



USPOREDBA POKAZATELJA AEROBNOG ENERGETSKOG KAPACITETA DOBIVENIH RAZLIČITIM PROTOKOLIMA OPTEREĆENJA U TRKAČICA

COMPARISON OF AEROBIC CAPACITY INDICATORS OBTAINED FROM DIFFERENT GRADED EXERCISE TEST PROTOCOLS IN FEMALE RUNNERS

Lucija Kolić, Davor Šentija, Vesna Babić

Kineziološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je usporediti parametre aerobnog kapaciteta, izmjerene pomoću dva testa progresivnog opterećenja na pokretnom sagu različitog trajanja u trkačica. Deset trkačica različitih disciplina podvrgnute su dvama progresivnim testovima opterećenja do iscrpljenja na pokretnom sagu (ST: porast brzine saga 1 kmh⁻¹/min; KT: porast brzine saga 1 kmh⁻¹/30 s). *Breath-by-breath* spiroergometrijski podaci usrednjeni su na vremenski period od 30 s, te je drugi ventilacijski (anaerobni) prag (P) određen *V-slope* metodom. Postignuta maksimalna brzina trčanja ($v_{\max\text{ST}}$: 17,1±1,4 km/h; $v_{\max\text{KT}}$: 19,4±1,2 km/h) kao i brzina trčanja pri P (v_{pST} : 12,3±1,5 km/h; v_{pKT} : 13,8±1,5 km/h) značajno su se razlikovale između protokola ($p < 0.05$), tj. v_p i v_{\max} bile su obrnuto proporcionalne ukupnom trajanju testa, odnosno duljini trajanja pojedinog stupnja opterećenja. Maksimalna frekvencija srca bila je značajno niža u KT testu ($\text{FS}_{\max\text{ST}}$: 194,9±6,8/min, $\text{FS}_{\max\text{KT}}$: 190,4±6,0/min; $p = 0,03$) što se može pripisati inerciji kardiovaskularnog sustava, dok se FS pri P nije značajno razlikovala između protokola (FS_{pST} : 178,2±8,7/min, FS_{pKT} : 175,2±10,9/min; $p > 0,05$). Maksimalni primitak kisika nije se razlikovao između testova ($\text{VO}_{2\max\text{ST}}$: 52,6±4,9 ml/kg, $\text{VO}_{2\max\text{KT}}$: 53,9±6,2 ml/kg; $p > 0,05$), dok pri P, iako mala, razlika u primitku kisika bila je statistički značajna ($\text{VO}_{2\text{pST}}$: 45,6±5,2 ml/kg, $\text{VO}_{2\text{pKT}}$: 47,7±5,2 ml/kg; $p = 0,03$). Korelacijskom analizom utvrđena je visoka povezanost između svih parametara dvaju primijenjenih protokola ($r = 0.77-0.96$, $p < 0,05$), izuzev respiracijskog kvocijenta (RQ) pri P i pri maksimalnom opterećenju ($r = 0.01-0.52$, $p > 0,05$). RQ nije se razlikovao između testova pri P (RQ_{pST} : 0,98±0,04, RQ_{pKT} : 0,96±0,08; $p > 0,05$), niti pri maksimalnom opterećenju ($\text{RQ}_{\max\text{ST}}$: 1,20±0,09, $\text{RQ}_{\max\text{KT}}$: 1,25±0,11; $p > 0,05$). Nešto niže vrijednosti RQ_p u odnosu na vrijednosti opisane u trkača muškog spola mogu se objasniti većim udjelom lipolize u žena uslijed razlika u hormonalnom statusu. Rezultati istraživanja ukazuju da je pri usporedbi rezultata progresivnih testova opterećenja potrebno voditi računa o značajkama primijenjenog protokola, odnosno duljini trajanja testa.

Ključne riječi: trčanje, aerobni kapacitet, anaerobni prag, progresivni test opterećenja

