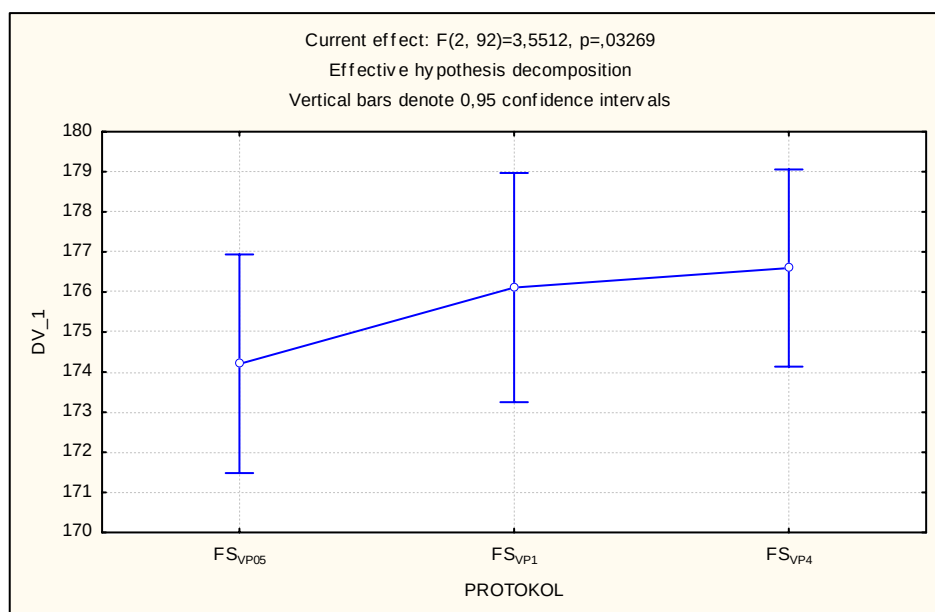


Tablica 7.2.17. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli frekvencije srca pri ventilacijskom anaerobnom pragu

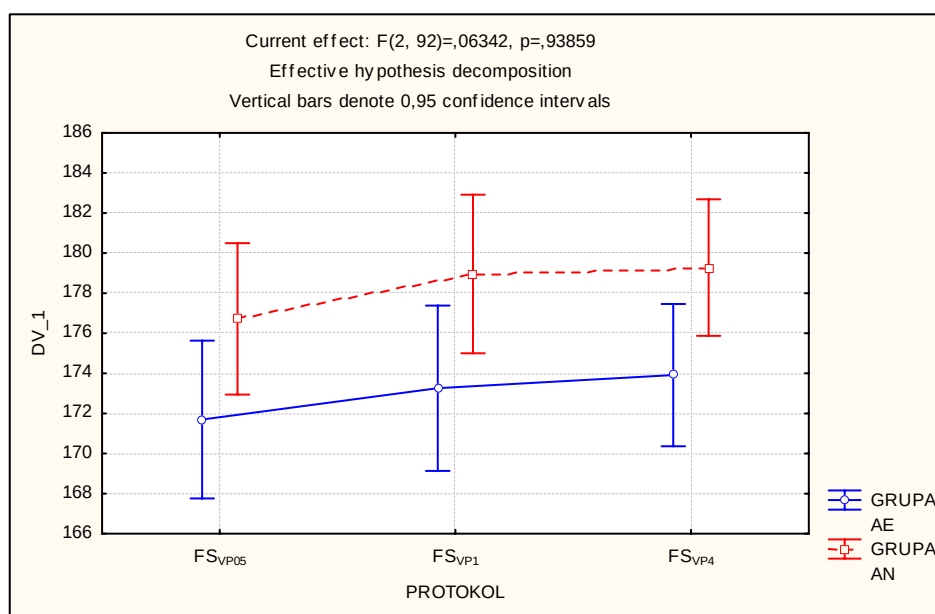
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	4434514.81	1	4434514.81	20789.92	0.00
SKUPINA	1033.81	1	1033.81	4.85	0.03
Error	9811.86	46	213.30		
PROTOKOL	152.73	2	76.36	3.55	0.03
PROTOKOL*SKUPINA	2.73	2	1.36	0.06	0.94
Error	1978.31	92	21.50		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.33. Prikaz razlike u vrijednostima frekvencije srca pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.34. Prikaz razlike u vrijednostima frekvencije srca pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerenih različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



Analizama varijance za ponovljena mjerenja u parametru maksimalne frekvencije srca (FS_{max}) i frekvencije srca pri ventilacijskom anaerobnom pragu (FS_{VP}) utvrđen je statistički značajan utjecaj skupine trkača kao i primijenjenog protokola opterećenja (Tablice 7.2.16 -

17). Očekivano, nije utvrđena značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola opterećenja za parametre FS_{max} i FS_{VP} .

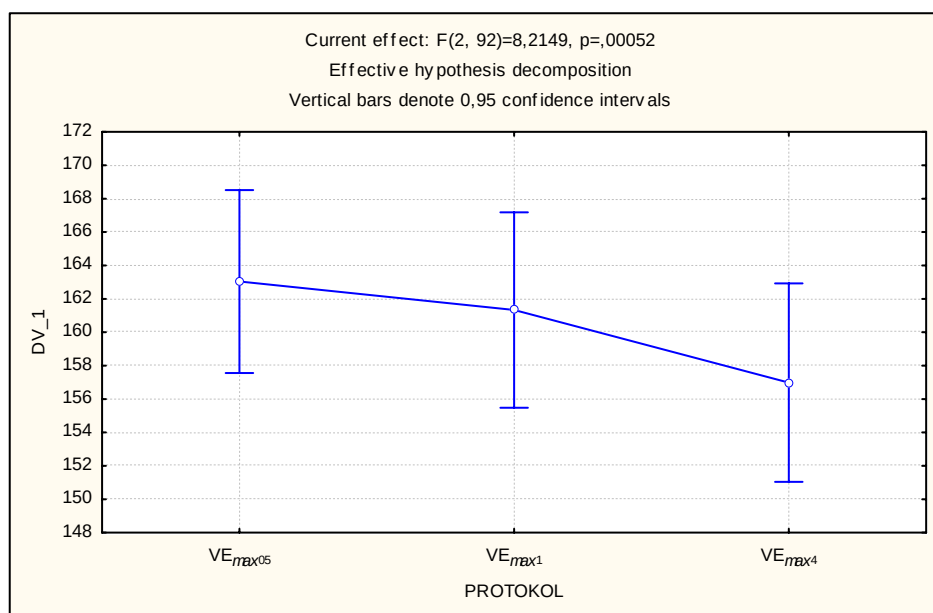
Možemo zaključiti da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci određuje parametar FS_{max} i FS_{VP} . Istovremeno, trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta statistički se značajno razlikuju u parametrima frekvencije srca, ali izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci ne utječe na razlike između grupa trkača.

Tablica 7.2.18. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli maksimalne minutne ventilacije

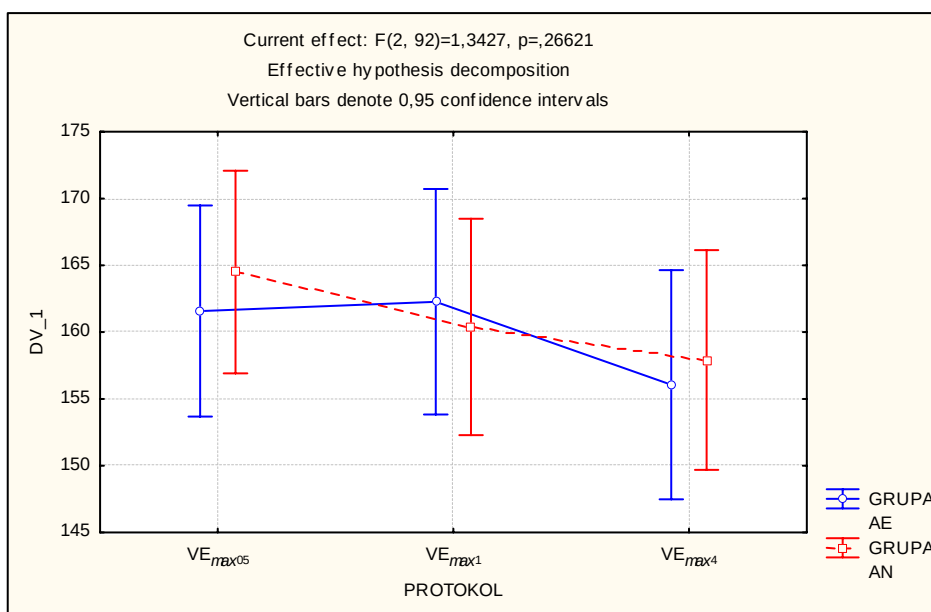
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	3700606.10	1	3700606.10	3479.67	0.00
SKUPINA	33.21	1	33.21	0.03	0.86
Error	48920.71	46	1063.49		
PROTOKOL	932.73	2	466.36	8.21	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	152.45	2	76.22	1.34	0.27
Error	5222.85	92	56.77		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.35. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne minutne ventilacije izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.36. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalne minutne ventilacije izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača

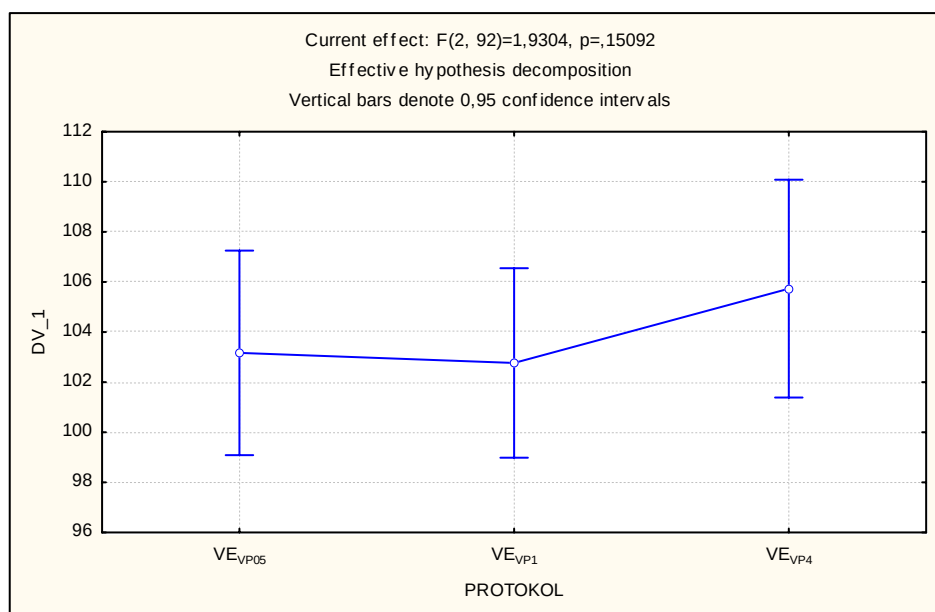


Tablica 7.2.19. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu

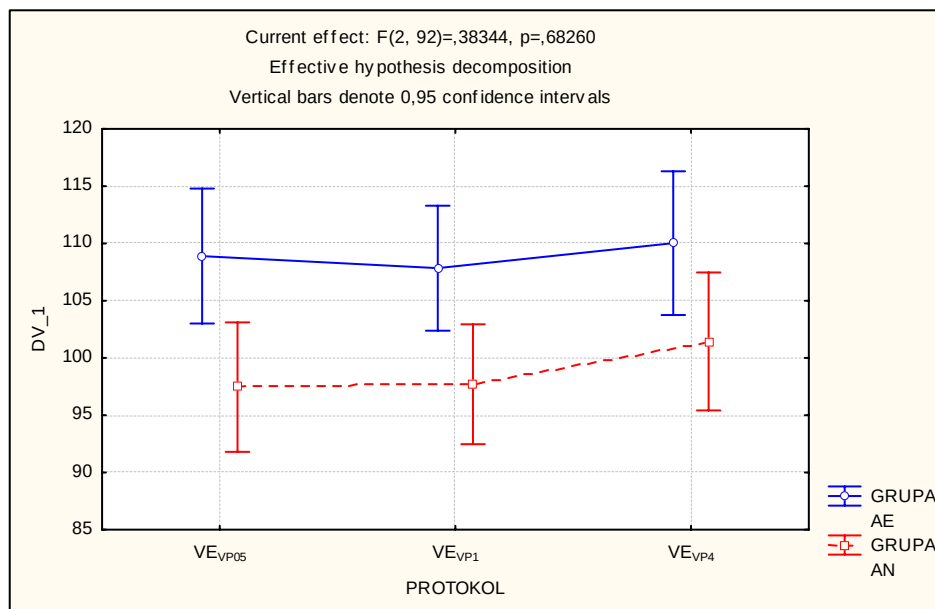
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	1551553.43	1	1551553.43	3362.15	0.00
SKUPINA	3631.26	1	3631.26	7.87	0.01
Error	21227.95	46	461.48		
PROTOKOL	247.61	2	123.81	1.93	0.15
PROTOKOL*SKUPINA	49.18	2	24.59	0.38	0.68
Error	5900.31	92	64.13		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.37. Prikaz razlike u vrijednostima minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.38. Prikaz razlike u vrijednostima minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



U Tablicama 7.2.18 i 7.2.19 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja u parametrima za procjenu minutne ventilacije trkača (VE_{max} i VE_{VP}). Kod vrijednosti maksimalne minutne ventilacije utvrđeni su statistički značajni glavni efekti za primijenjeni protokol opterećenja (PROTOKOL), a kod minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu za skupine trkača (SKUPINA). U oba parametra nije utvrđena statistički značajna interakcija grupe i primijenjenog protokola.

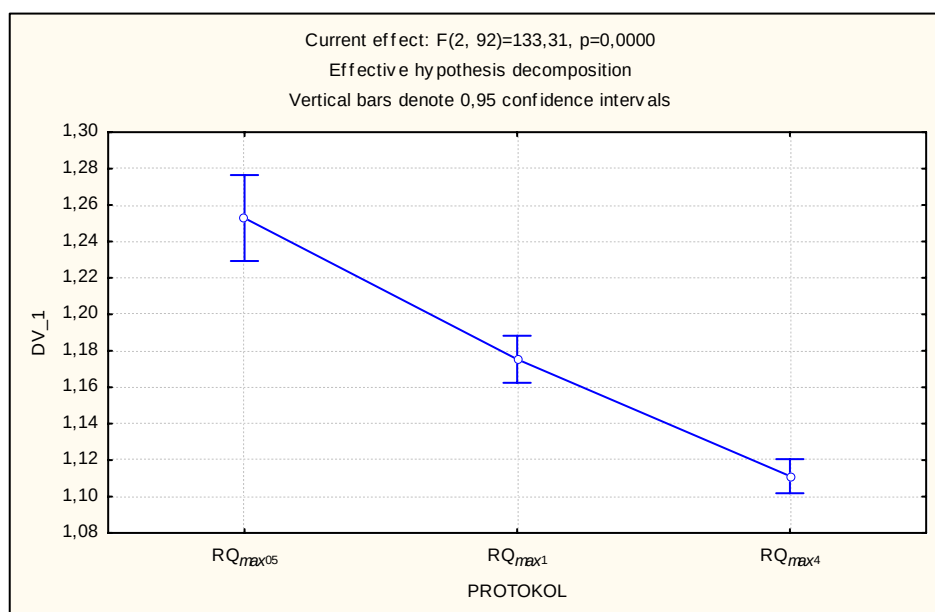
Rezultati ukazuju da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci određuje vrijednost VE_{max} , te da protokoli statistički značajno razlikuju trkače disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta u parametru VE_{VP} . No isto tako, skupine trkača se statistički značajno ne razlikuju u vrijednosti VE_{max} , niti se vrijednosti VE_{VP} statistički značajno ne razlikuju s obzirom na primijenjeni protokol opterećenja na pokretnoj traci. Interakcija grupe i protokola nije statistički značajna, odnosno, izbor protokola ne utječe na prisutnost razlika između grupa trkača.

Tablica 7.2.20. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli maksimalnog respiracijskog kvocijenta

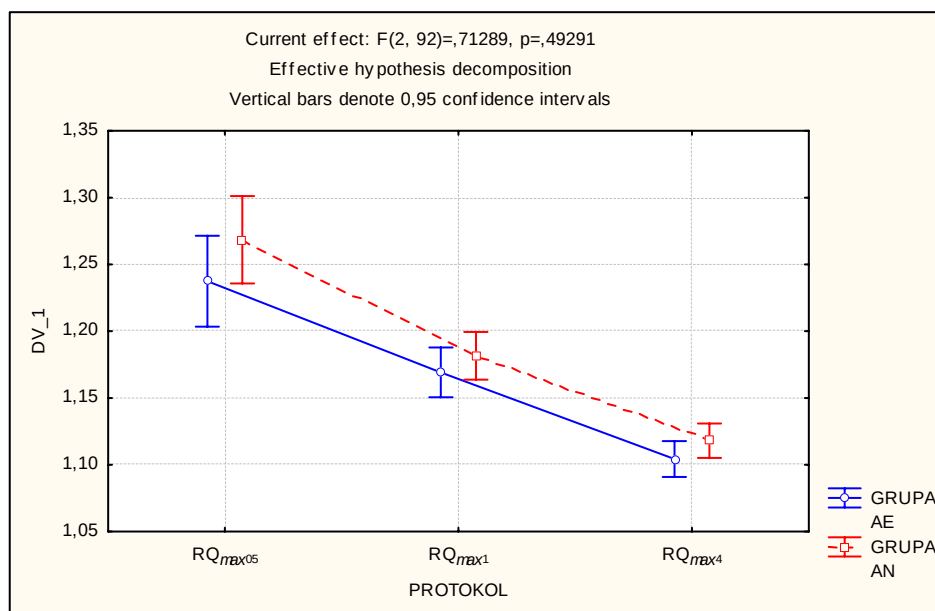
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	200.09	1	200.09	33625.79	0.00
SKUPINA	0.01	1	0.01	2.19	0.15
Error	0.27	46	0.01		
PROTOKOL	0.48	2	0.24	133.31	0.00
PROTOKOL*SKUPINA	0.00	2	0.00	0.71	0.49
Error	0.17	92	0.00		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.39. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalnog respiracijskog kvocijenta izmjerene različitim protokolima opterećenja na pokretnoj traci



Slika 7.2.40. Prikaz razlike u vrijednostima maksimalnog respiracijskog kvocijenta izmjerene različitim protokolima opterećenja na pokretnoj traci između skupina trkača

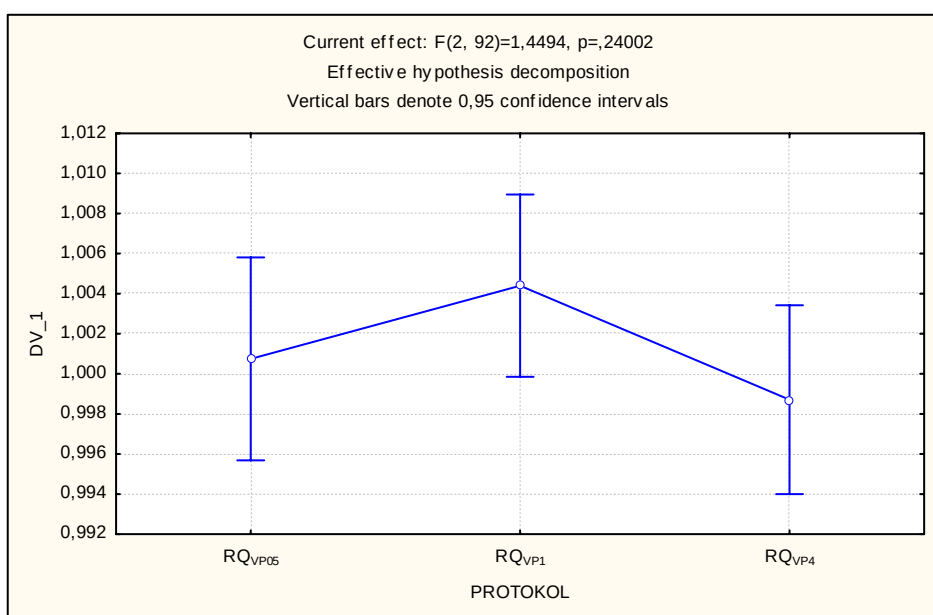


Tablica 7.2.21. Rezultati analize varijance za ponovljena mjerenja u varijabli respiracijskog kvocijenta pri ventilacijskom anaerobnom pragu

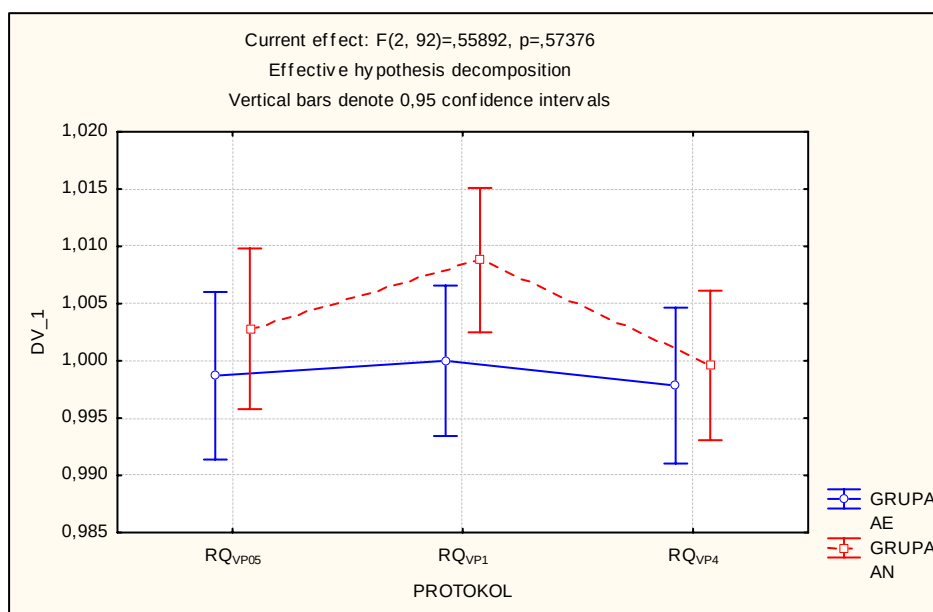
	<i>SS</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Intercept	144.12	1	144.12	549625.17	0.00
SKUPINA	0.00	1	0.00	3.28	0.08
Error	0.01	46	0.00		
PROTOKOL	0.00	2	0.00	1.45	0.24
PROTOKOL*SKUPINA	0.00	2	0.00	0.56	0.57
Error	0.03	92	0.00		

(Legenda: SS Effect – suma kvadrata između grupa; df – broj stupnjeva slobode između grupa; MS Effect = SS Effect /df; MS Error = SS Error/df Error; F = MS effect/MS Error; p – razina značajnosti razlike)

Slika 7.2.41. Prikaz razlike u vrijednostima respiracijskog kvocijenta pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci



Slika 7.2.42. Prikaz razlike u vrijednostima respiracijskog kvocijenta pri ventilacijskom anaerobnom pragu izmjerene različitim protokolima na pokretnoj traci između skupina trkača



U Tablicama 7.2.17 i 7.2.18 prikazani su rezultati analiza varijance za ponovljena mjerenja u parametrima respiracijskog kvocijenta (RQ_{max} i RQ_{VP}). Kod RQ_{max} utvrđeni su statistički značajni glavni efekti za primijenjeni protokol opterećenja (PROTOKOL), dok u parametru RQ_{VP} nije utvrđena statistička značajnost niti jednog od glavnih efekata. U oba parametra nije utvrđena statistički značajna interakcija skupine i primijenjenog protokola.

Izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci statistički značajno utječe na vrijednost RQ_{max} , ali protokoli statistički značajno ne razlikuju trkače disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetske kapaciteta u parametrima RQ_{max} i RQ_{VP} . Vrijednost RQ_{VP} statistički značajno ne ovisi o primijenjenom protokolu opterećenja na pokretnoj traci. Interakcija skupine i protokola nije statistički značajna, odnosno, izbor protokola ne utječe na prisutnost razlika između skupina trkača.

Treća hipoteza ovog istraživanja koja navodi da se vrijednosti ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete statistički značajno ne razlikuju u primijenjenim protokolima opterećenja **se prihvća za parametre FS_{max} , FS_{VP} , VE_{VP} i RQ_{VP} .**

Šesta hipoteza ovog istraživanja koja navodi da se vrijednosti ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete statistički značajno ne razlikuju u primijenjenim protokolima opterećenja u pojedinim skupinama trkača s dominantnim udjelom anaerobnog odnosno aerobnog kapaciteta **se prihvaća za parametre FS_{VP} , VE_{max} i RQ_{VP} .**

7.3 Analiza razlika između skupina trkača

7.3.1 Analiza razlika između skupina trkača u morfološkim obilježjima

Tablica 7.3.1. Analiza razlika (Studentov T-test) između skupina trkača u varijablama za procjenu morfoloških karakteristika

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
DOBG	23.38	20.19	2.28	46	0.03	23	25	6.14	3.24	3.59	0.00
ALVT	179.64	182.51	-1.79	46	0.08	23	25	6.20	4.83	1.65	0.23
AVTT	69.11	74.47	-3.02	46	0.00	23	25	6.52	5.76	1.28	0.55
FVC	6.03	6.14	-0.50	46	0.62	23	25	0.90	0.59	2.33	0.05
FEV1	4.82	5.11	-1.65	46	0.10	23	25	0.73	0.48	2.28	0.05
%FVC	81.23	82.16	-0.47	46	0.64	23	25	6.29	7.33	1.36	0.47

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Provedena analiza razlika ukazala je da su trkači u disciplinama s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta statistički značajno teži i mlađi ali se ne razlikuju u visini tijela i vrijednosti dinamičkog plućnog kapaciteta od trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta (Tablica 7.3.1).

7.3.2 Analiza razlika između skupina trkača u ventilacijskim i metaboličkim parametrima aerobnog energetskog kapaciteta

S ciljem analize razlika u parametrima za procjenu energetskih kapaciteta između atletičara s dominantnim udjelom aerobnog i atletičara s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma, u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja na pokretnoj traci (treći cilj istraživanja), proveden je Studentov T-test za nezavisne uzorke (Tablice 7.3.2 – 4).

Tablica 7.3.2. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta u testu KF05

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
VO_{2max05}	4.63	4.35	2.28	46	0.03	23	25	0.50	0.30	2.78	0.02
RVO_{2max05}	66.96	58.42	6.63	46	0.00	23	25	4.43	4.48	1.02	0.97
VO_{2VP05}	4.00	3.75	2.41	46	0.02	23	25	0.38	0.33	1.39	0.43
RVO_{2VP05}	58.16	50.26	6.73	46	0.00	23	25	4.08	4.05	1.02	0.96
%VO_{2VP05}	86.90	86.09	0.80	46	0.43	23	25	3.30	3.72	1.27	0.57
v_{max05}	23.48	20.92	5.84	46	0.00	23	25	1.31	1.68	1.65	0.24
v_{VP05}	17.61	14.42	7.44	46	0.00	23	25	1.37	1.58	1.32	0.51

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.3. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu aerobnog energetskog kapaciteta u testu KF1

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
VO_{2max1}	4.59	4.30	2.39	46	0.02	23	25	0.50	0.34	2.09	0.08
RVO_{2max1}	66.43	58.00	6.75	46	0.00	23	25	4.49	4.16	1.17	0.71
VO_{2VP1}	3.98	3.69	2.62	46	0.01	23	25	0.47	0.31	2.29	0.05
RVO_{2VP1}	57.57	49.73	6.30	46	0.00	23	25	4.49	4.14	1.18	0.70
%VO_{2VP1}	86.88	85.77	1.07	46	0.29	23	25	2.56	4.33	2.87	0.02
v_{max1}	21.52	18.58	7.12	46	0.00	23	25	1.26	1.57	1.57	0.29
v_{VP1}	16.74	13.28	8.66	46	0.00	23	25	1.51	1.25	1.47	0.36

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.4. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta u testu KF4

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
VO_{2max4}	4.54	4.32	1.67	46	0.10	23	25	0.53	0.34	2.42	0.04
RVO_{2max4}	65.53	57.92	5.74	46	0.00	23	25	4.58	4.60	1.01	0.99
VO_{2VP4}	3.98	3.76	2.04	46	0.05	23	25	0.44	0.28	2.49	0.03
RVO_{2VP4}	57.63	50.42	5.97	46	0.00	23	25	4.76	3.58	1.77	0.18
%VO_{2VP4}	87.97	87.16	0.72	46	0.47	23	25	4.51	3.21	1.97	0.11
v_{max4}	19.07	15.87	8.70	46	0.00	23	25	1.02	1.46	2.04	0.10
v_{VP4}	15.58	12.25	8.98	46	0.00	23	25	1.43	1.13	1.62	0.25

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

U parametrima za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta u svim trima primijenjenim protokolima opterećenja na pokretnoj traci (KF05, KF1 i KF4) provedene analize su potvrdile pretpostavke o značajnim razlikama između trkača disciplina s dominantnim udjelom aerobnog i dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablice 7.3.2 – 4). Statistički značajna razlika nije utvrđena za parametar %VO_{2VP}, te za parametar VO_{2max} u protokolu KF4, iako je uočena tendencija većih vrijednosti u trkača sa dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta (p=0.10).

Dobiveni rezultati ukazuju da trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog u odnosu na trkače s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta imaju statistički značajno veće vrijednosti u parametrima za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta.

Sedma hipoteza ovog istraživanja kojom se tvrdilo da se u primijenjenim testovima opterećenja atletičari trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog metabolizma statistički značajno razlikuju u odnosu na atletičare trkačkih disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma u vrijednostima parametara aerobnog energetskeg kapaciteta **se prihvća**.

7.3.3 Analiza razlika između skupina trkača u ventilacijskim i metaboličkim parametrima anaerobnog energetskeg kapaciteta

Tablica 7.3.5. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta u testu KF05

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
L_{max05}	11.77	14.60	-4.19	46	0.00	23	25	3.03	1.41	4.62	0.00
D_{AE05}	20.75	22.20	-0.29	46	0.77	23	25	21.40	11.41	3.52	0.00
D_{AN05}	13.82	25.83	-4.25	46	0.00	23	25	10.37	8.99	1.33	0.50
VO_{2AN05}	15.62	16.39	-0.41	46	0.69	23	25	6.58	6.30	1.09	0.83
EP_{AN05}	29.45	42.22	-3.66	46	0.00	23	25	11.88	11.98	1.02	0.98
ANK₀₅	34.57	48.03	-2.24	46	0.03	23	25	26.03	14.11	3.40	0.00
DK_{BK05}	50.04	45.38	2.61	46	0.01	23	25	6.31	6.04	1.09	0.83
DK_{SK05}	20.33	24.31	-2.25	46	0.03	23	25	6.07	6.16	1.03	0.95

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.6. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta u testu KF1

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
L_{max1}	12.12	14.41	-3.14	46	0.00	23	25	2.96	2.06	2.06	0.09
D_{AE1}	19.13	19.85	-0.12	46	0.91	23	25	28.01	12.32	5.17	0.00
D_{AN1}	15.99	31.39	-3.95	46	0.00	23	25	10.60	15.35	2.10	0.09
VO_{2AN1}	24.66	24.95	-0.11	46	0.91	23	25	6.02	11.06	3.38	0.01
EP_{AN1}	40.64	56.33	-3.26	46	0.00	23	25	12.82	19.10	2.22	0.07
ANK₁	35.12	51.24	-2.10	46	0.04	23	25	34.14	16.55	4.26	0.00
DK_{BK1}	51.25	45.68	3.62	46	0.00	23	25	5.80	4.83	1.44	0.38
DK_{SK1}	19.72	22.14	-1.75	46	0.09	23	25	5.08	4.50	1.28	0.56

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.7. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta u testu KF4

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
L_{max4}	10.12	12.45	-3.07	46	0.00	23	25	2.97	2.26	1.73	0.19
DK_{BK4}	46.98	43.30	2.27	46	0.03	23	25	5.29	5.89	1.24	0.61
DK_{SK4}	16.82	19.92	-1.75	46	0.09	23	25	6.21	6.02	1.06	0.88

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

U svim primijenjenim testovima opterećenja na pokretnoj traci (KF05, KF1 i KF4), provedene analize parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta su potvrdile pretpostavku da trkači disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog u odnosu na trkače s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta imaju statistički značajno veće vrijednosti (Tablice 7.3.5 – 7). Sstatistički značajna razlika nije utvrđena za parametar spore komponente duga kisika (DK_{SK}, mjerenog između 2. i 5. minute oporavka nakon testa) i za parametar istrčanih anaerobnih metara u protokolu KF4. Za oba osnovna parametra za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta, (L_{max} i S_{UK}) potvrđena je pretpostavka većih vrijednosti u trkača sa dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta.

Osma hipoteza ovog istraživanja kojom se tvrdilo da se u primijenjenim testovima opterećenja atletičari trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog metabolizma statistički značajno razlikuju u odnosu na atletičare trkačkih disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma u vrijednostima parametara anaerobnog energetskeg kapaciteta **može biti djelomično prihvaćena**, odnosno, hipoteza može biti prihvaćena za parametre L_{max}, D_{AN}, EP_{AN}, ANK i DK_{SK} (KF05), a odbacuje se za parametre D_{AE} i DK_{BK}.

7.3.4 Analiza razlika između skupina trkača u ostalim fiziološkim parametrima koji ne procjenjuju energetske kapacitete

Tablica 7.3.8. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete u testu KF05

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
FS_{max05}	188.96	195.48	-2.86	46	0.01	23	25	9.97	5.29	3.55	0.00
FS _{VP05}	171.70	176.72	-1.85	46	0.07	23	25	11.28	7.21	2.44	0.04
VE _{max05}	161.57	164.49	-0.54	46	0.59	23	25	17.88	19.66	1.21	0.66
VE_{VP05}	108.89	97.45	2.82	46	0.01	23	25	12.88	15.02	1.36	0.47
RQ _{max05}	1.24	1.27	-1.32	46	0.19	23	25	0.06	0.09	2.22	0.06
RQ _{VP05}	1.00	1.00	-0.82	46	0.42	23	25	0.02	0.02	1.20	0.68

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.9. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete u testu KF1

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
FS_{max1}	190.83	197.76	-3.00	46	0.00	23	25	8.68	7.32	1.41	0.41
FS_{VP1}	173.26	178.96	-2.01	46	0.05	23	25	10.36	9.33	1.23	0.61
VE _{max1}	162.27	160.38	0.32	46	0.75	23	25	20.70	19.56	1.12	0.78
VE_{VP1}	107.84	97.70	2.70	46	0.01	23	25	13.80	12.23	1.27	0.56
RQ _{max1}	1.17	1.18	-0.97	46	0.34	23	25	0.04	0.05	1.27	0.58
RQ _{VP1}	1.00	1.01	-1.95	46	0.06	23	25	0.01	0.02	1.54	0.31

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Tablica 7.3.10. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete u testu KF4

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
FS_{max4}	189.87	196.36	-2.80	46	0.01	23	25	9.32	6.63	1.98	0.11
FS_{VP4}	173.91	179.28	-2.20	46	0.03	23	25	9.71	7.13	1.86	0.14
VE _{max4}	156.06	157.91	-0.31	46	0.76	23	25	20.30	20.57	1.03	0.95
VE_{VP4}	110.02	101.44	1.98	46	0.05	23	25	16.44	13.46	1.49	0.34
RQ _{max4}	1.10	1.12	-1.47	46	0.15	23	25	0.03	0.03	1.19	0.68
RQ _{VP4}	1.00	1.00	-0.38	46	0.71	23	25	0.01	0.02	1.50	0.35

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Za parametre maksimalne frekvencije srca (FS_{max}) i vrijednosti frekvencije srca i minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu (FS_{VP} i VE_{VP}), u svim trima primijenjenim protokolima opterećenja na pokretnoj traci (KF05, KF1 i KF4), provedene analize su potvrdile pretpostavke o postojanju statistički značajne razlike između trkača disciplina s dominantnim udjelom aerobnog i dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablice 7.3.8 – 10). Parametri za koje nije utvrđena statistički značajna razlika su maksimalna minutna ventilacija (VE_{max}) te RQ_{max} i RQ_{VP} .

