

FIZIOLOŠKI ODGOVOR PRI RAZLIČITIM STANDARDIZIRANIM PROTOKOLIMA INTERVALNOG DISKONTINUIRANOG TRČANJA

Anton Ušaj

Fakulteta za šport, Ljubljana, Slovenija

Izvorni znanstveni članak

UDK: 796:612

Primljeno: 14.10.1996.

Prihvaćeno: 16.10.1997.

Sažetak:

Osam trkača sudjelovalo je u tri testa kako bi se utvrdilo odražavaju li se mjere/obilježja laktatnoga praga (LT) acidoznoga praga (TA) i pojave akumulacije laktata u krvi (OBLA) na točno predvidljiv način na obilježja stabilnoga stanja koncentracije laktata (maxLAss), a što bi predstavljalo temelj za određivanje treninga izdržljivosti. Dva su testa bila klasični diskontinuirani testovi s povećanjem brzine trčanja: prvi na 400 m (TEST A), a drugi na 1200 m (TEST B). Treći test bio je simulacija diskontinuiranoga intervalnoga trkačkoga treninga, gdje se serija 8x2000 m ponavljala 2-3 puta brzinama ispod, na i iznad stabilnoga stanja koncentracije laktata (TEST C). Rezultati su pokazali točno predviđanje brzine trčanja koja odgovara za OBLA i maxLAss mjere na temelju povezanosti između karakteristika TESTA A i TESTA B s TESTOM C. Frekvencija srca koja odgovara za OBLA i maxLAss mjere mogla se predvidjeti samo kada su se analizirali TEST B i TEST C. Koncentracija laktata u krvi i pH nisu se mogli točno predvidjeti. Nije pouzdano rabiti mjere različitih pragova za određivanje treninga tipa izdržljivosti zbog nepreciznosti predviđanja kompleksnoga fiziološkog odgovora na koji utječu različita obilježja vježbanja.

Ključne riječi: laktati, pH, pragovi, izdržljivost, određivanje treninga

Abstract:

THE PHYSIOLOGICAL RESPONSE AT DIFFERENT STANDARDISED INTERMITTENT EXERCISING PROTOCOLS

To ascertain if the characteristics of lactate threshold (LT), threshold of acidosis (TA) and the onset of blood lactate accumulation (OBLA) could be reflected in an accurate predictable manner of the characteristics of a maximal lactate steady state (maxLAss), which could represent the background for an endurance training prescription, 8 runners participated in three tests. Two of them were classical discontinuous tests with an incremental running velocity: the first at 400 m (TEST A), and the second at 1200 m distances (TEST B). The third one was a simulation of an intermittent running training where a series of 8x2000 m was repeated 2-3 times at the velocity below, at and above the level of the maximal lactate steady state (TEST C). The results showed that an accurate prediction of the running velocity corresponded to OBLA and maxLAss based on correlations between the characteristics of TEST A and TEST B with TEST C. The heart rate, corresponding to OBLA and maxLAss, could be predicted only when TEST B and TEST C were analysed. The blood lactate concentration and pH were not accurately predicted. The use of different threshold characteristics for an endurance training prescription seems to be unrealistic because of an inaccurate prediction of the complex physiological responses affected by different exercise characteristics.

Key words: lactate, pH, thresholds, endurance, training prescription

Uvod

Standardizirani protokoli trčanja gdje se intenzitet postupno povećava kontinuirano ili diskontinuirano, koriste se za procjenu izdržljivosti (Kiayoji, 1984; Lehmann et al., 1983; Ušaj, 1996; Weltman, 1995) i/ili određivanje intenziteta treninga tipa izdržljivosti (Coen et al., 1991; Jannsen, 1987; Kindermann et al., 1985; Weltman, 1995). I procjena izdržljivosti i određivanje treninga temelje se na primijećenoj visokoj

korelaciji između intenziteta vježbanja, koji se određuje prema laktatnom pragu (LT), individualnom anaerobnom pragu (IAT), anaerobnom pragu (AT), pojavi akumulacije laktata u krvi (OBLA) itd., i natjecateljskih rezultata u disciplinama izdržljivosti (Jannsen, 1987; Kiayoyo, 1984; Lehmann et al., 1983; Ušaj, 1996).