SUMMARY

The aim of this study was to compare different indicators of aerobic capacity derived from two graded treadmill exercise test protocols of different duration. Ten female runners completed two graded treadmill tests to exhaustion with increasing speed of: 1) 1 kmh⁻¹/60 s (ST) and 2) 1 kmh⁻¹/30 s (KT). Spiroergometric parameters were registered *breath-by-breath* and averaged to 30 s. The second ventilatory (anaerobic) threshold (P) was determined by the simplified *V-slope* method. The maximum running speed ($v_{\max\text{ST}}$: 17,1±1,4 kmh⁻¹; $v_{\max\text{KT}}$: 19,4 ± 1,2 kmh⁻¹) and running speed at the P (v_{pST} : 12,3 kmh⁻¹ ± 1,5; v_{pKT} : 13,8 ± 1,5 kmh⁻¹) differed significantly between protocols ($p < 0.05$), and were inversely related to single stage and overall test duration. Heart rate value (FS) at the maximum intensity was significantly lower in KT ($\text{FS}_{\max\text{ST}}$: 194,9±6,8 bpm; $\text{FS}_{\max\text{KT}}$: 190,4±6,0 bpm; $p = 0,03$) which can be attributed to the inertia of cardiovascular dynamics, while FS at P did not differ significantly between protocols (FS_{pST} : 178,2±8,7 bpm; FS_{pKT} : 175,2±10,9 bpm; $p > 0,05$). Maximal oxygen uptake did not differ between protocols ($\text{VO}_{2\max\text{ST}}$: 52,6±4,9 ml/kg, $\text{VO}_{2\max\text{KT}}$: 53,9±6,2 ml/kg; $p > 0,05$), while at the P, a small but statistically significant difference was found ($\text{VO}_{2\text{pST}}$: 45,6±5,2 ml/kg, $\text{VO}_{2\text{pKT}}$: 47,7±5,2 ml/kg; $p = 0,03$). Correlation analysis revealed high to very high relationships between all test parameters ($r = 0.77-0.96$, $p < 0.05$), except for the respiratory exchange ratio (RQ) at P and at maximum ($r = 0.01-0.52$, $p > 0.05$). RQ did not differ between tests at P (RQ_{pST} : 0,98±0,04, RQ_{pKT} : 0,96±0,08; $p > 0,05$) nor at maximum intensity ($\text{RQ}_{\max\text{ST}}$: 1,20±0,09, $\text{RQ}_{\max\text{KT}}$: 1,25±0,11; $p > 0,05$). Lower values in the RQ in relationship to values reported in the literature for male runners may be explained by a relatively higher share of energy for muscle work by oxidation of fats in females compared to males, probably due to the influence of gender specific hormonal status. The results of this study indicate that test characteristics and overall test duration should be considered when comparing results obtained from different graded exercise test protocols.

Key words: running, aerobic capacity, anaerobic threshold, graded exercise test, test

protocol

UVOD

Aerobni sustav podrazumijeva potpunu razgradnju ugljikohidrata i masti u mitohondrijima. Aerobni metabolizam dijeli se na metabolizam lipida koji podrazumijeva razgradnju masti, i aerobnu glikolizu, koja podrazumijeva razgradnju glikogena/glukoze. U iznimnim, ekstremnim uvjetima kao što je dugotrajni fizički napor i/ili izgladnjelost ovaj proces može uključiti i razgradnju bjelancevina. Metabolizam masti osigurava velike količine energije pa je od presudnog značaja kod dugotrajnih tjelesnih aktivnosti kao što je trčanje na duge staze. Aerobna glikoliza podrazumijeva potpunu razgradnju glikogena te je najvažniji način dobivanja energije u disciplinama srednjih pruga. Parametri koji se najčešće koriste za procjenu aerobnog kapaciteta, odnosno dugotrajne izdržljivosti su maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) te aerobni i anaerobni prag (1). Za mjerenje aerobnog energetskeg kapaciteta najčešće se primjenjuju maksimalni progresivni testovi opterećenja, od kojih je najpoznatiji test po Bruce-u (5). Prvi protokoli koji su se primjenjivali u testovima za procjenu aerobnog kapaciteta na pokretnom sagu sastojali su se od progresivnih stupnjeva opterećenja, koji su bili odvojeni kraćim ili dužim vremenskim intervalima. Cilj im je bio postići opterećenje pri kojem više nema porasta primitka kisika u odnosu na prethodni, niži intenzitet rada. Dobivena vrijednost uzimala se kao maksimalni primitak kisika (VO_{2max}) (11, 17, 24). Danas se uglavnom koriste kontinuirani testovi opterećenja, u kojima se porast opterećenja postiže povećanjem brzine saga, povećanjem nagiba saga (9, 15) ili kombiniranim povećanjem i brzine i nagiba saga (6, 15, 23). Stavovi ispitivača razlikuju se u pogledu vrijednosti i broja kriterija koji identificiraju stvarno postignuti VO_{2max} , te se uvodi pojam vršni primitak kisika (*peak* VO_{2max}), koji označava maksimalnu vrijednost primitka kisika koji je postignut u određenom testu te ovisi o primijenjenom protokolu testa te ne mora odgovarati stvarnom maksimalnom primitku kisika (6, 16, 24). Pojedini autori navode veće vrijednosti VO_{2max} pri trčanju uz nagib nego po ravnoj podlozi, ali u testovima u kojima je nagib saga veći ($>10-15^\circ$) pri maksimalnom opterećenju zapažen je trend snižavanja VO_{2max} sa porastom nagiba (13, 17).