Dobiveni rezultati su ukazali da trkači disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta imaju statistički značajno veće vrijednosti parametara frekvencije srca, te da trkači s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta imaju statistički značajno veće vrijednosti minutne ventilacije pri VP.

Osma hipoteza ovog istraživanja koja navodi da se u primijenjenim testovima opterećenja atletičari trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog metabolizma statistički značajno razlikuju u odnosu na atletičare trkačkih disciplina s dominantnim udjelom anaerobnog metabolizma u vrijednostima ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete **se prihvća za parametre FS_{max} , FS_{VP} , VE_{VP} .**

7.3.5 Analiza razlika između skupina trkača u ekonomičnosti trčanja

U tablici 7.3.11 prikazane su razlike u trkačkoj efikasnosti između AERO i ANAERO skupine trkača.

Tablica 7.3.11. Analiza razlika između skupina trkača u varijablama za procjenu parametara ekonomičnosti trčanja u testu KF4

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
C8	0.200	0.210	-1.98	46	0.05	23	25	0.02	0.02	1.72	0.20
C10	0.195	0.208	-2.96	46	0.00	23	25	0.01	0.02	1.85	0.15
C12	0.191	0.206	-3.46	46	0.00	23	25	0.01	0.02	1.69	0.22
C	0.195	0.208	-2.86	46	0.01	23	25	0.01	0.02	1.83	0.16

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Provedene analize su potvrdile da trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta imaju statistički značajno manje vrijednosti u parametru trkačke efikasnosti u odnosu na trkače sa dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta pri svim praćenim opterećenjima na pokretnoj traci (8, 10 i 12 km/h) (Tablice 7.3.11).

7.3.6 Analiza razlika između skupina trkača u kinetici primitka kisika

U Tablicama 7.3.12 – 7.3.13 prikazane su razlike u kinetici primitka kisika između atletičara s dominantnim udjelom aerobnog i anaerobnog metabolizma.

Tablica 7.3.12. Analiza razlika između skupina trkača u kinetici VO_2 u testu KF05

	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
Δt_{05}	32.46	51.33	-2.72	45	0.01	23	25	26.56	20.96	1.61	0.26

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Tablica 7.3.13. . Analiza razlika između skupina trkača u kinetici VO_2 u testu KF1

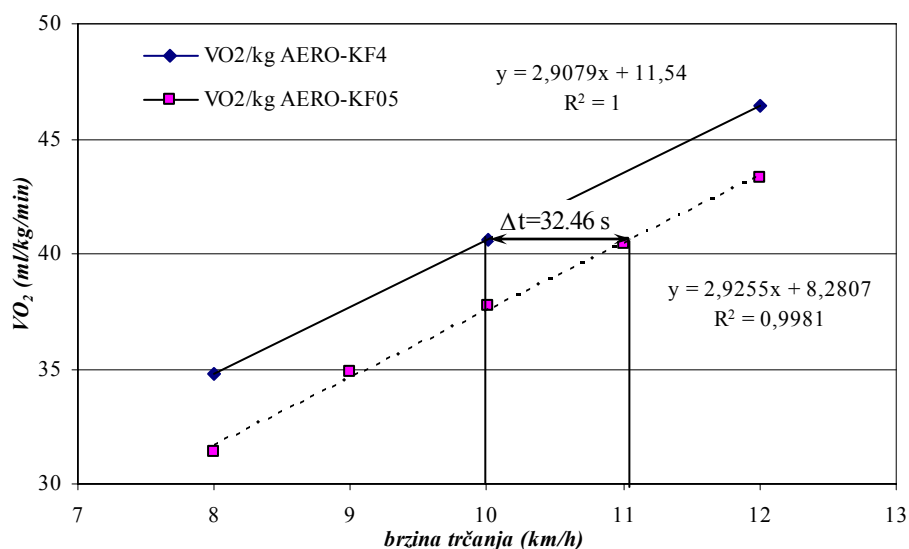
	<i>Mean AE</i>	<i>Mean AN</i>	<i>t- value</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Valid N AE</i>	<i>Valid N AN</i>	<i>SD AE</i>	<i>SD AN</i>	<i>F- ratio</i>	<i>p</i>
Δt_1	34.05	53.93	-1.65	45	0.11	23	25	45.39	37.13	1.49	0.34

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

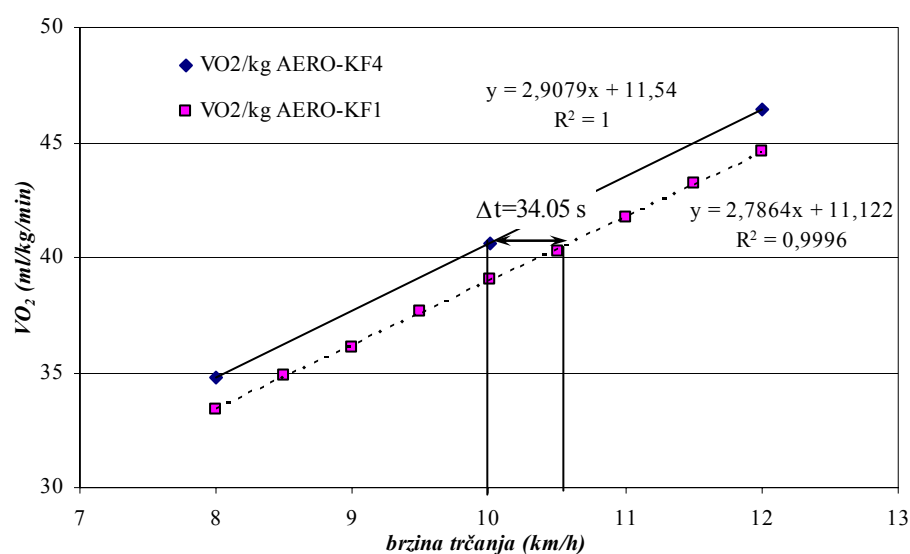
U parametru kinetike primitka kisika (Δt), izraženom kao prosječna vrijednost kašnjenja VO_2 u protokolima KF05 i KF1 u odnosu na stabilno stanje VO_2 dobiveno protokolom KF4 pri istoj brzini trčanja (8 km/h, 10 km/h i 12 km/h), postoji statistički značajna razlika između skupina 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača, u skladu s postavljenom hipotezom (H13) za Δt_{05} , (Tablice 7.3.12), dok za KF1 test postoji trend, koji ne dostiže statističku značajnost.

Na slikama 7.3.6.1 – 4 prikazane su vrijednosti kašnjenja VO_2 u protokolima KF05 i KF1 od stabilnog stanja određenog protokolom KF4, za 'aerobnu' i 'anaerobnu' skupinu trkača.

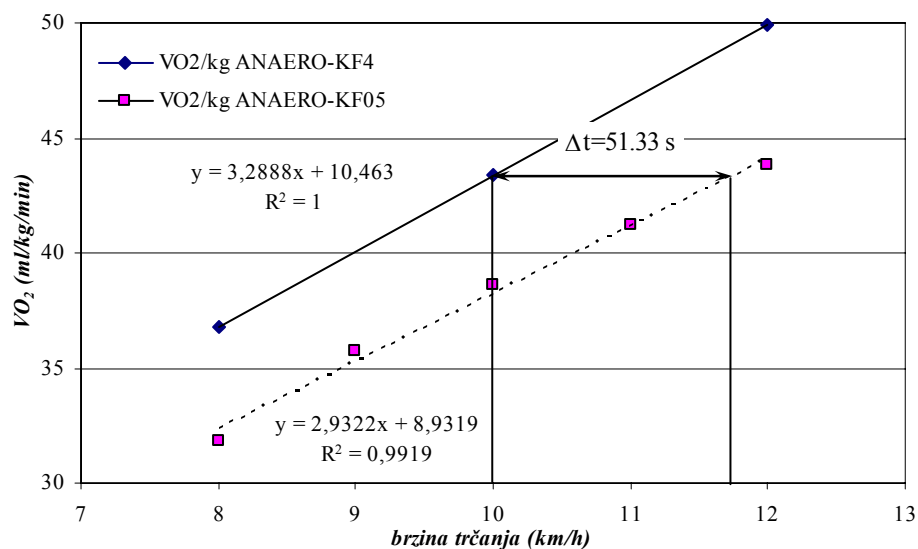
Slika 7.3.6.1. Prikaz VO_{2SS} i izračuna kinetike VO_2 u testu KF05 u trkača 'aerobne' skupine



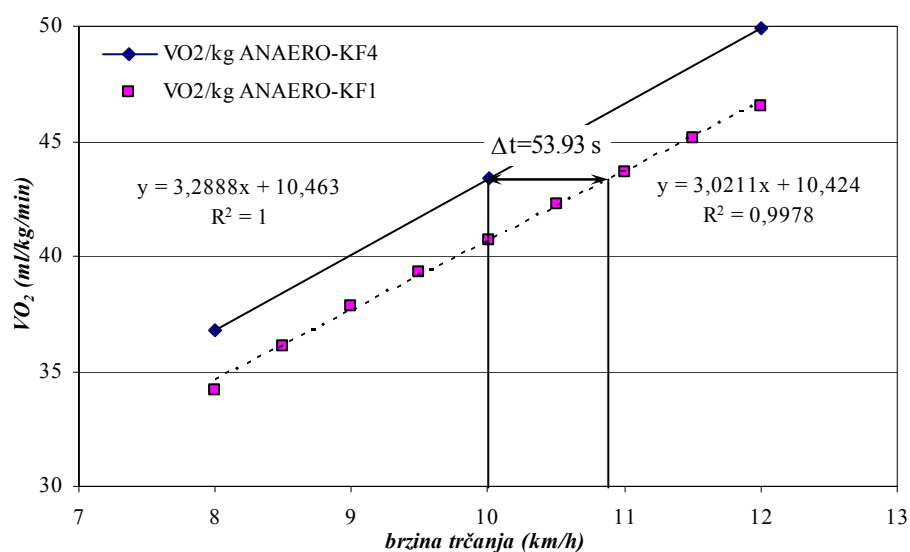
Slika 7.3.6.2. Prikaz VO_{2SS} i izračuna kinetike VO_2 u testu KF1 u trkača 'aerobne' skupine



Slika 7.3.6.3. Prikaz VO_{2SS} i izračuna kinetike VO_2 u testu KF05 u trkača 'anaerobne' skupine



Slika 7.3.6.4. Prikaz VO_{2SS} i izračuna kinetike VO_2 u testu KF1 u trkača 'anaerobne' skupine



7.4 Analiza funkcionalnih veza između parametara

Funkcionalne veze između parametara energetske kapaciteta kod trkača u primijenjenim testovima progresivnog opterećenja na pokretnom sagu (četvrti cilj istraživanja), utvrđene su izračunom korelativnih odnosa između ventilacijskih i metaboličkih parametara izmjerenih trima protokolima opterećenja na pokretnoj traci.

7.4.1 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu aerobnog energetske kapaciteta

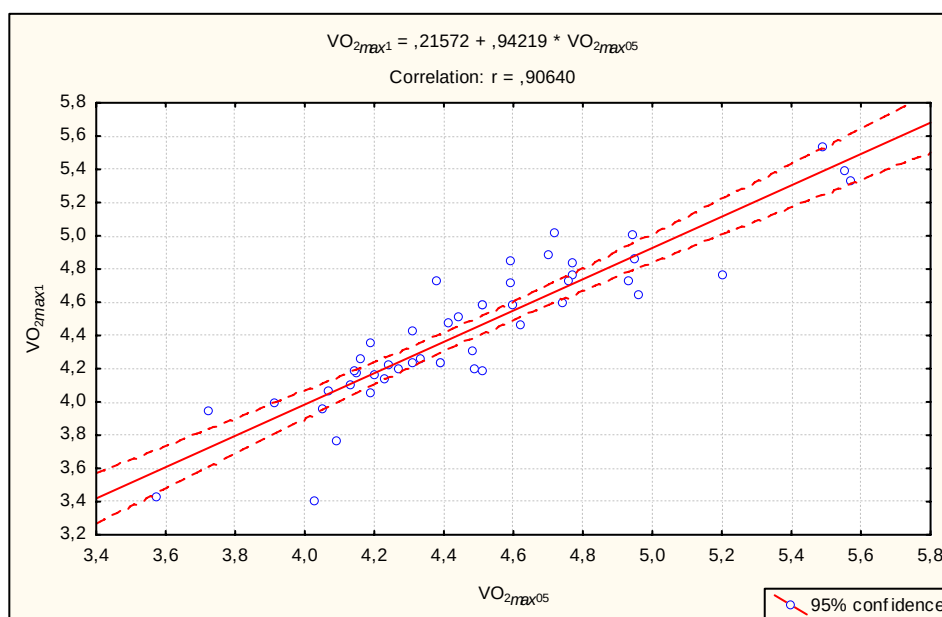
U tablicama 7.4.1–7 i slikama 7.4.1–21 prikazane su funkcionalne veze između parametara za procjenu aerobnog kapaciteta.

Tablica 7.4.1. Matrica korelacija VO_{2max} u sva tri testa opterećenja

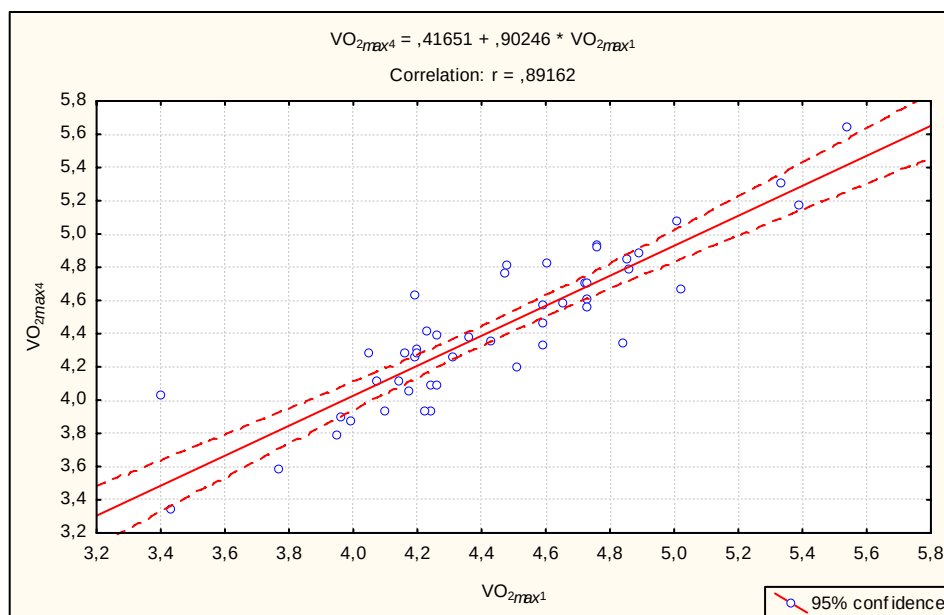
	VO_{2max05}	VO_{2max1}	VO_{2max4}
VO_{2max05}	1.00		
VO_{2max1}	.92**	1.00	
VO_{2max4}	.88**	.91**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

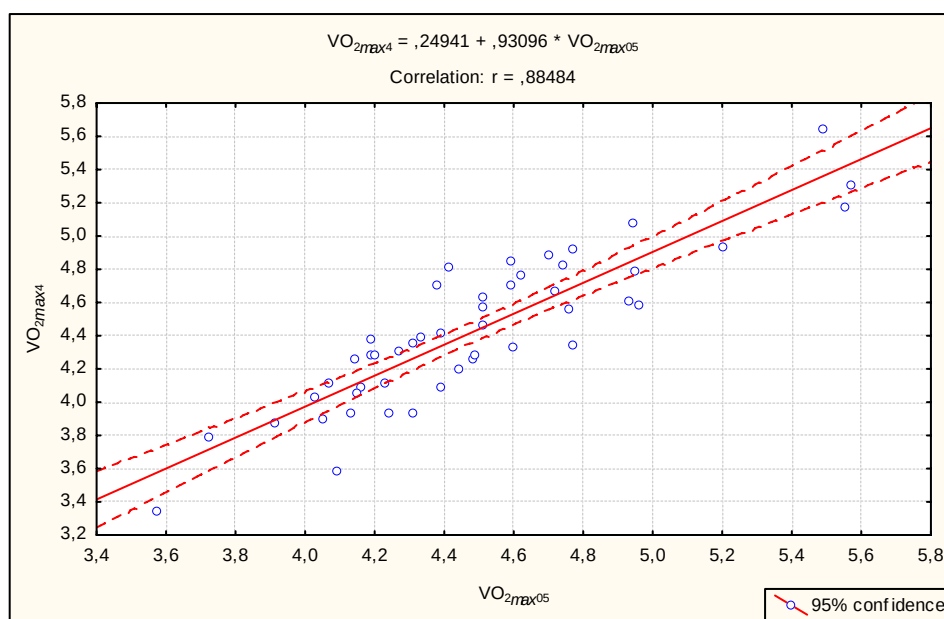
Slika 7.4.1. Odnos VO_{2max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.2. Odnos VO_{2max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.3. Odnos VO_{2max} u testovima KF4 i KF05

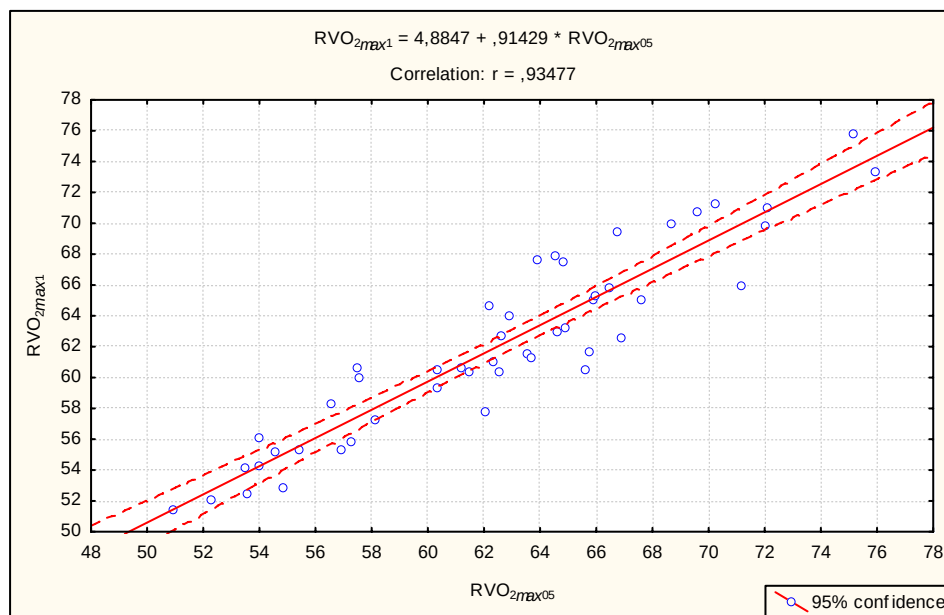


Tablica 7.4.2. Matrica korelacija RVO_{2max} u sva tri testa opterećenja

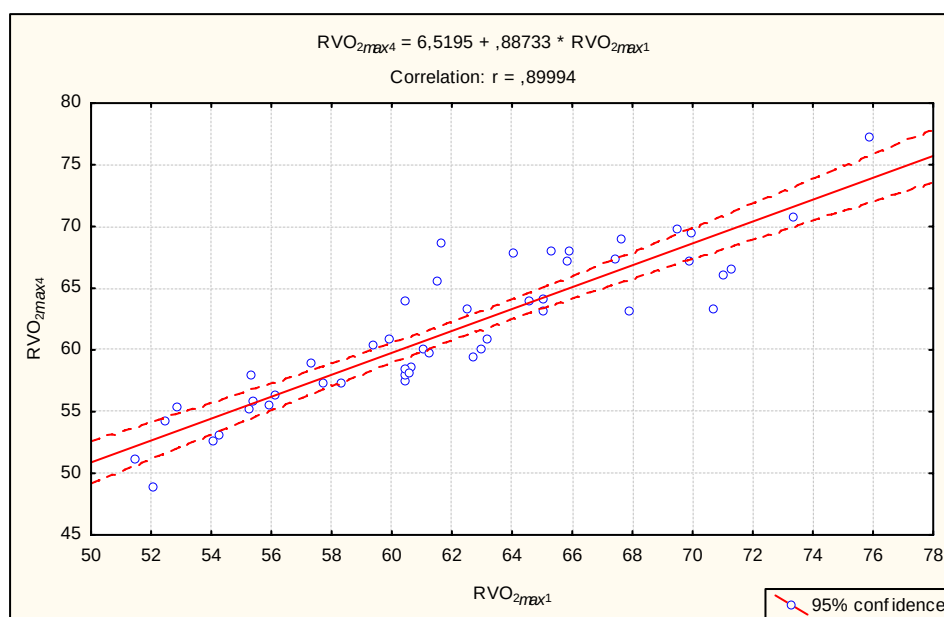
	RVO_{2max05}	RVO_{2max1}	RVO_{2max4}
RVO_{2max05}	1.00		
RVO_{2max1}	.93**	1.00	
RVO_{2max4}	.87**	.90**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

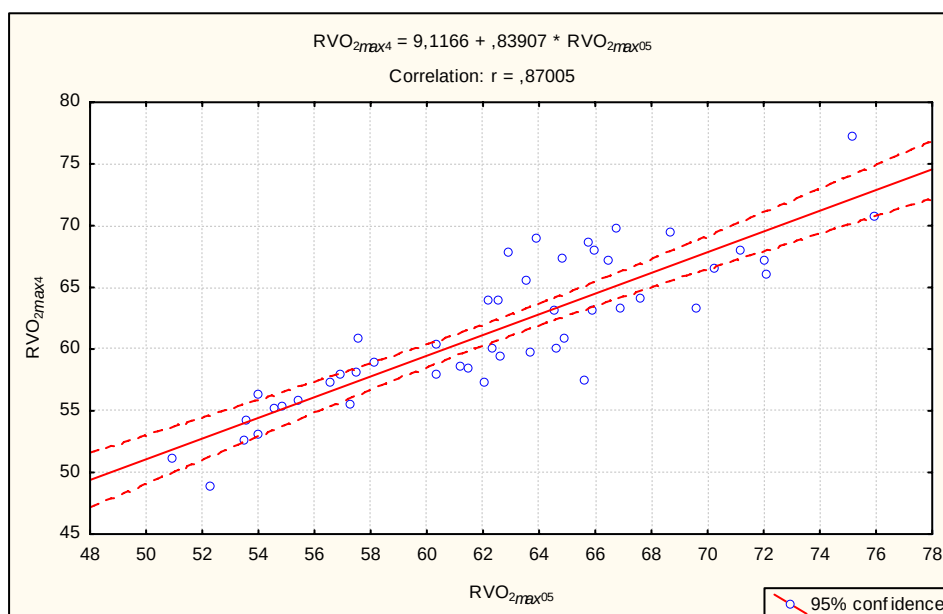
Slika 7.4.4. Odnos RVO_{2max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.5. Odnos RVO_{2max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.6. Odnos RVO_{2max} u testovima KF4 i KF05

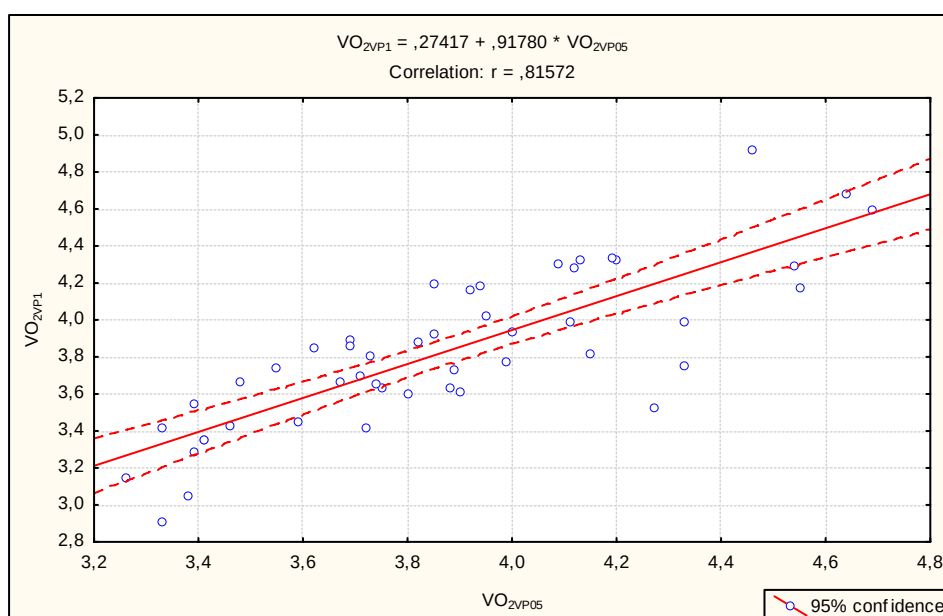


Tablica 7.4.3. Matrica korelacija VO_{2VP} u sva tri testa opterećenja

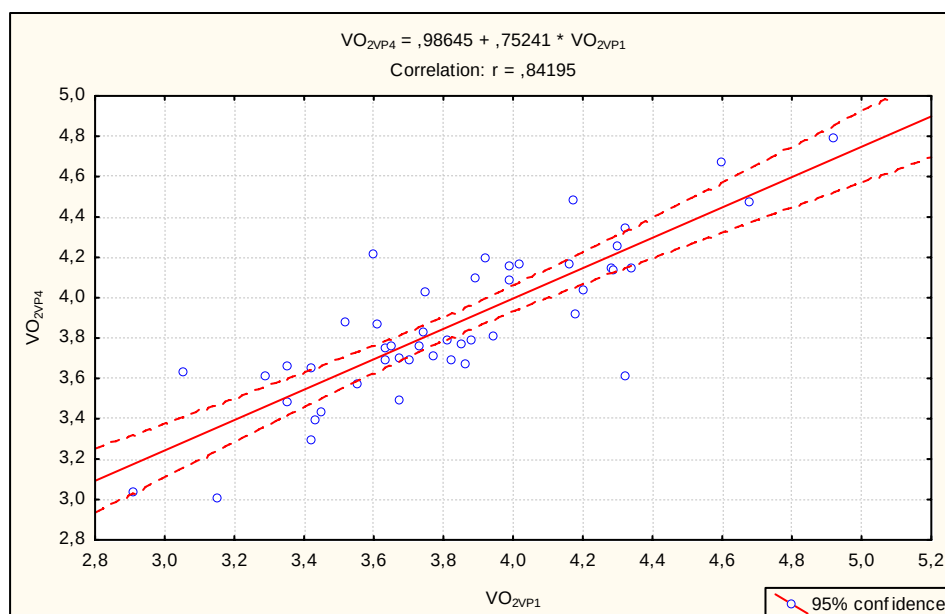
	VO_{2VP05}	VO_{2VP1}	VO_{2VP4}
VO_{2VP05}	1.00		
VO_{2VP1}	.85**	1.00	
VO_{2VP4}	.81**	.84**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

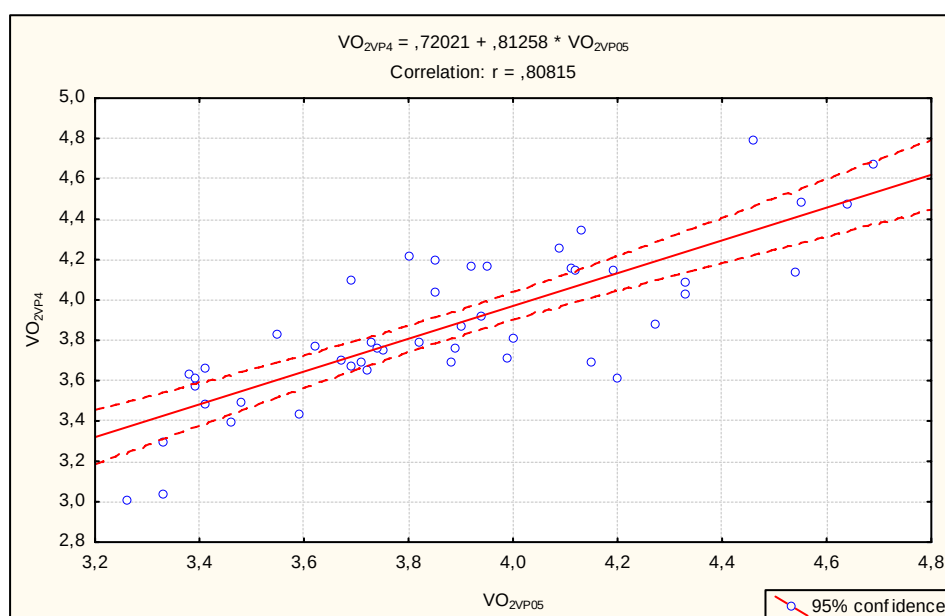
Slika 7.4.7. Odnos VO_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.8. Odnos VO_{VP} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.9. Odnos VO_{VP} u testovima KF1 i KF4

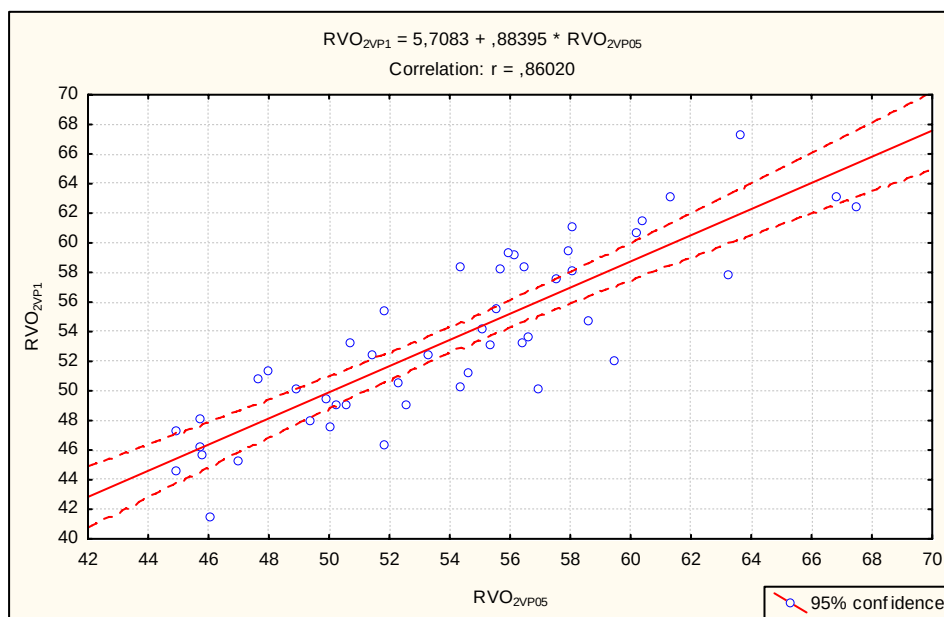


Tablica 7.4.4. Matrica korelacija RVO_{2VP} u sva tri testa opterećenja

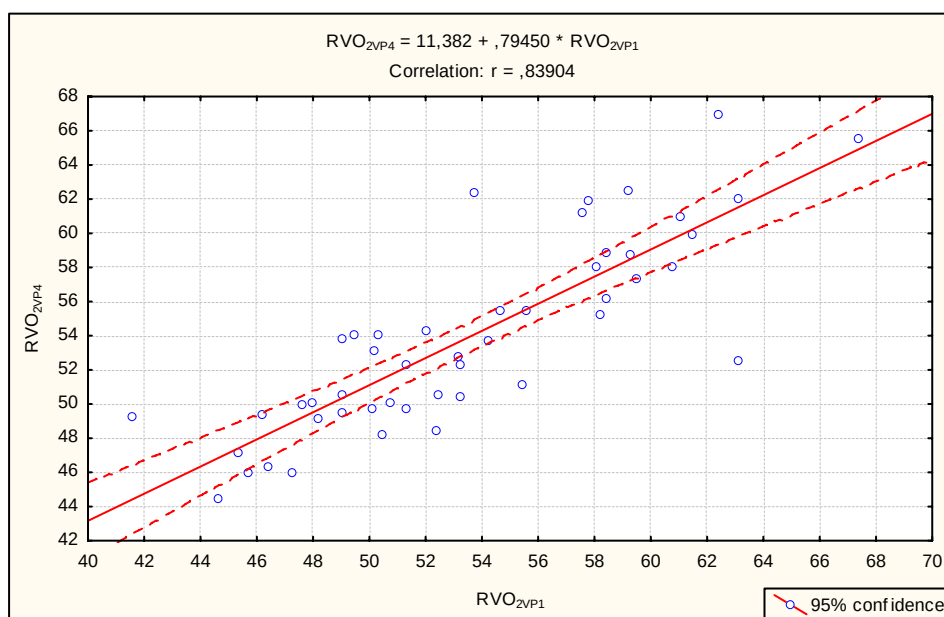
	RVO_{2VP05}	RVO_{2VP1}	RVO_{2VP4}
RVO_{2VP05}	1.00		
RVO_{2VP1}	.86**	1.00	
RVO_{2VP4}	.83**	.84**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

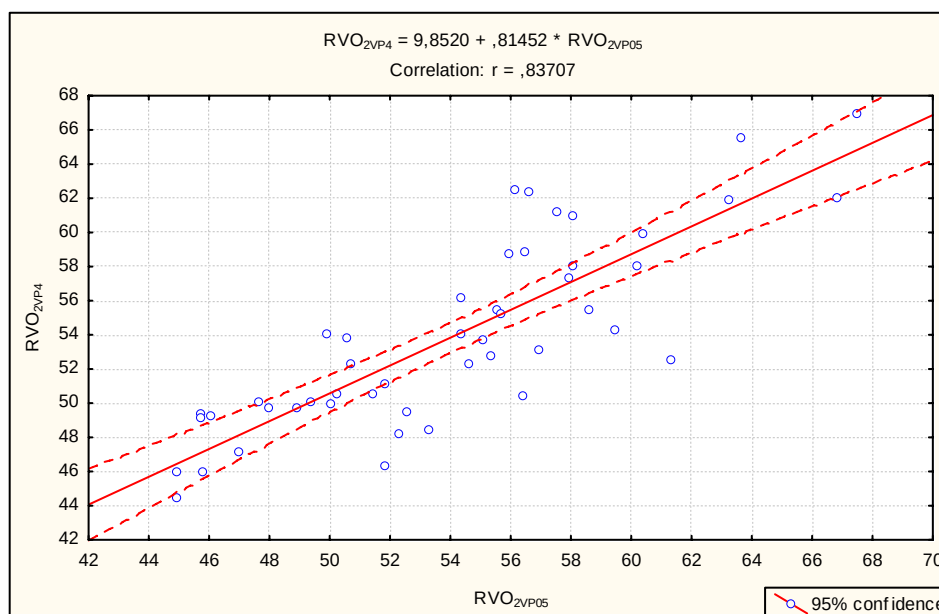
Slika 7.4.10. Odnos RVO_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.11. Odnos RVO_{VP} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.12. Odnos RVO_{VP} u testovima KF4 i KF05

