

STJEPAN HEIMER
MARIJETA MIŠIGOJ
KSENIJA BOSNAR

Zavod za kineziološku antropologiju
Fakultet za fizičku kulturu
Sveučilišta u Zagrebu

Izvorni znanstveni članak
UDC 612.233:004.1:378.679.6:519.254
Primljeno 23.01.1989.

FAKTORSKA STRUKTURA TESTOVA ZA PROCJENU ANAEROBNOG KAPACITETA

Na uzorku od 73 studenta FFK provjerena je hipoteza o predmetima mjerenja anaerobnih testova na pokretnom sagu, biciklergometru, klupici i na atletskoj stazi. Podaci su podvrgnuti analizi latentne strukture testova pod komponentnim modelom i orthoblique rotacijom, te prokrustnom transformacijom pod modelom najmanjih kvadrata.

Rezultati ukazuju da testovi anaerobnog kapaciteta ne mogu bez rezerve biti korišteni za procjenu specifičnih anaerobnih sposobnosti, te da se ne može izlučiti test izbora za procjenu anaerobnog kapaciteta. Sugerira se da test anaerobnih sposobnosti po svojoj kineziološkoj strukturi bude što sličniji stvarnoj aktivnosti sportaša čija se anaerobna sposobnost želi procijeniti.

KLJUČNE RIJEČI:

anaerobni kapaciteti / test / faktorska analiza / studenti kadrovskih škola

UVOD

Anaerobna energetska sposobnost organizma ovisi o zalihama visoko energetskih spojeva fosfata i glikogena u mišićima. Anaerobna snaga je sposobnost brze razgradnje ovih zaliha, odnosno sposobnost generiranja maksimalne snage u najkraćem mogućem vremenu. Visoka anaerobna sposobnost može biti rezultat velike mišićne mase ili većeg udjela bijelih mišićnih vlakana koji pokazuju visoku ATP-KP enzimatsku aktivnost (Cerretelli i sur., 1982).

Teoretska podloga oslobađanja anaerobne energije (izvori, intenzitet, trajanje) sadržana je u čitavom nizu fizioloških i biokemijskih istraživanja (Hollmann i Hettinger, 1976), a dobivena saznanja korištena su u izboru i konstrukciji testova, te interpretaciji rezultata u testovima za procjenu anaerobnog energetskog kapaciteta.

Za razliku od procjene aerobnog energetskog kapaciteta, za koji postoji test izbora (određivanje maksimalnog pritiska kisika u kombinaciji s određivanjem aerobno-anaerobnog praga), za procjenu anaerobnog kapaciteta ne postoji jedan validan test izbora. Stoga je danas u upotrebi čitav niz laboratorijskih (na biciklergometru, pokretnom sagu i drugim spravama za dozirano fizičko opterećenje), dvoranskih (skok uvis na tenziometrijskoj ploči i dr.) i terenskih testova (trčanja na atletskoj stazi) koji uključuju

kratkotrajnu fizičku aktivnost visokog intenziteta. Tome u prilog govore rezultati dosadašnjih istraživanja, što ukazuje na to kako ne postoji osnova za preferenciju jednog od testova a ostavlja se otvoren problem valjanosti pojedinih mjernih instrumenata. Stoga je prvenstveni cilj ovog istraživanja provjera hipoteze o predmetima mjerenja, varijabli Kindermannovog testa na pokretnom sagu (1984) Szögy-Cherebetiuovog testa na biciklergometru (1974), anaerobnog testa na klupici (Heimer i sur., 1988), te dva terenska testa trčanja (200 i 400 metara) što svojim trajanjem odgovaraju segmentima korištenih laboratorijskih testova. Rezultati mjerenja laboratorijskih testova izraženi su u više varijabli što bi trebale biti pokazatelji alaktatne komponente anaerobnog kapaciteta i opće anaerobne sposobnosti koja uključuje i glikolitički kapacitet.

METODOLOGIJA

Uzorak Ispitanika

Uzorak ispitanika obuhvatio je 73 studenta Fakulteta za fizičku kulturu, starih 22 godine, prosječne tjelesne mase 76.3 + /-8.0 kg i prosječne tjelesne visine 180.0 + /-7.1 cm.