Rijetka su istraživanja koja opisuju utjecaj protokola testova na pokretnom sagu na mjerene parametre aerobnog kapaciteta. Zhang i sur. (25) navode da su parametri aerobnog kapaciteta neovisni o protokolu (trajanju pojedinog stupnja opterećenja) ukoliko je ukupno trajanje testa nepromijenjeno. U svom istraživanju primijenili su četiri protokola mjerenja sa istim vremenom iscrpljenja i istim sveukupnim porastom intenziteta, ali sa različitim trajanjem, odnosno pomakom pojedinih stupnjeva opterećenja. Utvrdili su gotovo identične vrijednosti aerobnog i anaerobnog praga, VO_{2max} i drugih fizioloških parametara aerobnog metabolizma, što dovodi do zaključka da su protokoli s pomacima kraćeg trajanja prikladniji zbog finije gradacije i više dobivenih podataka u odnosu na protokole sa velikim pomacima i malim brojem stupnjeva opterećenja. Kako bi

analizirali utjecaj trajanja pojedinog stupnja opterećenja u progresivnom testu na pokretnom sagu na fiziološke varijable, Kuipers i sur. (14) testirali su 8 treniranih trkača sa četiri različita protokola (s pojedinim stupnjevima opterećenja od 1, 3, 6 i 15 min). Rezultati istraživanja ukazali su da između primijenjenih protokola mjerenja postoji razlika \approx prosječnoj dostignutoj maksimalnoj brzini trčanja (obrnuto je proporcionalna s dužinom trajanja stupnjeva opterećenja), kao i brzini trčanja pri koncentraciji laktata u krvi od 4 mmol/L. Također, nisu utvrđene statistički značajne razlike u prosječnom vršnom VO_{2max} , vršnoj razini laktata u krvi i ventilacijskom anaerobnom pragu te frekvenciji srca.

Mnogi autori navode da testovi progresivnog opterećenja u trajanju od 8 do 12 minuta daju najveće vrijednosti maksimalnog primitka kisika u zdravih ispitanika (6, 24, 25), dok drugi autori (8, 12) navode da se VO_{2max} može postići i primjenom testova kraćeg trajanja, od svega 5-6 minuta. U kliničkoj i sportsko-medicinskoj praksi koristi se velik broj protokola različitih modaliteta opterećenja i različitog trajanja, od kojih niti jedan nije prihvaćen kao standardni test. Stoga je usporedba i interpretacija rezultata značajno otežana. Također, prema dostupnim podacima, istraživanja vezana za ovu tematiku nisu provedena na uzorku ispitanica ženskog spola. Stoga je cilj ovoga rada usporediti parametre aerobnog kapaciteta, kod ispitanica ženskog spola, izmjerenih pomoću dva testa progresivnog opterećenja na pokretnom sagu različitog trajanja.

METODE ISTRAŽIVANJA

Uzorak ispitanica sastojao se od 10 trkačica (dobi $19,1 \pm 3,8$ g.; visine $166,9 \pm 5,1$ cm i težine $56,5 \pm 4,5$ kg) različitih atletskih trkačkih disciplina, zdravih, i uključenih u trenajni proces u trajanju od barem dvije godine. Sva su mjerenja provedena u Sportsko-dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u jutarnjim satima, natašte, uz konstantne mikroklimatske uvjete ($18-22^\circ\text{C}$, vlažnost 40–60%). Sve ispitanice potpisale su dobrovoljnu suglasnost kojom potvrđuju da su upoznate sa svrhom i mjernim protokolom istraživanja, te mogućim rizicima mjerenja. Redoslijed testova određen je slučajnim odabirom, u razmaku od 2 do 7 dana. Svaka je ispitanica imala ranijeg iskustva u trčanju na pokretnom sagu. Korišten je pokretni sag Runrace (Tehnogym, Gambettola, IT) koji je baždaren prije mjerenja, uz konstantan nagib od 1,5% u oba testa. Za mjerenje i analizu ventilacijskih i metaboličkih parametara korišten je automatizirani i kompjutorizirani sustav Quark b² (Cosmed, IT), koji omogućava kontinuirano (*breath-by-breath*) prikupljanje, grafički prikaz, tiskanje, pohranu i analizu podataka. U provedbi testova koristila se respiracijska maska za nos i usta, spojena na bidirekcionalnu turbinu s optoelektričnim čitačem protoka zraka. Uzorak zraka (1 ml/s) se kapilarnom cijevi odvodi do brzih analizatora za O_2 (circonijski) i CO_2 (infracveni), koji su prethodno baždareni smjesom plinova poznate koncentracije. Za telemetrijsko praćenje srčanog ritma korišten je pulsni sat (Polar Electro,

Kempele, Finska). Za analizu korištene su slijedeće varijable testova opterećenja:

- Brzina trčanja, v (km/h)
- Frekvencija srca, FS (otkucaji/min)
- Frekvencija disanja, FD (udisaji/min)
- Minutna ventilacija, VE (l/min)
- Relativni primitak kisika, VO_2/kg (ml/kg/min)
- Apsolutni primitak kisika, VO_2 (l/min)
- Volumen izdahnutog ugljičnog dioksida, VCO_2 (l/min)
- Respiracijski kvocijent, RQ
- Ventilacijski ekvivalent kisika, VE/VO_2

Opis ST protokola

Nakon zagrijavanja u trajanju od 5-6 minuta, test započinje hodanjem pri brzini od 4 km/h. Brzina saga povećava se svake minute za 1 km/h. Ispitanica hoda do brzine od 7 km/h, a trčati počinje pri brzini od 8 km/h. Maksimalna brzina i završetak testa određeni su zadnjim 30-sekundnim intervalom i stupnjem opterećenja kojeg su ispitanice mogle istrčati prije iscrpljenja. Test se prekida kada ispitanica daje znak da nije u stanju održavati dostignutu brzinu saga.

