

## RELACIJE SISTEMA KARDIOVASKULARNIH I METABOLIČKIH VARIJABLI KOD VRHUNSKIH SPORTISTA

UDK 612.1:796.034.6

*Ilona Mihajlović, Milan Šolaja*

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Novi Sad

**Izvod:** Upravljanje trenажnim procesom kod vrhunskih sportista je kompleksan proces. Da bismo što bolje razumeli funkcionisanje ljudskog organizma u toku upravljanja trenажnim procesom, osim postojanja određenih organskih sistema, potrebno je da otkrijemo i razumemo i njihove međusobne odnose i zakonitosti koje vladaju među njima.

U ovom istraživanju izmereni su kardiovaskularni i metabolički parametri 65 ispitanika muškog pola, vrhunskih sportista (odbojka, boks, atletika, fudbal). Cilj istraživanja je bio da se otkriju relacije ta dva sistema kod vrhunskih sportista. Dobijene vrednosti podvrgnute su kanoničkoj korelacionoj analizi, gde se pokazalo da su dva sistema u uzajamnoj statistički značajnoj povezanosti. Strukturu kanoničkog faktora u prostoru kardiovaskularnih parametara dale su 4 varijable, dok je metabolički kanonički faktor znatno slabijeg intenziteta.

**Ključne reči:** sportisti, relacije, kardiovaskularni, laktati

### Uvod

Upravljanje trenажnim procesom kod vrhunskih sportista je kompleksan proces. Da bismo što bolje razumeli funkcionisanje ljudskog organizma u toku upravljanja trenажnim procesom, osim postojanja određenih organskih sistema, potrebno je da otkrijemo i razumemo i njihove međusobne odnose i zakonitosti koji vladaju među njima.

Kako je telesna sposobnost za rad ograničena najviše funkcijom kardiovaskularnog sistema, ispitivanjem funkcije kardiovaskularnog sistema najčešće se i mere telesna sposobnost i funkcionalna sposobnost transportnog sistema ili njegovih delova (kardiovaskularni sistem).

Integracijom disajne funkcije i kardiovaskularne funkcije transportuje se kiseonik iz okoline do mišićne ćelije. Zbog toga se maksimalna potrošnja kiseonika smatra najboljom merom za utvrđivanje opšte radne sposobnosti kardiovaskularnog sistema. Kako se u krajnjoj liniji taj kiseonik upotrebljava za oksidativne procese u kojima se oslobađa energija u mišićnim ćelijama, maksimalna potrošnja kiseonika može se smatrati adekvatnom merom oksidativnih procesa ili aerobnog kapaciteta, odnosno sposobnosti tela za rad.

Poznato je da je funkcionalna sposobnost čoveka tj. sportiste odnos između nekog zahteva na organizam u celini ili neki njegov deo, i kapaciteta za njegovo

izvršenje. Što je sposobnost za adaptaciju na promjenjene uslove veća, funkcionalna sposobnost je bolja. Funkcionalna sposobnost je uslovljena odnosom između urođenih (naslednih) i stečenih sposobnosti za prilagođavanje. Neki autori (Astrand, 1984) smatraju da je radna sposobnost u najvećoj korelaciji sa maksimalnom potrošnjom kiseonika. Zbog toga se količina kiseonika koju organizam može apsorbovati prilikom fizičke aktivnosti naziva maksimalna potrošnja. To je ona količina kiseonika koju organizam može apsorbovati kada izvršava rad, koji, iako se povećava po intenzitetu, nije praćen povećanjem potrošnje kiseonika. Poznavajući vrednosti maksimalne potrošnje kiseonika, stičemo uvid u ukupno stanje pulmonalnih, cirkulatornih i metaboličkih funkcija u organizmu i to ne izolovano, nego u interakciji.

Do danas su se mnogi istraživači bavili problematikom dejstva fizioloških mehanizama u organizmu, kako kardiovaskularnih tako i metaboličkih parametara. Anaerobni prag je često bio identifikovan korišćenjem invazivne i neinvazivne procedure u toku povećanja fizičkih aktivnosti. Ovaj parametar je bio određen utvrđivanjem relacija između koncentracije laktata u krvi i radne sposobnosti ili otkrivanjem zakonitosti koje vladaju prilikom razmene gasova na nivou pluća (Bunc et al., 1987; Heck et al., 1985a; Hollmann, 1985; Yoshida, 1987), kao i iz kretanja pulsne krive (Conconi et al., 1982; Gaisl and Wiesspeiner, 1988). Svi ovi fiziološki mehanizmi sa kojima su funkcionalni i metabolički parametri u relaciji kao ni metode u njihovom određivanju još uvek nisu potpuno razjašnjeni i diskutabilni su (Brooks, 1985; Hagberg, 1984; Mader and Heck, 1986; Yoshida, 1987). Najviše problema u vezi sa anaerobnim pragom proizilaze iz različite definisanosti i to različitim protokolima koji se koriste za određivanje anaerobnog praga (Aunola, 1991; Brooks, 1985; Davis et al., 1983a; Hagberg, 1984). Anaerobni prag je definisan ili kao intenzitet vežbanja ili kao potrošnja kiseonika neposredno ispod nivoa na kom se metabolička acidoza menja ili kao prag koji je određen maksimalnim laktatnim stabilnim stanjem (Heck et al., 1985b). Drugi autori (Pendergast et al., 1979) su pokazali da je porast kiseoničke potrošnje iznad anaerobnog praga manji nego što je povećanje intenziteta vežbanja.