Procjena trkačke izdržljivosti temelji se na spomenutim povezanostima i izvodi se usporedbom brzina trčanja koje su ustanovljene pri određenim pragovima u različitim trkača. Trkači koji su

postizali veće brzine pri određenom pragu smatraju se uspješnijima glede izdržljivosti. S druge strane, određivanje intenziteta trčanja trebalo bi se temeljiti na izabranom cilju treninga, primjerice očekivanom fiziološkom odgovoru u obliku određenog VO_2 , frekvencije srca, [LA] itd. To je potrebno prilagoditi različitim metodama treninga, poput kontinuirane, intermitentne ili metode s prekidima, tako da se izabere onaj intenzitet trčanja tijekom treninga, koji će najvjerojatnije izazvati očekivani fiziološki odgovor. Time se omogućuje poboljšanje predviđanja prilagodbe treningu. Pomoću pragova ustanovljeni intenziteti hipotetski se mogu odabrati kao odgovarajući intenziteti za trening izdržljivosti uopće (Janssen, 1987). Ako prihvatimo tu hipotezu (koja nije predmetom ovog istraživanja), postavlja se prvo važno pitanje: odražava li intenzitet trčanja na pojedinačnom treningu izdržljivosti, a koji je intenzitet ustanovljen prema određenom pragu na testu, kompleksni fiziološki odgovor sličan onom u testiranju? Ako je odgovor ne, postavlja se drugo pitanje: je li moguće iz rezultata testova dovoljno točno predvidjeti različite fiziološke reakcije tijekom treninga? Tijekom trčanja tipa izdržljivosti, najkarakterističniji intenzitet je onaj pri stabilnom stanju koncentracije laktata (Urhansen, et al., 1993; Ušaj, 1996; Weltman, 1995). Kako je $maxL_{Ass}$ osobito važan za uspješnost u treningu izdržljivosti, odabrali smo ga za predmet svojeg istraživanja. Željeli bismo odgovoriti na dva navedena pitanja usporedbom fizioloških odgovora pri različitim pragovima u progresivnim testovima i u testu koji je simulirao intermitentno diskontinuirano trčanje tipa izdržljivosti intenzitetom ispod, na i iznad $maxL_{Ass}$.

Metode

Ispitanici

Osam zdravih trkača (dob: 25 ± 5 godina; visina 175 ± 5 cm; težina 69 ± 8 kg) dobrovoljno je sudjelovalo u istraživanju nakon što su svi dali pismeni pristanak koji je odobrio Nacionalni etički komitet. Svi su bili maratonci, a uspješnost im se kretala u rasponu od međunarodne razine (2:13h) pa do rekreacijske (3:30h).

Protokoli testiranja

TEST A sastojao se od niza pretrčanih dionica od 400 m s progresivnim povećanjem brzine trčanja. Broj trka ovisio je o izboru početne brzine i o izdržljivosti trkača. Početna brzina trčanja bila je ona koja je ubrzavala frekvenciju srca na 100/min. Brzina je u sljedećim trčanjima povećavana za 0.2

m/s sve do najveće moguće brzine trčanja pojedinoga trkača prema opisanom protokolu. Stanke između dionica, tijekom kojih je uzimana krv za analizu, trajale su do 70 sekundi. Postizanje i kontrola održavanja brzine trčanja provodila se zvučnim signalima preko kazetofona (walkman). Signali su se javljali u vremenskim razmacima koji su odgovarali vremenu potrebnom za pretrčavanje 50 metara pri određenoj brzini, a trkač je na površini trkališta pratio oznake na svakih 50 metara.

TEST B sastojao se od niza pretrčanih dionica od 1200 m s povećavanjem brzine trčanja. Sva obilježja ovoga testa slična su obilježjima TESTA A, osim manjeg broja trka u suženom rasponu između najniže i najviše brzine trčanja.

TEST C sastojao se od osam pretrčanih dionica po 2000 m konstantnom brzinom. Stanke između trka bile su slične onima u ostalim testovima. Početna je brzina bila 0.4 m/s viša od brzine određene pomoću acidoznoga praga (TA) u TESTU B. Ako je prvog dana ispitivanja trkač mogao pretrčati cijelu seriju izabranom brzinom, sljedećih dana brzina se povećavala za 0.2 m/s do otkaza // iscrpljenja. U slučaju trkačeva iscrpljenja već prvog dana ispitivanja, brzina je idućih dana smanjivana za 0.2 m/s sve dok trkač nije bio u stanju istrčati cijelu seriju.