Opis KT protokola

Nakon zagrijavanja u trajanju od 5-6 minuta, test započinje hodanjem pri brzini od 4 km/h. Brzina saga povećava se 1 km/h svakih 30 sekundi. Ispitanica hoda do

brzine od 7 km/h, a trčati počinje pri brzini od 8 km/h. Maksimalna brzina i završetak testa određeni su zadnjim stupnjem opterećenja kojeg su ispitanice mogle istrčati svih 30 sekundi. Test se prekida kada ispitanica daje znak da nije u stanju održavati dostignutu brzinu saga. Nakon oba testa ispitanica u oporavku hoda još 5 min pri brzini od 5 km/h, uz praćenje spiroergometrijskih funkcija.

Metode analize i obrade podataka

Breath-by-breath podaci iz KT i ST testova 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) (18, 22) i vizualnom inspekcijom iskusnog procjenjivača. Najviši primitak kisika zabilježen u testu tokom bilo kojeg 30-s intervala označen je kao vršni VO_2 (VO_{2max}). Pri obradi podataka korišten je statistički program Statistica for Windows 7.0. Za sve varijable izračunati su osnovni deskriptivni pokazatelji. Normalnost distribucije varijabli testirana je Kolmogorov–Smirnovim testom (KS). Za utvrđivanje razlika između protokola korišten je Studentov t-test za zavisne uzorke, a povezanost između parametara određena je Pearsonovim koeficijentom korelacije (r). Prag prihvatanja hipoteze iznosio je $p < 0,05$.

REZULTATI I RASPRAVA

Osnovni deskriptivni parametri svih varijabli prikazani su u tablicama 1 (KT test) i 2 (ST test).

Tablica 1. Osnovni deskriptivni parametri u KT testu pri anaerobnom pragu (p) i pri maksimalnom opterećenju (max).
Table 1. Descriptive parameters of the KT test at the anaerobic threshold (p) and at maximal intensity (max).

| n = 10 | MEAN | MIN | MAX | SD | SKEW | KURT |
|-------------------------------|-------|-------|-------|------|--------|--------|
| v_{pKT} (km/h) | 13,8 | 11,5 | 15,5 | 1,51 | -0,213 | -1,536 |
| FS_{pKT} (o/min) | 175,2 | 161 | 197 | 10,8 | 0,637 | 0,502 |
| FD_{pKT} (u/min) | 45,5 | 29 | 56,23 | 9,6 | -0,450 | -1,163 |
| VE_{pKT} (l/min) | 72,4 | 59,2 | 86,4 | 8,7 | 0,350 | -0,364 |
| VO_2/kg_{pKT} (ml/kg/min) | 47,7 | 39,5 | 56,3 | 5,2 | -0,257 | -0,365 |
| VO_{2pKT} (l/min) | 2,68 | 2,30 | 3,10 | 0,24 | 0,387 | 0,312 |
| VCO_{2pKT} (l/min) | 2,57 | 2,05 | 3,08 | 0,29 | -0,291 | 0,735 |
| RQ_{pKT} | 0,96 | 0,82 | 1,04 | 0,07 | -0,653 | -0,665 |
| VE/VO_{2pKT} | 25,7 | 23,2 | 26,9 | 1,3 | -1,155 | 0,094 |
| v_{maxKT} (km/h) | 19,4 | 18,0 | 21,0 | 1,17 | 0,557 | -1,181 |
| FS_{maxKT} (o/min) | 190,4 | 184,0 | 205,0 | 6,00 | 1,757 | 3,873 |
| FD_{maxKT} (u/min) | 61,9 | 44,9 | 73,0 | 8,1 | -0,723 | 1,097 |
| VE_{maxKT} (l/min) | 111,2 | 81,1 | 137,5 | 16,4 | -0,549 | 0,438 |
| VO_2/kg_{maxKT} (ml/kg/min) | 53,9 | 44,7 | 62,3 | 6,2 | -0,555 | -1,153 |
| VO_{2maxKT} (l/min) | 3,03 | 2,52 | 3,54 | 0,32 | 0,000 | -0,402 |
| VCO_{2maxKT} (l/min) | 3,68 | 3,26 | 4,18 | 0,34 | -0,058 | -1,842 |
| RQ_{maxKT} | 1,25 | 1,14 | 1,41 | 0,11 | 0,513 | -1,251 |
| VE/VO_{2maxKT} | 35,9 | 30,5 | 41,4 | 3,4 | 0,051 | -0,943 |

MEAN - aritmetička sredina, MIN – najmanja vrijednost, MAX – najveća vrijednost, SD - standardna devijacija, SKEW - koeficijent asimetričnosti; KURT - koeficijent zakrivljenosti; varijable: v. str. 5

