

ODNOS LAKTATNOGA I CONCONIJEVA ANAEROBNOG PRAGA U TERENSKIM TESTOVIMA

Maria Augusta Peduti dal' Molin Kiss, Jorge Perrout Lima,
Karin Matsushigue, Marcelo Regazzini, Renato Höepner,
Dutra Neto, Aulus Sellmer i Maria Tereza Silveira Böhme

*Sportskodijagnostički laboratorij, Fakultet fizičke kulture i sporta,
Sveučilište São Paulo, Brazil*

Izvorni znanstveni članak

UDK: 612.1/2:572.5

Primljeno: 05.11.1997.

Prihvaćeno: 14.04.1999.

Sažetak

Određivanje koncentracije mliječne kiseline u krvi, odnosno laktatnog profila, važna je metoda koja se koristi u kontroli trenažnog procesa; za pravilno programiranje, međutim, potrebno je primijeniti specifično opterećenje pri mjerenju. Cilj rada je analizirati odnos dvaju terenskih testova s progresivnim opterećenjem: jednoga s određivanjem laktata i drugoga s određivanjem defleksijske točke frekvencije srca. Dvanaest triatlonaca sudjelovalo je u provedbi progresivnog testa opterećenja na atletskoj stazi s određivanjem koncentracije mliječne kiseline u krvi (Kiss i suradnici, 1995b) i Conconijeva testa (Conconi i suradnici, 1982). Iz laktatne krivulje izračunata je brzina trčanja pri koncentraciji laktata od 3.5 mM/l (La3.5PR-T) korištenjem regresijskog modela po odsječcima s ugrađenom individualnom korelacijskom matricom (*piece-wise regression model*). Izračunata je i brzina trčanja u defleksijskoj točki frekvencije srca, HRT, (Conconi i suradnici, 1982). Postignute su prosječne brzine od $16.55 \pm 1.34 \text{ kmh}^{-1}$ za laktatni i $16.33 \pm 1.39 \text{ kmh}^{-1}$ za Conconijev test; u oba testa postignuti su slični rezultati - bez statistički značajnih razlika ($p = 0.63$) i $r = 0.7$ ($p = 0.008$). Ekološka valjanost terenskih testova bolja je od valjanosti laboratorijskih testova sa sličnim protokolima; za procjenu valjanosti Conconijeva testa treba primijeniti terenski test s direktnom analizom metaboličkih parametara; u ovom slučaju, HRT se podudara sa La3.5PR-T. Frekvencija srca se kod oba praga približava vrijednosti od 170 otk/min, slično kao u Wahlundovu (1948) testu PWC-170, a različito od onoga što su dobili Kissova i suradnici (1995d).

Cljučne riječi: laktatni prag, regresijska metoda *piece-wise* po odsječcima, triatlon, terenski test, Conconijev test, PWC₁₇₀

Abstract:

HEART RATE DEFLECTION POINT AND LACTATE THRESHOLD IN FIELD TEST

Lactate profile is an important tool for training orientation, however, it is necessary to use a specific stimulus for an adequate prescription. The aim of this work is the analysis of the relationship between two field tests: one with lactate measures and the other with heart rate deflection, in twelve triathletes. They performed a graded track test (Kiss et al., 1995b) and a Conconi test (Conconi et al., 1982). Calculations of the velocity at lactate 3.5 mM were done on track situations (La3.5PR-T) using a piece-wise regression model incorporating an intra-individual correlation matrix. The heart rate deflection velocity, HRT, (Conconi et al., 1982) was also calculated. Mean and standard deviation for graded track test: $16.55 \pm 1.34 \text{ kmh}^{-1}$ and for Conconi: $16.33 \pm 1.39 \text{ kmh}^{-1}$; track test protocols have similar results: no statistical difference ($p=0.63$) and $r=0.7(p=0.008)$. An ecological validity for track tests is better than for laboratory tests with similar protocol; the gold standard for validity measurement of the Conconi test must be a field test with direct analysis of the metabolic conditions; in this case HRT coincides with La3.5PR-T. The heart rate at both thresholds approaches 170 bpm, similar to PWC-170 of Wahlund (1948), and different from Kiss et al., 1995d.

Key words: lactate profile, piece-wise regression, triathlon, track test, Conconi test, Physical Working Capacity with 170bpm.

Uvod

U posljednja dva desetljeća različiti autori bavili su se istraživanjem anaerobnog praga (AnT od anaerobic threshold) koristeći različite pristupe (Wasserman i suradnici, 1973; Skinner i McLellan, 1980; Kiss i suradnici, 1988). Neki su koristili ventilacijske parametre, tzv. neinvazivne metode (Wasserman i suradnici, 1973), dok su drugi (Mader i suradnici, 1976, Heck i suradnici, 1985) za

procjenu praga mjerili koncentraciju mliječne kiseline u krvi u testovima s progresivnim opterećenjem.