Prikupljanje uzoraka krvi, biokemijska mjerenja i mjerenje frekvencije srca

Poslije svake pretrčane dionice vađeni su uzorci kapilarne krvi iz hiperemizirane ušne resice: 60 μ l za mjerenje pH pomoću BMS3MK2 mjerača (Radiometer, Danska), 20 μ l u kapilarnoj cjevčici za [LA] analizu pomoću instrumenta ANALOX GM7 (Analog, Engleska). Frekvenciju srca smo kontinuirano pratili pomoću aparata PE 3000 Pulse Meter (Polar Electro, Finska).

Obrada podataka i analiza

Laktatni prag (LT) određen je prema Beaveru i suradnicima (1) uporabom podataka iz TESTA A i TESTA B. (LT) je određen odgovarajućom brzinom trčanja (V_{LT}), [LA] (LA_{LT}) i frekvencijom srca (HR_{LT}). Korišten je OBLA - kriterij $[LA] = 4$ mmol/l (6). Odgovarajuća brzina označena je kao V_{OBLA} , frekvencija kao HR_{OBLA} . Dodatno smo izračunali i pH koji odgovara OBLA (pH_{OBLA}). Analizirali smo i kinetiku pH (15). Acidozni prag (TA) određen je brzinom (V_{TA}), pH-om (pH_{TA}) i frekvencijom srca (HR_{TA}). Podaci iz TESTA C korišteni su za određivanje stabilnoga stanja

koncentracije laktata (maxLAss). Linearna interpolacija promjena koncentracije laktata [LA] (osim za prvu i drugu dionicu od 2000 m) izabrana je kako bi se odredila brzina trčanja (V_{maxLAss}), [LA] (LA_{maxLAss}), pH ($\text{pH}_{\text{maxLAss}}$) i frekvencija srca ($\text{HR}_{\text{maxLAss}}$). Koncentracija laktata [LA] smatrala se stalnom kada je njezina promjena od treće do posljednje dionice od 2000 m bila manja od njezinih maksimalnih fluktuacija tijekom čitave serije. To odgovara vrijednosti manjoj od $\Delta[\text{LA}] / \Delta t = 0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{h}^{-1}$.

Statistika

Podaci su prikazani kao srednje vrijednosti \pm standardna devijacija (SD). Parni *t*-test korišten je za usporedbu podataka iz testova. Odabrana je razina značajnosti od 0.05. Korelacija izabranih varijabli izračunata je pomoću Pearsonovih korelacijskih koeficijenata. Svi statistički parametri izračunati su pomoću statističkoga i grafičkoga paketa Sigma Stat i Sigma Plot (Jandel, Njemačka).

Rezultati

Za LT i TA ustanovljene su vrlo slične brzine trčanja u TESTU A ($4.56 \pm 0.51 \text{ m/s}$) (slika 1A). Za kriterij OBLA ustanovljena je brzina trčanja oko 10% veća ($5.1 \pm 0.51 \text{ m/s}$). Nasuprot tome, istim kriterijima u TESTU B određene su oko 10% ($p < .05$) manje brzine trčanja (slika 1A). Tako je V_{LT} bio $4.22 \pm 0.41 \text{ m/s}$, V_{TA} $4.26 \pm 0.41 \text{ m/s}$, a V_{OBLA} $4.60 \pm 0.43 \text{ m/s}$. Prema kriteriju maxLAss u TESTU C ustanovljena je brzina ($4.62 \pm 0.36 \text{ m/s}$) slična onoj prema kriteriju OBLA u TESTU B, unatoč različitim obilježjima testova.

Koncentracija laktata određena prema kriteriju LT (laktatni prag) pokazala je slične vrijednosti u TESTU A ($2.2 \pm 1.1 \text{ mmol/l}$) i u TESTU B ($1.9 \pm 0.6 \text{ mmol/l}$) (slika 1B). Prema kriteriju maxLAss ustanovljena je veća koncentracija laktata [LA], što je suprotno navedenoj [LA] = 4 mmol/l prema kompatibilnom OBLA-kriteriju, ali za TEST A i TEST B (slika 1B).

Krvni pH ustanovljen prema TA (acidoznom pragu) u TESTU A bio je 7.41 ± 0.02 (slika 1C). Vrijednosti pH smanjile su se na razini OBLA i u TESTU A i u TESTU B (slika 1C). Ipak, pH_{TA} bio je niži u TESTU A ($7.37_{-0.02}$), a viši u TESTU B (7.39 ± 0.01). Krvni pH koji je odgovarao maxLAss , bio je najniži (7.36 ± 0.02) u TESTU C (slika 1C). To je u suglasju s vrijednostima LA_{maxLAss} koje su također bile najviše u tom testu.