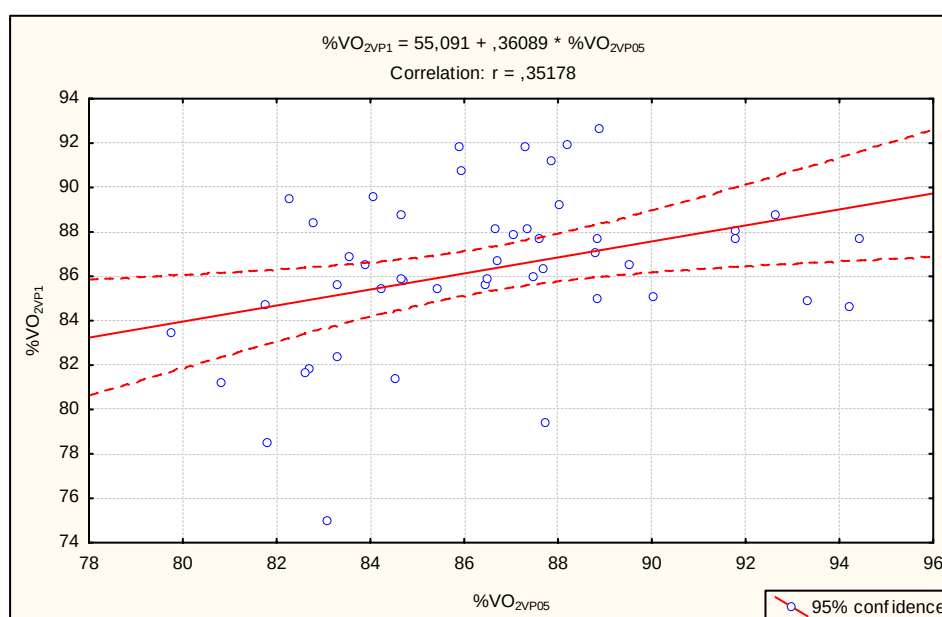


Tablica 7.4.5. Matrica korelacija $\%VO_{2VP}$ u sva tri testa opterećenja

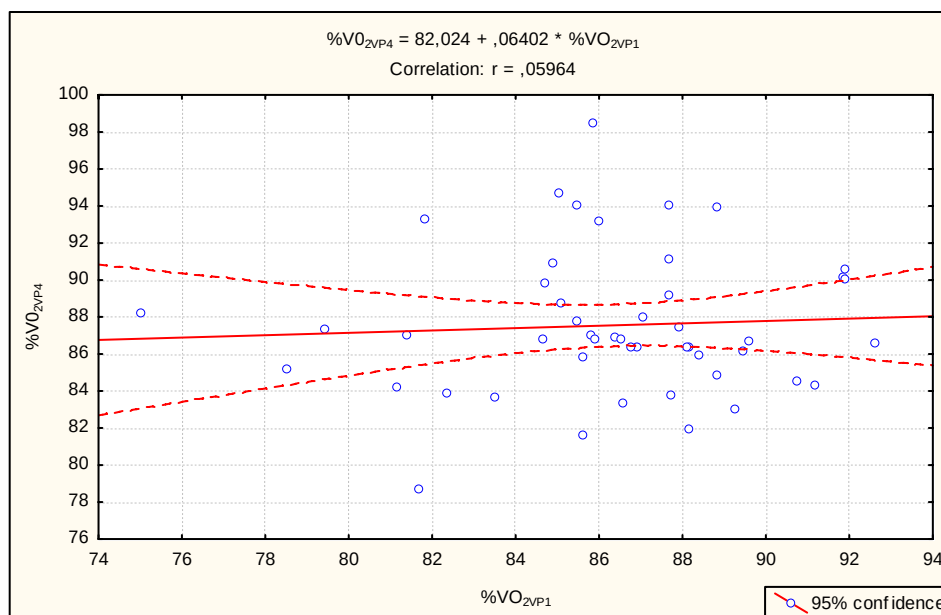
	$\%VO_{2VP05}$	$\%VO_{2VP1}$	$\%VO_{2VP4}$
$\%VO_{2VP05}$	1.00		
$\%VO_{2VP1}$	.35*	1.00	
$\%VO_{2VP4}$	.20	.03	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

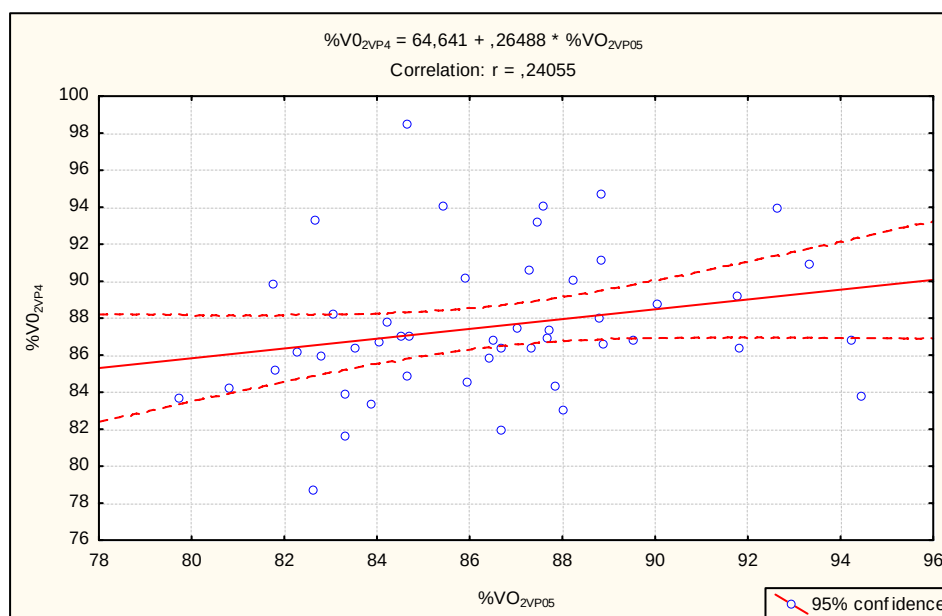
Slika 7.4.13. Odnos $\%VO_{2VP}$ u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.14. Odnos $\%VO_{2VP}$ u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.15. Odnos $\%VO_{2VP}$ u testovima KF4 i KF05

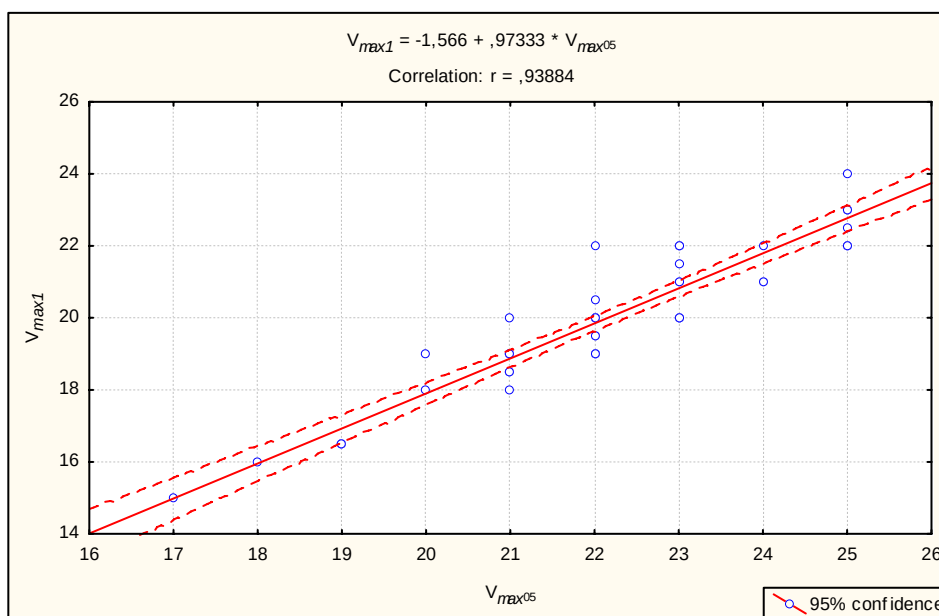


Tablica 7.4.6. Matrica korelacija v_{max} u sva tri testa opterećenja

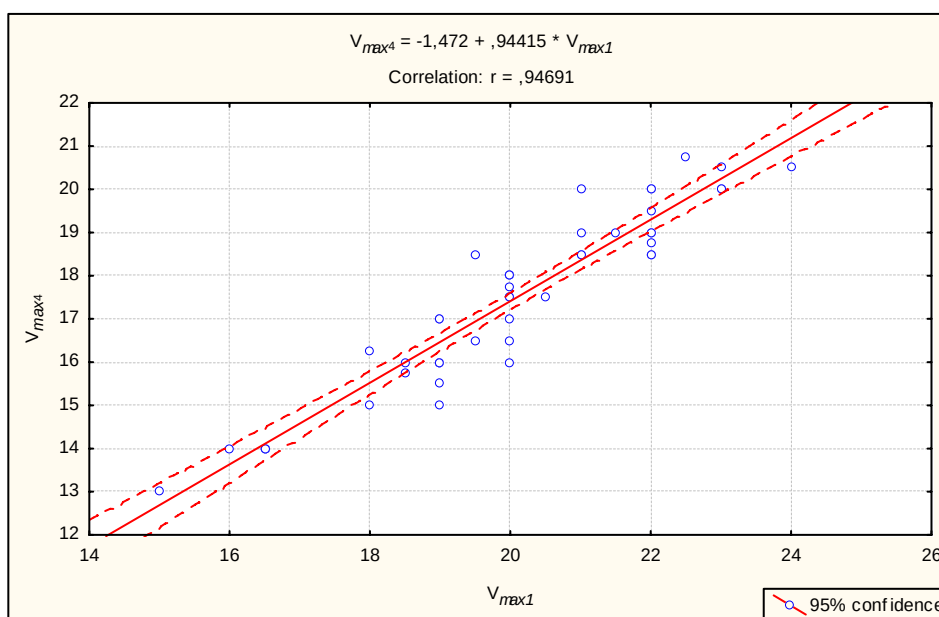
	v_{max05}	v_{max1}	v_{max4}
v_{max05}	1.00		
v_{max1}	.94**	1.00	
v_{max4}	.91**	.95**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

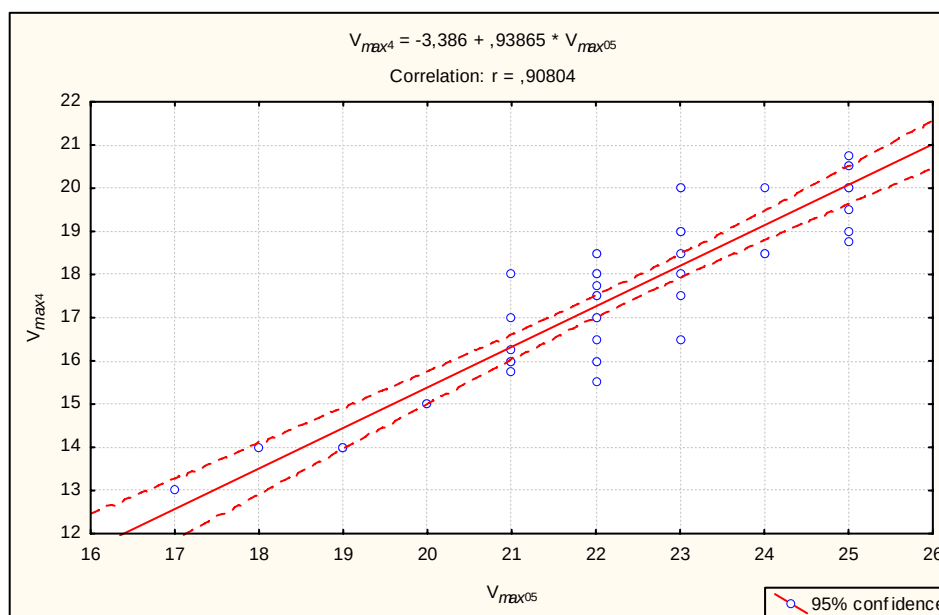
Slika 7.4.16. Odnos v_{max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.17. Odnos v_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.18. Odnos v_{max} u testovima KF4 i KF05

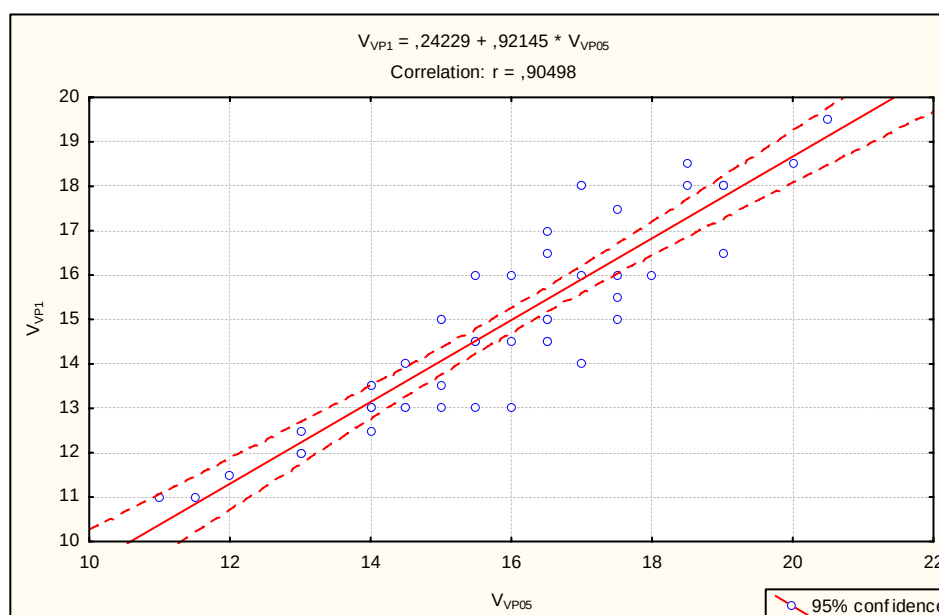


Tablica 7.4.7. Matrica korelacija v_{VP} u sva tri testa opterećenja

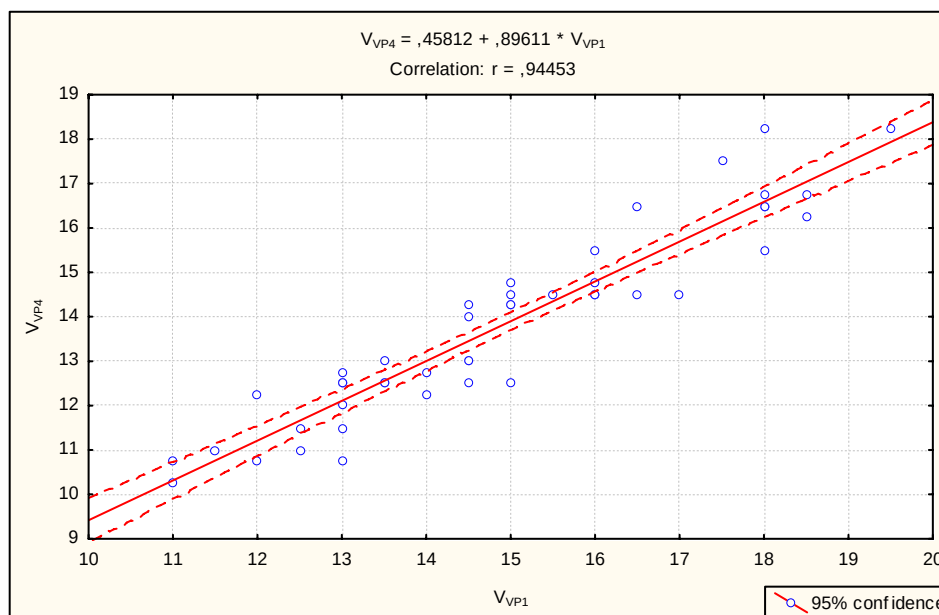
	V_{VP05}	V_{VP1}	V_{VP4}
V_{VP05}	1.00		
V_{VP1}	$.91^{**}$	1.00	
V_{VP4}	$.88^{**}$	$.94^{**}$	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

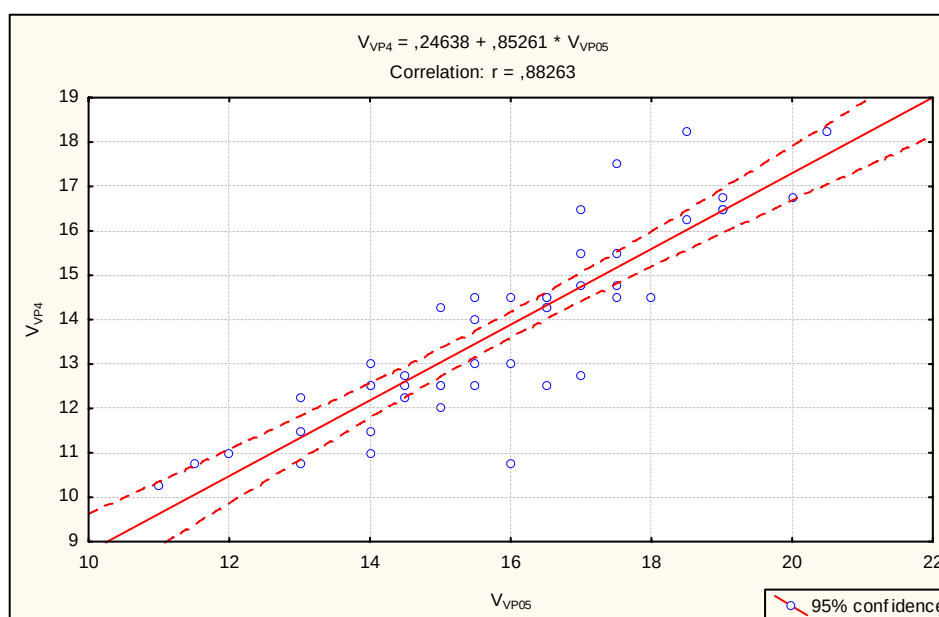
Slika 7.4.19. Odnos v_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.20. Odnos v_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.21. Odnos v_{max} u testovima KF4 i KF05



Vrijednosti korelacijskih koeficijenata potvrdile su pretpostavku o statistički značajnim funkcionalnim vezama između analiziranih parametara za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta u sva tri protokola opterećenja na pokretnom sagu ($r = 0.81-0.95$; $p < 0.01$). Jedini parametar za koji nije potvrđena pretpostavaka je $\%VO_{2VP}$ (Tablice 7.4.1 – 5).

7.4.2 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta

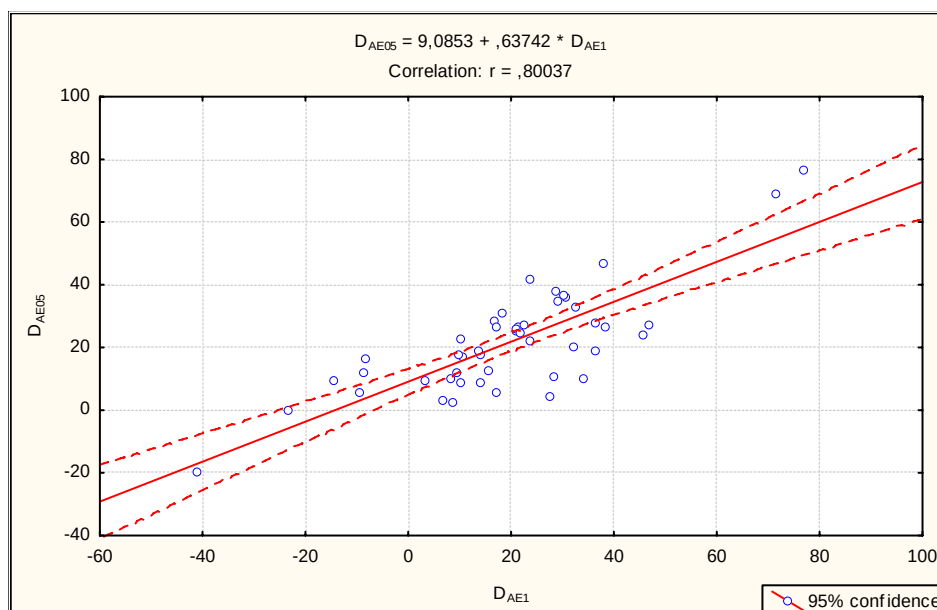
U Tablicama 7.4.8 – 15 i Slikama 7.4.22 – 35 prikazane su funkcionalne veze između parametara za procjenu anaerobnog kapaciteta.

Tablica 7.4.8. Matrica korelacija D_{AE} u testovima KF05 i KF1

	D_{AE05}	D_{AE1}
D_{AE05}	1.00	
D_{AE1}	.80**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Slika 7.4.22. Odnos D_{AE} u testovima KF1 i KF05

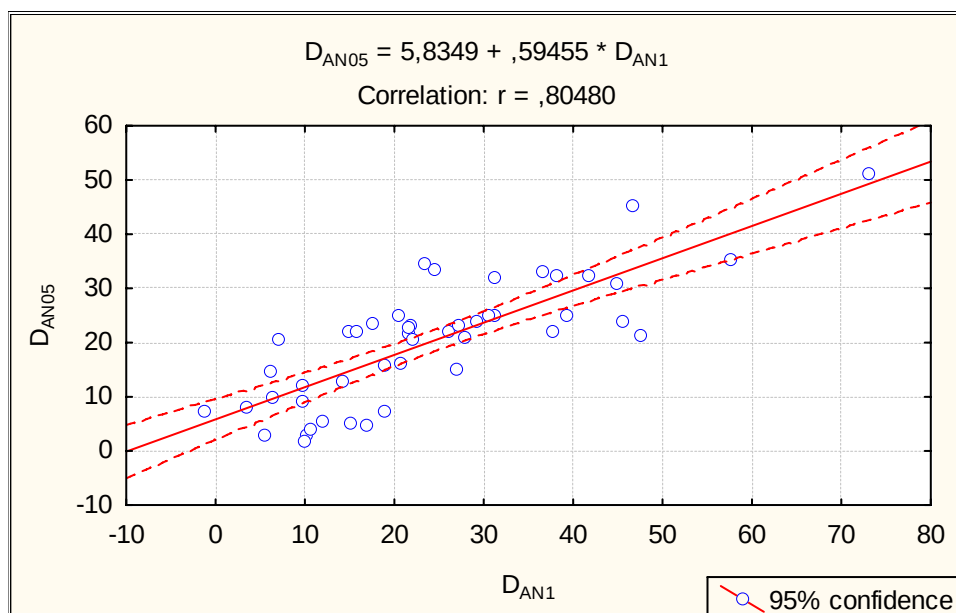


Tablica 7.4.9. Matrica korelacija D_{AN} u testovima KF05 i KF1

	D_{AN05}	D_{AN1}
D_{AN05}	1.00	
D_{AN1}	.81**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Slika 7.4.23. Odnos D_{AN} u testovima KF1 i KF05

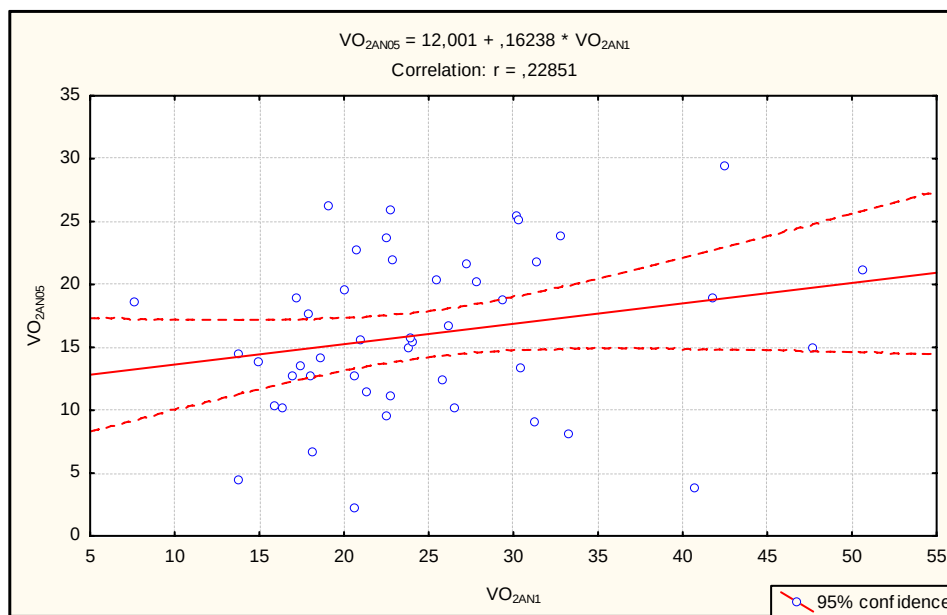


Tablica 7.4.10. Matrica korelacija VO_{2AN} u testovima KF05 i KF1

	VO_{2AN05}	VO_{2AN1}
VO_{2AN05}	1.00	
VO_{2AN1}	.23	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Slika 7.4.24. Odnos VO_{2AN} u testovima KF1 i KF05

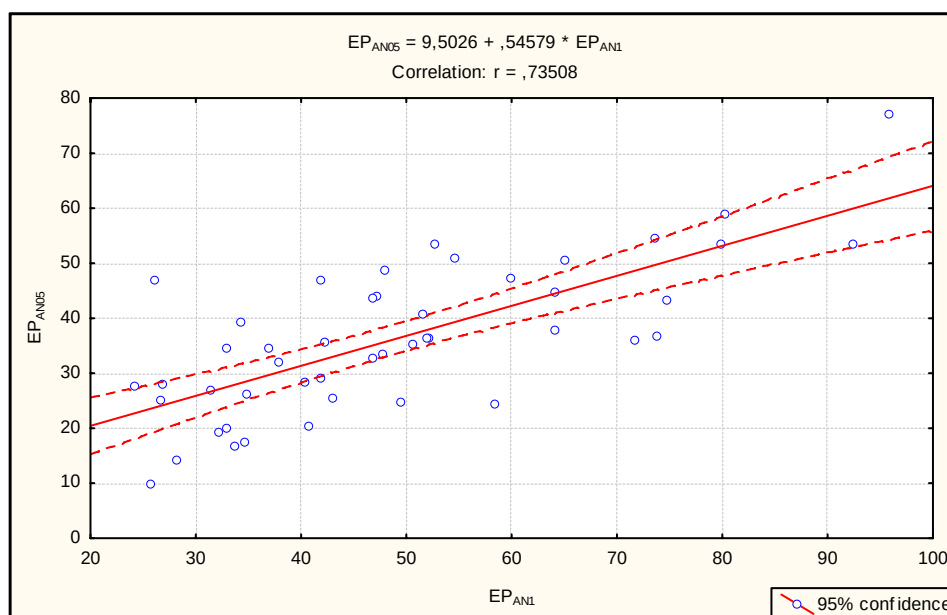


Tablica 7.4.11. Matrica korelacija EP_{AN} u testovima KF05 i KF1

	EP_{AN05}	EP_{AN1}
EP_{AN05}	1.00	
EP_{AN1}	.74**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Slika 7.4.25. Odnos EP_{AN} u testovima KF1 i KF05

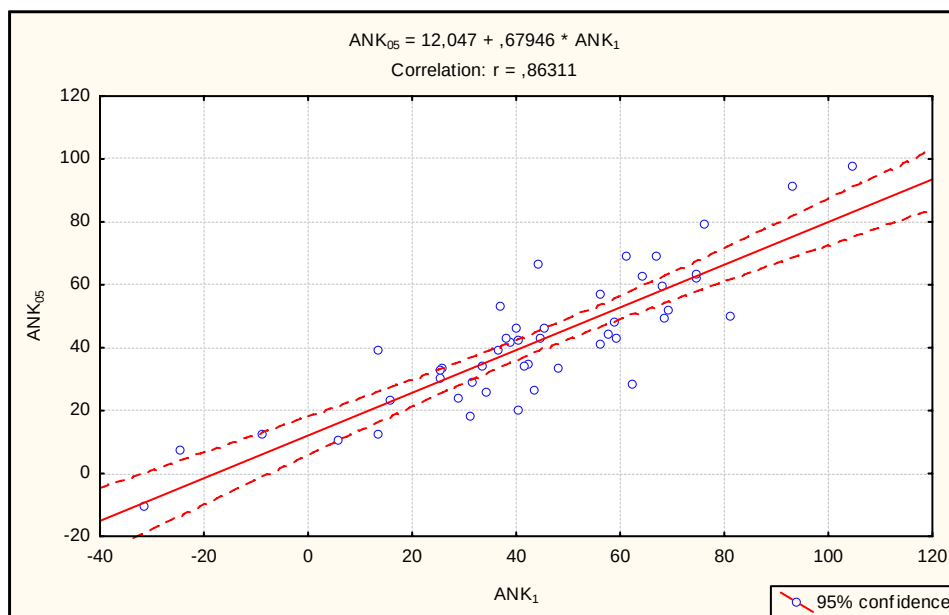


Tablica 7.4.12. Matrica korelacija ANK u testovima KF05 i KF1

	ANK ₀₅	ANK ₁
ANK ₀₅	1.00	
ANK ₁	.86**	1.00

Legenda str. 52. * p<0.05; ** p<0.01

Slika 7.4.26. Odnos ANK u testovima KF1 i KF05

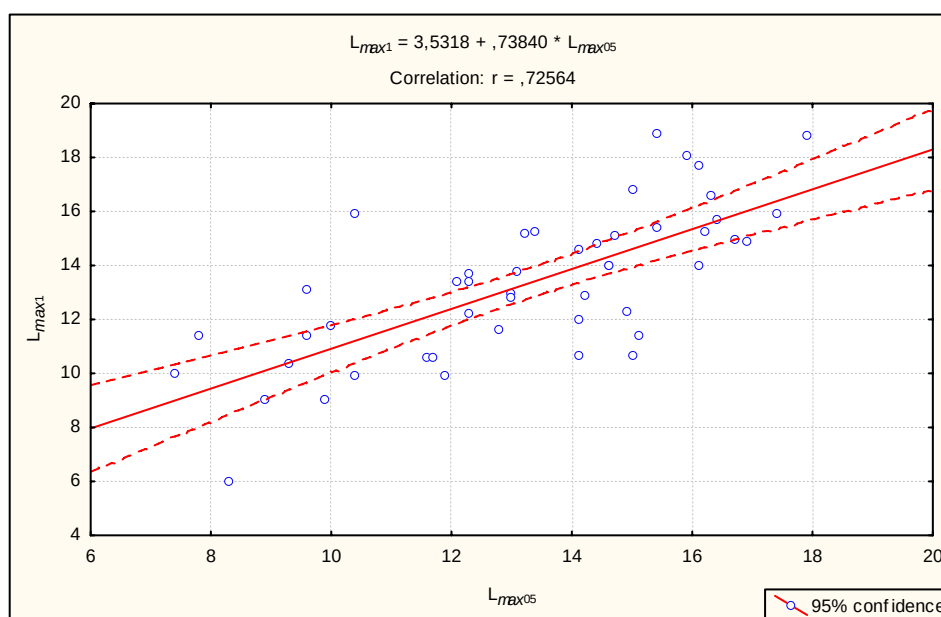


Tablica 7.4.13. Matrica korelacija L_{max} u sva tri testa opterećenja

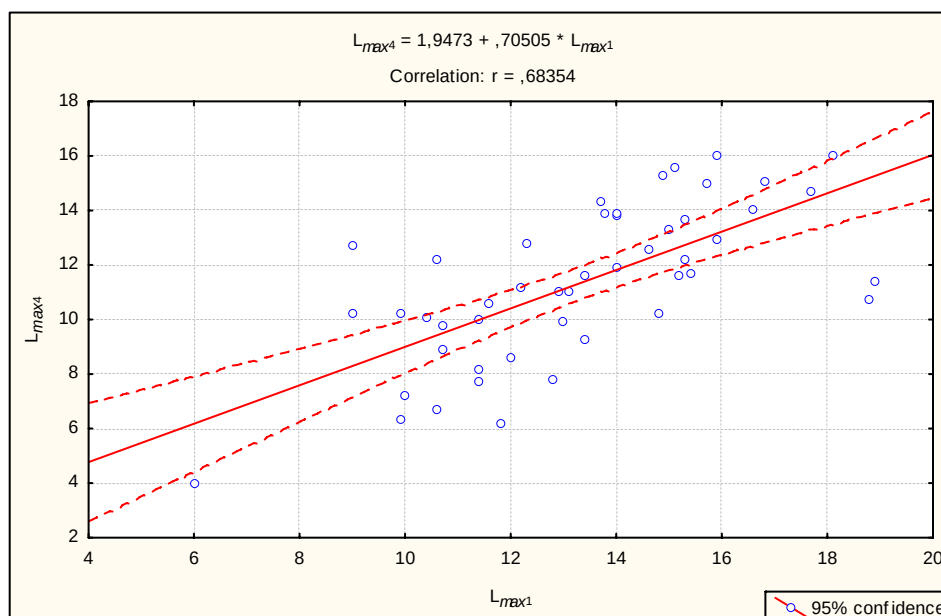
	L_{max05}	L_{max1}	L_{max4}
L_{max05}	1.00		
L_{max1}	.73**	1.00	
L_{max4}	.61**	.68**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

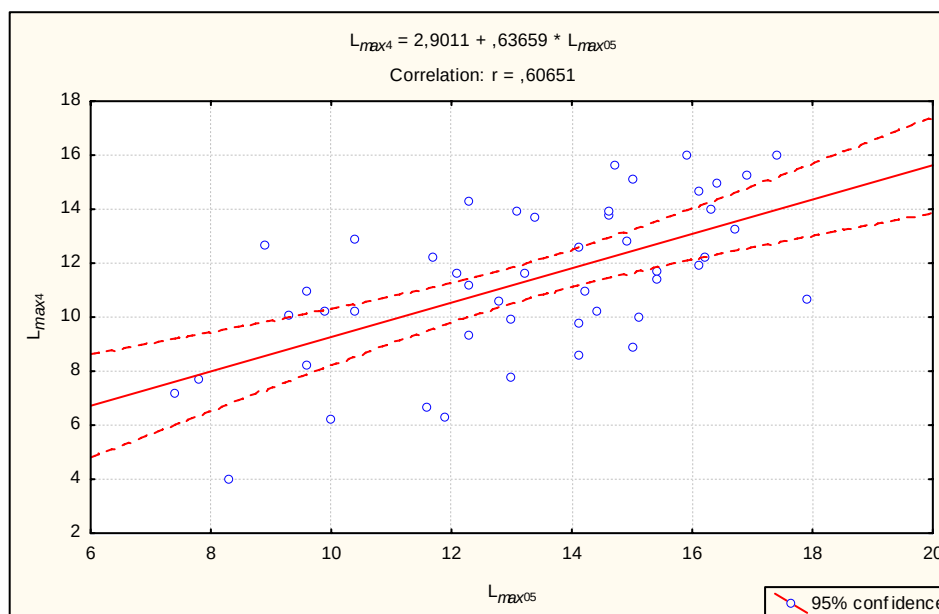
Slika 7.4.27. Odnos L_{max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.28. Odnos L_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.29. Odnos L_{max} u testovima KF4 i KF05

