

Marko Erceg

Igor Jelaska

Boris Maleš

Kineziološki fakultet Sveučilišta u Splitu

Izvorni znanstveni rad

ANALIZA RAZLIKA FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA STUDENTICA UPORABOM TRI RAZLIČITE SPRAVE ZA DOZIRANO OPTEREĆENJE

UVOD

Dijagnostika u sportu podrazumijeva utvrđivanje razine treniranosti, sposobnosti i osobina sportaša koje su bitne za uspjeh u sportu. Dijagnostikom funkcionalnih sposobnosti, odnosno spiroergometrijskih parametara, mogu se precizno vrednovati sposobnosti srčano-žilnog i dišnog sustava. Također, mjerenjem funkcionalnih sposobnosti mogu se dobiti podaci o specifičnim fiziološkim i biokemijskim reakcijama tijekom trenažne ili natjecateljske aktivnosti u konkretnoj sportskoj grani (Meyer i sur., 1996). U znanstvenoj i stručnoj praksi najčešće korišteni parametri u procjeni aerobnog energetske kapaciteta su apsolutni i relativni maksimalni primitak kisika (VO_{2max} , VO_{2max}/kg), dok se za procjenu anaerobnog kapaciteta najčešće koristi koncentracija laktata u krvi (Svedahl i MacIntosh 2003, Christopher i Rhodes 1993). Za analizu funkcionalnih karakteristika sportskih disciplina u kojima je uspjeh određen sposobnošću transportnog sustava za kisik, najčešće se koriste maksimalni progresivni testovi opterećenja (Wasserman i sur. 1999). Potrebno je naglasiti kako se kao sprave za dozirano opterećenje najčešće koriste biciklergometar i pokretni sag, iako se posljednjih godina sve više koriste i specifični ergometri za pojedine sportove (veslanje, kajak, plivanje, skijaško trčanje) koji vjerno reproduciraju dinamički stereotip kretanja specifičan za pojedini sport. Nadalje, danas se pretežno koriste kontinuirani testovi opterećenja na biciklergometru i na pokretnom sagu gdje se porast opterećenja postiže ili povećanjem brzine saga ili povećanjem nagiba saga ili se pak i brzina i nagib progresivno povećavaju. U pravilu se test izvodi do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nema kontraindikacija ili limitirajućih faktora (Rowland, 1996). U ovom istraživanju za mjerenje funkcionalnih karakteristika studentica pored dvije standardne sprave za dozirano opterećenje korištena je i orbitrek sprava koja se u sportskoj stručnoj i znanstvenoj praksi do sada nije koristila kao mjerni instrument. Stoga je cilj istraživanja odrediti i objasniti razlike u funkcionalnim karakteristikama mjerenjem na tri različite sprave: bicikl-ergometru, pokretnom sagu te na orbitrek spravi. Nadalje, potrebno je naglasiti da unatoč rastućoj zastupljenosti korištenja

sprava za dozirano opterećenje, dosadašnja znanstvena istraživanja nisu se bazirala na analizi razlika funkcionalnih karakteristika.

METODE RADA

Uzorak se sastojao od 30 studentica Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu, a testirane su na 3 različite sprave (orbitrek sprava, bicikl-ergometar, pokretni sag). U istraživanje su bile uključene sljedeće varijable: apsolutni maksimalni primitak kisika (VO_{2max}), relativni maksimalni primitak kisika (RVO_{2max}), maksimalna minutna ventilacija (VE_{max}), maksimalna frekvencija disanja (RF_{max}), maksimalna frekvencija srca (HR_{max}), apsolutni primitak kisika pri anaerobnom pragu (VO_{2max}/AT), relativni primitak kisika pri anaerobnom pragu (RVO_{2max}/AT), minutna ventilacija pri anaerobnom pragu (VE/AT), frekvencija disanja na anaerobnom pragu (RF/AT), frekvencija srca pri anaerobnom pragu (HR/AT), koncentracija laktata u mirovanju (LAK_{mir}) i koncentracija laktata na kraju testa (LAK_{max}). U skladu s mjerenim varijablama, primijenjen je progresivni protokol opterećenja sve do iscrpljenosti ispitanica. Prvo su sve varijable u svim mjerenjima podvrgnute testiranju normaliteta distribucije korištenjem KS testa te su se izračunali deskriptivni statistički parametri: aritmetička sredina, standardna devijacija, minimalni rezultat, maksimalni rezultat te KS vrijednost. Za analizu razlika među mjerjenim varijablama korištena je ANOVA za ponovljena mjerenja s Fisher LSD post-hoc testom.