Frekvencija srca na razini LT i TA pokazala je slične vrijednosti (slika 1D). U TESTU A je $\text{HR}_{\text{LT}} =$

$159 \pm 7 / \text{min}$, a u TESTU B $\text{HR}_{\text{LT}} = 161 \pm 11 / \text{min}$. Prema kriteriju OBLA zabilježene su više vrijednosti frekvencije srca u oba testa, ali nije bilo značajnih razlika između testova (HR_{OBLA} $169 \pm 7 / \text{min}$ u TESTU A, $170 \pm 9 / \text{min}$ u TESTU B). Zaključak da različiti protokoli testiranja nisu utjecali na frekvenciju srca dodatno je potvrđen vrijednošću $\text{HR}_{\text{maxLAss}}$ u TESTU C ($171 \pm 8 / \text{min}$), koja je bila slična vrijednostima RH_{OBLA} u TESTU A i TESTU B.

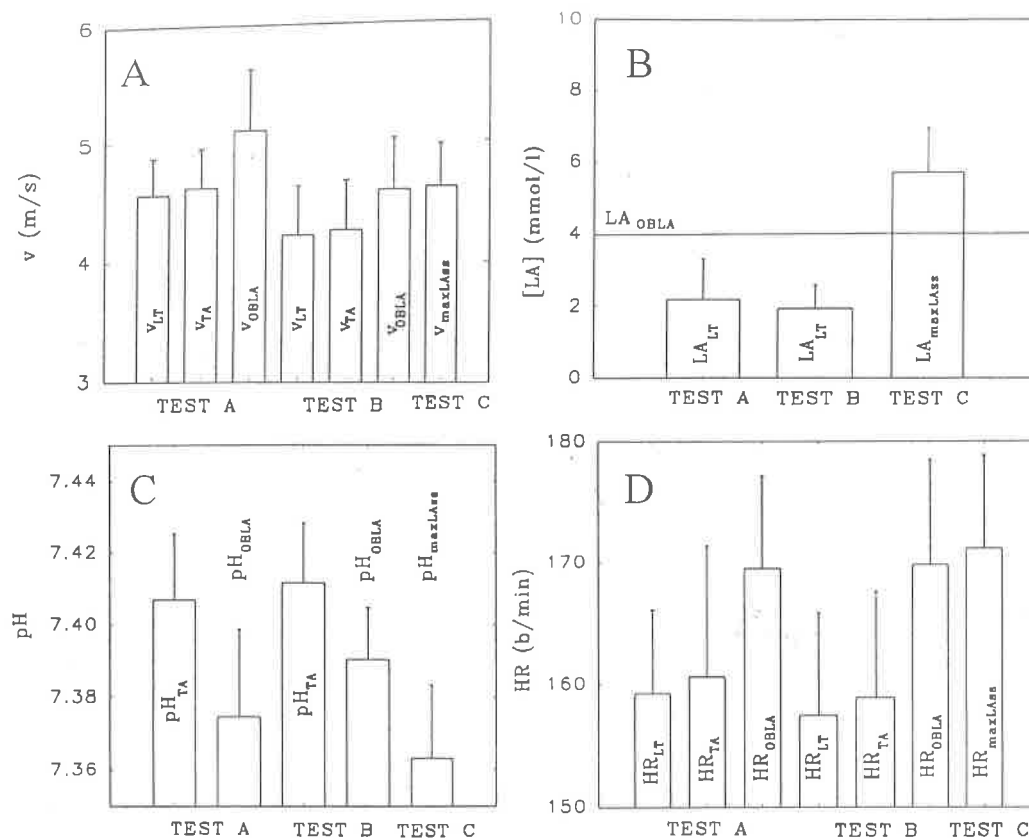
Ti rezultati daju negativan odgovor na prvo pitanje: različiti protokoli testiranja različito utječu na promatrane mjere pragova i na fiziološki odgovor.

Koeficijenti korelacije između promatranih vrijednosti izračunati su kako bi se utvrdilo je li moguće precizno predvidjeti promjene izazvane različitostima karakteristika protokola testiranja. Pri usporedbi TESTA A s TESTOM B ne može se precizno predvidjeti laktatni prag. Brzina trčanja V_{LT} nije značajno korelirala ($r = 0.53$), kao ni LA_{LT} ($r = 0.28$) niti HR_{LT} ($r = 0.67$). S druge se strane V_{TA} ($r = 0.80$; $P < .05$), pH_{TA} ($r = 0.83$; $P < .05$) i HR_{TA} ($r = 0.83$; $P < .05$) čine predvidljivima. Brzina V_{OBLA} pokazala je značajnu korelaciju ($r = 0.94$; 5.01). Slično se čini da je i pH_{OBLA} ($r = 0.83$; $P < .05$) točno predviđen. Međutim, HR_{OBLA} nije pokazao značajnu korelaciju ($r = 0.65$). Čini se da bi samo karakteristike pH kinetike mogle biti predviđene usporedbom između TESTA A i TESTA B.