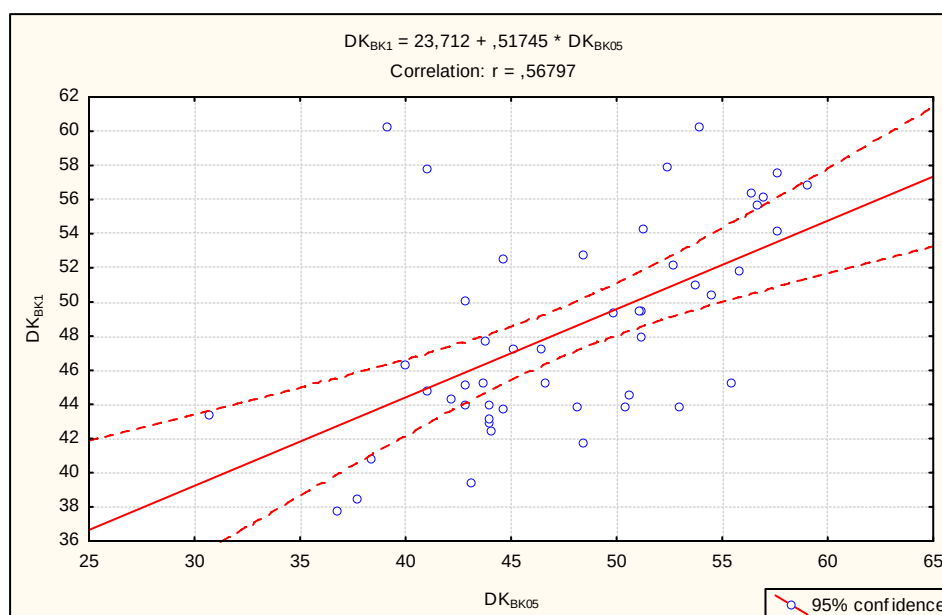


Tablica 7.4.14. Matrica korelacija DK_{BK} u sva tri testa opterećenja

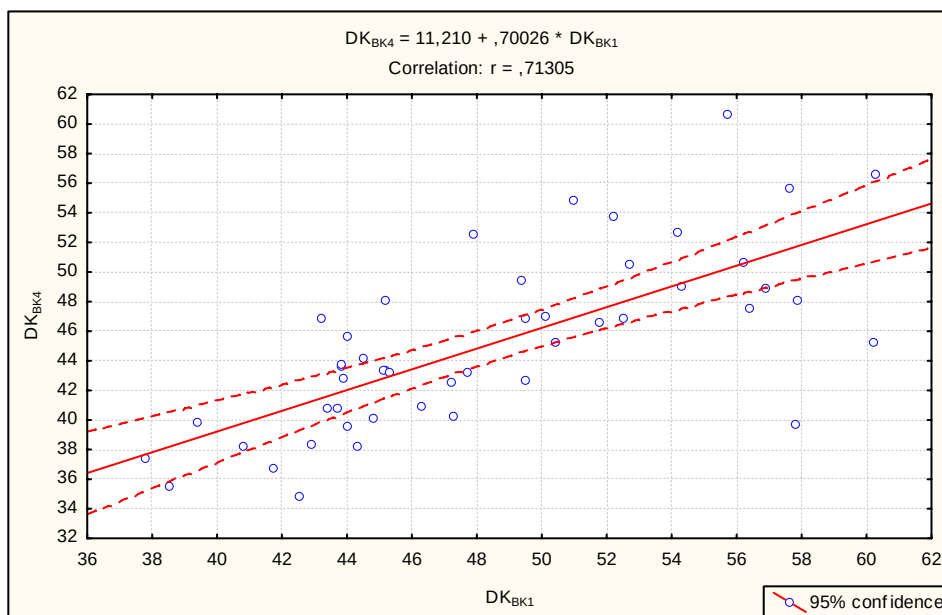
	DK_{BK05}	DK_{BK1}	DK_{BK4}
DK_{BK05}	1.00		
DK_{BK1}	.57**	1.00	
DK_{BK4}	.59**	.71**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

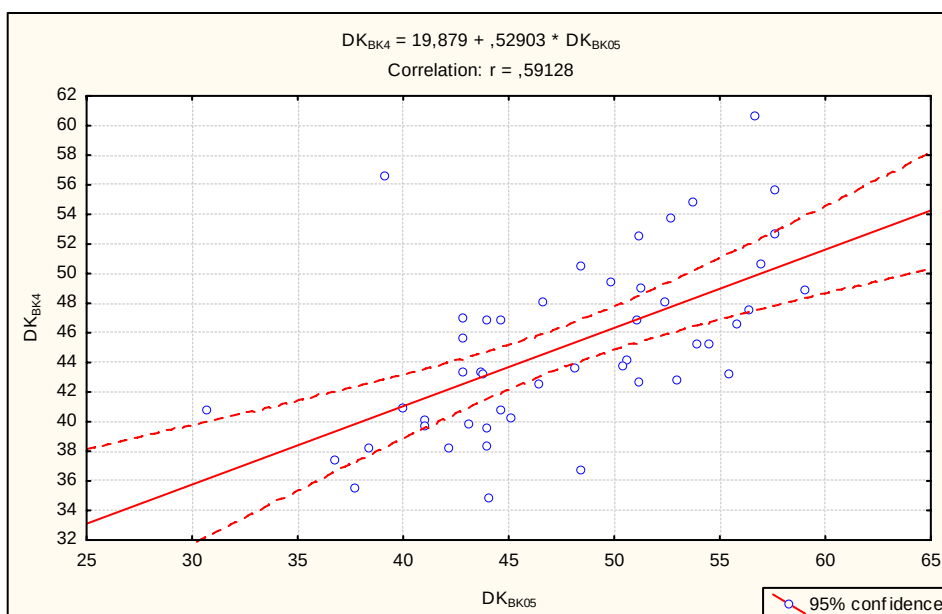
Slika 7.4.30. Odnos DK_{BK} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.31. Odnos DK_{BK} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.32. Odnos DK_{BK} u testovima KF4 i KF05

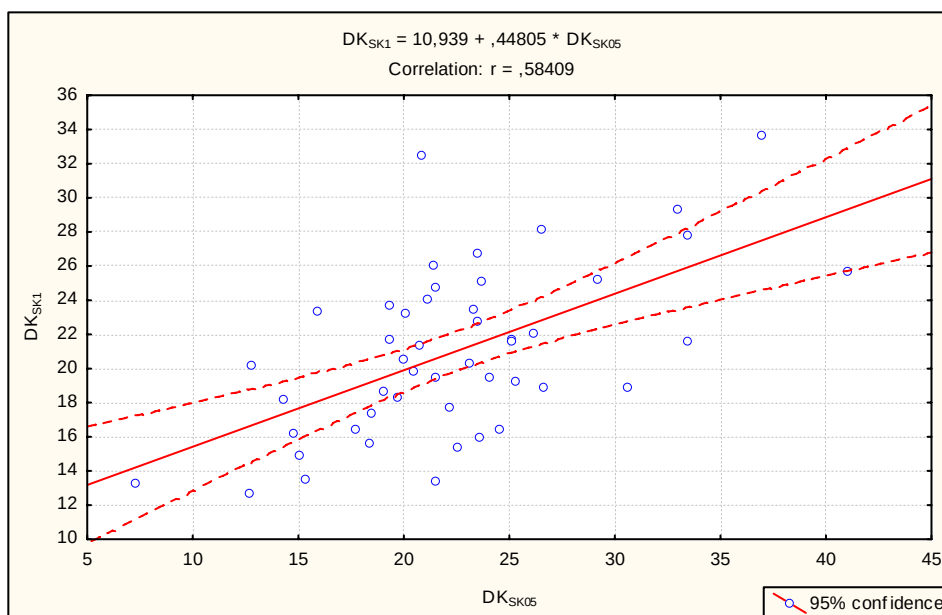


Tablica 7.4.15. Matrica korelacija DK_{SK} u sva tri testa opterećenja

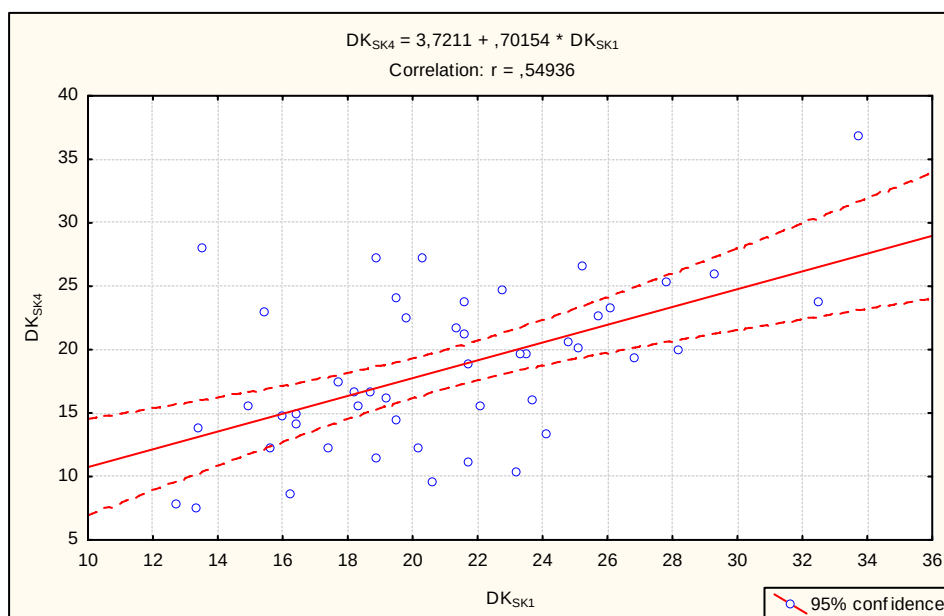
	DK_{SK05}	DK_{SK1}	DK_{SK4}
DK_{SK05}	1.00		
DK_{SK1}	.58**	1.00	
DK_{SK4}	.57**	.55**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

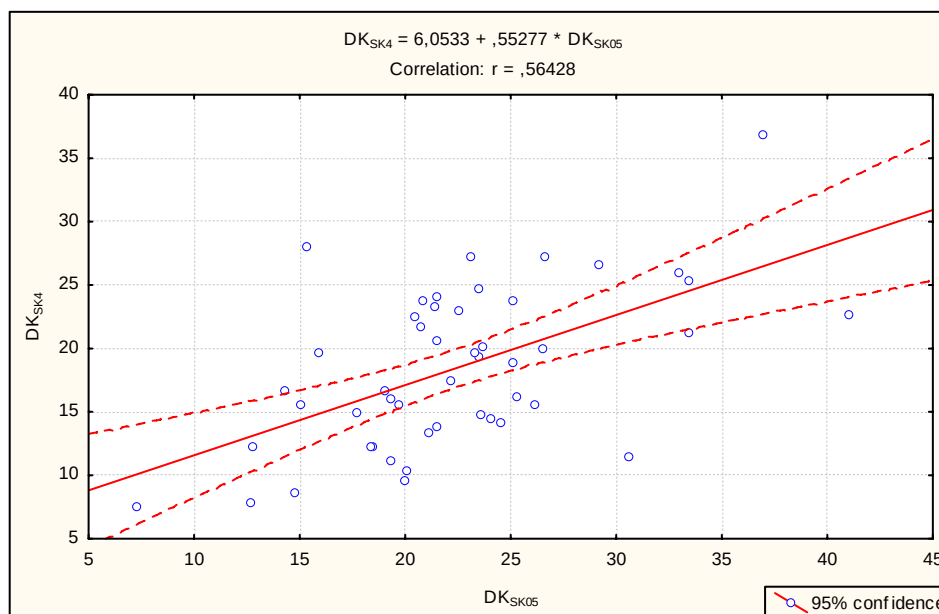
Slika 7.4.33. Odnos DK_{SK} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.34. Odnos DK_{SK} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.35. Odnos DK_{SK} u testovima KF4 i KF05



Usprkos relativno velikom rasponu koeficijenta korelacije u sva tri protokola opterećenja na pokretnom sagu ($r = 0.43-0.73$; $p < 0.01$), potvrđene su hipotetske pretpostavke o statistički značajnim funkcionalnim vezama između analiziranih parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta (Tablice 7.4.8 - 12). Jedini parametar u kojem nije ustanovljena značajna povezanost između protokola KF05 i KF1 je VO_{2AN} (primitak kisika u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu).

7.4.3 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete

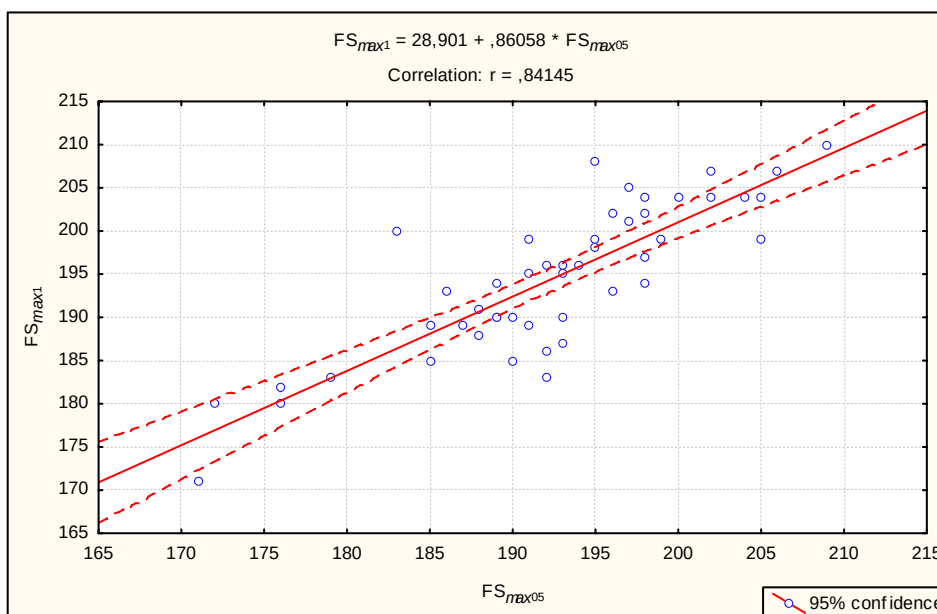
U Tablicama 7.4.16 – 21 i slikama 7.4.35 – 53 prikazane su funkcionalne veze između parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete.

Tablica 7.4.16. Matrica korelacija FS_{max} u sva tri testa opterećenja

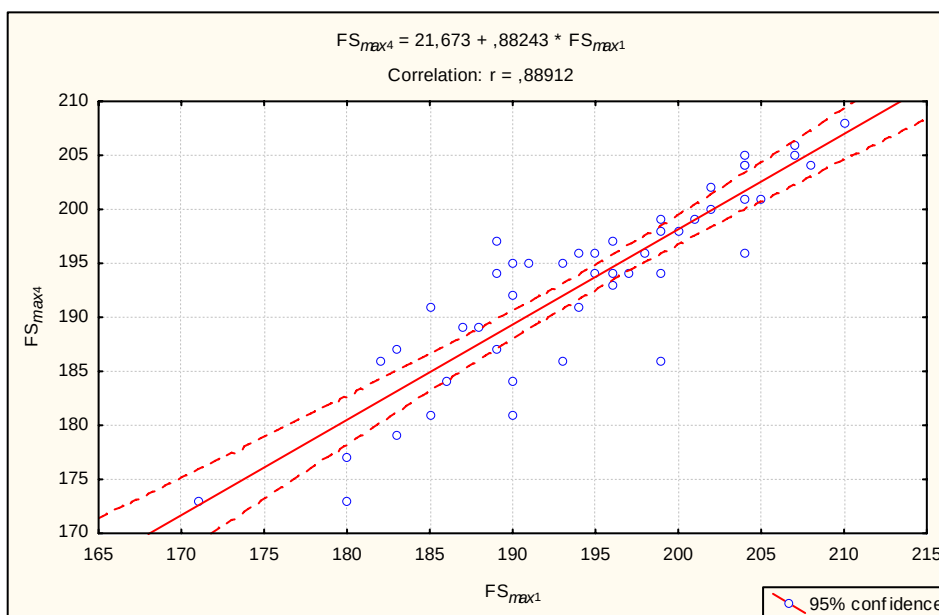
	FS_{max05}	FS_{max1}	FS_{max4}
FS_{max05}	1.00		
FS_{max1}	.84**	1.00	
FS_{max4}	.84**	.89**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

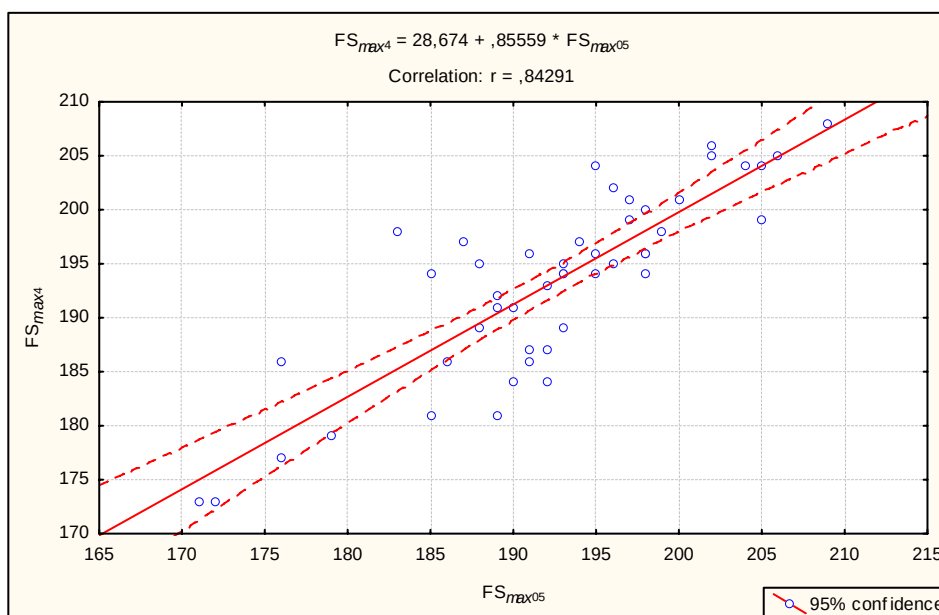
Slika 7.4.36. Odnos FS_{max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.37. Odnos FS_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.38. Odnos FS_{max} u testovima KF4 i KF05

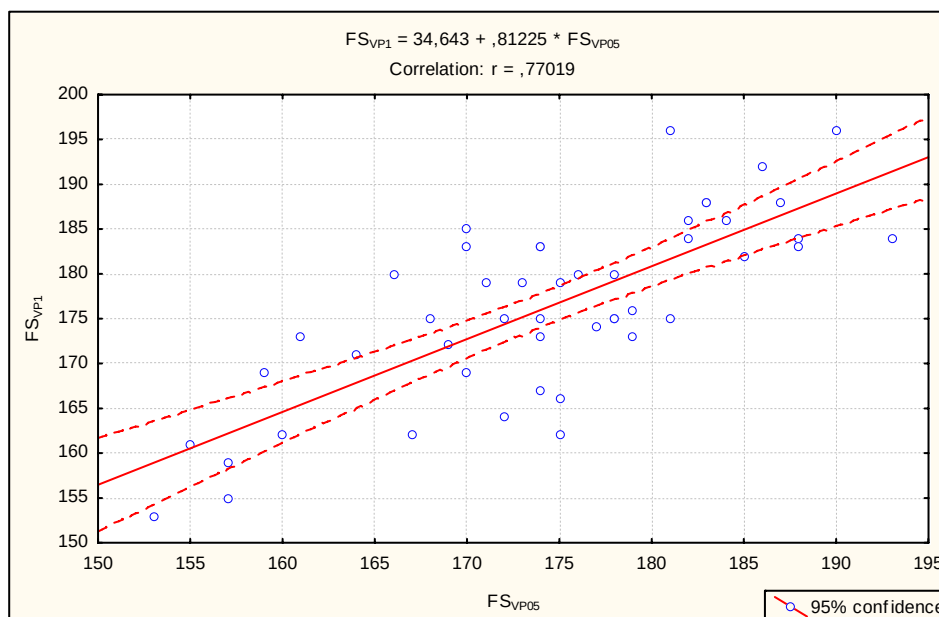


Tablica 7.4.17. Matrica korelacija FS_{VP} u sva tri testa opterećenja

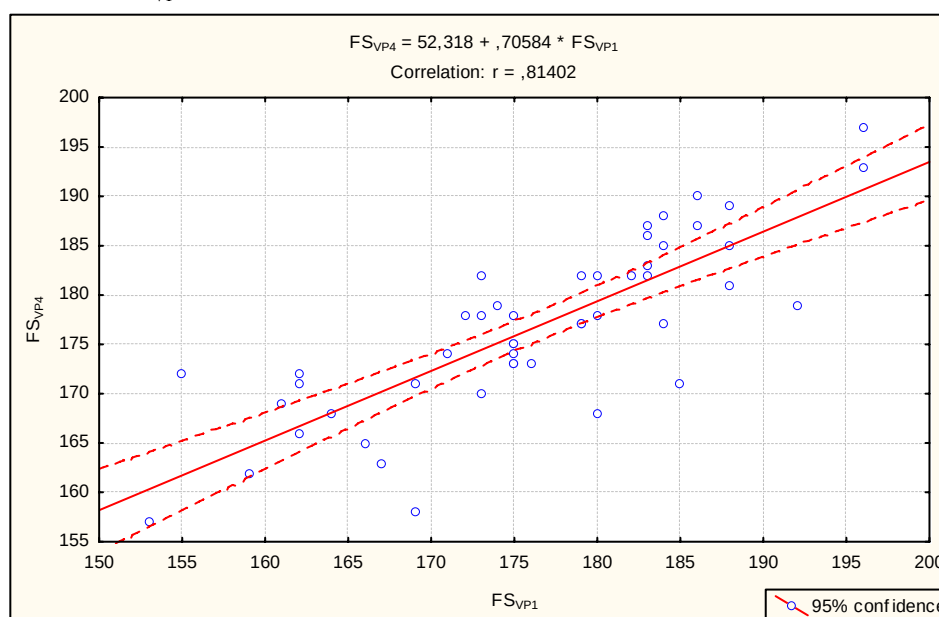
	FS_{VP05}	FS_{VP1}	FS_{VP4}
FS_{VP05}	1.00		
FS_{VP1}	.77**	1.00	
FS_{VP4}	.73**	.81**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

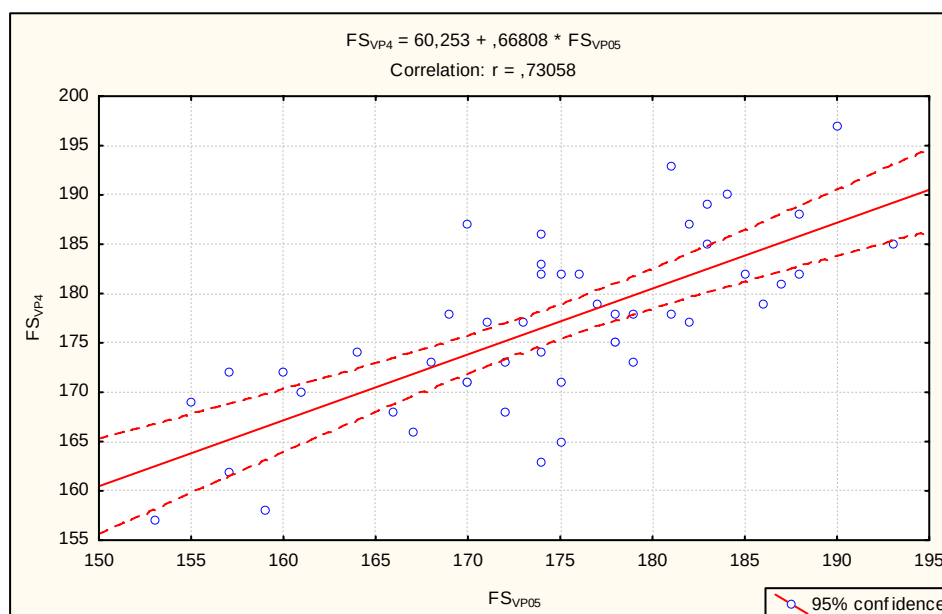
Slika 7.4.39. Odnos FS_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.40. Odnos FS_{VP} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.41. Odnos FS_{VP} u testovima KF4 i KF05

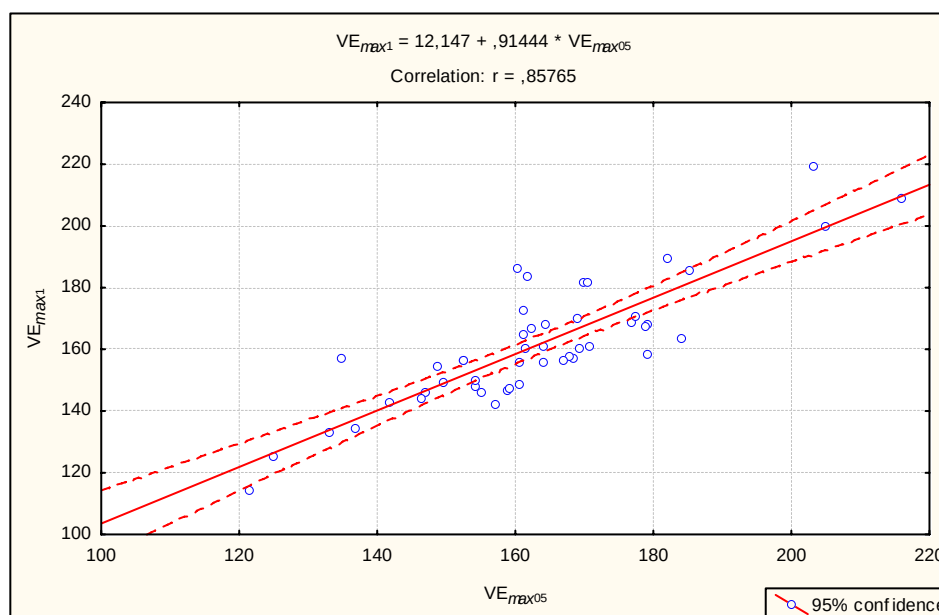


Tablica 7.4.18. Matrica korelacija VE_{max} u sva tri testa opterećenja

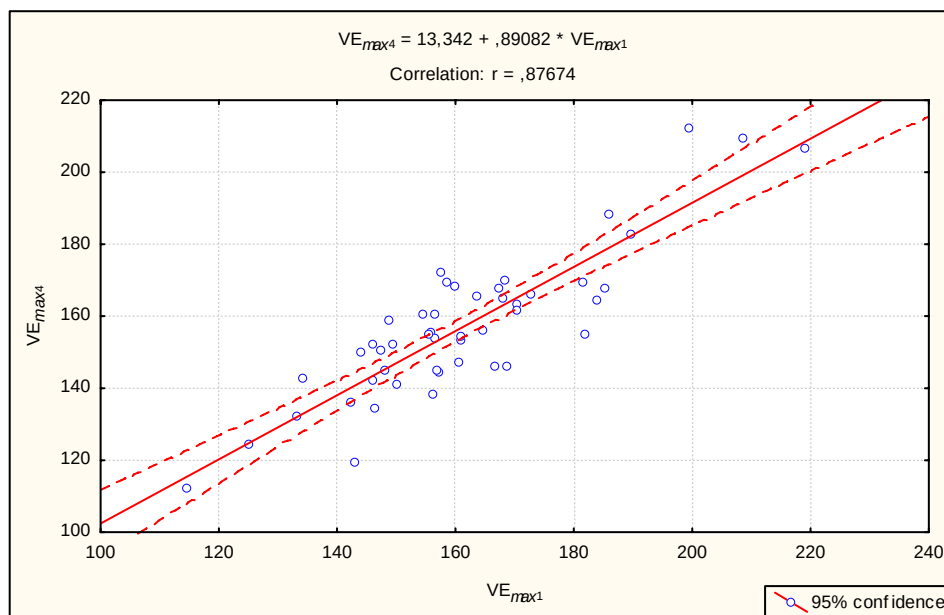
	VE_{max05}	VE_{max1}	VE_{max4}
VE_{max05}	1.00		
VE_{max1}	.86**	1.00	
VE_{max4}	.82**	.88**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

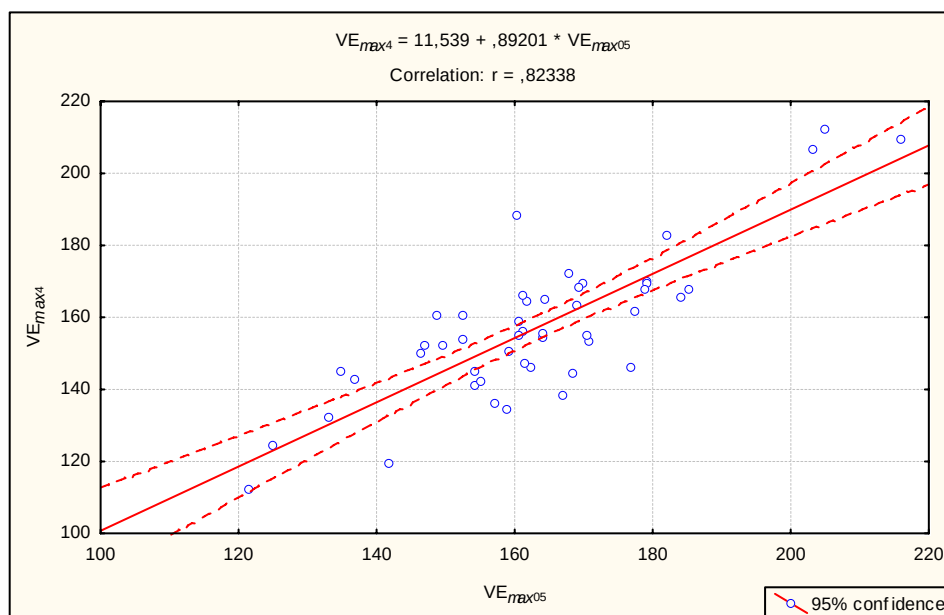
Slika 7.4.42. Odnos VE_{max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.43. Odnos VE_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.44. Odnos VE_{max} u testovima KF4 i KF05

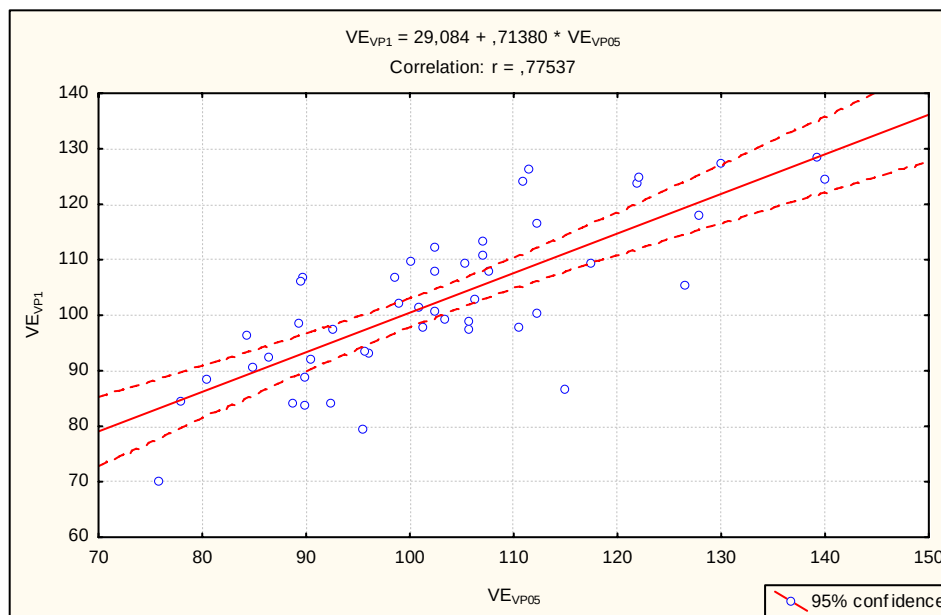


Tablica 7.4.19. Matrica korelacija VE_{VP} u sva tri testa opterećenja

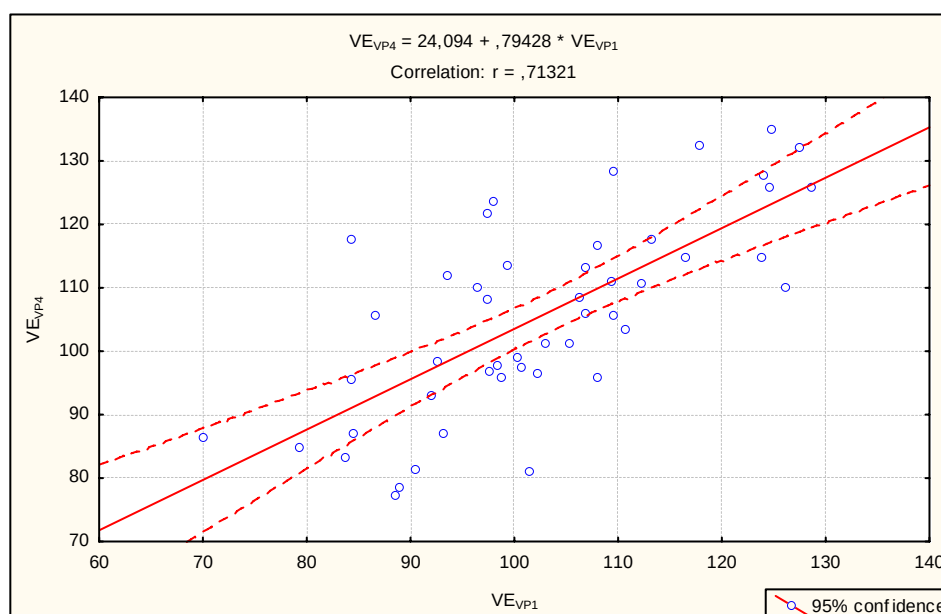
	VE_{VP05}	VE_{VP1}	VE_{VP4}
VE_{VP05}	1.00		
VE_{VP1}	.78**	1.00	
VE_{VP4}	.66**	.71**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

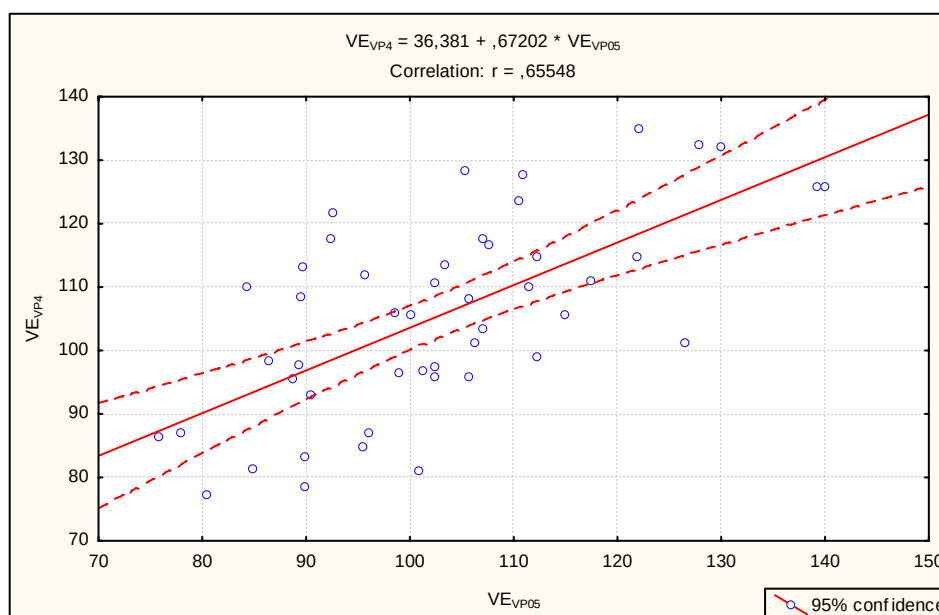
Slika 7.4.45. Odnos VE_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.46. Odnos VE_{VP} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.47. Odnos VE_{VP} u testovima KF4 i KF05