Uzorak varijabli

Analizirane su varijable slijedećih testova za procjenu anaerobnog kapaciteta:

1. Test na pokretnom sagu prema Kindermannu s varijablama:
 - razlika laktata (RKL1) dobivena na temelju vrijednosti koncentracije laktata u krvi u oporavku nakon 40 s trčanja na sagu (brzina 22 km/h, nagib 7.5%) i vrijednosti u mirovanju (mjera za procjenu alaktatne komponente anaerobnog kapaciteta) ;
 - razlika laktata (RKL2) obivena na temelju vrijednosti koncentracije laktata u krvi za vrijeme oporavka nakon iscrpljenja supermaksimalnim opterećenjem na sagu (brzina 22 km/s, nagib 7,5%) i vrijednosti laktata u prethodnom oporavku (mjera za procjenu glikolitičkog kapaciteta);
 - vrijeme izdržaja (KT2) u trčanju pri supermaksimalnom opterećenju na sagu (brzina 22 km/s, nagib 7,5%) što je mjera za procjenu ukupne anaerobne sposobnosti, odnosno opće anaerobne izdržljivosti.
2. Test na biciklrgometru prema Szögyu i Cherebetiu (1974) s varijablama:
 - maksimalni relativni laktatni rad tokom 20 s (SZLKGf);
 - ocjena alaktatnog rada (SZOF);
 - maksimalni relativni anaerobni rad tokom 60 s (SZJKGA);
 - ocjena ukupnog anaerobnog rada (SZDA).
3. Maksimalno brzo penjanje na klupicu visine 40 cm kroz 30 sekundi (intenzitet rada u vatima, Heimer i sur., 1988 (KLUW))
4. Terenski testovi (trčanje na atletskoj stazi):
 - vrijeme trčanja na 200 m (T 200);
 - vrijeme trčanja na 400 m (T 400);

Metode obrade podataka

Analiza latentne strukture testova za procjenu anaerobnog kapaciteta izvedena je pod komponentnim modelom s unaprijed određenim brojem faktora i orthoblique rotacijom (Harriss-Kaiser, tip II), te prokrustnom transformacijom pod modelom najmanjih kvadrata pod opterećenjem, s naknadnim skaliranjem faktora na jediničnu dužinu.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazana su korelacije varijabli primijenjenih testova za procjenu anaerobnih kapaciteta. Uočavaju se osrednje do više statistički značajne korelacije, uglavnom unutar varijabli istog testa. Tako se ističe povezanost finalne akumulacije mliječne kiseline i ukupne anaerobne izdržljivosti u Kindermannovom testu, te alaktatni i ukupni

anaerobni segment Szögyeva testa. Može se također utvrditi i visoka povezanost rezultata u dvije discipline trčanja na atletskoj stazi. Brzinska snaga penjanja na klupicu ne pokazuje statistički značajne veze s ostalim varijablama. Rezultati komponentne analize su u tablicama 2 i 3. Na prvu glavnu osovinu koja objašnjava 40% zajedničkog varijabiliteta visoko se projiciraju sve mjere ukupne anaerobne sposobnosti, što je zapravo i glavni intencijalni predmet mjerenja. Druga glavna osovina, koja objašnjava 20% varijabiliteta, diferencira varijable testa Szögya i Cherebetiu od preostalih.

Prvi orthoblique faktor (tabela 3) dominantno definiraju mjere efikasnosti anaerobnog trčanja, tj. aktivnosti visoko povezane s komponentom brzine. Strukturu drugog faktora izrazito sačinjavaju varijable testa na biciklrgometru, odnosno mjere ispoljenog relativnog anaerobnog rada čija efikasnost ovisi o količini ukupne mišićne mase donjih ekstremiteta i za koju je karakteristično svladavanje otpora pri kojem je i metodologijom testa neutralizirana tjelesna masa, pa se može imenovati faktorom anaerobne sposobnosti donjih ekstremiteta.