Predmet ovog istraživanja su kardiovaskularni i metabolički sistemi organizma koji su odgovorni za funkcionalni prostor. Cilj istraživanja je bio da se utvrde relacije između sistema kardiovaskularnih i metaboličkih varijabli, to jest da li postoji međusobna povezanost, i kakva je između pomenuta dva sistema.

## Materijal i metod

Celokupan uzorak ispitanika sačinjavalo je 65 ispitanika muškog pola članova državne reprezentacije od 19. do 21. godine u odbojci, fudbalu (savezna liga), boksu i atletici, koji se mogu smatrati kvalitetnim uzorkom, jer su izabrani sportisti veoma dobro trenirani, tako da možemo govoriti o uzorku vrhunskih sportista. Svi sportisti imaju više od 8 godina sportskog staža.

U ovom istraživanju uzorak varijabli bio je sačinjen od 10 kardiovaskularnih i metaboličkih varijabli, koje su podeljene kao dva sistema.

### *Sistem kardiovaskularnih varijabli sačinjavali su:*

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1. VO <sub>2</sub> max (l/min)                | VO <sub>2</sub> A |
| 2. VO <sub>2</sub> max (ml/min/kg)            | VO <sub>2</sub> R |
| 3. maksimalna FS (ud/min)                     | MFSR              |
| 4. maksimalni O <sub>2</sub> puls (ml/min/kg) | MO <sub>2</sub> R |

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 5. metabolički ekvivalent                  | MEEK              |
| 6. maksimalni O <sub>2</sub> puls (ml/min) | MO <sub>2</sub> A |
| 7. anaerobni prag - puls (ud/min)          | ANPR              |

**Sistem metaboličkih varijabli sačinjavali su:**

- |                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| 8. laktati u miru (mmol/l)        | LAMI |
| 9. laktati - opterećenje (mmol/l) | LAOP |
| 10. laktati - oporavak (mmol/l)   | LAOO |

Kardiovaskularni parametri dobijeni su posrednom metodom pomoću Bruceovog višestepenog progresivnog opterećenja na pokretnoj traci marke Jaeger (Sudarov, 2007).

Na osnovu vremena, računajući od početka prvog stepena opterećenja na pokretnoj traci pa do prekida testa, tj. do dostizanja predviđene maksimalne frekvencije srca, izračunata je maksimalna potrošnja kiseonika. Dobijena vrednost u odnosu na kg/telesne mase davala je vrednost maksimalne potrošnje kiseonika izražene u ml u minuti (Sudarov, 2007).

Na osnovu ovog parametra izračunat je kiseonički puls tako što je maksimalna potrošnja kiseonika podeljena sa frekvencijom srca pojedinog ispitanika. Relativna vrednost ovog parametra dobijena je tako što je ona podeljena sa kilogramima telesne mase (Đurđević, 1978).

Metabolički ekvivalent se dobijao tako što je relativna maksimalna potrošnja kiseonika podeljena sa 3,5 pošto 3,5 ml O<sub>2</sub> iznosi 1 MET (Đurđević, 1978).

Pomoću određenih parametara, izračunat je i anaerobni prag principom po Conconiju (Conconi et al., 1982) na pokretnoj traci.

Laktati u krvi merili su se automatskim elektronskim laktat analizatorom marke "Accusport" firme Boehringer Mannheim, koji radi na principu reagentnih traka. Kap krvi je uzeta prilikom merenja od svakog ispitanika iz resice uveta i stavljena na reagentnu traku. Posle 60 sec laktat analizator je pokazao vrednosti laktata u organizmu u tom trenutku. Laktati u miru mereni su pre početka opterećenja, laktati u opterećenju 2 minuta posle prestanka opterećenja, a laktati u oporavku posle 10 minuta po prestanku rada (Medved i sar., 1987).

Relacije između sistema kardiovaskularnih i sistema metaboličkih varijabli dobijene su pomoću kanoničke korelacione analize.