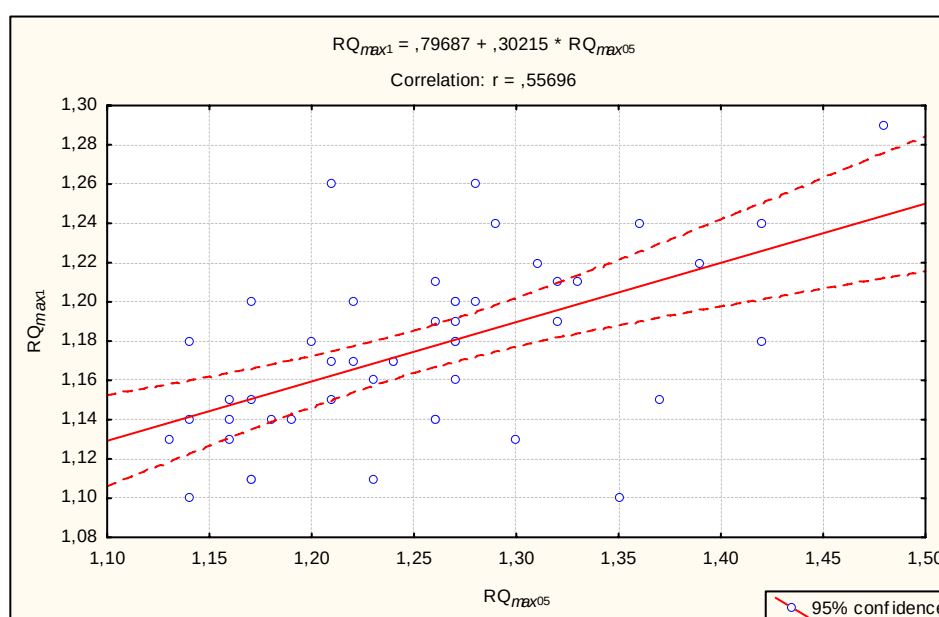


Tablica 7.4.20. Matrica korelacija RQ_{max} u sva tri testa opterećenja

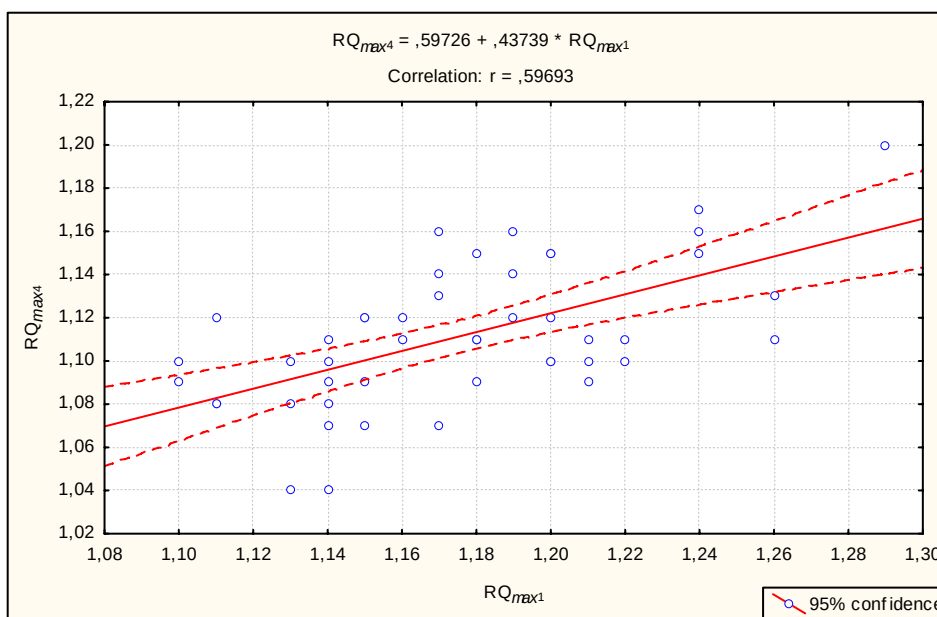
	RQ_{max05}	RQ_{max1}	RQ_{max4}
RQ_{max05}	1.00		
RQ_{max1}	.56**	1.00	
RQ_{max4}	.54**	.60**	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

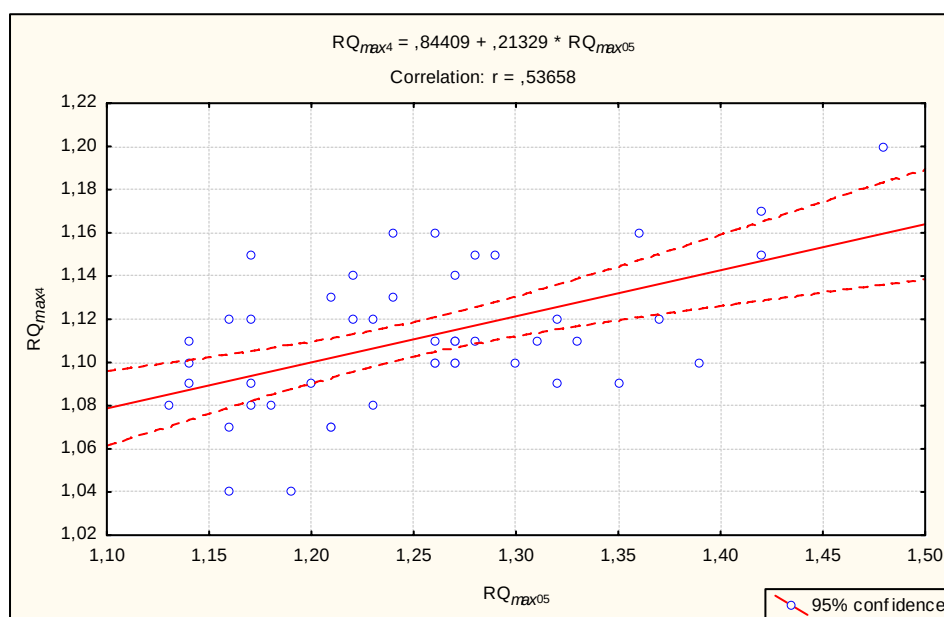
Slika 7.4.48. Odnos RQ_{max} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.49. Odnos RQ_{max} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.50. Odnos RQ_{max} u testovima KF4 i KF05

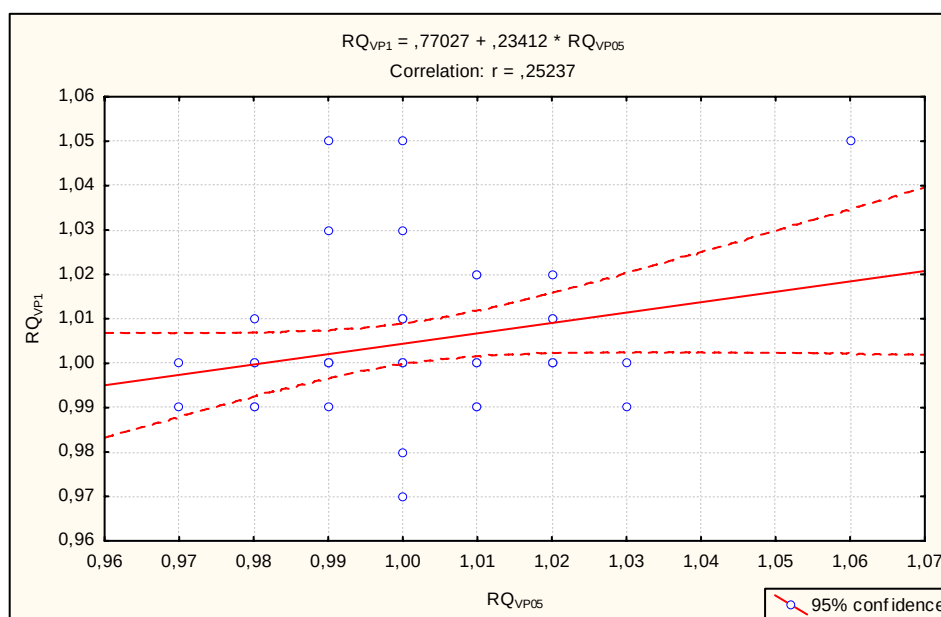


Tablica 7.4.21. Matrica korelacija RQ_{VP} u sva tri testa opterećenja

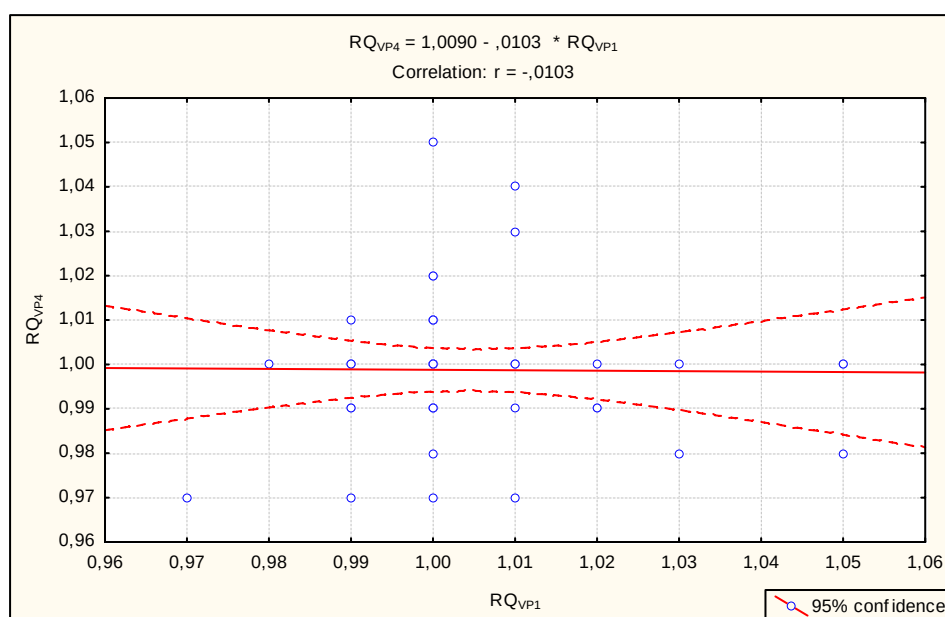
	RQ_{VP05}	RQ_{VP1}	RQ_{VP4}
RQ_{VP05}	1.00		
RQ_{VP1}	.25*	1.00	
RQ_{VP4}	-.23*	-.01	1.00

Legenda str. 52. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

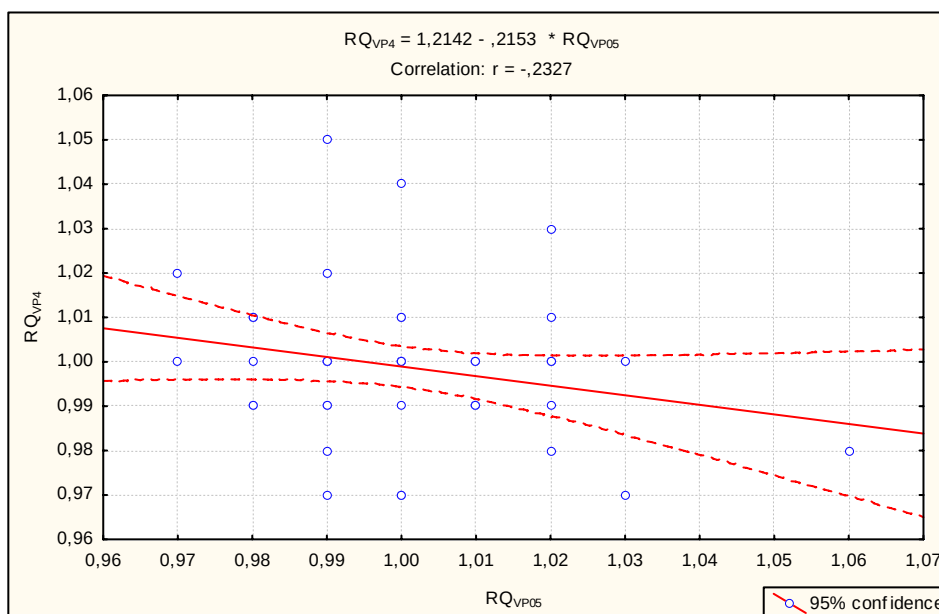
Slika 7.4.51. Odnos RQ_{VP} u testovima KF1 i KF05



Slika 7.4.52. Odnos RQ_{VP} u testovima KF1 i KF4



Slika 7.4.53. Odnos RQ_{VP} u testovima KF4 i KF05

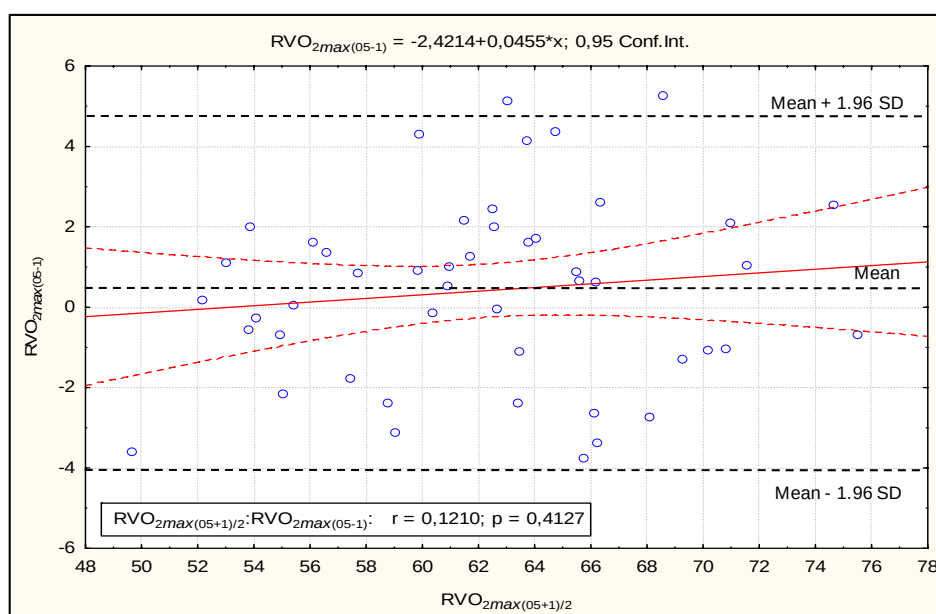


Analiza povezanosti parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete u sva tri protokola opterećenja na pokretnom sagu ukazala je na veliki raspon koeficijenata korelacije ($r = 0.01-0.89$), pri čemu je najveća povezanost parametara frekvencije srca (FS_{max} i FS_{VP}) i minutne ventilacije (VE_{max} i VE_{VP}) dok za RQ_{VP} nema značajne povezanosti između pojedinih protokola.. Dakle, u svim parametrima, osim RQ_{VP} , potvrđena je pretpostavka o statistički značajnim funkcionalnim vezama (Tablice 7.4.16 - 21).

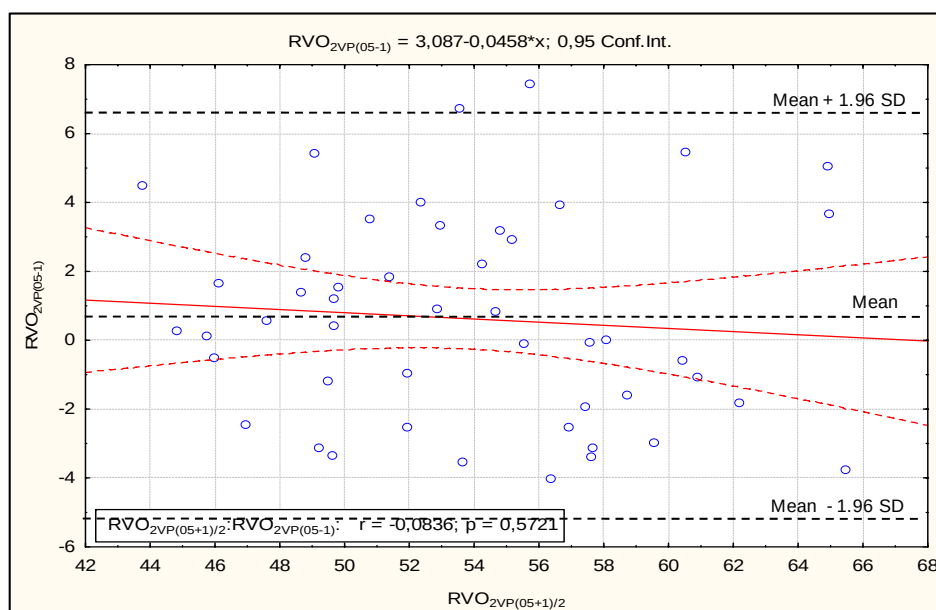
7.5 Bland-Altmanova analiza podudarnosti KF05 i KF1

Na Slikama 7.5.1 – 7.5.6 prikazana je Bland-Altmanova analiza podudarnosti u najznačajnijim parametrima za procjenu aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta između protokola KF05 i KF1.

Slika 7.5.1. Bland-Altmanova analiza podudarnosti RVO_{2max} u testovima KF05 i KF1

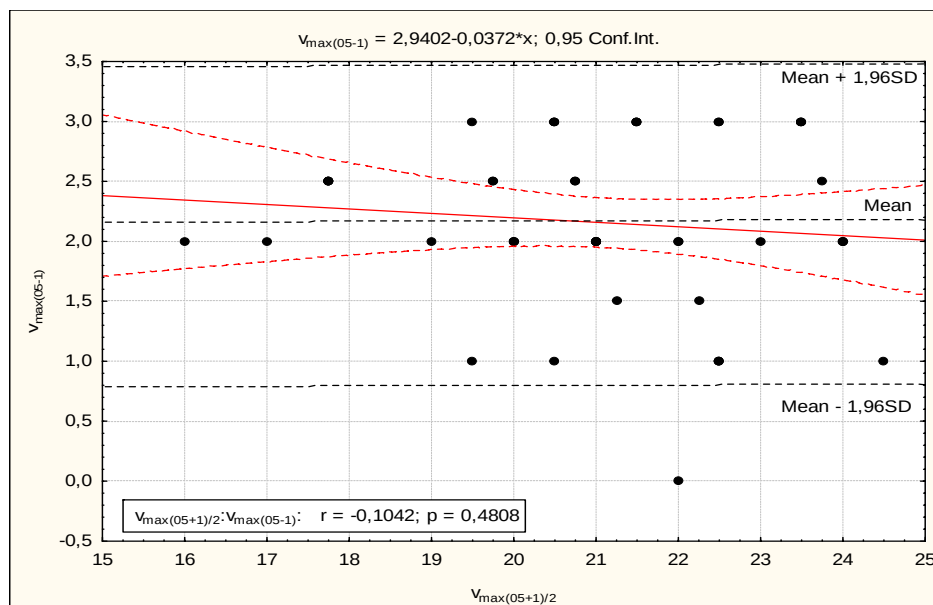


Slika 7.5.2. Bland-Altmanova analiza podudarnosti RVO_{2VP} u testovima KF05 i KF1

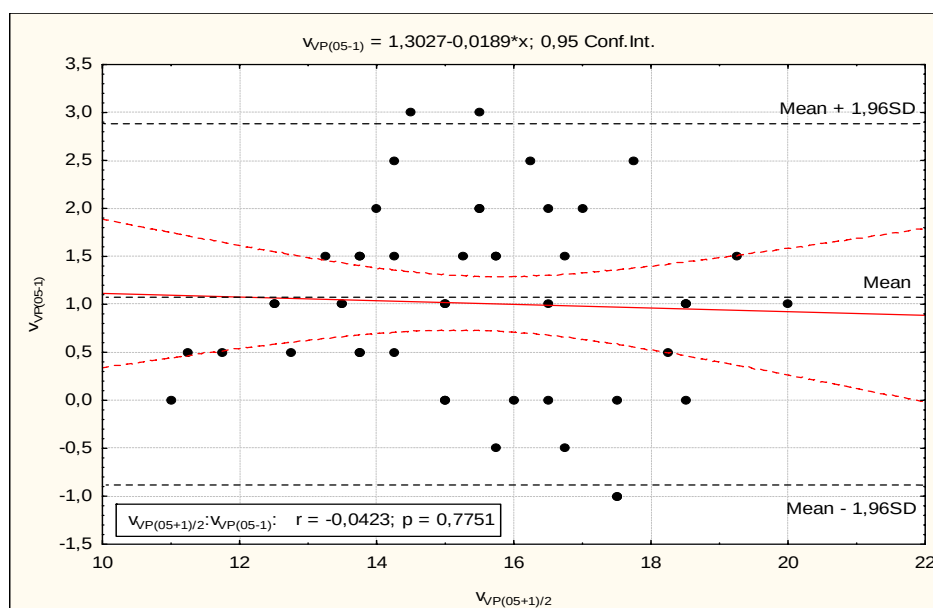


Slike 7.5.1-2, i 7.5.4-6 ukazuju na homogenost varijance tj. homoscedastičnost analiziranih parametara u cijelom rasponu podataka, dok za parametre v_{max} i v_{VP} (Slike 7.5.3-4) možemo uočiti sustavnu grešku neovisnu o veličini parametara, te moguću heteroscedastičnost, tj. prisutnost proporcionalne slučajne greške.

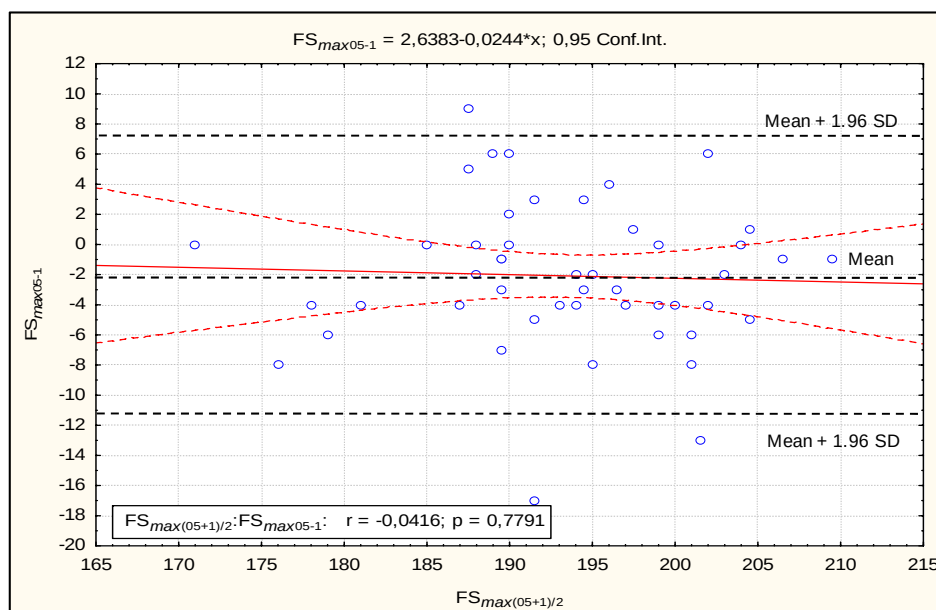
Slika 7.5.3. Bland-Altmanova analiza podudarnosti v_{max} u testovima KF05 i KF1



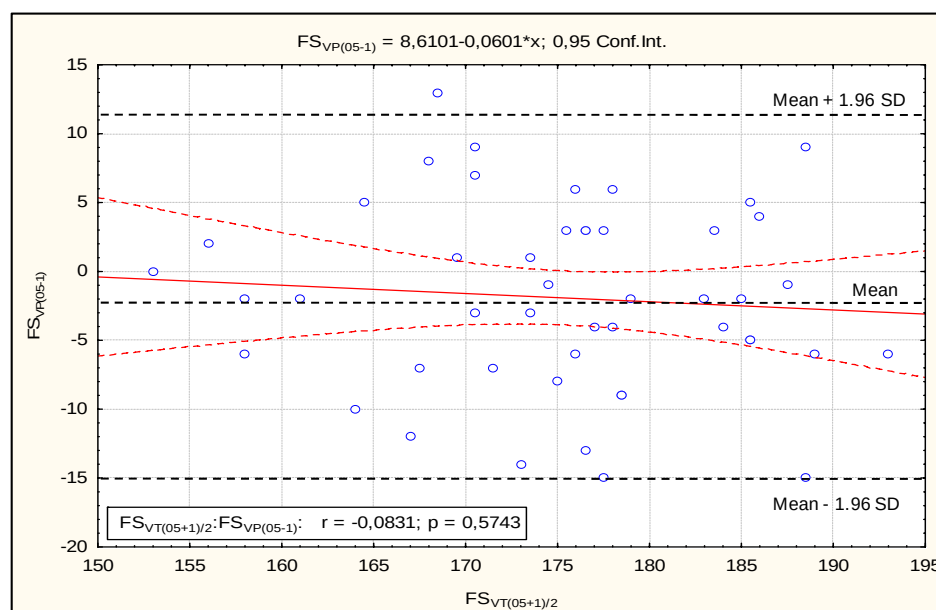
Slika 7.5.4 Bland-Altmanova analiza podudarnosti v_{VP} u testovima KF05 i KF1



Slika 7.5.5. Bland-Altmanova analiza podudarnosti FS_{max} u testovima KF05 i KF1

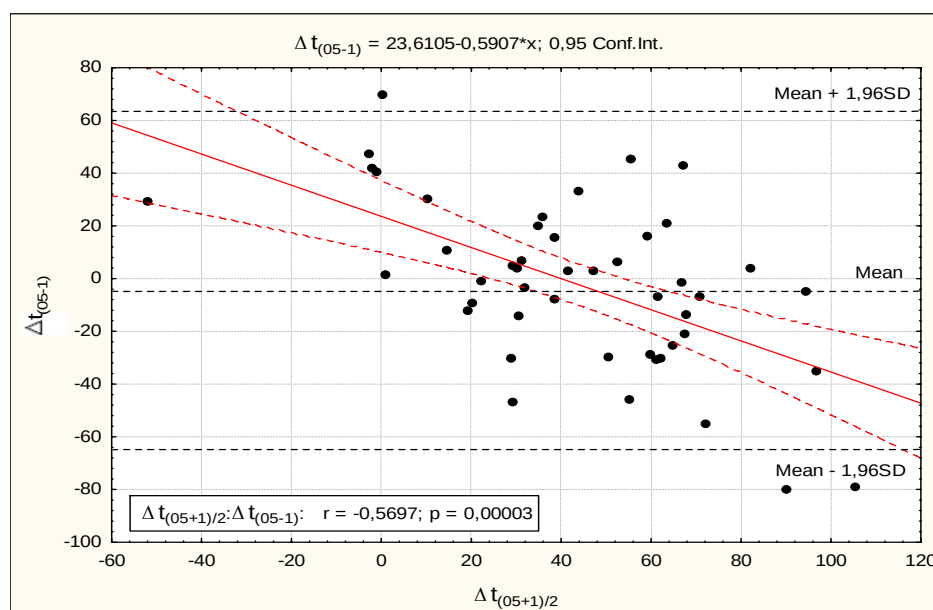


Slika 7.5.6. Bland-Altmanova analiza podudarnosti FS_{VP} u testovima KF05 i KF1



Možemo uočiti homogenost varijance tj. homoscedastičnost analiziranih parametara u cijelom rasponu podataka.

Slika 7.5.7. Bland-Altmanova analiza podudarnosti Δt u testovima KF05 i KF1



Bland-Altmanova analiza podudarnosti između KF05 i KF1 u parametru Δt (Slika 7.5.7) ukazuje na homoscedastičnost u cijelom rasponu podataka, no uz sustavnu grešku koja je proporcionalna s izmjerenim vrijednostima Δt .

8 RASPRAVA

8.1 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametara

Prije početka rasprave o rezultatima istraživanja istaknuta su neka metodološka pitanja:

1. Pitanje prvog ventilacijskog ili aerobnog praga – s obzirom da su u istraživanju analizirani standardni parametri za procjenu energetske kapaciteta na prvi pogled iznenađuje da nisu analizirani parametri pri prvom ventilacijskom ili aerobnom pragu. Razlog zašto prvi ventilacijski (aerobni ili laktatni) prag nije određen leži u činjenici da pojedini trkači taj prag prelaze već pri brzinama od 7-8 km/h. Očito je da bi eventualno određivanje prvog ventilacijskog praga bilo otežano, a kod nekih ispitanika i nemoguće, s obzirom da korišteni protokoli definiraju početak trčanja pri brzini od 7 km/h.

2. Pitanje dostignutih stvarnih maksimalnih vrijednosti u testovima opterećenja - istraživanja su pokazala da otprilike 50% ispitanika pri maksimalnom opterećenju ne postiže *plateau* u primitku kisika, već on raste do posljednjeg stupnja opterećenja. U tih se ispitanika koriste i drugi kriteriji koji potvrđuju dostizanje maksimalnih vrijednosti (Green i Dawson, 1996; Cheng i sur., 1992; Bruce i sur., 1973; Brisswalter i sur., 1996; Antonutto i Di Prampero, 1995; Billat i sur., 1998; Duncan i sur., 1997; Froelicher i sur., 1974; Gleim i sur., 1990; Medved, 1987; Rowland i sur., 1996; Wasserman i sur., 1999). Na temelju analize spomenutih pokazatelja u sva tri protokola opterećenja na pokretnom sagu (Tablica 8.1.2.1), možemo utvrditi da su zadovoljeni kriteriji, i da se postignuti rezultati mogu smatrati objektivnim maksimumima ispitanika.

Tablica 8.1.2.1. Vrijednosti osnovnih ventilacijsko-metaboličkih pokazatelja maksimalnog opterećenja u testu

	<i>AERO</i>			<i>ANAERO</i>		
	KF05	KF1	KF4	KF05	KF1	KF4
FS_{max} (l/min)	189.0 ± 10.0	190.8 ± 8.7	189.9 ± 9.3	195.5 ± 5.3	197.8 ± 7.3	196.4 ± 6.6
RQ_{max}	1.24 ± 0.06	1.17 ± 0.04	1.10 ± 0.03	1.27 ± 0.09	1.18 ± 0.05	1.12 ± 0.03
VE/VO_{2max}	35.0 ± 3.1	34.4 ± 2.5	33.7 ± 3.4	37.3 ± 4.5	36.4 ± 4.7	36.2 ± 4.8
L_{max} (mmol/l)	11.8 ± 3.0	12.1 ± 3.0	10.1 ± 3.0	14.6 ± 1.4	14.4 ± 2.1	12.5 ± 2.3

3. Pitanje usrednjavanja/filtriranja originalnih (*breath-by-breath*) podataka – različiti vremenski raspon koji se koristi za usrednjavanje podataka (15, 30, 60 sekundi ili neki drugi vremenski period) predstavlja metodološki problem koji susrećemo u svakodnevnoj praksi. Odgovor na pitanje koji je vremenski interval najbolji nije jednoznačan i često predstavlja kompromis između opasnosti od gubitka značajnih informacija (pri dužim intervalima usrednjavanja) i prevelikog šuma i varijabilnosti rezultata (pri kraćim intervalima usrednjavanja). S obzirom da uzorak ispitanika u ovom radu čine dobro utrenirani trkači, s pravilnom tehnikom trčanja i disanja, dobivene su krivulje spiroergometrijskih parametara bez većih šumova i oscilacija; stoga je odabrano usrednjavanje podataka na 30 sekundi bio autorov izbor metode filtriranja podataka.

4. Pitanje određivanja ventilacijskog anaerobnog praga u protokolu KF4 – V-slope metoda koja je korištena u ovom istraživanju zahtijeva fino stupnjevanje (rezoluciju) porasta opterećenja, koje omogućava linearni porast primitka kisika s porastom opterećenja. S obzirom na veliki pomak između pojedinih stupnjeva opterećenja, određivanje praga u protokolu KF4 manje je pouzdano, i kod pojedinih ispitanika upitno, no taj protokol je primarno izabran zbog mogućnosti određivanja stabilnog stanja, ekonomičnosti i kinetike primitka kisika.

Veličina energetske kapaciteta kao i razina njihova korištenja bitno razlikuje pojedine osobe. Poznavanje tih karakteristika osnova su za planiranje i provođenje takvih oblika tjelesne aktivnosti koji će omogućiti povećanje i optimalno korištenje energetske kapaciteta organizma, što je od posebnog značaja u mogućnostima poboljšanja sportskih rezultata. U literaturi se navode različiti fiziološki parametri značajni za uspjeh u trkačkim disciplinama, kao što su maksimalni primitak kisika ($\text{VO}_{2 \max}$) (Saltin, 1967, Pollock, 1977, Rusko i sur., 1978, Boileau i sur., 1982), ekonomičnost trčanja (Conley i Krahenbuhl, 1980; Sjodin i sur., 1982, Conley i sur., 1984; Saunders i sur., 2004), kinetika akumulacije laktata za vrijeme aktivnosti (Farrell i sur., 1979, Sjodin i Jacobs, 1981) te parametri anaerobnog praga (Powers i sur., 1983, Svedahl i Macintosh, 2003).

8.1.1 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametra za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta

Iako mnogi autori navode da je maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) jedan od najobjektivnijih parametara za utvrđivanje potencijala srčano-plućnog sustava i potencijala za trkačke discipline srednjih i dugih pruga (Astrand i Rodahl, 1986; Costill, 1970; Farell i sur., 1979; Conley i sur., 1980; Brandon i Boileau, 1987; Housh i sur., 1988), različita istraživanja upućuju da su i drugi ventilacijski i metabolički parametri (anaerobni prag, ekonomičnost trčanja, brzina trčanja pri VO_{2max} i dr.) značajni u predikciji natjecateljske uspješnosti (Costill, 1970; Farell i sur., 1979; Conley i sur., 1980; Kumagai i sur., 1982; Powers i sur., 1983; Daniels i sur., 1984; Astrand i Rodahl, 1986; Brandon i Boileau, 1987; Housh i sur., 1988; Conconi i sur., 1988).

Poznato je da udio aerobnih izvora energije u ukupnoj energetskeg potrebi pojedine discipline proporcionalno raste sa dužinom trkačke staze. Vrhunski trkači na srednje i duge pruge dostižu vrijednosti VO_{2max} preko 70 mL/kg/min, a navode se i vrijednosti od čak 80-85 mL/kg/min u pojedinim trkača. Prosječne vrijednosti u općoj populaciji iste dobi iznose oko 40-50 mL/kg/min (Schwartz i Reibold, 1990). Vrijednosti parametara za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta (VO_{2max} , RVO_{2max}) ispitanika u ovom radu značajno su više u odnosu na vrijednosti opće populacije muškog spola iste dobi.

Vrijednosti VO_{2max} u ovom istraživanju, kao i u ostalim znanstvenim istraživanjima, variraju s obzirom na kvalitativni rang mjerenih trkača. Tako Pollock (1977), navodi veliku razliku između elitnih ($VO_{2max} = 79.0$ mL/kg/min) i dobrih ($VO_{2max} = 69.2$ mL/kg/min) američkih trkača na duge pruge, dok Green i suradnici (2003), navode vrijednosti VO_{2max} od 67.2 ± 8.5 mL/kg/min kod aerobnih, i 50.0 ± 7.8 mL/kg/min kod anaerobnih trkača. I ostali autori navode vrijednosti VO_{2max} srednje i dugoprugaša u rasponu od 62 do 79 mL/kg/min i između 54 i 60 mL/kg/min kod sprintera. Vrijednosti VO_{2max} rekreativnih trkača kreću se u rasponu od 50 – 55 mL/kg/min (Pollock M.L, 1977; Svedenhag i Sjordin, 1985; Spencer i Gastin, 2001; Craig i Morgan, 1998; Draper i Wood, 2005; Boileau i sur., 1982; Green i sur., 2003; Striegel i sur., 2005; Taunton i sur., 1981; Weyand i sur., 1994; Gibson i sur., 1999; Jones, 2002; Smith i Jones, 2001; Saunders i sur., 2004; Svedenhag i Sjordin, 1984; Morgan i Daniels, 1994; Pereira i Freedson, 1997). Hrvatskih trkači na srednje i duge pruge prema

usporednim vrijednostima VO_{2max} (66.4 ± 4.5 mL/kg/min) spadaju u grupu prosječno utreniranih trkača, što rezultati na utrkama i potvrđuju. Vrijednosti VO_{2max} hrvatskih 'anaerobnih' trkača (58.0 ± 4.2 mL/kg/min) ukazuju na dobru razinu aerobne treniranosti.

Usporedba VO_{2max} netreniranih trkača s vrijednostima trkača hrvatskog nacionalnog ranga, ukazuje na 20% veće vrijednosti kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta i svega 3% veće vrijednosti kod skupine trkača u disciplinama s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta. To je u skladu sa zahtjevima trkačkih disciplina, jer aktivnosti dužeg trajanja i submaksimalnog intenziteta, kao što su atletske discipline trčanja na duge pruge, organizam koristi pretežito aerobne, dok za aktivnosti kraćeg trajanja i visokog intenziteta, kao kod sprinterskih disciplina, pretežito anaerobne energetske mehanizme.

Uz značajne razlike u veličini energetskeg kapaciteta u različitim trkačkim disciplinama, moguće su i značajne razlike između trkača iste discipline, što je vidljivo i u promatranom uzorku hrvatskih trkača (Tablice 7.1.4 – 8), pri čemu najbolji hrvatski trkači srednjih i dugih pruga dostižu vrijednosti najboljih svjetskih trkača ($VO_{2max} > 75$ mL/kg/min).