REZULTATI I RASPRAVA

Tablica 1. Deskriptivni statistički parametri na orbitrek spravi (AS – aritmetička sredina, Min – minimalni rezultat, Max – maksimalni rezultat, SD – standardna devijacija, KS – vrijednost Kolmogorov-Smirnovljevog testa)

	AS	Min	Max	SD	KS
VO_{2max}	2,58	1,72	3,36	0,50	0,12
RVO_{2max}	42,66	30,72	57,62	7,15	0,10
VE_{max}	85,96	59,50	123,40	15,80	0,10
RF_{max}	45,37	32,40	66,40	7,34	0,08
HR_{max}	186,26	175,00	202,00	6,60	0,12
VO_{2max}/AT	1,95	1,26	2,79	0,41	0,12
RVO_{2max}/AT	32,12	22,44	44,62	5,50	0,09
VE/AT	49,73	31,80	72,60	11,64	0,08
RF/AT	29,67	17,50	41,70	5,73	0,10
HR/AT	164,63	147,00	181,00	7,95	0,10
LAK_{mir}	2,07	1,30	3,10	0,43	0,09
LAK_{max}	9,50	5,50	18,10	2,77	0,12

MaxD=0,24

Tablica 2. Deskriptivni statistički parametri na bicikl ergometru (AS – aritmetička sredina, Min – minimalni rezultat, Max – maksimalni rezultat, SD – standardna devijacija, KS – vrijednost Kolmogorov-Smirnovljevog testa)

	AS	Min	Max	SD	KS
VO ₂ _{max}	2,41	1,44	3,43	0,45	0,06
RVO ₂ _{max}	39,47	29,62	53,74	6,02	0,20
VE _{max}	82,18	48,20	124,10	19,80	0,10
RF _{max}	43,64	31,50	61,90	7,80	0,10
HR _{max}	180,36	169,00	191,00	5,58	0,14
VO ₂ _{max} /AT	1,66	1,04	2,33	0,31	0,10
RVO ₂ _{max} /AT	27,26	20,66	35,20	3,99	0,10
VE/AT	43,47	25,70	64,90	8,76	0,06
RF/AT	27,02	16,40	37,10	5,08	0,12
HR/AT	152,86	135,00	166,00	6,90	0,12
LAK _{mir}	2,00	1,20	3,00	0,42	0,13
LAK _{max}	10,39	5,20	14,90	2,16	0,08

MaxD=0,24

Korištenjem KS testa je pokazano kako su sve varijable na svim spravama normalno distribuirane. Analizom dobivenih parametara deskriptivne statistike može se uočiti kako su numerički najviše vrijednosti zabilježene na pokretnom sagu, zatim na orbitrek spravi pa na bicikl ergometru (Tablice 1, 2 i 3).

Tablica 3. Deskriptivni statistički parametri na pokretnom sagu (AS – aritmetička sredina, Min – minimalni rezultat, Max – maksimalni rezultat, SD – standardna devijacija, KS – vrijednost Kolmogorov-Smirnovljevog testa)

	AS	Min	Max	SD	KS
VO ₂ _{max}	2,84	1,94	3,87	0,45	0,14
RVO ₂ _{max}	46,67	34,35	64,66	6,66	0,17
VE _{max}	98,82	54,10	127,10	17,26	0,16
RF _{max}	50,63	34,90	64,30	8,34	0,16
HR _{max}	185,23	176,00	196,00	4,48	0,19
VO ₂ _{max} /AT	2,16	1,45	2,91	0,35	0,15
RVO ₂ _{max} /AT	35,49	27,71	45,56	4,42	0,17
VE/AT	59,72	43,80	80,80	10,36	0,18
RF/AT	39,25	16,50	54,30	7,34	0,13
HR/AT	168,53	157,00	178,00	5,91	0,16
LAK _{mir}	2,00	1,20	2,70	0,38	0,10
LAK _{max}	10,02	6,20	13,70	1,91	0,11

MaxD=0,24

Tablica 4. Analiza varijance za ponovljena mjerenja između tri različite sprave za dozirano opterećenje (Repeated measures ANOVA)