## Rezultati

U Tabeli 1. prikazana je kanonička korelacija kardiovaskularnog i metaboličkog sistema. Uvidom u ovu tabelu jasno se uočava jedan statistički značajan kanonički faktor na nivou  $p = .03$  i umerenom kanoničkom korelacijom .48.

Ovaj podatak nam govori da su dva sistema varijabli (kardiovaskularni i metabolički) u statistički značajnoj međusobnoj povezanosti.

Strukturu kanoničkog faktora u prostoru kardiovaskularnih parametara čine četiri varijable: maksimalni relativni kiseonički puls (MO<sub>2</sub>R), maksimalna relativna potrošnja kiseonika (VO<sub>2</sub>R), maksimalna apsolutna potrošnja kiseonika (VO<sub>2</sub>A) i maksimalni apsolutni kiseonički puls (MO<sub>2</sub>A).

Metabolički kanonički faktor je znatno slabijeg intenziteta i projekcije sva tri tretirana parametra nisu značajna.

Dakle, prvi kanonički faktor je pokupio gotovo svu količinu informacija u oceni relacija između kardiovaskularnih i metaboličkih parametara.

Utvrđujući relacije između izolovanog para kanoničkih faktora, možemo konstatovati da su oba kanonička faktora bipolarna. Sportisti koji su postigli niže vrednosti maksimalne relativne potrošnje kiseonika (VO<sub>2</sub>R) i niže vrednosti maksimalnog apsolutnog kiseoničkog pulsa (MO<sub>2</sub>A) postizali su i niže vrednosti koncentracije laktata u opterećenju.

Prema tome, sportisti slabije trenirani na aerobnu izdržljivost nisu mogli da podnesu ni veće vrednosti koncentracije laktata u krvi, odnosno anaerobni laktatni rad.

Nasuprot tome, sportisti koji su postigli veće vrednosti maksimalne apsolutne potrošnje kiseonika (VO<sub>2</sub>A) i veće vrednosti maksimalnog relativnog kiseoničkog pulsa (MO<sub>2</sub>R), imali su i veće vrednosti koncentracije laktata u krvi u ranoj fazi oporavka.

**Tabela 1.** Kanonička korelacija kardiovaskularnog i metaboličkog sistema  
**Table 1.** Canonical correlation of cardiovascular metabolic system

kar. kren.	kanon.kore.	LAMBDA	CHI-kvad.	p		
.225	.475	.630	34.903	.0289		
Koeficijenti levih obeležja						
LAMI	LAOP	LAOO				
-.049	-.089	.036				
Koeficijenti desnih obeležja						
VO <sub>2</sub> A	VO <sub>2</sub> R	MFSR	MO <sub>2</sub> R	MEEK	MO <sub>2</sub> A	ANPR
.407	-.571	-.005	.581	-.026	-.406	.070

## Diskusija

Sportisti sa većom aerobnom moći postizali su i apsolutno veću koncentraciju laktata, a vrednosti u 10. minuti oporavka bile su još uvek visoke. Međutim, to nam samo pokazuje povećanu moć organizma na toleranciju visokih vrednosti laktata u krvi tokom, i neposredno posle opterećenja. Sportista koji je imao na kraju opterećenja koncentraciju laktata od 12 mmol/l, a u 10. minuti oporavka 8 mmol/l, imao je mnogo veću aerobnu sposobnost i anaerobnu toleranciju od sportiste koji je nakon opterećenja imao koncentraciju laktata od 8 mmol/l, a u 10. minuti koncentraciju od 7,2 mmol/l. U prvom slučaju je sportista, zbog veće aerobne sposobnosti, imao bržu eliminaciju laktata, odnosno brži oporavak posle znatno većeg intenziteta opterećenja od drugog sportiste, koji je zbog slabije tolerancije na laktate i manje oksidativne sposobnosti imao sporiji proces rane faze oporavka.

Ovim istraživanjem smo utvrdili nesumnjivu povezanost između sistema kardiovaskularnih i metaboličkih varijabli sa statističkom značajnošću. Mnogi autori su već utvrdili relacije između koncentracije laktata u krvi i radne sposobnosti (Bunc et al., 1987; Heck et al., 1985a; Hollmann, 1985; Yoshida, 1987), kao i iz kretanja pulsne krive (Conconi et al., 1982; Gaisl and Wiesspeiner, 1988). Navedeni autori su dobili iste rezultate u smislu povezanosti ovih fizioloških parametara kao i u našem istraživanju.