Pitanje značaja VO_{2max} u analizi stanja treniranosti trkača je i dalje otvoreno. U dosadašnjim istraživanjima utvrđena je visoka povezanost između VO_{2max} i rezultata u disciplinama srednjih i dugih pruga ($r=0.8-0.9$), ako se uspoređuju trkači različite natjecateljske razine (rekreativci, klupski, nacionalni i internacionalni trkači) (Astrand i Rodhal, 1986; Costill DL, 1970; Farell i sur, 1979; Maughan i sur, 1994). No korelacija je značajno niža ako se uspoređuje homogena grupa trkača, tj. sličnih natjecateljskih rezultata. Ti rezultati sugeriraju da, iako je potreban visok aerobni kapacitet, on sam za sebe nije dovoljan za vrhunski rezultat. Naime, nije neobično da trkač klupske razine dostigne vrijednosti VO_{2max} od 75 mL/kg/min a postiže osrednje natjecateljske rezultate u disciplinama 1500 m pa naviše. S druge strane, pojedini vrhunski maratonci (s vremenom 2:08 – 2:10) imali su vrijednosti VO_{2max} od "svega" 67 -70 mL/kg/min. Postoji više mogućih razloga tome: vremenski razmak između testa i vremena postizanja najboljih natjecateljskih rezultata, primjena različitih protokola opterećenja i različitih mjernih sustava, razlike u ekonomičnosti trčanja i drugim parametrima koji definiraju stanje funkcionalne pripremljenosti sportaša..

Neki od najvažnijih parametara koji definiraju kvalitetu trkača su: parametri pri ventilacijskom ili laktatnom pragu (brzina trčanja pri anaerobnom pragu (v_{VP}), % od maksimalnog primitka kisika pri pragu ($\%VO_{2VP}$), vrijeme izdržaja trčanja pri brzini koja odgovara VO_{2max} (tlim), ekonomičnost trčanja (C) i kinetika primitka kisika.

Većina dobro treniranih sportaša anaerobni prag dostižu pri intenzitetu od oko 80-90% VO_{2max} , u ne-sportaša pri 65 - 70% VO_{2max} , a u treniranih vrhunskih trkača na srednje i duge pruge čak i pri 95% VO_{2max} , uz koncentraciju mliječne kiseline u krvi od oko 3-5 mmol/L (Viru, 1995; Weyland i sur., 1994). Hrvatski trkači (aerobnih i anaerobnih disciplina) anaerobni prag dostižu u prosjeku pri 85-87% VO_{2max} (Tablice 7.1.4 – 8). Istovremeno, u ovome radu nisu potvrđeni rezultati Weyanda i sur. (1994) prema kojima sprinteri prelaze anaerobni prag pri nižem (80 ± 4 %), a dugoprugaši pri višem (85 ± 4 %) postotku VO_{2max} .

Parametri pri ventilacijskom anaerobnom pragu i rezultati u disciplinama na srednje i duge pruge su u visokoj korelativnoj vezi ($r = 0.89 - 0.99$), dok je važnost tih istih parametara s uspjehom u sprinterskim disciplinama očekivano puno niža (Housh i sur, 1988; Powers i sur., 1983; Conconi i sur., 1982; Iwaoka i sur., 1988; Kumagai i sur., 1982). Kada govorimo o anaerobnom pragu procijenjenom temeljem laboratorijskog mjerenja na pokretnom sagu, jedan od najčešće praćenih parametara jest brzina trčanja na razini praga. Brzina pri anaerobnom pragu izravno je proporcionalna s maksimalnim primitkom kisika. Primjerice, u vrhunskih nogometaša iznosi oko 15 km/h, a u vrhunskih maratonaca i preko 20 km/h. Hrvatski atletičari u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta u standardnom protokolu KF1 anaerobni prag prelaze pri prosječnoj brzini od 16.7 km/h, uz raspon rezultata od 14.0 – 19.5 km/h (Tablice 7.1.7 – 9). Iz ovih podataka lako je uočiti da postoji veliki raspon rezultata, kao i u svim do sada promatranim pokazateljima, i da najbolji hrvatski trkači srednjih i dugih pruga, u ovim parametrima ne zaostaju značajno za vrhunskim atletičarima. Trkači u disciplinama s dominantnim udjelom anaerobnog energetskeg kapaciteta ventilacijski anaerobni prag prelaze pri značajno nižoj prosječnoj brzini trčanja ($v_{VP} = 13.3$ km/h, uz raspon rezultata od 11.0 – 15.5 km/h), što je u skladu sa istraživanjima drugih autora (Weyand i sur., 1994; Pereira i Freedson, 1997; Striegel i sur., 2005).

Razlike u parametrima aerobnog kapaciteta između 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača očekivane su i u skladu s drugim radovima, iako su razlike VO_{2max} između 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača hrvatskih nacionalnog ranga (~8 mL/kg/min) manje izražene nego u istraživanjima ostalih autora kod kojih razlike variraju između 8 i 18 mL/kg/min (Green i sur., 2003; Draper i sur., 2005; Stiegel i sur., 2004; Weyand i sur., 1994; Spencer i sur., 1996; Spencer i Gatin; 2001).

Dakle, neovisno o primijenjenom protokolu trkači u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog u odnosu na trkače anaerobnog energetskog kapaciteta, postižu statistički značajno veće vrijednosti u parametrima za procjenu aerobnog kapaciteta, i ta je razlika konstantna, neovisno o protokolu testa (Tablice 7.2.1 - 7.2.4).

Whipp i sur. (1981) su utvrdili da je progresivni test opterećenja s malim pomacima i kratkim trajanjem pojedinih stupnjeva opterećenja (tzv. *ramp test*) pouzdan i valjan postupak za procjenu osnovnih parametara aerobnog kapaciteta. U pogledu utjecaja protokola na parametre aerobnog kapaciteta, više istraživanja je potvrdilo da su VO_2 pri prvom (aerobnom) pragu i vršni VO_2 neovisni o protokolu opterećenja (Davis i sur., 1982; Hughson i Green, 1982; Scheuermann i Kowalchuk, 1995; Yoshida, 1990). S druge strane, Weston i suradnici (2002) utvrdili su, kod dobro treniranih biciklista, da prvi (aerobni) i drugi anaerobni prag ne ovise o primijenjenom protokolu, dok se vršne vrijednosti VO_2 , malo, ali statistički značajno razlikuju.

U ovom istraživanju, analiza varijance je ukazala da odabir protokola opterećenja na pokretnoj traci nema utjecaja na VO_{2max} , (Tablice 7.2.1 i 7.2.2 te Slike 7.2.1-4), kao niti na vrijednost primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu (Tablice 7.2.3-4 i Slike 7.2.5-8). Također, postotak maksimalnog primitka kisika ($\%VO_{2VP}$) pri kojem trkači prelaze ventilacijski anaerobni prag (Tablica 7.2.5 i Slike 7.2.9-10) ne ovisi o protokolu opterećenja na pokretnoj traci. Drugim riječima, vrijednosti VO_{2max} i VO_{2VP} u 1/2-minutnom, 1- i 4-minutnim protokolima, se statistički značajno ne razlikuju, što znači da pri mjerenju VO_{2max} u progresivnim testovima na pokretnom sagu brzina porasta opterećenja može varirati bez utjecaja na dobivene vrijednosti VO_{2max} i VO_{2VP} , što je u skladu sa prijašnjim istraživanjima (Kuipers i sur., 2003; Gibson i sur., 1999; Billat i sur., 1996; Zhang i sur., 1991).

Bland-Altmanovom analizom dobivene 95% granice podudarnosti parametara VO_{2max} i VO_{2VP} iznose ± 4 mL/kg/min. S obzirom na pouzdanost, tj. biološku varijabilnost VO_2 i tehničku grešku mjerenja $\pm 2-3\%$ dobiveni rezultati upućuju da su dobivene granice podudarnosti KF05 i KF1 prihvatljive, te se oba primijenjena protokola mogu koristiti za određivanje spomenutih parametara.

Anaerobni (drugi) ventilacijski prag jest intenzitet pri kojem se, u progresivnom testu opterećenja, ventilacija povećava disproporcionalno sa porastom VCO_2 , s posljedicom pada arterijskog PCO_2 (Wasserman i sur., 1994; Whipp i sur., 1981; Zhang i sur., 1991), pri čemu se VE/VCO_2 i arterijski PCO_2 u pravilu bitno ne mijenjaju između prvog (aerobnog) i drugog (anaerobnog) praga (tzv. *'isocapnic buffering'* zona), ukoliko je kraće ukupno trajanje testa. U testovima dužeg trajanja (trajanje pojedinog stupnja opterećenja ≥ 3 min ili porast opterećenja ≤ 8 W/min), VE/VCO_2 se povećava a PCO_2 smanjuje iznad prvog praga. McLellan (1985) je na uzorku netreniranih ispitanika, prvi ukazao da neovisno o protokolu, opterećenja na VE/VCO_2 drugi (anaerobni) prag ostaje pri istim metaboličkim parametrima (VO_2). Iste zaključke izveli su Weston i suradnici (2002) na uzorku vrhunskih biciklista koristeći bicikl ergometar i protokole s porastom opterećenja od 10, 30 i 50 W/min. U ovom je istraživanju, provedenom na uzorku 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača, prvi put taj zaključak potvrđen za različite protokole opterećenja na pokretnoj traci, tj. da brzina porasta opterećenja ne utječe na VO_{2VP} , **odnosno možemo pretpostaviti da postoji jedinstveni metabolički anaerobni prag, neovisan o ukupnom trajanju testa opterećenja.**

Analizom varijance utvrđeno je da se dostignuta maksimalna brzina trčanja i brzina trčanja pri kojoj trkači prelaze ventilacijski anaerobni prag značajno razlikuju ovisno o primijenjenom protokolu opterećenja (Tablice 7.2.6-7 te Slike 7.2.11 i 7.2.14), što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (Kuipers i sur., 2003; Billat i sur., 1996). Maksimalna brzina trčanja izmjerena u 1/2-minutnom protokolu (23.5 ± 4.0 za aerobnu i 20.9 ± 7.0 km/h, za anaerobnu skupinu trkača) statistički je značajno veća u odnosu na ostale protokole (1-minutni i 4-minutni), i za aerobnu i za anaerobnu skupinu trkača, dok je najmanja v_{max} dostignuta u 4-minutnom protokolu (19.1 ± 1.0 za aerobnu i 15.9 ± 1.5 km/h za anaerobnu skupinu trkača). Ti podaci ukazuju da je dostignuta maksimalna brzina trčanja na pokretnom

sagu obrnuto proporcionalna sa dužinom trajanja pojedinog stupnja opterećenja, tj. što je sporiji porast brzine saga i maksimalna dostignuta brzina trčanja je manja.

Višu maksimalnu dostignutu brzinu trčanja u protokolu s kraćim trajanjem stupnja opterećenja može se objasniti manjim udjelom anaerobne komponente pri istim brzinama trčanja (Kuipers i sur., 2003). Naime, pri brzinama iznad anaerobnog praga za svaki stupanj opterećenja, što je kraće trajanje pojedinog stupnja, manja je potrošnja energije iz zaliha anaerobnog kapaciteta.

Osim toga, za veću dostignutu brzinu u protokolima s bržim porastom opterećenja odgovorna je i činjenica da se i prag postiže pri višoj brzini, pa (prema CP modelu) kasnije se i uključuje anaerobna potrošnja.

Utvrđena je i statistički značajna interakcija skupine trkača i primijenjenog protokola opterećenja kod parametra v_{max} (Tablica 7.2.6), no nije utvrđena statistički značajna interakcija skupine trkača i primijenjenog protokola opterećenja za brzinu trčanja pri ventilacijskom anaerobnom pragu (Tablica 7.2.7). Ovi rezultati ukazuju da je v_{max} parametar koji bolje razlikuje ispitanike s obzirom na veličinu energetske kapaciteta. Trkači aerobnih disciplina u odnosu na trkače s dominantnim udjelom anaerobnog energetske kapaciteta postižu statistički značajno više v_{max} i v_{VP} u sva tri primijenjena protokola opterećenja, što je posljedica više razine aerobnog kapaciteta i ekonomičnosti trčanja AERO skupine trkača. Ovi rezultati ukazuju da su ventilacijsko-metabolički parametri koji se koriste za procjenu aerobnog energetske kapaciteta (VO_{2max} , RVO_{2max} , VO_{2VP} i RVO_{2VP}), neovisni o primijenjenom protokolu opterećenja na pokretnom sagu, dok se brzine trčanja pri tim parametrima (v_{max} i v_{VP}) razlikuju ovisno o protokolu, i obrnuto su proporcionalne s brzinom porasta opterećenja primijenjenog protokola.

8.1.2 Razmatranje pokazatelja ventilacijsko-metaboličkih parametra za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta

Mjerenje anaerobnog kapaciteta ograničeno je mnogim metodološkim i tehničkim čimbenicima. Testovi opterećenja najčešće se provodi na biciklergometru ili putem specifičnih terenskih testova, a u novije vrijeme, i na pokretnom sagu. Postoje brojne metode za procjenu anaerobnog kapaciteta, a najčešće primjenjivane su tzv. *critical-power* metoda (CP; Monod i Scherrer, 1965), mjerenje maksimalnog akumuliranog deficita kisika (MAOD – *maximal accumulated oxygen deficit* (Medbo i sur., 1988), mjerenje duga kisika i tzv. EPOC-a (*'excess postexercise oxygen consumption'*).

U ovom istraživanju nisu korišteni specifični testovi za procjenu anaerobnog kapaciteta, već su korišteni indirektni parametri (maksimalna koncentracija laktata u krvi, deficit kisika u aerobnoj i anaerobnoj zoni te dug kisika mjeren tijekom 5 minuta oporavka), koji su izvedeni iz testova opterećenja koji se uobičajeno koriste za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta.

Nakon testova opterećenja, tijekom 5 minuta oporavka mjereni su maksimalna koncentracija laktata u krvi (L_{max}) te ukupna količina kisika koja se potroši u prvih 2 minute i od druge do pete minute oporavku iznad stanja mirovanja (DK_{BK} i DK_{SK} – tzv. brza i dio tzv. spore komponente duga kisika). U istraživanju su korišteni i parametri procjene deficita kisika u aerobnoj i anaerobnoj zoni (D_{AE} i D_{AN}) i sumarni parametar ukupnog anaerobnog kapaciteta ($ANK = D_{EA} + D_{AN}$) te parametri primitka kisika (VO_{2AN}) i ukupne energetske potrebe u anaerobnoj zoni (EP_{AN}).

U ovom istraživanju utvrđene su značajne razlike između protokola za deficit kisika i energetske potrošnje u anaerobnoj zoni (D_{AN} i EP_{AN}), parametar potrošnje O_2 u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VO_{2AN}) te parametre brze i spore komponente duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}) (Tablice 7.2.8-16 te Slike 7.2.15-31). Parametar za procjenu ukupnog anaerobnog energetskeg kapaciteta ($ANK = D_{AE} + D_{AN}$) procijenjen je uz pomoć dva segmenta, deficita kisika u aerobnoj (D_{AE}) i anaerobnoj zoni (D_{AN}), i statistički značajno se ne mijenja s promjenom protokola opterećenja.

D_{AE} je parametar koji se temelji na energetske potrebi u rasponu od početka trčanja (8 km/h) do prelaska ventilacijskom anaerobnog praga (v_{VP}) i također se statistički značajno ne mijenja s obzirom na primijenjeni protokol opterećenja (Tablica 7.2.8 i Slike 7.2.15-16). D_{AN} predstavlja anaerobni udio u energetske potrošnji u anaerobnoj zoni, odnosno od anaerobnog praga do kraja testa ($EP_{AN} = D_{AN} + VO_{2AN}$), a VO_{2AN} aerobni udio, odnosno parametar potrošnje O_2 u anaerobnoj zoni iznad potrošnje pri ventilacijskom anaerobnom pragu. U sva tri parametra (EP_{AN} , D_{AN} i VO_{2AN}) izmjerene su statistički značajno veće vrijednosti u KF1 protokolu opterećenja (Tablica 7.2.9-11 i Slike 7.2.17-22). U parametru EP_{AN} očituje se i razlike u odnosu udjelu aerobne i anaerobne energetske komponente u ukupnoj varijanci rezultata ($VO_{2AN} : D_{AN}$) u protokolima KF05 (44 : 56 %) i KF1 (51 : 49 %), koja je naglašava veći udio anaerobne komponente pri vršnim vrijednostima u ½-minutnom protokolu. No, s druge strane, dobivene vrijednosti 'aerobne' komponente u anaerobnoj zoni u oba protokola, koje su statistički značajno veće kod 'aerobnih' (KF05 – 53 : 47 % i KF1 - 61 : 39 %) u usporedbi s 'anaerobnim' (KF05 - 39 : 61 % i KF1 - 44 : 56 %) trkačima, očigledno je da u varijanci izdržaja u anaerobnoj zoni i dostizanja maksimalne brzine na pokretnoj traci, sadržan dosta velik dio varijance aerobnog energetskeg kapaciteta.

Iako su ovi parametri izraženi kao mL O_2 /kg, oni se mogu izraziti i u vrijednosti pretrčanih metara. Pa tako parametar D_{AE} koji u protokolu KF05 iznosi 21.5 mL/kg odgovara vrijednosti od 111.5 metara, a D_{AN} u istom protokolu iznosi 20.2 mL/kg odnosno 105.1 m, što u konačnici ukazuje na ukupni anaerobni kapacitet (ANK) od 41.7 mL/kg odnosno 216.6 metara. Protokolom KF1 izmjerene su vrijednosti za D_{AE} – 19.5 mL/kg odnosno 99.6 m, za D_{AN} – 24.2 mL/kg odnosno 124.5 m i za ANK – 43.7 mL/kg odnosno 224.0 m. Ovakav način prikaza anaerobnog kapaciteta je prikladniji, u svakodnevnoj praksi, za trenere i atletičare jer ukazuje koliki put mogu prijeći na temelju anaerobnih izvora. Npr. u trci na 400 metara, koja je tipični predstavnik discipline s izuzetnim energetske udjelom anaerobnog kapaciteta, udio istrčanih metara na račun anaerobnih izvora energije uprosjeku kod svih trkača iznosi 56% . Analizirajući udio istrčanih metara kod pojedinih skupina trkača na račun anaerobnih izvora energije dobivama da taj udio kod AERO trkača iznosi u prosjeku 46% a kod ANAERO čak 63% od ukupno utošene energije za savladavanje utrke na 400 m.

Odnos udjela deficita kisika u aerobnoj i anaerobnoj zoni ($D_{AE} : D_{AN}$) u parametru ukupnog anaerobnog kapaciteta ($ANK = D_{AE} + D_{AN}$) se također mijenja s obzirom na primijenjeni protokol (KF05 – 52 : 48 %, odnosno KF1 – 45 : 55 %), a razlika je posljedica porasta ukupnog deficita kisika u anaerobnoj zoni ($D_{AN1} > D_{AN05}$; $p < 0.01$). Analiza ovih odnosa kod 'aerobnih' (KF05 – 60 : 40 % i KF1 – 54 : 46 %) i 'anaerobnih' (KF05 – 46 : 54 % i KF1 – 39 : 61 %) trkača, vidimo da 'anaerobni' trkači najveći dio svog ukupnog anaerobnog kapaciteta troše u anaerobnoj zoni, i veći postotak anaerobnog kapaciteta potroše od 'aerobnih' trkača za dostizanje vršnih vrijednosti u protokolu KF1 nego u KF05, što je u skladu s očekivanjima s obzirom na udjele trenažnih sustava i genetsku determinantu ove dvije skupine sportaša. Ako vrijednosti deficita kisika izrazimo prevaljenim putem umjesto u jedinici mLO_2/kg i prikažemo odnos vrijednosti kod 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača u oba protokola (D_{AE} – 110.8 : 112.2 m u KF05 i 98.2 : 100.8 m u KF1; D_{AN} – 76.0 : 130.6 m u KF05 i 86.3 : 158.0 m u KF1); još jasnije do izražaja dolazi izrazito veći anaerobni kapacitet 'anaerobne' skupine trkača (ANK – 186.8 : 242.8 m u KF05 i 184.5 : 258.8 m u KF1).

Dobivene statistički značajno veće vrijednosti 'anaerobnih' trkača u parametrima ANK , EP_{AN} i D_{AN} , nedvosmisleno ukazuju da ovi parametri procjenjuju anaerobni kapacitet i mogu dobro razlikovati trkače disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskog kapaciteta. NO, iako su se parametri D_{AN} , EP_{AN} i ANK , koji su dobiveni temeljem protokola za procjenu aerobnog kapaciteta, pokazali kao dobri parametri za procjenu anaerobnog kapaciteta i razlikovanja aerobnih i anaerobnih trkača, potrebna su daljnja istraživanja s ciljem testiranja faktorske valjanosti ovih parametara.

Maksimalna koncentracija laktata u krvi je parametar koji se u praksi koristi kao indirektna, okvirna procjena anaerobnog kapaciteta (Fujitsuka i sur., 1982; Nummela i sur., 1992; Rusko i sur., 1993; Nummela i sur., 1996)., Veći raspon i varijabilnost L_{max} (6.0 do 18.8 mmol/l u 'aerobnih', i 10.7 do 18.9 mmol/l u 'anaerobnih' trkača) uvjetovana je time što se unutar obje skupine nalaze podskupine trkača koji se razlikuju u sposobnosti akumulacije laktata. Naime unutar skupine 'aerobnih' imamo trkače na srednje pruge koji u pravilu dostižu više vrijednosti L_{max} od dugoprugaša (15.0 : 11.9 mmol/l; Taunton i sur., 1981), a sa druge strane 400 metraši dostižu više vrijednosti L_{max} od 100 i 200-metraša. Izmjerene vrijednosti

L_{max} u obje skupine trkača, u skladu su s rezultatima spomenutih istraživanja i ukazuju da su trkači u sva tri testa dostigli maksimalna opterećenja.

Weston i suradnici (2002), su na uzorku vrhunskih biciklista utvrdili da brzina porasta opterećenja na bicikl ergometru statistički značajno ne utječe na vrijednosti koncentracije laktata u krvi pri prvom (aerobnom) i drugom (anaerobnom) pragu, ali da statistički značajno utječe na vršne vrijednosti koncentracije laktata. Za razliku od istraživanja Westona i suradnika (2002), koji su najveće vrijednosti koncentracije laktata u krvi dobili u protokolu najdužeg trajanja a najmanje u protokolu najkraćeg trajanja (13.4 ± 1.9 : 12.8 ± 2.3 : 10.9 ± 2.0 mmol/l), u ovom istraživanju najmanje vrijednosti L_{max} izmjerene su upravo u 4-minutnom protokolu i kod 'aerobne' i 'anaerobne' skupini trkača. Utvrđeno je da L_{max} ovisi o primijenjenom protokolu opterećenja (Tablica 7.2.13 i Slika 7.2.25-26). Dobiveni rezultati su u skladu s očekivanjima, s obzirom da je u tom protokolu aktivacija anaerobnog metabolizma najsporija te je i mogućnost oksidacije akumulirane mliječne kiseline veća. S druge strane, nema statistički značajne razlike u L_{max} između $\frac{1}{2}$ -minutnog i 1-minutnog protokola, te možemo zaključiti da se L_{max} ne razlikuje značajno između protokola s ubrzanjem opterećenja $\geq 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{min}$, dok je maksimalna koncentracija laktata značajno niža u protokolima sa sporijim ubrzanjem opterećenja, tj. u protokolima u kojima se dostiže 'stabilno' stanje na pojedinim stupnjevima opterećenja.

Razlika u koncentraciji laktata u krvi nakon progresivnog testa opterećenja između 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača utvrđena su i u dosadašnjim istraživanjima (Taunton i sur., 1981; Svedenhag i Sjordin, 1984; Medbo i Sejersted, 1985), pri čemu su kao i u ovom istraživanju (Tablica 7.2.13), veće vrijednosti L_{max} izmjerene u skupini 'anaerobnih' trkača. Odabrani protokoli opterećenja statistički značajno razlikuju 'aerobne' i 'anaerobne' trkača u parametru L_{max} u sva tri primijenjena protokola, usprkos relativno velike varijabilnost maksimalne koncentracije mliječne kiseline u obje skupine trkača. Varijabilnost rezultata je očekivana, s obzirom na same biološke razlike trkača te razlike u energetske zahtjevima disciplina i unutar skupina 'aerobnih' (1500 metraši : maratonci) i 'anaerobnih' (100 metraši : 400 metraši) trkača.

Dug kisika je jedan od najboljih pokazatelja anaerobnog kapaciteta, a pokazuje ukupnu količinu kisika koja se potroši u oporavku iznad razine mirovanja. U ovom istraživanju mjeren je dio duga kisika, odnosno prvih 5 minuta, i procijenjena su dva izvedena parametra, parametre za procjenu brze i spore komponente duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}). Postoje značajne razlike u veličini ukupnog duga kisika kao i komponentata duga (laktatna i alaktatna) kod sportaša različitih kvalitetnih skupina (Danilov i Širkovec, 1972), ali kod treniranih i netreniranih ispitanika (Tsunawake i sur., 2003). U ovom istraživanju, analizom varijance utvrđeno je da se vrijednosti DK_{BK} i DK_{SK} značajno razlikuju ovisno o primijenjenom protokolu opterećenja, i da se skupine 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača statistički značajno razlikuju (Tablice 7.2.14-15).

Jedan od načina mjerenja duga kisika je i praćenje povećane potrošnje primitka kisika u oporavku (EPOC), odnosno brzine restitucije metabolizma (Gaeesser i Brooks, 1984). Dug kisika u oporavku, tzv. EPOC ovisi prvenstveno o trajanju i intenzitetu aktivnosti (Gaeesser i Brooks, 1984, Bahr i sur., 1987; Bahr i Sejersted, 1991, Chad i Quigley, 1991), vrsti aktivnosti (Neary i sur., 1993), prehrani (Bahr i Sejersted, 1991; Sedlock, 1991) te obujmu aerobnog treninga (Rowell, 1986; Saltin i Gollnick, 1983). Trenirane osobe u pravilu imaju bržu restituciju homeostaze od netreniranih, nakon aktivnosti sličnog relativnog intenziteta i ekstenziteta vježbanja (Frey i sur., 1993; Girandola i Katch, 1973; Hagberg i sur., 1980), iako u nekim istraživanjima ova razlika nije dokazana (Brehm i Gutin, 1986) ili su postignuti oprečni rezultati (Chad i Quigley, 1991). Uzrok tome vjerojatno je različit metodološki pristup (Short i Sedlock, 1997).

Kod trkača hrvatskog nacionalnog ranga izmjerene su na prvi pogled neočekivano veće vrijednosti u parametru DK_{BK} , u sva tri protokola, kod trkača disciplina s dominantnim udjelom aerobnih energetske kapaciteta i statistički značajno niže vrijednosti u parametru DK_{SK} u protokolu KF05. Ovi rezultati se mogu objasniti višim vrijednostima VO_2 na početku perioda oporavka, što je u skladu istraživanjem Shorta i Sednocka (1997) i Freya i suradnika (1993). Istraživanja su dokazala da je veličina EPOC-a veća što je duža i intenzivnija aktivnost prije početka faze oporavka (Bahr i sur., 1987; Bahr i Sejersted, 1991; Gore i Withers, 1990; Chad i Wenger, 1988), a s obzirom da najveća razlika a i najveće vrijednosti izmjerene, uz statistički značajno veće vrijednosti kod 'anaerobne' skupine trkača, u sporoj

komponenti duga kisika u protokolu KF05, možemo zaključiti da je protokol KF05 najbolji protokol za analizu razlika u anaerobnom kapacitetu trkača. Dakle, protokol s bržim porastom opterećenja bolje razlikuje trkače aerobnih i anaerobnih disciplina u ovom parametru za procjenu anaerobnog kapaciteta.

S druge strane, ovi rezultati su i dokaz boljeg aerobnog kapaciteta i brže sposobnosti restitucije metabolizma 'aerobne' skupine trkača. Iako nije dokazana statistički značajna razlika, tendencija viših vrijednosti u parametru DK_{SK} kod 'anaerobne' skupine trkača postoji i u ostalim protokolima, što je u skladu s istraživanjima drugih autora (Taunton i sur., 1981; Svedenhag i Sjordin, 1984; Medbo i Sejersted, 1985). Jedno od mogućih objašnjenja zbog čega nije dokazana statistička značajnost razlike, između ovih dviju skupina trkača, u protokolima KF1 i KF4 jest nejednolika dužina trajanja aktivnosti, odnosno iako su obje skupine imale sličan relativni krajnji intenzitet (*'all out test'*), dužina trajanja testa je nešto duži kod 'aerobne' skupine trkača i ta razlika je izraženija u protokolima KF1 i KF4 nego u protokolu KF05. Istraživanja su dokazala da su prilikom usporedbe EPOC-a podjednako važna oba parametra, intenzitet i dužina trajanja aktivnosti (Bahr i Sejersted, 1991; Gore i Withers, 1990; Chad i Wenger, 1988).

Pretpostavka da trkači u 'aerobnim' disciplinama postižu značajno niže vrijednosti u parametrima za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta u odnosu na trkače 'anaerobnih' disciplina, neovisno o primijenjenom protokolu opterećenja je statistički potvrđena u parametrima L_{max} , D_{AN} , EP_{AN} , ANK i DK_{SK} (KF05), no nije potvrđena (razlozi su ranije objašnjeni) u parametrima D_{AE} i DK_{BK} . Vrijednosti ventilacijsko-metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta: L_{max} , D_{AN} , EP_{AN} , DK_{BK} i DK_{SK} , ovise o primijenjenom protokolu opterećenja na pokretnom sagu, a parametri D_{AE} i ANK su neovisni o vrsti protokola.

Usporedba rezultata izvedenih parametara duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}) i parametara anaerobnog kapaciteta (D_{AE} , D_{AN} , VO_{2AN} , EP_{AN} i ANK) s vrijednostima iz literature nije moguća, budući da su prvi put korišteni u procjeni aerobnog kapaciteta. Ovim istraživanjem se željelo testirati i pragmatičnost ovih parametara u procjeni anaerobnog kapaciteta.

8.1.3 Razmatranje ostalih fizioloških parametra koji ne procjenjuju energetske kapacitete

Ventilacijsko-metabolički parametri koji ne procjenjuju energetske kapacitete, kao što su frekvencija srca i minutna ventilacija, imaju veliki značaj u programiranju i kontroli trenažnog procesa (Janssen, 2001). Iako se frekvencija srca (zbog visoke povezanosti s intenzitetom rada), koristi kao mjera opterećenja, treba voditi računa da mehanizam nastanka umora svoju osnovu ima prvenstveno u skeletnoj muskulaturi, a ne u kardiovaskularnom sustavu. U svim primijenjenim protokolima opterećenja FS_{max} i VE_{VP} značajno se razlikuju između skupina 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača (Tablice 7.2.16 i 7.3.19), dok je u parametru FS_{VP} statistička značajnost izmjerena u protokolima KF1 i KF4 (Tablica 7.2.17 i Slika 7.2.34). Trkači 'anaerobne' skupine postižu 3-4% više vrijednosti u parametrima frekvencije srca (FS_{max} i FS_{VP}), te 8-10 % niže vrijednosti u parametru minutne ventilacije pri ventilacijskom anaerobnom pragu (VE_{VP}) od skupine 'aerobnih' trkača.

Tendencija nešto nižih vrijednosti FS_{mir} i FS_{max} kod trkača srednjih i dugih pruga u odnosu na trkače sprinterskih disciplina dobivene u ovom istraživanju mogu se objasniti većim udarnim volumenom srca, te većim udjelom aerobnog treninga u ukupnom volumenu rada (Tablice 7.1.4 – 12). Naime, pojedini autori navode mali ali značajni pad FS_{max} usljed velikog obujma aerobnog rada te povećanja maksimalnog udarnog volumena srca. Statistički značajne razlike FS_{max} utvrđene su između ½-min i 1-min protokola, te FS_{VP} između ½-min i 4-min protokola (Tablica 7.2.13 i Slika 7.2.25). Najniže vrijednosti FS_{max} i FS_{VP} izmjerene su u testu KF05, što je vjerojatno posljedica metode usrednjavanja podataka. U ovom istraživanju, u sva tri protokola podaci su usrednjavani na 30 sekundi, što je standardni postupak, zbog prisutnosti šuma mjerenja *breath-by-breath* metodom. Da se izbjegne utjecaj različite dinamike porasta FS u jedinici vremena, bilo bi potrebno usrednjavati podatke u svakom testu na ½ vremena trajanja pojedinog stupnja opterećenja. Doista, usrednjavanjem podataka u testu KF05 na 15 sekundi, razlika u FS između testova postaje neznčajna. Dakle, vrijednosti FS pri maksimalnom opterećenju i ventilacijskom anaerobnom pragu, upućuju da se ovaj parametar može koristiti kao objektivan kriterij opterećenja, neovisno o primijenjenom protokolu opterećenja kojim se utvrđuju.

Što se tiče maksimalne minutne ventilacije VE_{max} , smatrano je da primitak kisika nije limitiran funkcijom pluća, no Martin i sur. (1985) navode mogućnost plućne limitiranosti aerobnog kapaciteta, ujedno dokazujući da specifični trening dišne muskulature može poboljšati natjecateljsku uspješnost treniranih i netreniranih osoba. U ovome radu, najveći VE_{max} trkači postižu u 1/2-minutnom protokolu (163 ± 19 L/min), bez značajne razlike između 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača. Veće vrijednosti VE_{max} u kraćim protokolima mogu se objasniti većom acidozom (nižom vrijednosti pH), na što upućuju i vrijednosti RQ_{max} i L_{max} . Naime, pri brzinama iznad ventilacijskog anaerobnog praga, uz oksidaciju venske krvi, osnovna zadaća pluća je i ventilacijska korekcija metaboličke acidoze, te posljedično, daljnje povećanje ventilacije. Nešto više vrijednosti VE_{max} dostižu trkači švedske reprezentacije, (trkači na 400 m: 171 ± 23 L/min; maratonci: 175 ± 14 L/min), (Svedenhag i Sjodin, 1984), te biciklisti i triatlonci (183 ± 17 L/min) (Weston i sur., 2002). Minutna ventilacija pri ventilacijskom anaerobnom pragu 103 ± 15 L/min odgovara vrijednostima u biciklista i triatlonaca koje navode Weston i sur. (2002) i također nema značajne razlike između skupina (Tablice 7.1.1–12), te možemo zaključiti da ovaj parametar značajnije ne utječe na natjecateljsku uspješnost u trkačkim disciplinama.

Vrijednosti maksimalnog respiracijskog kvocijenta, proporcionalno rastu s porastom intenziteta, zbog većeg porasta VCO_2 iznad aerobnog, te potom iznad anaerobnog praga. Vrijednost RQ pri ventilacijskom anaerobnom ne odstupa značajno od 1.0 (Tablice, Slike), što je u skladu s očekivanim, jer je ventilacijski anaerobni prag definiran zonom izjednačavanja VCO_2 i VO_2 . Maksimalni RQ koristi se kao kriterij dostignutog iscrpljenja u progresivnim testovima opterećenja. Različiti autori (Green i Dawson, 1996; Cheng i sur., 1992; Bruce i sur., 1973; Brisswalter i sur., 1996; Antonutto i Di Prampero, 1995; Billat i sur., 1998; Duncan i sur., 1997; Froelicher i sur., 1974; Gleim i sur., 1990; Medved, 1987; Rowland i sur., 1996; Wasserman i sur., 1999) navode graničnu vrijednost za RQ_{max} od 1.15, 1.10, ili čak i 1.00. No u tim se radovima spomenuti kriteriji ne vežu striktno uz određeni protokol opterećenja. U ovom istraživanju u sva tri protokola dostignuta je vrijednost od 1.10, no RQ_{max} je to manji, što je duže trajanje testa opterećenja, i razlika između protokola je statistički značajna (Tablice 7.2.19 i 7.2.20 te Slike 7.2.39–42). Ti rezultati ukazuju na obrnuto proporcionalni trend RQ_{max} s trajanjem testa opterećenja, te bi shodno tome i vrijednost RQ_{max} kao kriterija za dostizanje maksimalnog intenziteta trebala biti vezana uz vrstu primijenjenog

protokola opterećenja. Obrnuto proporcionalne vrijenosti RQ_{max} sa trajanjem testa mogu se objasniti većim iscrpljenjem glikolitičkih depoa te istovremenim manjim dostignutim maksimalnim brzinama pokretne trake u testovima dužeg trajanja, što za posljedicu ima manju aktivaciju brzih glikolitičkih mišićnih vlakana a time i niže vrijednosti RQ_{max} . Isto tako, što je kraće trajanje testa, veća je maksimalna brzina trčanja i može se pretpostaviti, dodatna aktivacija motoričkih jedinica s pretežito anaerobnim glikolitičkim energetske metabolizmom (brza glikolitička vlakna tipa II), a samim time i veće vrijednosti RQ_{max} i VE_{max} .