	Orbitrek	Biciklergometar	Pokretni sag
	AS±SD	AS±SD	AS±SD
VO ₂ _{max}	2,59±0,50*	2,42±0,45†††	2,84±0,46 ³
RVO ₂ _{max}	42,66±7,16**	39,47±6,03†††	46,68±6,66 ³
VE _{max}	85,96±15,81	82,18±19,81†††	98,82±17,26 ²
RF _{max}	45,37±7,35	43,64±7,81†††	50,63±8,34 ¹
HR _{max}	186,27±6,60***	180,37±5,59†††	185,23±4,49
VO ₂ _{max} /AT	1,95±0,42***	1,67±0,32†††	2,16±0,35 ³
RVO ₂ _{max} /AT	32,12±5,50***	27,27±3,99†††	35,49±4,42 ³
VE/AT	49,73±11,64**	43,48±8,76†††	59,72±10,36 ³
RF/AT	29,68±5,74*	27,02±5,08†††	39,25±7,34 ³
HR/AT	164,63±7,96***	152,87±6,91†††	168,53±5,92 ¹
LAK _{mir}	2,07±0,44	2,00±0,43	2,00±0,38
LAK _{max}	9,5±2,78	10,39±2,16	10,02±1,91

Legende: Analiza varijance-Repeated measures ANOVA s Fischer LSD post-hoc testom

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 – značajnost razlika između orbitrek sprave i biciklergometra

†p<0,05; ††p<0,01; †††p<0,001 – značajnost razlika između biciklergometra i pokretnog saga

¹p<0,05; ²p<0,01; ³p<0,001 – značajnost razlika između orbitrek sprave i pokretnog saga

Koncentracija laktata u krvi često se koristi kao pokazatelj anaerobne proizvodnje energije. Jedan od razloga tome je jednostavnost i primjenjivost mjerenja koncentracije laktata. Iz tablice 4. uočljivo je kako u varijablama laktata, koje su u granicama referentnih vrijednosti za stanje mirovanja, nema statistički značajnih razlika između 3 mjerenja. To nam kazuje kako kod ispitanica na sva tri testa opterećenja nije bilo razlika u aktivnosti prije samog uzorkovanja, odnosno da je uzorak ispitanica bio relativno homogen. Nadalje, vrijednosti laktata poslije opterećenja se statistički značajno ne razlikuju, a zabilježene vrijednosti govore kako su ispitanice postigle svoj maksimum.

U svim ostalim primijenjenim varijablama postoje statistički značajne razlike između sve tri sprave za dozirano opterećenje. Srčana je frekvencija tijekom opterećenja veoma važan fiziološki pokazatelj. Frekvencija srca odmah nakon početka opterećenja ili vježbanja počinje se povećavati. Povećanje srčane frekvencije upravo je razmjerno razini opterećenja, što je potvrđeno i ovim istraživanjem. Naime, zabilježene vrijednosti maksimalne srčane frekvencije, kao i srčane frekvencije na

anaerobnom pragu statistički značajno su veće na pokretnom sagu i orbitreku u odnosu na biciklergometar. U tijeku tjelesne aktivnosti povećava se i dubina i frekvencija disanja pa se proporcionalno intenzitetu i trajanju rada povećava i minutni volumen disanja, odnosno minutna ventilacija. Ventilacija pri maksimalnim opterećenjima dosiže vrijednosti tzv. maksimalnog minutnog volumena disanja. Kada mjerimo ventilaciju, mjerimo zapravo minutni volumen disanja. Plućna ventilacija koja se povećava tijekom opterećenja, u izravnom je razmjeru s tjelesnim metaboličkim potrebama (Wilmore i Costill, 1999), što se slaže s dobivenim rezultatima istraživanja. Većina znanstvenika maksimalni primitak kiska (VO_{2max}) smatra kao najbolje, odnosno, najobjektivnije mjerilo kardiorespiratornog kapaciteta. Dobiveni rezultati apsolutnog i relativnog primitka kisika, kao i navedeni parametri na anaerobnom pragu statistički značajno se razlikuju na sve 3 sprave. Najniže zabilježene vrijednosti postignute su na biciklergometru, a najviše na pokretnom sagu. Tijekom opterećenja, primitak kisika se povećava i raste gotovo linearno s povećanjem intenziteta rada. Aktivnosti koje zahtijevaju premještanje odnosno pokretanje vlastitog tijela u prostoru (orbitrek, pokretni sag), troše i više energije (više kisika) za pokretanje tijela u odnosu na biciklergometar, što objašnjava dobivene rezultate. Nadalje, najniže prosječne vrijednosti svih istraživanih varijabli zabilježene su na bicikl ergometru, što je vjerojatno posljedica manjeg udjela aktivne mišićne mase gdje često lokalna, a ne opća mišićna izdržljivost ograničava doseg u testu. Test opterećenja na biciklergometru je nešto duže trajao pa su vjerojatno uslijed dehidracije, povećane temperature tijela, nelagode u mišićima ili pada motivacije vrijednosti primitka kisika niže u odnosu na orbitrek i pokretni sag što je potvrđeno u prethodnim istraživanjima (Barros i sur., 1999). Uočljivo je kako su izmjerene maksimalne vrijednosti primitka kisika na pokretnom sagu i orbitrek spravi, u odnosu na biciklergometar, veće za oko 5-15% što je konzistentno sa dosadašnjim istraživanjima (Shephard, 1984., Rowland, 1996., Loftin i sur., 2004). U skladu s tim može se uočiti kako orbitrek sprava također omogućava korištenje više mišićnih skupina u odnosu na bicikl ergometar jer su dodatno aktivirane mišićne grupe ruku i ramenog pojasa i trupa dok to nisu na bicikl-ergometru što se slaže s dobivenim rezultatima istraživanja.