Tablica 2. Osnovni deskriptivni parametri u ST testu pri anaerobnom pragu (p) i pri maksimalnom opterećenju (max).
Table 2. Descriptive parameters of the ST test at the anaerobic threshold (p) and at maximal intensity (max).

| n = 10 | MEAN | MIN | MAX | SD | SKEW | KURT |
|--|-------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| v_{pST} (km/h) | 12,3 | 10,5 | 15,5 | 1,5 | 1,236 | 1,524 |
| FS_{pST} (o/min) | 178,2 | 165,0 | 193,0 | 8,6 | -0,017 | -0,510 |
| FD_{pST} (u/min) | 44,1 | 23,3 | 54,9 | 10,7 | -1,053 | 0,229 |
| VE_{pST} (l/min) | 69,5 | 55,1 | 80,2 | 7,5 | -0,377 | -0,021 |
| VO_{2/kg_{pST}} (ml/kg/min) | 45,5 | 37,8 | 53,3 | 5,1 | -0,061 | -1,290 |
| VO_{2pST} (l/min) | 2,56 | 2,19 | 2,93 | 0,21 | -0,167 | 0,466 |
| VCO_{2pST} (l/min) | 2,50 | 2,11 | 2,73 | 0,19 | -0,822 | 0,850 |
| RQ_{pST} | 0,98 | 0,92 | 1,04 | 0,04 | -0,157 | -1,460 |
| VE/VO_{2pST} | 25,9 | 22,8 | 28,5 | 1,8 | -0,068 | -0,789 |
| v_{maxST} (km/h) | 17,1 | 15,0 | 20,0 | 1,4 | 0,630 | 1,700 |
| FS_{maxST} (o/min) | 194,9 | 185,0 | 208,0 | 6,8 | 0,522 | 0,167 |
| FD_{maxST} (u/min) | 58,9 | 37,7 | 73,6 | 9,1 | -1,067 | 3,532 |
| VE_{maxST} (l/min) | 105,8 | 83,6 | 136,7 | 15,8 | 0,351 | 0,566 |
| VO_{2/kg_{maxST}} (ml/kg/min) | 52,5 | 44,5 | 58,3 | 4,8 | -0,525 | -0,935 |
| VO_{2maxST} (l/min) | 2,96 | 2,64 | 3,32 | 0,21 | 0,173 | -0,676 |
| VCO_{2maxST} (l/min) | 3,51 | 3,09 | 4,28 | 0,38 | 0,835 | 0,189 |
| RQ_{maxST} | 1,20 | 1,08 | 1,31 | 0,09 | -0,204 | -1,922 |
| VE/VO_{2maxST} | 34,8 | 29,7 | 39,7 | 3,3 | 0,065 | -0,909 |

MEAN - aritmetička sredina, MIN – najmanja vrijednost, MAX – najveća vrijednost, SD - standardna devijacija, SKEW - koeficijent asimetričnosti; KURT - koeficijent zakrivljenosti; varijable: v. str. 5

Analizom deskriptivnih pokazatelja vidljivo je da su svi rezultati u varijablama za procjenu ventilacijskih i metaboličkih parametara normalno distribuirani. Rezultati analiza povezanosti i razlika u ventilacijskim i metaboličkim parametrima između dva testa progresivnog opterećenja prikazani su u tablicama 3 i 4.

Tablica 3. Analiza povezanosti i razlika ventilacijskih i metaboličkih parametara pri anaerobnom pragu između KT i ST testa.

Table 3. Correlation analysis and t-test for differences in spiroergometric parameters at the anaerobic threshold between KT and ST test values.

| n = 10 | MEAN | SD | Diff. | SD Diff. | r | t | p |
|--|-------------|-----------|--------------|-----------------|----------|----------|----------|
| v_{pKT} (km/h) | 13,8 | 1,5 | 1,5 | 0,94 | 0,801* | 5,031 | 0,001 |
| v_{pST} (km/h) | 12,3 | 1,5 | | | | | |
| FS_{pKT} (o/min) | 175,2 | 10,8 | -3 | 6,1 | 0,829* | -1,562 | 0,153 |
| FS_{pST} (o/min) | 178,2 | 8,7 | | | | | |
| FD_{pKT} (b/min) | 45,5 | 9,6 | 1,3 | 6,8 | 0,783* | 0,631 | 0,544 |
| FD_{pST} (b/min) | 44,2 | 10,7 | | | | | |
| VE_{pKT} (l/min) | 72,4 | 8,7 | 2,9 | 8,19 | 0,501 | 1,123 | 0,290 |
| VE_{pST} (l/min) | 69,5 | 7,5 | | | | | |
| VO_{2/kg_{pKT}} (ml/kg/min) | 47,7 | 5,2 | 2,1 | 2,5 | 0,883* | 2,683 | 0,025 |
| VO_{2/kg_{pST}} (ml/kg/min) | 45,5 | 5,2 | | | | | |
| VO_{2pKT} (l/min) | 2,68 | 0,24 | 0,12 | 0,15 | 0,789* | 2,558 | 0,031 |
| VO_{2pST} (l/min) | 2,56 | 0,21 | | | | | |
| VCO_{2pKT} (l/min) | 2,57 | 0,29 | 0,06 | 0,23 | 0,593 | 0,845 | 0,420 |
| VCO_{2pST} (l/min) | 2,50 | 0,19 | | | | | |
| RQ_{pKT} | 0,96 | 0,07 | -0,02 | 0,09 | 0,007 | -0,768 | 0,462 |
| RQ_{pST} | 0,98 | 0,04 | | | | | |
| VE/VO_{2pKT} | 25,7 | 1,3 | -0,2 | 2,17 | 0,077 | -0,237 | 0,817 |
| VE/VO_{2pST} | 25,9 | 1,84 | | | | | |