Temeljem svega navedenog, može se zaključiti da je RQ_{max} obrnuto proporcionalan s trajanjem testa opterećenja, dok su ostali opisani fiziološki parametri koji ne procjenjuju energetske kapacitete uglavnom neovisni (uz pretpostavku 15-sekundnog usrednjavanja parametara VE i FS u 1/2-minutnom protokolu) o primijenjenom protokolu opterećenja. Isto tako, AERO i ANAERO skupine trkača statistički značajno se razlikuju u parametrima frekvencije srca (FS_{max} i FS_{VP}) te VE_{VP} neovisno o protokolu opterećenja.

8.2 Razmatranje pokazatelja ekonomičnosti trčanja

Ekonomičnost se najčešće izražava relativnim primitkom kisika ($\text{mL O}_2/\text{kg}/\text{min}$, ili $\text{mL O}_2/\text{kg}^{3/4}/\text{min}$, Bergh i sur., 1991) ili pak kao $\% \text{VO}_{2\max}$ pri određenoj brzini trčanja (Svedenhag i Sjodin, 1984), no na taj je način otežana usporedba ekonomičnosti pri različitim brzinama trčanja. Stoga je u ovom istraživanju ekonomičnost trčanja (C) izražena potrošnjom kisika po pređenom metru ($\text{mLO}_2/\text{kg}/\text{m}$) (Di Prampero i sur., 1993).

U uzorku atletičara trkačkih disciplina obuhvaćenih u ovom istraživanju ekonomičnost trčanja pri brzinama ispod anaerobnog praga (8-12 km/h) iznosi $0.201 \pm 0.019 \text{ mL O}_2/\text{kg}/\text{m}$. Trkači 'aerobne' skupine značajno ekonomičnije trče u odnosu na trkače 'anaerobne' skupine (Tablica 7.3.11 i Slika 8.2.1), uz oko 7.7 % manju energetske potrošnje po jedinici prevaljenog puta ($0.192 \pm : 0.208 \pm \text{mLO}_2/\text{kg}/\text{m}$). Usporedbom s rezultatima istraživanja Pereire i Freedsona (1997) na uzorku netreniranih ($C = 0.208 \pm 0.010 \text{ mL O}_2/\text{kg}/\text{m}$) i treniranih ($C = 0.201 \pm 0.010 \text{ mL O}_2/\text{kg}/\text{m}$) trkača možemo zaključiti da se skupina 'aerobnih' trkača može svrstati u vrlo dobro aerobno trenirane trkače, a skupina 'anaerobnih' trkača očekivano u skupinu sportaša slabijih aerobnih sposobnosti. Manja energetska potrošnja, odnosno veća ekonomičnost trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskog kapaciteta u skladu je s istraživanjem drugih autora (Daniels i Daniels, 1992.; Coyle i sur., 1992; Weston i sur., 2000). Di Prampero i sur. (1986) navode nešto niže vrijednosti C za vrhunske trkače ($0.179 \pm 0.017 \text{ mL}/\text{kg}/\text{m}$) kao i Morgan i Daniels (1994) ($0.184 \pm 0.009 \text{ mLO}_2/\text{kg}/\text{m}$). Teško je zaključiti da li su nešto više vrijednosti C trkača u ovim istraživanjima uvjetovane stvarnim kvalitativnim razlikama između ova dva uzorka trkača ili su te razlike uvjetovane različitom mjernom opremom i metodologijom istraživanja.

Coyle i suradnici (1992) su dokazali da biciklisti sa 80% 'sporih' mišićnih vlakana mogu dostići tzv. delta efikasnost od 25% za razliku od svega 21% u sportaša sa 50% 'sporih' mišićnih vlakana. I druga istraživanja potvrđuju pozitivnu povezanost sastava mišićnih vlakana (odnosno udjela sporih mišićnih vlakana) s rezultatom u disciplinama srednjih i dugih pruga i trkačkom ekonomičnošću (Costill, 1967; Costill i sur., 1973; Pollock, 1977; Conley i Krahenbuhl, 1980; Williams i Cavanagh, 1987; Bosco i sur., 1987; Kaneko, 1990; Morgan i Craig, 1992; Di Prampero i sur., 1993).

U istraživanju na švedskim trkačima, VO_2 pri 15 km/h (od 49.5 ± 0.8 mL/kg/min kod 400 metraša do 46.3 ± 2.2 mL/kg/min kod maratonaca), nije utvrđena značajna razlika između trkača na 400 metara, srednje i dugoprugaša (Svedenhag i Sjodin, 1984). Statistički značajna razlika između trkača na 800 i 1500 m i dugoprugaša (92.4 ± 1.7 : 88.6 ± 0.6 %) utvrđena je pri brzini trčanja od 20 km/h, kad je ekonomičnost izražena kao % $\text{VO}_{2\max}$. U ovom istraživanju energetska potrošnja, izražena kao % $\text{VO}_{2\max}$ pri određenoj brzini trčanja, značajno se razlikuje između aerobnih i anaerobnih trkača (51.7 ± 5.0 : 61.0 ± 5.5 % pri 8 km/h, 60.8 ± 5.1 : 72.6 ± 6.4 % pri 10 km/h, 69.6 ± 5.8 : 83.8 ± 6.3 % pri 12 km/h, 78.9 ± 6.3 : 92.8 ± 5.2 % pri 14 km/h te $87.96.0$: 97.1 ± 2.6 % pri 16 km/h), no anaerobni trkači već pri brzini od 14 km/h trče pri 92% $\text{VO}_{2\max}$, dakle iznad anaerobnog praga, što upućuje na zaključak da je ta brzina previsoka za usporedbu ekonomičnosti trčanja između skupina trkača.

Daniels i Daniels (1992), su utvrdili da su trkači na 800-1500 metara ekonomičniji od maratonaca pri brzinama iznad 19 km/h, dok maratonci imaju bolju ekonomičnost pri manjim brzinama trčanja. Saunders i sur. (2004) zaključuju da bi intenzitet aktivnosti pri kojem se procjenjuje ekonomičnost trčanja kod vrhunskih trkača trebao iznositi $\geq 85\%$ $\text{VO}_{2\max}$, što približno odgovara brzini trčanja pri anaerobnom pragu, odnosno pri brzinama koje odgovaraju pojedinoj trkačkoj disciplini.

Dobiveni rezultati u ovom istraživanju potvrđuju da C vrlo dobro diskriminira skupine 'aerobnih' i 'anaerobnih' trkača, iako je određen pri brzinama trčanja nižim od natjecateljskih. U daljnjim istraživanjima trebalo bi obratiti pozornost da se trkači uspoređuju pri istom individualnom opterećenju (primjerice pri 80-85 % $\text{VO}_{2\max}$), i da se dobiveni rezultati C usporede s ostalim spiroergometrijskim parametrima (Morgan i sur., 1989; Armstrong i Gehsen, 1985).

8.3 Razmatranje pokazatelja kinetike primitka kisika

Kinetika primitka kisika ukazuje na dinamiku porasta potrošnje O_2 iz stanja mirovanja, ili s nižeg na viši intenzitet aktivnosti i indeks je sveukupne integrirane sposobnosti dišnog, srčanožilnog i mišićnog sustava. Plućna kinetika VO_2 vjeran je odraz mišićne kinetike VO_2 (Barstow i sur., 1990; Poole i sur., 1991), te omogućava jedinstveni uvid u složeno međudjelovanje različitih mehanizama koji reguliraju dopremu i utilizaciju O_2 u radnom mišićju. Osnovni parametar koji procjenjuje kinetiku, odnosno porast plućnog VO_2 jest vremenska konstanta, " τ " (*tau*), i direktno se određuje *breath-by breath* praćenjem dinamike VO_2 tokom testa opterećenja s kontinuiranim opterećenjem.

Vremenska konstanta u ovom istraživanju nije direktno određivana, već je procijenjena razlikom (Δt) određenom iz vremenske razlike u VO_2 pri stabilnom stanju i VO_2 pri istom intenzitetu aktivnosti izmjenom u progresivnom testu opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja (Whipp i sur., 1981). Vrijednosti Δt dobivene u ovom radu značajno su više u odnosu na vrijednosti vremenske konstante koje se navode u literaturi, kako za ANAERO, tako i za AERO skupinu trkača (Powers i sur., 1985; Borrani i sur., 2001; Caputo i sur., 2003; Koppo i sur., 2004). Razlog tome nije jasan; možemo pretpostaviti da je osnovni uzrok tome tzv. vrijeme odgode (*delay time*), koje obično iznosi oko 15-20 sekundi i predstavlja vrijeme potrebno da krv iz radnog mišićja doprije do pluća (Gilbert R, Auchincloss JH, Baule GH. Metabolic and circulatory adjustments to unsteady-state exercise. J Appl Physiol 22: 905-912, 1967; Casaburi R, Daly J, Hansen JE, Effros RM. Abrupt changes in mixed venous blood gas composition after the onset of exercise. J Appl Physiol 1989;67: 1106-1112; Whipp BJ, Ward SA, Lamarra N, Davis JA, Wasserman K. Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. J Appl Physiol 1982; 52: 1506-1513.); druga je mogućnost da progresivno opterećenje, za razliku od konstantnog (tzv. *square-wave*) opterećenja, uvjetuje nešto složeniju i sporiju kinetiku VO_2 . No neovisno o dobivenim apsolutnim vrijednostima Δt , u 1/2-min protokolu utvrđena je statistički značajna razlika između trkača 'aerobne' i 'anaerobne' skupine u kinetici VO_2 (Δt) pri analiziranim brzinama trčanja (8-12 km/h), unatoč velike varijabilnosti (Tablica 7.3.12).

Analiza kinetike VO_2 je rađena pri brzinama koje su niže od prosječne vrijednosti anaerobnog praga za obje skupine trkača. Međutim, dok je kinetika VO_2 gotovo ista pri svim analiziranim brzinama za trkače aerobne skupine, za anaerobnu skupinu uočljivo je usporavanje kinetike (povećanje Δt) s porastom brzine trčanja. Vjerojatni razlog tome su niske vrijednosti anaerobnog praga u pojedinim trkača anaerobne skupine, koji dostižu anaerobni prag već pri brzinama trčanja ispod 12 km/h. Koppo i sur. (2004) navode, kao mogući uzrok brže kinetike (manjeg τ) u aerobno treniranih sportaša, veću gustoću mitohondrija, veću koncentraciju oksidativnih enzima kao i veći udio sporih oksidativnih vlakana u radnom mišićju. Za 1-min protokol, razlika između trkača 'aerobne' i 'anaerobne' skupine u kinetici VO_2 (Δt) ne dostiže statističku značajnost ($p=0.18$). To se može objasniti utjecajem protokola na veličinu slučajne greške Δt (uslijed greške mjerenja i biološke varijabilnosti u oba testa), koja je za istu vrijednost ΔVO_2 dvostruko veća u 1-min protokolu u odnosu na $\frac{1}{2}$ -min protokol, u kojem je porast VO_2 u jedinici vremena dvostruko veći u odnosu na 1-min protokol. To je ujedno i razlog sustavne greške prisutne u Bland-Altmanovom prikazu podudarnosti Δt između testova KF05 i KF1 (Slika 7.5.7).

U ovome istraživanju Δt , tj. kinetika VO_2 je procijenjena za oba primijenjena protokola u odnosu na stabilno stanje postignuto u 4-min protokolu. Prema primijenjenom matematičkom modelu, teoretski bi bilo moguće procijeniti kinetiku VO_2 , te stoga i vrijednosti VO_2 pri stabilnom stanju (VO_{2ss}), iz razlike u dinamici kretanja VO_2 u $\frac{1}{2}$ -min i 1-min protokolu. Naime, budući da je porast intenziteta u $\frac{1}{2}$ -min testu ($1 \text{ kmh}^{-1}/30\text{s}$) točno dvostruko veći u odnosu na 1-min protokol ($1 \text{ kmh}^{-1}/60\text{s}$), uz pretpostavku iste kinetike VO_2 u oba testa, Δt između 1-min i $\frac{1}{2}$ -min protokola, pri određenoj brzini trčanja, trebao bi biti jednak Δt između 1-min testa i VO_{2ss} određenog u 4-min testu. Doista, prosječna vrijednost Δt određena razlikom između 1-min i $\frac{1}{2}$ -min protokola razlikuje se za približno 3 sekundi u odnosu na Δt određen razlikom između 1-min testa i VO_{2ss} , što daje prosječnu grešku procjene VO_2 pri stabilnom stanju od svega 0.1-0.15 mL/kg, što je praktično zanemarivo. Prema dostupnim literaturnim podacima, dosad nije opisana mogućnost procjene VO_{2ss} pri određenom intenzitetu rada praćenjem dinamike VO_2 u dva testa s progresivnim porastom opterećenja bez postizanja stabilnog stanja.

8.4 Analiza funkcionalnih veza između parametara

Četvrti cilj istraživanja odnosi se na funkcionalne veze između parametara energetske kapaciteta trkača 'aerobne' i 'anaerobne' skupine, izmjerenih različitim protokolima opterećenja na pokretnom sagu.

8.4.1 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu aerobnog energetske kapaciteta

Prikazane regresijske jednadžbe (Slike 7.4.1-12 i Tablica 8.4.1) omogućuju usporedbu rezultata izmjerenih primijenjenim protokolima opterećenja na pokretnom sagu. S obzirom da je analiza varijance ukazala da razlike u protokolu opterećenja ne utječu na parametre primitka kisika (VO_{2max} , RVO_{2max} , VO_{2VP} i RVO_{2VP}) analizirane funkcionalne veze su očekivane, a razlike u izmjerenim vrijednostima su male i kreću se u rasponu između 2-5%. S druge strane, analiza varijance ukazuje da razlike u protokolu opterećenja utječu na parametre brzine trčanja (v_{max} i v_{VP}) te regresijske jednadžbe omogućuju usporedbu rezultata dobivenih primjenom različitih protokola opterećenja (Slike 7.4.6-21 i Tablica 8.4.1).

Primjerice, ako ispitanik u ½-min protokolu dostigne maksimalnu brzinu od 22 km/h, toj brzini odgovara vrijednost od 19.8 km/h u 1-min protokolu, odnosno 17.4 km/h u 4-min protokolu. Isto tako, ako ispitanik prelazi ventilacijski anaerobni prag pri 14 km/h u 1-min protokolu, ta vrijednost odgovara brzini trčanja od 15 km/h u ½-min protokolu i 13 km/h u 4-min protokolu (Tablica 8.5.1)

Tablica 8.4.1 Prikaz regresijskih jednadžbi odnosa parametra za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta između primijenjenih protokola opterećenja na pokretnom sagu

Parametar	Regresijske jednadžbe
$\text{VO}_{2\max}$	$\text{VO}_{2\max \text{ KF1}} = 0.21 + 0.94 * \text{VO}_{2\max \text{ KF05}}$ $\text{VO}_{2\max \text{ KF4}} = 0.42 + 0.90 * \text{VO}_{2\max \text{ KF1}}$ $\text{VO}_{2\max \text{ KF4}} = 0.25 + 0.93 * \text{VO}_{2\max \text{ KF05}}$
$\text{RVO}_{2\max}$	$\text{RVO}_{2\max \text{ KF1}} = 4.88 + 0.91 * \text{RVO}_{2\max \text{ KF05}}$ $\text{RVO}_{2\max \text{ KF4}} = 6.52 + 0.89 * \text{RVO}_{2\max \text{ KF1}}$ $\text{RVO}_{2\max \text{ KF4}} = 9.12 + 0.84 * \text{RVO}_{2\max \text{ KF05}}$
$\text{VO}_{2\text{VP}}$	$\text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF1}} = 0.27 + 0.92 * \text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF05}}$ $\text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF4}} = 0.99 + 0.75 * \text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF1}}$ $\text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF4}} = 0.72 + 0.81 * \text{VO}_{2\text{VP} \text{ KF054}}$
$\text{RVO}_{2\text{VP}}$	$\text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF1}} = 5.71 + 0.88 * \text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF05}}$ $\text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF4}} = 11.38 + 0.79 * \text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF1}}$ $\text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF4}} = 9.85 + 0.81 * \text{RVO}_{2\text{VP} \text{ KF05}}$
$\text{V}_{\max}$	$\text{V}_{\max \text{ KF1}} = -1.57 + 0.97 * \text{V}_{\max \text{ KF05}}$ $\text{V}_{\max \text{ KF4}} = -1.47 + 0.94 * \text{V}_{\max \text{ KF1}}$ $\text{V}_{\max \text{ KF4}} = -3.39 + 0.94 * \text{V}_{\max \text{ KF05}}$
V_{VP}	$\text{V}_{\text{VP} \text{ KF1}} = 0.24 + 0.92 * \text{V}_{\text{VP} \text{ KF05}}$ $\text{V}_{\text{VP} \text{ KF4}} = 0.46 + 0.90 * \text{V}_{\text{VP} \text{ KF1}}$ $\text{V}_{\text{VP} \text{ KF4}} = 0.25 + 0.85 * \text{V}_{\text{VP} \text{ KF05}}$

8.4.2 Funkcionalne veze ventilacijskih i metaboličkih parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta

Prikazane regresijske jednadžbe (Slike 7.4.22-36 i Tablica 8.4.2) omogućavaju usporedbu parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta dobivenih različitim protokolima opterećenja na pokretnom sagu, uz napomenu da protokol KF4 nije test kojim se može pouzdano procijeniti anaerobni kapacitet.

U parametru maksimalne koncentracije laktata u krvi, koji je mjeren tijekom 5 minuta oporavka nakon svakog od primijenjenih protokola, dobiveni su srenje visoki koeficijenti korelacije ($r=0.68-0.73$; $p<0.01$). S obzirom da analiza varijance ukazuje da L_{max} ovisi o primijenjenom protokolu opterećenja, regresijske jednadžbe omogućuju eventualnu usporedbu rezultata (Slike 7.4.27-29 i Tablica 8.4.2).

Parametri duga kisika (DK_{BK} i DK_{SK}), izračunati mjerenjem VO_2 tijekom prvih 5 minuta oporavka nakon svakog od primijenjenih protokola, nešto slabije su povezani ($r=0.55-0.71$; $p<0.01$).

Tablica 8.4.2 Prikaz regresijskih jednadžbi odnosa parametara za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta između primijenjenih protokola opterećenja na pokretnom sagu

Parametar	Regresijske jednadžbe
D_{AE}	$D_{AE\ KF05} = 9.09 + 0.64 * D_{AE\ KF1}$
D_{AN}	$D_{ANKF05} = 5.83 + 0.59 * D_{AN\ KF1}$
EP_{AN}	$EP_{AN\ KF05} = 9.50 + 0.55 * EP_{AN\ KF1}$
ANK	$ANK_{KF05} = 12.05 + 0.68 * ANK_{KF1}$
L_{max}	$L_{max\ KF1} = 3.53 + 0.74 * L_{max\ KF05}$ $L_{max\ KF4} = 1.95 + 0.71 * L_{max\ KF1}$ $L_{max\ KF4} = 2.90 + 0.64 * L_{max\ KF05}$
DK_{BK}	$DK_{BK\ KF1} = 23.71 + 0.52 * DK_{BK\ KF05}$ $DK_{BK\ KF4} = 11.21 + 0.70 * DK_{BK\ KF1}$ $DK_{BK\ KF4} = 19.88 + 0.53 * DK_{BK\ KF05}$
DK_{SK}	$DK_{SK\ KF1} = 10.94 + 0.49 * DK_{SK\ KF05}$ $DK_{SK\ KF41} = 3.72 + 0.70 * DK_{SK\ KF1}$ $DK_{SK\ KF4} = 6.05 + 0.55 * DK_{SK\ KF05}$

8.4.3 Funkcionalne veze ventilacijsko-metaboličkih parametara za procjenu ostalih fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete

Prikazane regresijske jednadžbe (Slike 7.4.36-53 i Tablica 8.4.3) omogućavaju usporedbu rezultata izmjerenih različitim protokolima opterećenja na pokretnom sagu.

Analiza varijance ukazuje da parametri frekvencije srca (FS_{max} i FS_{VP}) ovise o primijenjenom protokolu opterećenja. S obzirom na statistički značajne korelativne odnose (Slike 7.4.36-41) mogu se usporediti FS_{max} i FS_{VP} izmjereni različitim protokolima, mada su razlike u vrijednosti FS_{max} od 200 o/min (KF05), 200.9 o/min (KF1) do 202.6 o/min (KF4), minimalne i u praksi neznajne. Slične minimalne razlike prisutne su i za FS_{VP} , pa tako vrijednost izmjerena u protokolu KF05 od 175 o/min odgovara vrijednosti od 176.4 o/min u protokolu KF1, odnosno vrijednosti od 177.3 o/min u protokolu KF4.

U parametrima minutne ventilacije (VE_{max} i VE_{VP}) i respiracijskog kvocijenta pri ventilacijskom anaerobnom pragu (RQ_{VT}) analize varijance nisu ukazale na statistički značajnu razliku, te preračuni nisu od posebnog značaja

U parametru maksimalnog respiracijskog kvocijenta (RQ_{max}) dobiveni su nešto niži ali statistički značajni koeficijenti korelacije ($r=0.54-0.60$; $p<0.01$). S obzirom da RQ_{max} ovisi o primijenjenom protokolu opterećenja regresijske jednadžbe omogućuju eventualnu usporedbu rezultata (Slikea 7.4.48-50 i Tablica 8.4.3).

Tablica 8.4.3 Prikaz regresijskih jednadžbi odnosa fizioloških parametara koji ne procjenjuju energetske kapacitete između primijenjenih protokola opterećenja na pokretnom sagu

Parametar	Regresijske jednadžbe
FS_{max}	$FS_{max\ KF1} = 28.90 + 0.86 * FS_{max\ KF05}$ $FS_{max\ KF4} = 21.67 + 0.88 * FS_{max\ KF1}$ $FS_{max\ KF4} = 28.67 + 0.86 * FS_{max\ KF05}$
FS_{VP}	$FS_{VP\ KF1} = 34.64 + 0.81 * FS_{VP\ KF05}$ $FS_{VP\ KF4} = 52.32 + 0.71 * FS_{VP\ KF1}$ $FS_{VP\ KF4} = 60.25 + 0.67 * FS_{VP\ KF05}$
VE_{max}	$VE_{max\ KF1} = 12.15 + 0.91 * VE_{max\ KF05}$ $VE_{max\ KF4} = 13.34 + 0.89 * VE_{max\ KF1}$ $VE_{max\ KF4} = 11.54 + 0.89 * VE_{max\ KF05}$
VE_{VP}	$VE_{VP\ KF1} = 29.08 + 0.71 * VE_{VP\ KF05}$ $VE_{VP\ KF4} = 24.09 + 0.79 * VE_{VP\ KF1}$ $VE_{VP\ KF4} = 36.38 + 0.67 * VE_{VP\ KF05}$
RQ_{max}	$RQ_{max\ KF1} = 0.80 + 0.30 * RQ_{max\ KF05}$ $RQ_{max\ KF4} = 0.60 + 0.44 * RQ_{max\ KF1}$ $RQ_{max\ KF4} = 0.84 + 0.21 * RQ_{max\ KF05}$
RQ_{VP}	$RQ_{VP\ KF1} = 0.77 + 0.23 * RQ_{VP\ KF05}$ $RQ_{VP\ KF4} = 1.09 - 0.01 * RQ_{VP\ KF1}$ $RQ_{VP\ KF4} = 1.21 - 0.22 * RQ_{VP\ KF05}$

9 ZAKLJUČAK

9.1 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta

Izmjerena vrijednost maksimalnog primitka kisika u atletičara svih trkačkih disciplina neovisna je o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu, ukupnog trajanja od približno 5 do 30 minuta.

Izmjerena vrijednost maksimalnog primitka kisika u atletičara trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta je neovisna o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu, ukupnog trajanja od približno 5 do 30 minuta.

Izmjerena vrijednost primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu u atletičara svih trkačkih disciplina neovisna je o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu. Možemo reći da postoji jedinstveni metabolički prag koji je neovisan o ukupnom trajanju progresivnog testa opterećenja.

Izmjerena vrijednost primitka kisika pri ventilacijskom anaerobnom pragu u atletičara trkačkih disciplina s dominantnim udjelom aerobnog odnosno anaerobnog energetskeg kapaciteta neovisna je o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu. Možemo reći da postoji jedinstveni metabolički prag koji je neovisan o ukupnom trajanju testa opterećenja i energetskeg tipu trkača.

Dostignuta maksimalna brzina trčanja i brzina trčanja pri ventilacijskom anaerobnom pragu, obrnuto su proporcionalne ukupnom trajanju testa opterećenja, neovisno o energetskeg tipu trkača.

Trkači u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskeg kapaciteta postižu značajno više vrijednosti u svim parametrima za procjenu aerobnog energetskeg kapaciteta, u odnosu na trkače anaerobnog energetskeg tipa, neovisno o primijenjenom protokolu.

Udio maksimalnog aerobnog kapaciteta pri ventilacijskom anaerobnom pragu u trkača iznosi 86.5 ± 3.6 % i ne ovisi o primijenjenom protokolu niti o energetske tipu trkača.

9.2 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta

Anaerobni energetske kapacitet ispitanika može se procijeniti ukupnim deficitom kisika u progresivnom testu opterećenja na pokretnom sagu, ukoliko je poznata energetske potreba u zoni ispod anaerobnog praga (VO_{2ss}), uz pretpostavku linearnog odnosa energetske potrebe i brzine trčanja u zoni iznad anaerobnog praga.

Anaerobni kapacitet, procijenjen ukupnim deficitom kisika u progresivnom testu opterećenja, u atletičara svih trkačkih disciplina neovisan je o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu, ukupnog trajanja od približno 5 do 15 minuta.

Anaerobni kapacitet, procijenjen ukupnim deficitom kisika u progresivnom testu opterećenja, u atletičara aerobnog odnosno anaerobnog energetske tipa trkača neovisan je o primijenjenom protokolu progresivnog opterećenja na pokretnom sagu, ukupnog trajanja od približno 5 do 15 minuta.

Anaerobni kapacitet u atletičara anaerobnog energetske tipa, procijenjen ukupnim deficitom kisika u progresivnom testu opterećenja, značajno je veći u odnosu na trkače u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetske kapaciteta, neovisno o primijenjenom testu opterećenja.

Na temelju prethodna tri zaključka, možemo utvrditi da je primijenjena metoda za procjenu anaerobnog energetske kapaciteta pragmatički valjana za procjenu anaerobnog kapaciteta i za razlikovanje energetske tipova trkača.

Maksimalna arterijska koncentracija mliječne kiseline u oporavku nakon maksimalnog progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu u atletičara aerobnog odnosno anaerobnog

energetskog tipa, neovisna je o primijenjenom protokolu opterećenja ukoliko je ukupno trajanje testa kraće od približno 15 minuta.

Maksimalna arterijska koncentracija mliječne kiseline u oporavku nakon maksimalnog progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu kod trkača anaerobnog energetskog tipa značajno je veća u odnosu na trkače u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskog kapaciteta, neovisno o primijenjenom testu opterećenja.

Dug kisika tijekom prvih 5 minuta oporavka nakon maksimalnog progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu u atletičara aerobnog odnosno anaerobnog energetskog tipa, neovisan je o primijenjenom protokolu opterećenja ukoliko je ukupno trajanje testa kraće od približno 15 minuta.

Mjerenjem duga kisika tijekom prvih 5 minuta oporavka nakon progresivnog testa opterećenja, utvrđeno je da trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog energetskog kapaciteta dostižu veće vrijednosti u parametru brze komponente, a anaerobna energetska skupina trkača dostiže nešto veće vrijednosti u parametru spore komponente duga kisika.

9.3 Ventilacijsko-metabolički parametri za procjenu ostalih fizioloških parametra koji ne procjenjuju energetske kapacitete

Trkači anaerobnog energetskog tipa, dostižu značajno veće vrijednosti FS_{max} i FS_{VP} u odnosu na trkače u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog energetskog kapaciteta, neovisno o primijenjenom testu opterećenja.

Vrijednosti frekvencije srca pri anaerobnom pragu i maksimalnom opterećenju u atletičara aerobnog odnosno anaerobnog energetskog tipa, ne ovise o primijenjenom protokolu opterećenja ukoliko se vrijednosti FS u svakom testu usrednjavaju na $\frac{1}{2}$ vremena trajanja pojedinog stupnja opterećenja.

VE_{max} ne ovisi o primijenjenom protokolu opterećenja ukoliko je ukupno trajanje testa kraće od približno 15 minuta, a minutna ventilacija pri ventilacijskom anaerobnom pragu neovisna je o primijenjenom protokolu neovisno o trajanju progresivnog testa opterećenja.

VE_{max} se ne razlikuje značajno kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog i anaerobnog energetske kapaciteta, za razliku od VE_{VP} u kojem trkači anaerobne energetske skupine dostižu značajno veće vrijednosti.

Maksimalni respiracijski kvocijent obrnuto je proporcionalan s dužinom trajanja protokola, te bi vrijednost RQ_{max} kao kriterij za dostizanje maksimalnog intenziteta trebala biti vezana uz vrstu primijenjenog protokola opterećenja. respiracijski kvocijent pri ventilacijskom anaerobnom pragu neovisan je o primijenjenom protokolu neovisno o trajanju progresivnog testa opterećenja.

RQ_{max} i RQ_{VP} se ne razlikuju značajno kod trkača u disciplinama s dominantnim udjelom aerobnog i anaerobnog energetske kapaciteta, neovisno o trajanju progresivnog testa opterećenja.

9.4 Ekonomičnost trčanja

Trkači disciplina s dominantnim udjelom aerobnog energetske kapaciteta su statistički značajno ekonomičniji pri brzinama ispod anaerobnog praga (8 km/h, 10 km/h i 12 km/h) u odnosu na trkače sa dominantnim udjelom anaerobnog energetske kapaciteta, odnosno razina energetske potrošnje im je u prosjeku 8% manja po jedinici prevaljenog puta (mL O_2 /kg/m).

9.5 Kinetika primitka kisika

Vremenska konstanta kinetike primitka kisika (τ) može se procijeniti na temelju vremenske razlike (Δt) primitka kisika pri stabilnom stanju i VO_2 pri istom intenzitetu aktivnosti izmjenom u progresivnom testu opterećenja bez dostizanja stabilnog stanja. Pri procjeni kinetike VO_2 ovom metodom, poželjno je koristiti protokole s bržim porastom opterećenja, koji daju manju varijabilnost i grešku mjerenja za isti Δt , zbog većeg porasta VO_2

u jedinici vremena. Naime, utvrđena je značajno brža kinetika VO_2 u aerobnih trkača u odnosu na anaerobne, samo za ½-min test, dok za 1-min test razlika ne dostiže statističku značajnost.

Vrijednosti Δt u trkača dobivene ovom metodom, značajno su više u odnosu na vrijednosti τ izmjerene izravno, kontinuiranim testovima opterećenja, koje se navode u literaturi. Uzrok tome najvjerojatnije je tzv. vrijeme odgode (*delay time*), koje predstavlja vrijeme potrebno da krv iz radnog mišićja dospije do pluća, i sastavni je dio Δt .

Prema istom modelu, postavlja se pitanje da li je moguće procijeniti energetske potrebe ($\text{VO}_{2\text{ss}}$) pri određenom intenzitetu rada praćenjem dinamike VO_2 u dva testa s progresivnim porastom opterećenja bez postizanja stabilnog stanja. Ova će se hipoteza istražiti daljnjim istraživanjima kinetike VO_2 .

10 LITERATURA

1. Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports Medicine*, 22, 2, 76-89.
2. Antonutto, G., Di Prampero, P.E. (1995). The concept of lactate threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 6-12.
3. Armon, Y., Cooper, D.M., Flores, R., Zanconato, S., Barstow, T.J. (1991). Oxygen uptake dynamics during high intensity exercise in children and adults. *Journal of Applied Physiology*, 70, 841-848.
4. Astrand, P.O., Rodahl, T. (1986). *Textbook of Work Physiology*. Third Edition. New York: McGraw-Hill, USA.
5. Astrand, P.O., Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *Journal of Applied Physiology*, 16, 977-981.
6. Atkinson, G., Davison, R.C.R., Nevill, A.M. (2005). Performance characteristics of gas analysis systems: What we know and what we need to know. *International Journal of Sports and Medicine*, 26(S1):S2-S10.
7. Aunola, S., Rusko H. (1988). Comparison of two methods for aerobic threshold determination. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 420-424.
8. Bahr, R., Inges, I., Vaage, O., Sejersted, O.M., Newsholme, E.A. (1987). Effect of duration of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Journal of Applied Physiology*, 62: 485-490.
9. Bahr, R., Sejersted, O.M. (1991). Effect of feeding and fasting on excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Applied Physiology*, 71: 2088-2093.
10. Bahr, R., Sejersted, O.M. (1991). Effect of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption. *Journal of Applied Physiology*, 40: 836-841.
11. Balke, B., Ware, R.W. (1959). An experimental study of physical fitness of air Force personnel. *US Armed Forces Medical Journal*, 29(4), 301-306.
12. Barros Neto, T.L., Cesar, M.C., Tambeiro, V.L. (1999). Avaliacao da aptidao cardiorrespiratoria. In: Ghorayeb, N., Barros Neto, T. *O Exercicio: Preparacao Fisiologica, Avaliacao Medica, Aspectos Especiais e Preventivos*. Sao Paulo, Atheneu, 15-24.
13. Barslow, T.J., Jones, A.M., Nojuyen, P.H., Caseburi, R. (2000). Influence of muscle fibre type and fitness on the oxygen uptake/power output slope during incremental exercise in humans. *Experimental Physiology*, 85(1), 10-116.

14. Barstow, T.J., Casaburi R, Wasserman K. (1993). O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *Journal of Applied Physiology*; 75, 755-762.
15. Barstow, T.J., Mole' PA. (1991). Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, 71, 2099-2106.
16. Barstow, T.J., Lamara, N., Whipp, B.J. (1990). Modulation of muscle and pulmonary O₂ uptakes by circulatory dynamics during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 68(3), 979-989.
17. Beaver, W.L., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 60(6), 2020-2027.
18. Beaver, W.L., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *Journal of Applied Physiology*, 59(6), 1936-1940.
19. Bergh, U., Sjodin, B., Forsberg, A. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 23(2), 205-211.
20. Bernard, O., Maddio, F., Ouattara, S., Jimenez, C., Charpenet, A., Melin, B., 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(6), 578-585.
21. Billat, V.L., Hill, D.W., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztejn, J.P. (1996). Effect of protocol on determination of velocity at VO₂ max and on its time to exhaustion. *Archives of Physiological Biochemistry*, 104(3), 313-321.
22. Billat VL, Richard R, Binsse VM, Koralsztejn JP, Haouzi P. (1998). The VO₂ slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 85(6), 2118-2124.
23. Billat V, Binsse V, Petit B, Koralsztejn JP. (1998). High level runners are able to maintain a VO₂ steady-state below VO₂max in an all-out run over their critical velocity. *Archives of Physiological Biochemistry*, 106: 38-45.
24. Billat VL, Mille-Hamard L, Petit B, Koralsztejn JP. (1999). The role of cadence on the VO₂ slow component in cycling and running in triathletes. *International Journal of Sports and Medicine*, 20, 429-437.