S obzirom da je našim istraživanjem utvrđeno da su strukturu kanoničkog faktora dale upravo varijable kardiovaskularnog prostora, to nas navodi na zaključak da ocenu radnih sposobnosti možda bolje možemo prognozirati preko kardiovaskularnih parametara. Neki autori (Hofmann et al., 1994.) su upravo pokušali da dobiju prag srčane frekvencije analogno anaerobnom pragu. U tome su samo delimično uspeali jer kardiorespiratorne i biohemijske sposobnosti organizma i njihova povezanost su još nedovoljno istražene. Veća koncentracija laktata posle opterećenja ne treba da nam bude jedini pokazatelj funkcionalne sposobnosti organizma, nego se mora istražiti i mogućnost eliminacije štetnih produkata (laktata) koja se pokazala mnogo bitnijom nego apsolutna vrednost laktata u opterećenju. Značajnošću kardiovaskularnih parametara pokazali smo da su one mnogo bitnije za ocenu funkcionalne sposobnosti nego što je apsolutna vrednost laktata posle opterećenja. Međutim, ne možemo preći preko činjenice da je značaj koncentracije laktata u krvi velik ali pomno moramo obratiti pažnju na parametre mogućnosti organizma pri eliminaciji laktata, tj. oporavka, koji nam više daje odgovor na pitanje dostignute radne sposobnosti.

Sve ovo govori da su biološke, odnosno bioenergetske sposobnosti sportiste u tesnoj međuzavisnosti i da čine jedan integralni sistem koji u procesu treninga mora biti harmonično razvijan, u zavisnosti od zahteva određene sportske discipline, odnosno da li je u pitanju dominantno aerobna ili anaerobna sportska aktivnost.

## Literatura

- Astrand, P.O. (1984). *Principles in ergometry and their implications in sports practice*, Sportsmedicine 1.
- Aunola, S. (1991). *Aerobic and anaerobic thresholds as tools for estimating submaximal endurance capacity*. Publications of Social insurance Institution, ML: 109. Thesis, University of Turku, Finland.
- Brooks, G.A. (1985). *Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research*. Med Sci Sports Exerc 17:22-31.
- Bunc, V., Heller, J., Leso, J., Sprynarova, S., Zdanowicz, R. (1987). *Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes*. Int J Sports Med 8:275-280.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., Codeca, L. (1982). *Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners*. J Appl Physiol 52:869-873.
- Davis, J.A., Caiozzo, V.J., Lamarra, N., Ellis, J.F., Vandagriff, R., Prietto, C.A., McMaster, W.C. (1983a). *Does the gas exchange anaerobic threshold occur at a fixed blood lactate concentration of 2 or 4 mM*. Int J Sports Med 4:89-93.
- Đurđević, V. (1978). *Ergometrija*. Medicinska knjiga, Beograd – Zagreb.
- Gaisl, G., Wiesspeiner, G. (1988). *A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children*. Int J Sports Med 9:41-44.
- Hagberg, J.M. (1984). *Physiological implications of the lactate threshold*. Int J Sports Med "Suppl" 5:106-109.
- Heck, H., Hess, G., Mader, A. (1985a). *Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellenkonzepten*. Dtsch Z Sport-med 1:19-25; 2:40-52.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., Hollmann, V. (1985b). *Justification of the 4 mmol/l lactate threshold*. Int J Sports Med 6:117-130.
- Hofmann, P., Bunc, V., Leitner, H., Pokan, R., Gaisl, G. (1994). *Heart rate threshold related to lactate turn point and steady-state exercise on a cycle ergometer*. Eur J Appl Physiol 69:132-139.
- Hollmann, W. (1985). *Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966*. Int J Sports Med 6:109-116.

- Mader, A., Heck, H. (1986). A theory of the metabolic origin of the "anaerobic threshold". *Int J Sports Med "Suppl"* 7:45-65.
- Medved, R. i sar. (1987). *Sportska medicina. Jugoslovenska medicinska naklada. Zagreb.*
- Pendergast, P., Ceretelli, P., Rennie, D.W. (1979). Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise. *J Appl Physiol* 47:754-760.
- Sudarov, N. (2007). Testovi za procenu fizičkih performansi. Pokrajinski zavod za sport, Novi Sad.
- Yoshida, T. (1987). Current topics and concepts of lactate and gas exchange thresholds. *J Hum Ergol* 16:103-121.

## **RELATIONS BETWEEN CARDIOVASCULAR AND METABOLIC SYSTEMS' VARIABLES OF TOP-LEVEL ATHLETES**

### **Summary**

Managing training process of top-level athletes is a complex process. In order to better understand functioning of a human organism during a training process, besides the existence of certain organic systems, one should identify and understand their mutual relations and patterns that exist within and among them.

During the research, cardiovascular and metabolic parameters of 65 male subjects, top-level athletes (volley ball, boxing, track and field, soccer) were measured. The aim of the research was to identify relations of the two systems in top-level athletes. The obtained values were subject to canonical correlation analysis, which showed statistically significant mutual correlation between the two systems. Four variables showed canonical factor structure in the area of cardiovascular parameters, while metabolic canonical factor was of considerably lower intensity.

**Key words:** athletes, relations, cardiovascular, lactates