MEAN – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Diff. – razlika aritmetičkih sredina; SD Diff. – standardna devijacija razlika rezultata entiteta između testova; r – Pearsonov koeficijent korelacije; t – t vrijednost; p – p vrijednost; *p<0,05; varijable: v. str. 5

Tablica 4. Analiza povezanosti i razlika ventilacijskih i metaboličkih parametara pri maksimalnom opterećenju između KT i ST testa.

Table 4. Correlation analysis and t-test for differences in spiroergometric parameters at maximal intensity between KT and ST test values.

| n = 10 | MEAN | SD | Diff. | SD Diff. | r | t | p |
|--|-------|------|-------|----------|-------|--------|-------|
| $V_{\max\text{KT}}$ (km/h) | 19,4 | 1,17 | 2,3 | 0,89 | 0,77* | 8,189 | 0,000 |
| $V_{\max\text{ST}}$ (km/h) | 17,1 | 1,37 | | | | | |
| $FS_{\max\text{KT}}$ (o/min) | 190,4 | 6,0 | -4,5 | 5,6 | 0,62 | -2,540 | 0,031 |
| $FS_{\max\text{ST}}$ (o/min) | 194,9 | 6,8 | | | | | |
| $FD_{\max\text{KT}}$ (u/min) | 61,9 | 8,1 | 2,9 | 2,6 | 0,96* | 3,585 | 0,006 |
| $FD_{\max\text{ST}}$ (u/min) | 58,9 | 9,1 | | | | | |
| $VE_{\max\text{KT}}$ (l/min) | 111,2 | 16,4 | 5,4 | 4,5 | 0,96* | 3,796 | 0,004 |
| $VE_{\max\text{ST}}$ (l/min) | 105,8 | 15,8 | | | | | |
| $VO_{2/\text{kg}}_{\max\text{KT}}$ (ml/kg/min) | 53,9 | 6,2 | 1,3 | 2,3 | 0,94* | 1,830 | 0,100 |
| $VO_{2/\text{kg}}_{\max\text{ST}}$ (ml/kg/min) | 52,5 | 4,9 | | | | | |
| $VO_{2\max\text{KT}}$ (l/min) | 3,03 | 0,32 | 0,07 | 0,13 | 0,95* | 1,780 | 0,109 |
| $VO_{2\max\text{ST}}$ (l/min) | 2,96 | 0,21 | | | | | |
| $VCO_{2\max\text{KT}}$ (l/min) | 3,68 | 0,34 | 0,17 | 0,28 | 0,71* | 1,950 | 0,083 |
| $VCO_{2\max\text{ST}}$ (l/min) | 3,51 | 0,38 | | | | | |
| $RQ_{\max\text{KT}}$ | 1,25 | 0,11 | 0,04 | 0,10 | 0,52 | 1,394 | 0,197 |
| $RQ_{\max\text{ST}}$ | 1,20 | 0,09 | | | | | |
| $VE/VO_{2\max\text{KT}}$ | 36,0 | 3,5 | 1,2 | 1,6 | 0,89* | 2,356 | 0,043 |
| $VE/VO_{2\max\text{ST}}$ | 34,8 | 3,3 | | | | | |

MEAN – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; Diff. – razlika aritmetičkih sredina; SD Diff. – standardna devijacija razlika rezultata entiteta između testova; r – Pearsonov koeficijent korelacije; t – t vrijednost; p – p vrijednost; * – $p < 0,05$; varijable: v. str. 5