Umjereno visoka povezanost dvaju promatranih faktora ($r=0.37$) upućuje na djelomčno zajednički fiziološki mehanizam (noge su dominantno aktivirane u oba tipa aktivnosti), ali i na njihovu značajnu diferenciranost.

Sličnu strukturu u prostoru nekoliko testova za procjenu anaerobnih sposobnosti (Margaria-Kalamanov test, skok u vis, odrazna sila pri skoku uvis, skok udalj s mjesta i trčanje na 40 yardi) dobili su i Beckenholdt i Mayhen (1983).

Rezultati značajno odudaraju od teorijskih pretpostavki autora laboratorijskih testova. Dobiveni rezultati govore u prilog niza dosadašnjih istraživanja (Sharp i sur., 1982; Stone i sur., 1980; Manning i sur., 1988), koja ukazuju na činjenicu Roho testovi anaerobnog kapaciteta ne mogu bez rezerve biti korišteni za procjenu specifičnih anaerobnih sposobnosti. Naime, usprkos tome što testovi korišteni u ovoj studiji dominantno procjenjuju anaerobne energetske sposobnosti (prva glavna komponenta), nameće se zaključak kako se ne može izlučiti test izbora za procjenu anaerobnog kapaciteta. Stoga izbor anaerobnog testa mora po svojoj kineziološkoj strukturi biti što sličniji stvarnoj aktivnosti sportaša čija se anaerobna sposobnost želi procijeniti.

Zaključak je provjeren prokrustnom konfirmativnom faktorskom analizom. Prema hipotezi autora laboratorijskih testova o glavnim predmetima mjerenja pojedinih varijabli sačinjena je binarna matrica hipoteze koja je poslužila kao ciljna matrica (tabela 4). Konačna solucija, s faktorima u korelaciji od čak 0.98, nije ni približno slična pretpostavkama Kindermanna, te Szogya i Cherebetiu (tabela 5), već više govori u prilog zaključcima eksplorativne analize iz ovog rada.

Tabela 1. Korelacije varijabli testova za procjenu anaerobnog kapaciteta

	RKL1	RKL2	KT2	SZJKGF	SZOF	SZJKGA	SZOA	KLUW	T200
RKL1	1.00								
RKL2	-0.11	1.00							
KT2	0.48	0.64	1.00						
SZJKGF	-0.05	0.29	0.30	1.00					
SZOF	-0.15	0.19	0.30	0.74	1.00				
SZJKGA	0.13	0.44	0.54	0.74	0.52	1.00			
SZOA	0.08	0.38	0.51	0.45	0.50	0.60	1.00		
KLUW	0.08	0.02	0.04	-0.16	-0.06	-0.17	0.04	1.00	
T200	0.34	0.37	0.58	0.21	0.15	0.42	0.33	0.11	1.00
T400	0.38	0.39	0.59	0.23	0.24	0.37	0.28	0.22	0.63

Tabela 2. Matrica glavnih osovina

	1	2
RKL1	0.27	0.66
RKL2	0.63	0.04
KT2	0.82	0.34
SZJKGF	0.68	-0.56
SZOF	0.61	-0.55
SZJKGA	0.84	-0.29
SZOA	0.73	-0.20
KLUW	0.01	0.43
T200	0.67	0.45
T400	0.67	0.48

Tabela 3. Matrica sklopa i strukture orthoblique faktora

	SKLOP		STRUKTURA	
	1	2	1	2
RKL1	0.75	-0.41	0.60	-0.13
RKL2	0.41	0.36	0.54	0.51
KT2	0.79	0.21	0.86	0.50
SZJKGF	-0.11	0.91	0.23	0.87
SZOF	-0.14	0.86	0.18	0.81
SZJKGA	0.23	0.78	0.51	0.86
SZOA	0.25	0.64	0.48	0.73
KLUW	0.39	-0.37	0.26	-0.23
T200	0.79	0.03	0.80	0.32
T400	0.82	0.00	0.82	0.30