ZAKLJUČAK

Sve veći zahtjevi modernog sporta za razvojem funkcionalnih sposobnosti sportaša nameću potrebu za unapređenjem modaliteta trenažnog procesa i metoda pomoću kojih bi se unaprijedila tražena svojstva. Jedan od mogućih pristupa zadovoljavanja visokih standarda predstavlja mogućnost naprednog korištenja sprava za dozirano opterećenje kao kinezioloških operatora. Stoga u ovom radu kroz deskriptivnu i analizu varijance prezentirana nova sprava može dati velik doprinos u znanstvenoj i stručnoj praksi. Zaključno, iako sprave za dozirano opterećenje

imaju sve veću primjenu u znanstveno-stručnoj praksi njihova primjena nije dovoljno istražena. Stoga bi se u budućim istraživanjima ovog tipa trebalo bazirati na homogenim uzorcima vrhunskih sportaša te bi dobiveni rezultati vjerojatno bili od fundamentalnog značaja za programiranje i kontrolu treninga.

LITERATURA

1. Barros Neto, T.L., Cesar, M.C. & Tambeiro, V.L. (1999). Avaliacao da aptidao cardiorespiratoria. In: Ghorayeb, N., Barros Neto, T. O Exercicio: Preparacao Fisiologica, Avaliacao Medica, Aspectos Especiais e Preventivos. Sao Paulo, Atheneu, 15-24.
2. Loftin, M., Sothorn, M., Warren, B. & Udall, J. (2004). Comparison of VO₂ peak during treadmill and cycle ergometry in severely overweight youth. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 254-260.
3. Shephard, R.J. (1984). Tests of maximum oxygen intake: a critical review. *Sports Medicine*, 1, 99-124.
4. Christopher, E.R., Rhodes, E.C. (1993). Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. *Sport Medicine*, 15 (2):104-115.
5. Svedahl, K., Macintosh, B.R. (2003). Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 299-323.
6. Rowland, T.W. (1996). Developmental Exercise Physiology. Champaign IL: Human Kinetics.4
7. 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.
8. 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.
9. Wilmore, J.H., Costill, D.L. (1999). Physiology of Sport and Exercise. Champaign, IL, Human Kinetics.

ANALYSIS OF FUNCTIONAL CHARACTERISTIC DIFFERENCES OF FEMALE STUDENTS BY USING THREE DIFFERNT MACHINES FOR DOSED LOAD

ABSTRACT

The aim of this research was to determine and explain the differences in functional characteristics by using three different machines for dosed load. Thereat, two standard and one new unused machine were used in scientific-professional practise. Spiroergometric testing with progressive load protocol was made. Following variables were involved in the research: the absolute maximum oxygen uptake, relative maximum oxygen uptake, maximum minute ventilation, maximum heart rate, maximum respiration rate and above mentioned variables on anaerobic border, same as lactate concentration at the beginning and the end of testing. The results show that in most variables there is a statistically significant difference between measured parameters on differnt machines. Specifically, often local, and not general muscular endurance limits the reach of test on a cycloergometer because of the lower share of active lean body mass. Also, due to dehydration, increased body temperature, muscle discomfort or a drop of motivation, the oxygen uptake values are lower.

***Key words:** analysis of variance, orbitrek, cycloergometer, treadmill*