Kada se TEST A usporedi s TESTOM C, V_{OBLA} je pokazao značajnu povezanost s V_{maxLAss} ($r = 0.95$; $P < .01$). Nasuprot tome, RH, [LA] i pH, koji su odgovarali OBLA i maxLAss , nisu pokazali značajnu povezanost. Kada se TEST B usporedi s TESTOM C, vrijednosti dobivene prema OBLA-kriteriju mogle su se usporediti s onima dobivenima prema maxLAss u TESTU C. Obje su brzine pokazale značajnu povezanost ($r = 0.99$; $P < .01$). Slično se pokazala i mogućnost točno predviđanje HROBLA i $\text{HR}_{\text{maxLAss}}$ ($r = 0.97$; $P < .01$). Nasuprot tome, LA_{OBLA} , za koji je navedeno da je 4 mmol/l, nije se mogao korelirati s vrlo različitim vrijednostima LA_{maxLAss} (od 4 do 8.5 mmol/l). Čini se da su i pH_{OBLA} i $\text{pH}_{\text{maxLAss}}$ netočno predviđeni zbog niske korelacije ($r = 0.15$). Zaključak prema iznesenim korelacijama ujedno je i negativan odgovor na drugo pitanje: nije moguće predviđanje fiziološkog odgovora u TESTU C, koji je ujedno simulacija određenog intermitentnoga treninga izdržljivosti.

Rasprava i zaključak

Brzina trčanja tijekom različitih natjecanja koja zahtijevaju izdržljivost i brzinu utvrđene pri



Slika 1 Brzina trčanja, HR, LA i pH utvrđeni prema kriterijima LT, TA, OBLA i maxLAss u TESTU A, TESTU B i TESTU C pokazali su specifične razlike testova

anaerobnom pragu (AT), laktatnom pragu (LT), pojavi akumulacije laktata u krvi (OBLA), individualnom laktatnom pragu (IAT) itd., a koje su dobivene testovima, pokazuju vrlo visoke korelacije (4, 7, 16). To je dovelo do zaključka da su pragovi najdostupnije mjere za procjenu izdržljivosti u trčanju i biciklizmu. Taj se zaključak izravno primjenjivao u filozofiji treninga tipa izdržljivosti: intenzitet na razini praga, koji je dobiven prema određenom protokolu testiranja, uzrokovao je sličan fiziološki odgovor i u treningu izdržljivosti. Teorijski, to je bio logičan zaključak. Po našem mišljenju, međutim, eksperimenti koji su se izvodili s namjerom da potvrde takvo shvaćanje, nisu bili uspješni. Nužno je, naime, da potencijalni kriteriji osiguraju sličnu fiziološku reakciju i u uvjetima testiranja i u uvjetima treninga, a ako je fiziološki odgovor različit, potrebno ga je prema uvjetima testiranja precizno predvidjeti za uvjete treninga. Dostupna literatura pokazuje da samo neki kriteriji, poput individualnog anaerobnoga praga, mogu pod specifičnim uvjetima testiranja sačuvati LA u maksimalnom stabilnom stanju u vježbi od 30 min na veslačkom ergometru (14), bicikl-ergometru ili u trčanju (15). Isti kriterij, međutim, u vrlo

sličnim uvjetima nije pokazao korelaciju reakcije LA između vrijednosti u protokolu testiranja i pri kontinuiranom vježbanju (11). Aerobno-anaerobni prag (8) pokazao je da se LA polagano, ali kontinuirano povećavao (zanemarivo tijekom vježbanja od 30 minuta) do razine od 4 mmol/l. I drugi izvješćuju o vrlo različitim reakcijama ako se tijekom kontinuiranog vježbanja vježbe izvode intenzitetom anaerobnoga praga (12). Kada se LT primijeni kao uobičajeni intenzitet treninga, onda se može raditi o preslabom intenzitetu (12), osim u trčanju na jako duge pruge. Za razliku od ostalih istraživanja koja su koristila LA, osim jednoga gdje se ispitivao složeniji hormonski odgovor (12), naša je analiza uključila i ispitivanje pH i frekvencije srca. Naši rezultati pokazuju da karakteristike testiranja značajno utječu na brzinu trčanja, LA, pH, ali ne i na frekvenciju srca u odabranim protokolima. Prema tim rezultatima, V_{OBLA} i HR_{OBLA} mogu se koristiti kao kriteriji za određivanje intenziteta trčanja koji odgovara maxLAss, ako su karakteristike obaju testova slične, kao u ovom istraživanju. Jedina karakteristika koja se mogla točno predvidjeti iz TESTA A i TESTA B za TEST C pomoću V_{OBLA} ,