Vrijednosti parametara brzine trčanja kako pri anaerobnom pragu tako i pri maksimalnoj brzini trčanja između dvaju testova progresivnog opterećenja visoko su povezane ($r=0,801$ i $r=0,767$) što je i očekivano (tablice 3 i 4). Također, utvrđeno je da se dostignuta maksimalna brzina trčanja i brzina trčanja pri kojoj ispitanici prelaze ventilacijski anaerobni prag značajno razlikuju ovisno o primijenjenom protokolu opterećenja, što je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (3, 14, 21). Rezultati ukazuju da je dostignuta maksimalna brzina trčanja obrnuto proporcionalna sa dužinom trajanja pojedinog stupnja opterećenja, tj. što je manji (sporiji) porast brzine saga u jedinici vremena i maksimalna dostignuta brzina trčanja je manja. Višu maksimalnu dostignutu brzinu trčanja u KT protokolu uvjetuje kraće trajanje pojedinih stupnjeva opterećenja te stoga i manji udio anaerobne komponente pri svakom pojedinom stupnju opterećenja (14). Naime, pri brzinama iznad anaerobnog praga za svaki stupanj opterećenja, što je kraće trajanje pojedinog stupnja, manja je potrošnja energije iz zaliha anaerobnog kapaciteta te do iscrpljenja dolazi pri višim brzinama trčanja. Iz navedenog se može zaključiti da izbor protokola opterećenja na pokretnoj traci statistički značajno utječe na vrijednosti parametara brzine koja se postiže na anaerobnom pragu i pri maksimalnom opterećenju, što u praksi znači da pri uspoređivanju rezultata dobivenih različitim protokolima za navedene parametre treba voditi računa o primijenjenom protokolu, tj. ukupnom trajanju testa.

Relativan ($VO_{2\max}/\text{kg}$) i apsolutan ($VO_{2\max}$) maksimalni primitak kisika pokazatelji su potencijala

srčano-dišnog sustava i značajni su prediktori natjecateljske uspješnosti, pogotovo u disciplinama srednjih i dugih pruga. S obzirom da nisu dobivene značajne razlike u $VO_{2\max}$ između primijenjenih testova, možemo zaključiti da su oba testa primjerena za određivanje maksimalnog primitka kisika, kao osnovnog parametra za procjenu aerobnog kapaciteta. Taj zaključak potvrđuju i visoke vrijednosti korelacijskih koeficijenata između KT i ST testa za relativni i apsolutni primitak kisika. U tom smislu, kratki test je u prednosti u odnosu na standardni test, s obzirom da obuhvaća veći raspon (bolju gradaciju) stupnjeva opterećenja, a vremenski kraće traje (8 min : 14 min, u prosjeku). Štoviše, $VO_{2\max}$ u KT je čak i nešto viši, a t-test ukazuje i na trend prema višim vrijednostima u kratkom testu ($p=0,10$). Za razliku od istraživanja na uzorku muških trkača (21), u ovome je radu dobivena mala ($2,1 \text{ ml O}_2/\text{kg}$), ali statistički značajna razlika između testova u primitku kisika pri anaerobnom pragu ($p < 0,05$). Razlog ovim spolnim razlikama zasad ostaje nejasan; različito trajanje testova u ženskih i muških trkača, veličina uzorka ili pak druge spolne razlike mogući su uzroci.

Prosječne vrijednosti frekvencije srca izmjerene pri anaerobnom pragu i pri maksimalnom opterećenju u okviru su očekivanih vrijednosti, i nešto su niže u odnosu na vrijednosti dobivene na uzorku muških trkača (21). FS_{\max} značajno se razlikuje između testova, tj. značajno je viša u ST ($194,9 \pm 6,8$) u odnosu na KT ($190,4 \pm 6,0$), dok pri anaerobnom pragu ta razlika ($p=0,153$) nije statistički (niti praktično) značajna. Niže vrijednosti frekvencije srca u KT mogu se objasniti inercijom kardiovaskularnog

sustava (tj. što je brža akceleracija srca, sporiji je porast FS). Stoga možemo zaključiti da je maksimalna frekvencija srca izmjerena u KT nešto niža u odnosu na stvarnu maksimalnu frekvenciju srca. Više maksimalne vrijednosti u KT ostalih parametara koji ne procjenjuju aerobni kapacitet: minutna ventilacija ($p=0,004$), frekvencija disanja ($p=0,006$), i ventilacijski ekvivalent ($p=0,043$) vjerojatno su uvjetovane i većom maksimalnom brzinom trčanja u KT.

Vrijednosti respiracijskog kvocijenta pri anaerobnom pragu ne razlikuju se između testova, kao što je utvrđeno i u muških trkača (21). Međutim, prosječne vrijednosti su u žena nešto niže (0.96 i 0.98) nego u muških (1.00). Te se spolne razlike mogu objasniti većim udjelom lipolize u žena (19), s obzirom da estrogene u žena uzrokuju veću mobilizaciju masti pri tjelesnoj aktivnosti (2). Poznato je da vrijednost RQ neproporcionalno raste s porastom intenziteta a razlog tome je veći porast VCO_2 iznad aerobnog pa potom i iznad anaerobnog praga. RQ iznosi oko 1,00 pri anaerobnom pragu, dok su pri maksimalnom opterećenju vrijednosti iznad 1,00. Različiti autori (6, 7, 10) navode granične vrijednosti RQ_{max} od 1.15 ili 1.10 kao kriterij za stvarno postizanje maksimalnih vrijednosti u progresivnim testovima opterećenja. Na uzorku ispitanica u ovom istraživanju postignute vrijednosti RQ pri maksimalnom opterećenju ukazuju na trend obrnuto proporcionalnih vrijednosti RQ_{max} u odnosu na trajanje testa opterećenja, te bi shodno tome i vrijednost RQ_{max} kao kriterija za dostizanje maksimalnog intenziteta u progresivnim

testovima opterećenja trebala biti vezana uz značajke primijenjenog protokola opterećenja. Također, izostanak značajne povezanosti kao i razlika između RQ u dva testa progresivnog opterećenja pri anaerobnom pragu i pri maksimalnom opterećenju, ukazuje na veliku varijabilnost i nepouzdanost respiracijskog kvocijenta kao parametra za procjenu intenziteta rada.