25. Billat, V.L., Sirvent, P., Py, G., Koralsztejn, J.P., Mercier, J. (2003). The Concept of Maximal Lactate Steady State. *Sports Medicine*, 33 (6), 407-426.
26. Bland, J.M, Altman, D.G. (1995). Comparing methods of measurement: why plotting difference against the standard method is misleading. *Lancet*, 346, 1085-1087.
27. Bland, J.M., Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lncet*, 1, 307-310.
28. Bland, J.M., Altman, D.G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Method in Medical Research*, 8, 135-160.
29. Boileau, R.A., Mayhew, J.L.; Riner, W.F., Lussier, L. (1982). Physiological characteristics of elite middle and long distance runners. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 7, 167-172.
30. Borg, G. Perceived exertion: A note on history and methods. (1973). *Medicine and Science in Sports* 5, 90-93.
31. Borg, G. A.V. i Ottoson, D. (1986). *The Perception of Exertion in Physical Work*. London: MacMillan.
32. Borrani, F., Candau, R., Millet, G.Y., Perrey, S., Fuchslocher, J., Rouillon, J.D. (2001). Is the VO₂ slow component dependent on progressive recruitment of fast-twitch fibers in trained runners? *Journal of Applied Physiology*, 90(6), 2212-2220.
33. Bosco, C., Montanari, G., Ribacchi, R. (1987). Relationship between the efficiency of muscular work during jumping and the energetics of running. *European Journal of Applied Physiology*, 56(2), 138-143.
34. Bosquet, L., Leger, L., Legros, P. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Medicine*, 32(11), 675-700.
35. Brandon, L.J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Medicine*, 19(4), 268-277.
36. Brandon, L.J., Boileau, R.A. (1987). The contribution of selected variables to middle and long distance run performance. *The Journal of Sports Medicine*, 27, 157-164.
37. Brandon, L.J., Boileau, R.A. (1992). Influence of metabolic, mechanical and physique variables on middle distance running. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(1), 1-9.
38. Bransford, D.R., Howley, E.T. (1977). Oxygen cost of running in trained and untrained men and women. *Medicine in Science and Sports and Exercise*, 9, 41-44.

39. Branson, R.D., Hess, D.R., Chatburn, R.L. (1995). Respiratory care equipment. Philadelphia, J.B. Lippincott Company.
40. Brehm, B.A., Gutin, B. (1986). recovery energy expenditure for steady state exercise in runners and nonexercisers. *Medicine in Science and Sport Exercise*, 18: 205-210.
41. Brisswalter, J., Legros, P. (1994). Variability in energy cost of running during one training season in high level runners. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(2), 135-140.
42. Brisswalter, J., Legros, P., Durand, M. (1996). Running economy, preferred step length correlated to body dimensions in elite middle distance runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36, 7-15.
43. Bruce, R.A. (1956) Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. *Mod Concepts Cardiovascular Dis*, 25, 321-326.
44. Bruce, R.A., Kusumi, F., Hosmer, D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal*, 85, 546-562.
45. Buchfuhrer, M.J., Hansen, J.E., Robinson, T.E., Sue, D.Y., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *Journal of Applied Physiology*, 55, 1558-1564.
46. Bulbulian, R., Wilcox, A.R., Darabos, B.L. (1986). Anaerobic contributions to distance running performance of trained cross-country athletes. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 18, 128-133.
47. Caiozzo, V.J., Davis, J.A., Ellis, J.F., Azus, J.L., Vandagriff, R., Prietto, C.A., McMaster, W.C. (1982). A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 53(5), 1184-1189.
48. Caputo, F., Mell, M.T., Denadai, B.S. (2003). Oxygen uptake kinetics and time to exhausting in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 111(5), 461-466.
49. Carter, J.E.L. (1984). Physical structure of Olympic Athletes. Part II: Kinanthropometry of Olympic Athletes. *Medicine and Sports Science*. Karger Basel; New York.
50. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *Journal of Applied Physiology*, 89, 899-907.

-
51. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH. (2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1744-1752.
 52. Carter H, Pringle, J.S.H., Barstow, T.J., Doust, J.H. (2006). Oxygen uptake kinetics during supra VO₂max treadmill running in humans, *International Journal of Sports Medicine*, 27, 149-157.
 53. Casaburi R, Storer TW, Ben-Dov I, Wasserman K. (1987). Effect of endurance training on possible determinants of VO₂ during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, 62, 199-207.
 54. Chad, K.E., Quigley, B.M. (1991). Exercise intensity: effect on postexercise O₂ uptake in trained and untrained women. *Journal of Applied Physiology*, 70:1713-1719.
 55. Chad, K.E., Wenger, H.A. (1988). The effect of exercise duration on the exercise and post-exercise oxygen consumption. *Canadian Journal of Sport Science*, 13: 204-207.
 56. Chen, M., Xitao, F. i Sondra T.M. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Jurnal of Sport Sciences*, 20, 873-899.
 57. Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A.C., Keizer, H.A., Jeukendrup, A., Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 13(7), 518-522.
 58. Conconi, F.; Ferrari, M., Ziglio, G., Drogheti, P., Codeca, L. (1982). Determinatin of the anarobic threshold by non-invasive field test in runners. *Jurnal of Applied Physiology*, 52, 869-873.
 59. Conconi, F., Borsetto, C., Casoni, I., Ferrari, M. (1988). Noninvasive detemination of the anaerobic threshold in cyclists. IN: *Medical and Scientific Aspects in Cycling*, Ed: Burke, E.R., Newson, M.M., Champaign, IL: Human Kinetics, 79-91.
 60. Conley, D.L., Krahenbuhl, G.S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 357-360.
 61. Conley, D. L., Krahenbuhl, G.S., Burkett, L.N. (1984). Following Steve Scott: physiological changes accompanying training. *Physical Sports medicine*, 12, 103-106.

62. Costill, D.L. (1967). The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 7, 61-66.
63. Costill, D.L. (1970). Metabolic responses during distance running. *Journal of Applied Physiology*. 28, 251-255.
64. Costill, D.L., Thomason, H., Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science of Sports*, 5, 248-252.
65. Craig, I.S., Morgan, D.G. (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1631-1636.
66. Čoh, M., Milanović, D., Emberešić, D. (2002). Morfological Antrophometric Characteristics of Elite Junior Male and Female Javelin Throwers. *Coll. Antropol.* 26 Suppl.: 77-83.
67. Daniels, J., Oldrige, N. (1970). The effects of alternate exposure to altitude and sea level on world class middle-distance runners. *Medical Science of Sports*, 107-112.
68. Daniels, J. (1974). Physiological characteristics of champion male athletes. 45, 342-348.
69. Daniels, J., Krahenbuhl, G., Foster, J. Gilbert, J., Daniels, S. (1977). Aerobic responses of female distance runners to submaximal and maximal exercise. *N.Y. Academia Science Ann.* 301, 726-733.
70. Daniels, J., Scardina, N., Heyes, J., Poley, P. (1984). Elite and subelite female middle and long-distance runners. In: *Sport and Elite Performance*, Vol 3, Landers, D.M. (Ed.). *Proceedings of the 1984 Olympic Scientific Congress Champaign, Human Kinetics*, 57-77.
71. Daniels, J.T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 3, 332-338.
72. Daniel, J., Daniels, N. (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 483-489.
73. Danilov, A.V., E.A. Širkovec (1972) funkcionalnie vozmožnosti basketbolistov različnoj kvalifikaciji. *Teorija i praktika fizičeskoj kulturi*, 12:26-40.
74. Davis, J.A., Whipp, B.J., Lamarra, N., Huntsman, D.J., Frank, N., Wasserman, K. (1982). Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 339-343.

75. De Cort SC, Innes JA, Barstow TJ, Guz A. (1991). Cardiac output, oxygen consumption and arteriovenous oxygen difference following a sudden rise in exercise level in humans. *Journal of Physiology (Lond)*, 441, 501-512.
76. Di Prampero PE. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 55-72.
77. Di Prampero, P.E., Capelli, C., Pagliaro, P. (1993). Energetics of best performance in middle-distance running. *Jurnal of Apllied Physiology*, 74, 5, 2318-2324.
78. Dolgener, F. (1982). Oxygen cost of walking and running in untrained, sprint trained and endurance trained females. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 22(1), 60-65.
79. Draper, S.B., Wood, D.M. (2005). The oxygen uptake response of sprint- vs. endurance-trained runners to severe intensity running. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(2), 233-243.
80. Dunbar, C.C., Robertson, R.J., Baun, R., Blandin, M.F., Metz, K., Burdett, R., Goss, F.L. (1992). The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 94-99.
81. Duncan, G.E., Howley, E.T., Johnson, B.N. (1997). Applicability of VO_2max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 273-278.
82. Ellestad, M.D., Allen, W., Wan, M.C.K., Kemp, G. (1969). Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation*, 39, 517-522.
83. Fairshter, R.D., Walters, J., Salness, K., Fox, M., Minh, V.D., Wilson, A.F. (1983). A comparison of incremental exercise tests during cycle and treadmill ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 549-554.
84. Farrell, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J.E., Costill, D.I. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11, 338-344.
85. Farrell, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F. (1993). Plasma lactate acumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(10), 1091-1097.
86. Foster, C., Daniels, J.T. Yarbrough, R.A. (1977). Physiological and training correlates of marathon running performance. *Australian Journal of Sports Medicine*, 9, 58-61.

-
87. Foster, C., Costill, D.L., Daniels, J.T., Fink, W.J. (1978). Skeletal muscle enzyme activity fiber composition and VO_2max in relation to distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 39, 73-80.
 88. Frey, G.C., Byrnes, W.C., Mazzeo, R.S. (1993). Factors influencing excess postexercise oxygen consumption in trained and untrained women, *Metabolism*, 42: 822-828.
 89. Frishberg, B.A. (1983). An analysis of overground and treadmill sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 478-485.
 90. Froelicher, V.F., Brammell, H., Davis, G., Noguera, I., Stewart, A., Lancaster, M.C. (1974). A comparison of three maximal treadmill exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 36(6), 720-725.
 91. Fujitsuka, N., Yamamoto, T., Ohkuwa, T., Santo, M., Miyamura, M. (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, 48: 289-296.
 92. Gaesser, G.A., Brooks, G.A. (1975). Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. *Journal of Applied Physiology*, 38(6), 1132-1139.
 93. Gaesser, G.A., Brooks, G.A. (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16: 24-43.
 94. Gibson, C.A., Lambert, M.I., Hawley, J.A., Broomhead, S.A., Noakes, T.D. (1999). Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(8), 1226-1229.
 95. Girandola, R.N., Katch, F.I. (1973). Effects of physical conditioning on changes in exercise and recovery O_2 uptake and efficiency during constant-load ergometer exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5: 242-247.
 96. Gladden, L.B., Yates, J.W., Stremel, R.W., Stamford, B.A. (1985). Gas exchange and lactate anaerobic thresholds: inter- and intraevaluator agreement. *Journal of Applied Physiology*, 58(6), 2082-2089.
 97. Gleim, G.W., Stachenfeld, N.S., Nicholas, J.A. (1990). The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. *Journal of Orthopaedic Research*, 8(6), 814-823.
 98. Gleim, G.W., Stachenfeld, N.S., Eskinazi, M., Nicholas, J.A. (1990). Predictive accuracy of criteria for assessing maximum oxygen consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), S11.

99. Gore, C.J., Withers, R.T. (1990). Effect of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 68: 2362-2368.
100. Gore, C.J. (2000). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, IL. Human Kinetics.
101. Grassi B. (2000). Skeletal muscle VO_2 on-kinetics: set by O_2 delivery or by O_2 utilization? New insights into an old issue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 108-116.
102. Grassi B, Gladden LB, Samaja M, Strydom CM, Hogan MC. (1998). Faster adjustment of oxygen delivery does not affect VO_2 on-kinetics in isolated in situ canine muscle. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1394-1403.
103. Grassi B, Gladden LB, Strydom CM, Wagner PD. (1998). Peripheral O_2 diffusion does not affect VO_2 on-kinetics in isolated in situ canine muscle. *Journal of Applied Physiology*, 85, 1404-1412.
104. Grassi B, Hogan MC, Kelley KM, Aschenbach WG, Hamann JJ, Evans RK, Patillo RE, Gladden LB. (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.
105. Green, S., Dawson, B.T. (1996). Methodological effects on the VO_2 -power regression and the accumulated O_2 deficit. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(3), 392-397.
106. Green, J.M., Crews, T.R., Bosak, A.M., Peveler, W.W. (2003). A comparison of respiratory compensation thresholds of anaerobic competitors, aerobic competitors and untrained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 90(5-6), 608-613.
107. Guyton, A.C., Hall, J.E. (2003). *Medicinska fiziologija*. Zagreb: Medicinska naklada.
108. Hagberg, J.M., Hickson, R.C., Ehsani, A.A., Holloszy, J.O., (1980). Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *Journal of Applied Physiology*, 48, 218-224.
109. Hanson, P., Claremont, A., Dempsey, J., Reddan, W. (1982). Determinants and consequences of ventilatory responses to competitive endurance running. *Journal of Applied Physiology*, 52(3), 615-623.
110. Hautier, C.A., Wouassi, D., Arsac, L.M., Bitanga, E., Thiriet, P., Lacour, J.R. (1994). Relationship between postcompetition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. *European Journal of Applied Physiology and Occup. Physiology*, 68(6), 508-513.

111. Hawes MR, Sovak D. (1994). Morphological prototypes, assessment and change in elite athletes. *J Sports Sci* 1994;12(3):235-42.
112. Heath, B.H., Carter, J.E.L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal Anthropology*, 21, 57 – 74.
113. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., Hollman, W. (1985). Justification of the 4 mM lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 117-130.
114. Hill, A.V., Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Q Journal of Medicine*, 16, 135-171.
115. Housh, T.J., Thorland, W.G., Pohnson, G.O., Hughes, R.A., Cisar, C.J. (1988). The contribution of selected physiological variables to middle distance running performance. *Jurnal of Sport Medicine*, 28, 20-26.
116. Hughson, R.L., green, H.J. (1982). Blood acid-base and lactate relationships studied by ramp work tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 297-302.
117. Iwaoka, K., Hatta, H., Atomi, Y., Miyasita, M. (1988). Lactate Respiratory Compensation Threshold, and distance running performance in runners of both sexes. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 306-309.
118. Jackson, A.S., Pollock, M.L. (1985). Practical Assessment of Body Composition. *The Physician and Sports Medicine*, 5, 76 – 90
119. Janssen, P. (2001). *Lactate Threshold Training*. Human Kinetics. USA.
120. Jeličić, M., Sekulić, D., Marinović, M. (2002). Anthropometric Characteristics of High Level European Junior Basketball Players. *Coll. Antropol.* 26, 69-76.
121. Jones, A.M., Doust, J.H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sport Sciences*, 14, 321-327.
122. Jones, J.T., Smith, L.L., Chenier, T.C., Houmard, J.A., Wheeler, W.S., Israel, R.G. (1990). A comparison of VO_2max and ventilatory threshold (VT) using level and uphill treadmill protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), S15.
123. Jones AM, McConnell AM. (1999). Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 80(3), 213-219.
124. Jones, A.M. (2002). Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 23(1), 40-43.

125. Kang, J., Chaloupka, E.C., Mastrangelo, M.A., Biren, G.B., Robertson, R.J. (2001). Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *European Journal of Applied Physiology*, 84: 291-295.
126. Kaneko, M. (1990). Mechanics and Energetics in running with special reference to efficiency. *Journal Biomechanic*, 23(1), 57-63.
127. Kara, M., Goekbel, H., Bediz, C.S. (1999). A combined method for estimating ventilatory threshold. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39,16-19.
128. Kasch, F.W., Wallace, J.P., Huhn, R.R., Krogh, L.A., Hurl, P.M. (1976). $\text{VO}_{2\text{max}}$ during horizontal and inclined treadmill running. *Journal of Applied Physiology*, 40(6), 982-983.
129. Kilding, A.E., Winter, E.M., Fysh, H. (2006). A comparison of pulmonary oxygen uptake kinetics in middle-and long-distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 419-426.
130. Kindermann, W., Keul, J. (1977). Lactate acidosis with different forms of sport activities. *Canadian Journal of Sports Science*, 2, 177-182.
131. Koga, S., Shiojiri, T., Kondo, N., Barstow, T.J. (1997). Effect of increased muscle temperature on oxygen uptake kinetics during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), 1333-1338.
132. Koyal, S.N., Whipp, B.J., Huntsman, D., Bray, G.A., Wasserman, K. (1976). Ventilatory responses to the metabolic acidosis of treadmill and cycle ergometry. *Journal of Applied Physiology*, 40(6), 864-867.
133. Krogh A., Lindhard J. (1913).The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. *Journal of Physiology (Lond)*, 47, 112-136.
134. Kuipers, H., Rietjens, G., Verstappen, F., Schoenmakers, H., Hofman, G. (2003). Effects of Stage Duration in Incremental Running Tests on Physiological Variables. *International Journal of Sports Medicine*,24, 486-491.
135. Kumagai, I., Tanaka, K., Matsuura, Y., Matsuzaka, A., Hirakoba, K., Asano, K. (1982). Relationship of the Anaerobic Threshold with the 5 km, 10 km, and 10 Mile races. *European Journal of Applied Physiology*, 49, 13-23.
136. Leyk, D., Hoffmann, U., Baum, K., Essfeld, D. (1994). Time courses of cardiac output and oxygen uptake following stepwise increases in exercise intensity. *International Journal of Sports Medicine*, 16(6), 357-363.

137. Loat, C.E.R., Rhodes, E.C. (1993). Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. *Sports Medicine*, 15(2), 104-115.
138. Lucia, a., Carvajal, A., Boraita, A., Serratosa, L., Hoyos, J., Chiacharro, J.L. (1999). Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate/work performance curve and myocardial function in highly trained cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 387-392.
139. Mayers, N., Gutin, B. (1979). Physiological characteristics of elite prepupal cross-county runners. *Medicine in Science and Sports*, 11(2), 172-176.
140. Malina, R.M., Bouchard, C., Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity*. (2nd edition). Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
141. Margaria, R., Cerretelli, P., Aghemo, P., Sassi, G. (1963). Energy cost of running. *Journal of Applied Physiology*, 18(2), 367-370.
142. Marinović, M. (2004). Morfološke karakteristike hrvatskih veslača. *Veslanje – Časopis hrvatskih veslačkih klubova*. 4(117), 6-8.
143. Martin, D.E., May, D.F., Pilbeam, S.P. (1985). Ventilation limitations to performance among elite male distance runners. In: *The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings*, Vol. 3 (ed. Landers, D.M.), Human Kinetics Publishers, Champaign, 121-131.
144. Martin, D.E., & Coe, P.N. (1997). *Better training for distance running*. Human Kinetics, Champaign IL.
145. Martin, D.E., Coe, P.E. (1997). *Better Training for Distance Runners*. Human Kinetics. USA
146. Martin, P.E., Heise, G.D., Morgan, D.W. (1993). Interrelationships between mechanical power, energy transfers, and walking and running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(4), 508-515.
147. Matković, Br., Mišigoj-Duraković, M., Matković, B., Janković, S., Ružić, L., Leko, G., Kondrič, M. (2003). Morphological Differences of Elite Croatian Soccer Players According to the Team Position. *Coll. Antropol.* 27 Suppl.1: 167-174.
148. Maughan, R.J. (1992). Aerobic function. In: *Sport Science Review* (ed. Shephard, R.J.). Human Kinetics, Champaign, 28-42.
149. Maughan, R.J. (1994). Physiology and nutrition for middle distance and long distance running. In: *Perspectives in Exercise Science and Sport Medicine*, Vol 7. Physiology

- and Nutrition in Competitive Sport (eds. Lamb, D.R., Knuttgen, H.J., Murray, R.) Cooper, Carmel, Indiana, 329-371.
150. Medbo, J., Sejersted, O. (1985). Acid-base and electrolyte balance after exhausting exercise in endurance-trained and sprint-trained subjects. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 97-109.
151. McConnell, T.R. (1988). Practical considerations in the testing of $\text{VO}_{2\text{max}}$ in runners. *Sports Medicine*, 5, 57-68.
152. McMahon, T.A. (1984). *Muscles, Reflexes, and Locomotion*. Princeton University Press, New Jersey.
153. McMiken, D.F. i Daniels, J.T. (1976). Aerobic requirements of maximum aerobic power in trademill and track running. *Medicine and Science and Sports*, 8, 14-17.
154. McMurray, R.G., Ahlborn, S.W. (1982). Respiratory responses to running and walking at the same metabolic rate. *Respiratory Physiology*, 47(2), 257-265.
155. Medved, R. (1987). *Sportska medicina*. Zagreb: Jumena.
156. Meyer, K., Stengele, E., Westbrook, S., Beneke, R., Schwaibold, M., Gornandt, L., Lehmann, M., Roskamm, H. (1996). Influence of different exercise protocols on functional capacity and symptoms in patients with chronic heart failure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(9), 1081-1086.
157. Mejovšek, M. (2003). *Uvod u metode znanstvenog istraživanja*. Zagreb: Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
158. Mišigoj – Duraković, M. (1996). *Morfološka antropometrija u sportu*. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu.
159. Mišigoj – Duraković, M., Heimer, S., Matković, BR. (1998). Morphological and functional characteristics of the student population at the University of Zagreb. *Kineziologija*, 30 (2), 31 – 37.
160. Morgan, D. W., Martin, P.E., Krahenbuhl, G.S. (1989). Factors affecting running economy, *Sports Medicine*, 7, 310-330.
161. Morgan, D., Baldini, F., Martin, P., Kohrt, W. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at $\text{VO}_{2\text{max}}$ among well trained runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 78-83.
162. Morgan, D.W., Craig, M. (1992). Physiologic aspects of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 456-461.

163. Morgan, D., Martin, P., Craib, M., Caruso, C., Clifton, R., Hopewell, R. (1994). Effect of step length optimization on the aerobic demand of running. *Journal of Applied Physiology*, 77(1), 245-251.
164. Morgan, D.W., Daniels, J.T. (1994). Relationship between VO_{2max} and the aerobic demand of running in elite distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, (7), 426-429.
165. Neary, J.P., Docherty, P.D., Wenger, H.A. (1993). Post-exercise metabolic rate is influenced by elevated core temperature. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25: 43-47.
166. Nigg, B.M., De Boer, R.W., Fisher, V. (1995). A kinematic comparison of overground and treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(1), 98-105.
167. Nilsson, J., Thorstensson, A., Halbertsma, J. (1985). Changes in leg movements and muscle activity with speed of locomotion and mode of progression in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 123, 457-475.
168. Nilsson, J.E. (1990). On the adaptation to speed and mode of progression in human locomotion. Repro print AB, Stockholm.
169. Noakes, T.D., Myburgh, K.H., Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO_{2max} test predicts running performance. *Journal of Sports Science*, 8, 35-45.
170. Nummela, A., Vuorimaa, T., Rusko, H. (1992). Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *Journal of Sports Science*, 10: 217-228.
171. Nummela, A., Alberts, R.P., Rijntjes, P., Luhtanen, H., Rusko, H. (1996). Reliability and Validity of the maximal anaerobic running test. *International Journal of Sports Medicine*, 17(S2), S97-S102.
172. Nummela, A., Hamalainen, I., Rusko, H. (2007). Comparison of maximal anaerobic running tests on treadmill and track. *Journal of Sports Science*, 25(1), 87-96.
173. Obert, P., Cleuziou, C., Candau, R., Courteix, D., Lecoq, A.M. Guenon P.(1999). The slow component of O_2 uptake kinetics during high-intensity exercise in trained and untrained prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 31-36.
174. Orr, G.W., Green, H.J., Hughson, R.L., Bennett, G.W. (1982). A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 52(5), 1349-1352.

175. Pereira, M.A., Freedson, P.S., Maliszewski, A.F. (1994). Intraindividual variation during inclined steady-rate treadmill running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(2), 184-188.
176. Pereira, M.A., Freedson, P.S. (1997). Intraindividual variation of running economy in highly trained and moderately trained males. *Internacion Journal of Sports Medicine*, 18, 118-124.
177. Poole, D.C., Schaffartzik, W., Knight, D.R., Derion, T., Kennedy, B., Guy, H.J., Prediletto, R., Wagner, P.D. (1991). Contribution of exercising legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 71, 1245-1260.
178. Pollock, M. (1977). Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Annual NY Academy of Science*, 301, 310-322.
179. Powers, S.K., Dodd, S., Deason, R., Byrd, R., McKnight, T. (1983). Ventilatory Threshold, Running Economy and distance running performance of trained athletes.. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 179-182.
180. Powers, S.K., Dodd, S., Beadle, R.E. (1985). Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in VO₂max. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 54(3), 306-308.
181. Pugh, L.G.C.E. (1970). Oxygen uptake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. *Journal of Physiology*, 207, 823-835.
182. Rassler, B., Kohl, J. (1996). Analysis of coordination between breathing and walking rhythms in humans. *Respiration Physiology*, 106(3), 317-327.
183. Robinson, S., Edwards, H.T., Dill, D.B. (1937). New records in human power. *Science*, 85, 409-410.
184. Rowell, L (1986). *Human Circulation: Regulation during physical stress*. New York: Oxford University Press, 257-286.
185. Rowland, T.W. (1996). *Developmental exercise physiology*. Champaign: Human Kinetics.
186. Ruiz, A., Sherman, N.W. (1999). An evaluation of the accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic equation for estimating the oxygen cost of running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 219-223.

187. Rusko, H., Havu, H., Karvinen, E. (1978). Aerobic performance capacity in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 38, 151-159.
188. Rusko, H., Nummela, A., Mero, A. (1993). A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 66: 97-101.
189. Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465-485.
190. Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., Hawley, J.A. (2004). Reliability and variability of running economy in elite distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(11), 1972-1976.
191. Saltin, B., Astrand, P.O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 23(3), 353-358.
192. Saltin, B., Gollnick, P.D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In: *Handbook of Physiology, Skeletal Muscle*, Bethesda, MD: American Physiology Society, 10 (19), 555-631.
193. Santos, T.M., Comes, P.S. (1997). Reproducibility of metabolic thresholds using two different exercise protocols in long-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), S1160.
194. Saunders, P.U., Pyne, D.B., Telford, R.D., Hawley, J.A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners, *Sports Medicine*, 34(7), 465-485.
195. Sedlock, D.A. (1991). The effect of acute nutritional status on postexercise energy expenditure. *Nutrition Research*, 11: 735-742.
196. Sedlock, D.A., Fissinger, J.A., Melby, C.L. (1989). Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21: 662-666.
197. Scheueremann, B.W., Kowalchuk, J.M. (1995). Respiratory compensation, as evidenced by a declining arterial and end-tidal PCO₂, is attenuated during fast ramp exercise functions. In: Semple SJG, Adams, L., Whipp, B.J. (eds). *Advances in Experimental Medicine and Biology*. New York: New York Plenum Press, 393, 137-142.
198. Schieb, D.A. (1986). Kinematic accommodation of novice treadmill runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(1), 1-7.

-
199. Schneider, D.A., Phillips, S.E., Stoffolano, S. The simplified V-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(10), 1180-1184.
 200. Shvartz E, R.C. Reibold (1990). Aerobic fitness norms for males and females aged 6-75: A review. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 61, 3-11.
 201. Siri, W.E. (1956). The Gross composition of the body. NY Acad Press, 239 – 80.
 202. Sjodin, B., Jacobs I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2, 23-26.
 203. Sjodin, B., Jacobs, I., Karlsson J. (1982). Oxygen cost of treadmill running in long distance runners, in Komi P. (ed): *Exercise and Sport Biology*. Champaign, Illinois, Human Kinetics Publishers, 61-67.
 204. Skinner, J.S., McLellan, T.H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for exercise and sport*, 51(1), 234-248.
 205. Smith, C.G.M., Jones, A.M. (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *European Journal of Applied Physiology*, 85(1-2), 19-26.
 206. Snell, P. (1990). Middle distance running. In: Reilly, T., Secher, N., Snell, p., Williams, C. eds. *Physiology of Sports*. London: E FN Spon, 101-121.
 207. Sorić, M., Vučetić, V., Rakovec, M., Šentija, D. (2006): Ventilatory parameters in long distance and sprint runners during incremental exercise. *Zbornik radova : the 11th Annual Congress of the European college of sport science*. Lausanne, 296-297.
 208. Spencer, M.R., Gastin, P.B., Payne, W.R. (1996). Energy system contribution during 400 to 1500 meters running. *Medicine*, 11(4), 59-65.
 209. Spencer, M.R., Gastin, P.B. (2001). Energy system contribution during 200 to 1500 meters running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32(4), 157-162.
 210. Spents, L.F., Martin, A.D., Drinkwater, D.T. (1993). Muscle mass of competitive male athletes. *Journal of Sports Science*, 11(1), 3-8.
 211. St Clair Gibson, A., Lambert, M.I., Hawley, J.A., Broomhead, S.A., Noakes, T.D. (1999). Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(8), 1226-1229.

212. Stamford, B.A. (1975). Maximal oxygen uptake during treadmill walking and running at various speeds. *Journal of Applied Physiology*, 39(3), 386-389.
213. Striegel, H., Emde, F., Ploog, N., Roecker, K., Horstmann, T., Dickhuth, H.H. (2005). Determininig anaerobic capacity using treadmill Ergometry. *International Journal of Sports Science*, 26, 563-568.
214. Svedahl, K., Macintosh, B.R. (2003). Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian Jurnal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323.
215. Svedenhag, J., Sjodin, B. (1984). Maximal and submaximal oxygen and blood lactate levels in elite male middle- and long-distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 5, 255-261.
216. Svedenhag, J., Sjodin, B. (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 10, 127-133.
217. Šentija, D., Heimer, S. (1991). Faktorska analiza nekih testova za procjenu anaerobnog energetskeg kapaciteta. *Hrvatski Športskomedinski Vjesnik*, 6, 15-23.
218. Šentija, D. (2002). Energetska dinamika pri tranzicijskoj brzini između hoda i trčanja. (Doktorska disertacija), Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
219. Šentija, D., Vučetić, V. (2006): Estimation of anaerobic running capacity from a single ramp test. *Zbornik radova : the 11th Annual Congress of the European college of sport science*. Lausanne, 293-294.
220. Šentija, D., Vučetić, V. (2005). Sportskomedicinska funkcionalna dijagnostika. U: Čajavec R, Heimer S, Mišigoj Duraković M, Šentija D. *Testiranja u medicini sporta (VII pogl.)*, U: Heimer S i sur (ur): *Sportska medicina*, 140-157.
221. Taunton, J.E., Maron, H., Wilkerson, J.G. (1980). Anaerobic performance in middle and long distance runners. *Canadian Jurnal of Applied Sports Science*, 12, 109-113.
222. Taunton, J.E., Maron, H., Wilkinson, J.G. (1981). Anaerobic performance in middle and long distance runners. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 6(3), 109-113.
223. Taylor, H.L., Buskirk, E., Henschel, A. Maximal oxygen intake as an objective measurement of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, 8, 73-80.
224. Tegtbur, U., Busse, M., Braumann, K. (1993). Estimation of individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 620-627.

225. Thys, H., Dreezen, E., Vanderstappen, A. (1979). Effect of the modality of exercise on the VO_2max . *Arch Int Physiol Biochim*, 87(3), 565-573.
226. Timmons JA, Gustafsson T, Sundberg CJ, Jansson E, Greenhaff PL. (1998). Muscle acetyl group availability is a major determinant of oxygen deficit in humans during submaximal exercise. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metab*, 274, E377-380.
227. Toriola, A.L., Salokun, S.O., Mathur, D.N. (1985). Somatotype characteristics of male sprinters, basketball, soccer and field hockey players. *International Journal of Sports Medicine*, 6(6), 344-346.
228. Tsunawake, N., Y. Tahara, K. Moji, S. Muraki, K. Minowa, K. Yukawa (2003) Body composition and physical fitness of female volleyball and basketball players of the Japan inter-high school championship teams. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 22(4):195-201.
229. Tsuji, M., Saito, S., Ando, T., Moriuchi, M., Tamura, Y., Tanigawa, N., Ozawa, Y., Hatano, M., Horie, T., Ookawa, N. (1990). The clinical role of anaerobic threshold in physical training of patients with recent myocardial infarction. *Journal of Cardiology*, 20(2), 275-282.
230. Verstappen, F.T.J., Huppertz, R.M., Snoeckx, L.H.E.H. (1982). Effect of training specificity on maximal treadmill and bicycle ergometer exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 3(1), 43-46.
231. Viacqua, R., Hespanha, R. (1992). Introducao – Historico- Perspectiva. In: *Ergometriae Reabilitaca em Cardiologia*. Rio de Janeiro, Medsi, 1-6.
232. Viru, A (1995). *Adaptation in sport training*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc.
233. Vučetić, V., Babić, V., Šentija, D., Nekić, B. (2005). Anthropometric and Morphological Characteristics of Runners. *Zbornik radova 4.međunarodne znanstvene konferencije: Science and Profession – Challenge for the Future*. Opatija: KF, 612-615.
234. Walker, J.L., Murray, T.D., Jackson, A.S., Morrow, J.R., Michaud, T.J. (1999). The energy cost of horizontal walking and running in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(2), 311-322.
235. Walsh, M.L., Banister, E.W. (1988). Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. *Sports Medicine*, 5, 269-302.

236. Walsh, S.D., Davis, J.A. (1990). Noninvasive lactate threshold detection using the modified V-Slope method with non-breath-by-breath data. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, S56.
237. Ward, T.E., Hart, C.L., McKeown, B.C., Kras, J. (1998). The Bruce treadmill protocol: does walking or running during the fourth stage alter oxygen consumption values?. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38, 132-137.
238. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Casaburi, R., Whipp, B.J. (1999). *Principles of exercise testing and interpretation* (III Ed). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
239. Weiner, J.S., Lourie, J.A. (1969). *Human Biology: A guide to field methods*, Oxford, UK: Blackwell Science.
240. Weston, A.R., Mbambo, Z., Myburgh, K.H. (2000). Running economy of African and Caucasian distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 6 1130-1134.
241. Weston, S.B., Gray, A.B., Schneider, D.A., Gass, G.C. (2002). Effect of ramp slope on ventilation thresholds and VO_2 peak in male cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 22-27.
242. Weyand, P.G., Curtin, K.J., Conley, D.S., Sloniger, M.A., Liu, Y.L. (1994). Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26: 1174-1180.
243. Whipp, B.J., Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *Journal of Applied Physiology*, 33(3), 351-356.
244. Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K. (1981) A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 50(1), 217-221.
245. Whipp, B.J., davis, J.A., wassermann, K. (1989). Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly-incremental exercise. *Journal of Applied Physiology*, 76, 357-368.
246. Williams, K.R., Cavanagh, P.R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1236-1245.
247. Workman, J.M., Armstrong, B.W. (1963). Oxygen cost of treadmill walking. *Journal of Applied Physiology*, 18(4), 798-803.

- 248. Yoshida, T. (1990). Gas exchange responses to ramp exercise. *Annals of Physiology and Anthropology*, 9, 167-173.
- 249. Zhang, Y., Johnson, M.C., Chow, N., Wasserman, K. (1991). Effect of exercise testing protocol on parameters of aerobic function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5), 625-630.
- 250. Zhang, Y., Johnson, M.C., Chow, N., Wasserman, 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.

11 PRILOZI

11.1 Ispis ventilacijsko-metaboličkih parametara

Pomoću aparature Quark b² (Cosmed, Italy) i osobnog računala sa programskom podrškom (Quark b² 7.0) mjereni su ventilacijsko-metabolički parametri tijekom progresivnih testova opterećenja. U prilogu je prikazan brojčani i grafički ispis *Breath-by-breath* podataka dobivenih iz protokola KF05, KF1 i KF4 koji su usrednjeni na vremenski period od 30 sekundi, za jednog AERO i jednog ANAERO trkača. U prilogu je i prikaz određivanja drugog ventilacijskog (anaerobnog) praga uz pomoć *V-slope* metode (veći porast VCO₂ u odnosu na VO₂) i vizualne inspekcije dvaju iskusnih i nezavisnih procjenjivača, za obje skupine trkača u svakom od primjenjenih protokola opterećenja.