bila je $V_{\max LA_{SS}}$ $HR_{\max LA_{SS}}$ se mogao točno predvidjeti samo iz TESTA B pomoću HR_{OBLA} . Niti LA niti pH, koji bi odgovarali $\max LA_{SS}$, nisu se mogli točno predvidjeti iz TESTA A ni TESTA B. Prema tome, fiziološki odgovor procijenjen prema LA i pH nepredvidiv je u takvim uvjetima. Mogu se očekivati izraziti otkloni. Rezultati vode do tri glavna zaključka:

- Pragovi određeni primjenom istog načela (metode), a prikazani kao brzine trčanja, pokazali su značajnu korelaciju, neovisno o različitim karakteristikama testiranja koje su utjecale na njihove apsolutne vrijednosti.

- Različite udaljenosti (trajanje) trčanja, korištene u intermitentnim protokolima testiranja, značajno su utjecale na fiziološki odgovor organizma. Reakcija procijenjena prema LA i pH ne može se precizno predvidjeti za aktivnosti s određenim karakteristikama na temelju aktivnosti s drugačijim karakteristikama.
- Ne čini se pouzdanim primijeniti različite mjere pragova za definiranje treninga izdržljivosti i to zbog netočnoga predviđanja složenog fiziološkog odgovora.

Prema tome, pristup treningu kojem su pragovi temelj za kreiranje treninga tipa izdržljivosti ne bi trebao biti prihvaćen kao zadovoljavajući.

Literatura

1. Beaver W.L., Wasserman K., Whipp B. (1986). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J Appl Physiol*, 60: 472-478.
2. Coen B., Schwary L., Urhausen A., Kindermann W. (1991). Control of training in middle- and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, 12: 519-524.
3. Fahrenbach R., Mader A., Hollman W. (1987). Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int J Sports Med*, 8: 11-18.
4. Farrel P., Wilmore J.H., Coyle E.F., Billing J.E., Costill D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci in Sports and Exerc*, 11: 338-344.
5. Janssen P.G. and J.M.: Training, lactate, pulse rate. Polar Electro Oy, Oulu, 1987.
6. Karlsson J., Jacobs I. (1982). Onset of Blood lactate accumulation during muscular exercise as a threshold concept. *Int J Sports Med*, 3: 190-192.
7. Kiayoji T., Matsuura Y. (1984). Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. *J Appl Physiol*, 57: 640-643.
8. Kindermann W., Simon G., Keul J. (1985). The significance of the aerobic - anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Europ J Appl Physiol*, 54: 84-88.
9. Lehmann M., Berg A., Kappi R., Wessnhage T, Keul J. (1983). Correlations between laboratory testing and distance running performance in marathoners of similar performance ability. *Int J Sports Med*, 4: 226-230.
10. Orok C.J., Hugson R.L., Green H.J., Thomson J.A. (1989). Blood lactate responses in incremental exercise as predictors of constant load performance. *Europ J Appl Physiol*, 59: 262-267.
11. Oyono-Enguelle S., Heitz A., Marbach J., Ott C., Gartner M., Pope A., Vollmer J.C. (1990). Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. *Europ J Appl Physiol*, 60: 321-330.
12. Schnabel A., Kindermann W., Schmitt W.M., Biro G., Stegmann H. (1982). Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, 3: 163-168.
13. Stegman H., Kindermann W. (1982). Comparison of prolonged exercise test at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. *Int J Sports Med*, 3: 105-110.
14. Urhausen A., Coen B., Weiler D., Kindermann W. (1993). Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med*, 14: 134-139.
15. Usaj A., Starc V. (1996). Blood pH and lactate kinetics in the assessment of running endurance. *Int J Sports Med* 17: 34-40.
16. Weltman A. (1995). *The blood lactate response to exercise*. Champaign: Human kinetics.