ZAKLJUČAK

Odabir protokola, tj. dužina trajanja progresivnog testa opterećenja na pokretnom sagu ne utječe značajno na izmjerenu vrijednost maksimalnog primitka kisika, za testove ukupnog trajanja 5-20 min. Pri mjerenju VO_{2max} kraći protokol ima prednost nad standardnim ili drugim protokolima dužeg trajanja, budući da dovodi do uštede vremena ispitaniku i mjeriocu. Frekvencija srca i brzina trčanja pri maksimalnom opterećenju, kao i brzina trčanja pri anaerobnom pragu obrnuto su proporcionalna s ukupnim trajanjem testa opterećenja, te pri interpretaciji rezultata testa kod ovih parametara treba voditi računa o primijenjenom protokolu, tj. ukupnom trajanju testa opterećenja. Niže vrijednosti RQ_p u trkačica u odnosu na trkače potvrđuju pretpostavku da je u žena, zbog povišenog djelovanja estrogena značajno viša mobilizacija i korištenje masti kao izvora energije pri opterećenju nego u muških, te je RQ značajno niži kako u mirovanju, tako i pri aerobnom radu istog relativnog intenziteta.

Literatura

- Antonutto G, Di Prampero PE. The concept of lactate threshold. *J Sports Med Phys Fitness* 1995; 35: 6-12.
- Ashley CD, Kramer ML, Bishop P. Estrogen and substrate metabolism. *Sports Med* 2000; 29(4): 221-7.
- Billat VL, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO_{2max} and on its time to exhaustion. *Arch Physiol Biochem* 1996; 104(3): 313-321.
- Brisswalter J, Legros P, Durand M. Running economy, preferred step length correlated to body dimensions in elite middle distance runners. *J Sports Med Phys Fitness* 1996; 36: 7-15.
- Bruce RA. Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. *Mod Conc Cardiovasc Dis* 1956; 25: 321-6.
- Bruce RA, Kurusumi F, Hosmar D. Maximal oxygen intake and nomographic assesment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American Heart Journal* 1973; 85: 546-562.
- Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med* 1992; 13(7): 518-522.
- Fairshter RD, Walter J, Salness K, Fox M, Minh VD, Wilson AF. A comparison of increamental exercise test during cycle and treadmill ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 1983; 15(6): 549-554.
- Froelicher VF, Brammel H, Davis G, Noguera I, Stewart A, Lancaster MC. A comparison of three maximal treadmill exercise protocols. *J Appl Physiol* 1974; 36(6): 720-5.
- Green S, Dawson BT. Methodological effects on the VO_2 – power regresion and the accumulated O_2 deficit. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(3): 392-7.
- Hanson P, Claremont A, Dempsey J, Reddan W. Determinants and consequences of ventilatory response to competitive endurance running. *J Appl Physiol* 1982; 52(3): 615-623.
- Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Biren GB, Robertson RJ. Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84: 291-5.
- Kasch FW, Wallace JP, Huhn RR, Krogh LA, Hurl PM. VO_{2max} during horizontal and inclined treadmill running. *J Appl Physiol* 1976; 40(6): 982-3.
- Kuipers H, Pietjers G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med* 2003; 24: 486-491.
- Medved R. *Sportska medicina*. Zagreb: JUMENA, 2004.
- Rowland TW. *Developmental exercise physiology*. Champaign: Human Kinetics, 1996.
- Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 1967; 23(3): 353-8.
- Schneider DA, Phillips SE, Stoffolano S. The simplified V-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Med Sci Sports Exer* 1993; 25(10), 1180-4.
- Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE. Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol* 2005; 98: 160-7.
- Vučetić V, Šentija D. Dijagnostika funkcionalnih sposobnosti – zašto, kako i kada testirati sportaše? *Kondicijski trening* 2004; 2: 8-14.
- Vučetić V. Razlike u pokazateljima energetskeg kapaciteta trkača dobivenih različitim protokolima opterećenja. (Doktorska disertacija). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2007.
- Walsh SD, Davis JA. Noninvasive lactate threshold detection using the modified V-Slope method with non-breath-by-breath data. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: S56.
- Ward TE, Hart CL, McKeown BC, Kras J. The Bruce treadmill protocol: does walking or running during the fourth stage alter oxygen consumption values? *J Sports Med Phys Fitness* 1998; 38: 132-7.
- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. *Principles of exercise testing and interpretation (III Ed)*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
- Zhang Y, Johnson MC, Chow N, Wasserman K. Effect of exercise testing protocol on parameters of aerobic function. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23(5): 625-630.