Tabela 4. Matrica hipoteze - ciljna matrica za prokrustnu transformaciju

	FAKTOR 1	FAKTOR 2
RKL1	1	0
RKL2	0	1
KT2	0	1
SZJKGF	1	0
SZOF	1	0
SZJKGA	0	1
SZOA	0	1
KLUW	1	0
T200	1	0
T400	0	1

Tabela 5. Korelacije (FAC) i semiparcijalne (PFAC) korelacije varijabli s prokrustnim faktorima

	FAC1	FAC2	PFAC1	PFAC2
RKL1	0.59	-0.50	0.50	0.40
RKL2	-0.09	0.20	0.60	0.63
KT2	0.16	-0.00	0.88	0.87
SZJKGF	-0.69	0.77	0.41	0.54
SZOF	-0.67	0.74	0.35	0.48
SZJKGA	-0.46	0.59	0.66	0.76
SZOA	-0.35	0.47	0.60	0.67
KLUW	0.42	-0.39	0.17	0.10
T200	0.29	-0.16	0.78	0.74
T400	0.32	-0.18	0.80	0.75

LITERATURA

1. Beckenholdt, S. E., J. L. Mayhew (1983): Specificity among anaerobic power tests in male athletes. *Journal of Sports Medicine*, 23:326-332.
2. Helmer, S. i sur. (1988): Konstrukcija i valorizacija step testa za procjenu anaerobnog energetskog kapaciteta. FFK, Zagreb.
3. Hollmann, W., T. Hettinger (1976): *Sportmedizin-Arbeits und Trainings Grundlagen*. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York.
4. Kindermann W. (1984): Treadmill ergometry and performance diagnostics in high competition sports. 29 Deutscher Sportarztkongress, Berlin.
5. Manning, M. J. et al. (1988): Factor analysis of various anaerobic power tests. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 6:138-144.
6. Sharp, R. L., J. P. Troup, D. L. Costill (1988): Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Sport and Exercise*, 14:53-56.
7. Stone, M H. et al. (1980): Relationship between anaerobic power and Olympic weightlifting performance. *Journal of Sport Medicine*, 20:99-102.
8. Szogy A., G. Cherebetiu (1974): Minutentest auf dem Fahrradergometer zur Bestimmung der anaeroben Kapazität. *European Journal of Applied Physiology*, 33:171-176.

STJEPAN HEIMER
MARIJETA MIŠIGOJ
KSENJA BOSNAR

THE FACTOR STRUCTURE OF TESTS ASSESSING ANAEROBIC CAPACITY

The study involving a sample of 73 students aimed to check the hypothesis on the subject of measurement in anaerobic tests applied to the tread-mill, bicycle ergometer, step-test and athletic track. The data were subjected to analysis of the latent structure of tests under the component model and orthoblique rotation, and procrustes transformation under the model and least squares.

The results indicate that the tests of anaerobic capacity assessing specific anaerobic abilities can not be accepted without the certain respect and the test of choice can not be extracted. It may be suggested that the test assessing anaerobic capacity of athletes should be as similar as possible to the actual sports activity.

Степан Хаймер
Марета Мишигой-Дуракович
Ксения Боснар
факультет физической культуры
Загребского университета

ФАКТОРНАЯ СТРУКТУРА ТЕСТОВ ОЦЕНКИ АНАЭРОБНОЙ ЕМКОСТИ

В выборке, состоящей из 73 студентов факультета физической культуры, проверялась гипотеза о возможностях измерения анаэробной емкости при помощи анаэробных тестов на бегущей дорожке, велоэргометре, скамейке и на атлетической дорожке. На основе полученных данных проведен анализ латентной структуры тестов, при чем использовались подкомпонентная модель и ортоблик ротация, а также прокрустовая трансформация под моделью наименьших квадратов.

Результаты показывают, что приведенные тесты не могут быть безоговорочно использованы для оценки специфических анаэробных способностей и что среди них нельзя выделить тест для оценки анаэробной емкости. В работе предлагается применение такого теста анаэробных способностей, который был бы как можно больше похож на двигательную деятельность спортсмена, анаэробные способности которого оцениваются.