Naš istraživački tim (Kiss, 1989, Kiss i suradnici, 1988, 1991, 1995a, 1995b) radije koristi izraz *laktatni profil* (*Blood Lactate Profile - LaPR*) u istraživanju odnosa koncentracije mliječne kiseline u krvi [La] i brzine trčanja na pokretnom sagu, budući da obuhvaća i aerobne i anaerobne zone opterećenja.

Dok neki autori navode da LaPR donekle ovisi o trajanju i broju stupnjeva opterećenja, tj. da se radi o odgovoru ovisnu o protokolu (Kindermann i suradnici, 1980; Heck i suradnici, 1985, Foxdal i suradnici, 1994), drugi nisu utvrdili ovisnost LaPR o protokolu primijenjenoga testa (Hughson i suradnici, 1985; McLellan i suradnici, 1985; Ribeiro i suradnici, 1986; Pellegrino i Browe, 1988; Dickstein i suradnici, 1990).

Kako bi se otklonio utjecaj protokola testiranja na razlike između laboratorijskih i terenskih testova, nužno je u terenskim testovima primijeniti protokole slične laboratorijskima, kao što su korišteni za validaciju anaerobnog praga (AnT) u radovima Geisemayera i Riecherta (1987) te Kissove i suradnika (1995b).

Radi toga su u ovom istraživanju uspoređena dva terenska testa: 1) analizirana je brzina trčanja pri La3.5PR na atletskoj stazi s brzinom trčanja u točki defleksije u Conconijevu testu (Conconi i suradnici, 198) i 2) analizirana je frekvencija srca pri oba praga i uspoređene su brzine trčanja pri frekvenciji srca od 170 otk/min u oba testa.

Metode rada

U istraživanju je sudjelovalo 12 triatlonaca nacionalne i regionalne kvalitetne razine, prosječne dobi 23.2 ± 1.5 godina, 176.2 ± 4.8 cm visine i 69.4 ± 5.7 kg tjelesne mase, nakon pismenog pristanka i upoznavanja s ciljem i rizicima testiranja. Svi su ispitanici trenirali po 6 dana u tjednu i natjecali su se barem godinu dana prije testiranja.

Primijenjeni su sljedeći protokoli:

- 1) prvi je terenski laktatni test proveden na 400-metarskoj atletskoj stazi, prema Kiss i suradnici (1995b), s brzinama trčanja koje su preslikane iz laboratorijskoga protokola. Brzina je kontrolirana zvučnim signalima (*beeper*), programiranima na predodređene istovjetne duljine staze (Fleishmann, 1993). Stanka za vadenje i određivanje koncentracije mliječne kiseline u krvi između pojedinih stupnjeva opterećenja iznosila je 30 sekundi. Početna brzina trčanja iznosila je 7.2 kmh^{-1} ili 8.4 kmh^{-1} (ovisno o sposobnosti ispitanika) s

povećanjem brzine od 1.2 kmh^{-1} na svakom sljedećem stupnju opterećenja; frekvencija srca mjerena je pulsmetrom Polar Vantage™, a [La] aparatom Accusport™, Njemačka.

- 2) drugi test također je proveden na 400-metarskoj atletskoj stazi, prema Conconiju i suradnicima (1982) prilagodili Kissova i suradnici (1995c). Početna brzina trčanja iznosila je $10 - 11 \text{ kmh}^{-1}$, s povećanjem od 0.5 kmh^{-1} na svakom sljedećem stupnju opterećenja. Brzina trčanja kontrolirana je predvođenim biciklom s brzinomjerom. Frekvencija srca mjerena je pulsmetrom Polar Vantage™, Finska.

Individualni La3.5PR-T (laktatni pragovi) statistički su obrađeni regresijskim modelom, po odsječcima (*piece-wise*) koji uključuje korelacijsku matricu za svakog ispitanika:

$$y_t = \theta_{11} + \theta_{12} \cdot x_t + \varepsilon_t, \text{ za } t = 1, \dots, I$$

$$\theta_{21} + \theta_{22} \cdot x_t + \varepsilon_t, \text{ za } t = I + 1, \dots, N$$

inkorporirajući strukturnu grešku autoregresivnim karakteristikama, predstavljenima u jednadžbi (1).

$$\varepsilon_t = \theta \cdot \varepsilon_{t-1} + \psi_t \quad (1)$$

I : broj točaka u prvom pravocrtном segmentu

N-I : broj točaka u drugom pravocrtном segmentu

N : broj mjerenja pojedinog ispitanika

P : korelacije

y_t : t^{ta} vrijednost laktata za pojedinog ispitanika

x_t : t^{ta} vrijednost brzine trčanja

ε_t i ψ_t slučajne pogreške, odgovaraju t^{tom} mjerenju

Restriksijski model : $\theta_{11} + \theta_{12} \cdot c = \theta_{21} + \theta_{22} \cdot c$, to jest, dva izvedena pravca imaju intersekcijsku točku $x = c$.

U Conconijevu terenskom testu Polarov softver je korišten za izračunavanje pulsa, odnosno brzina trčanja koje odgovaraju defleksijskoj točki (HRT). Za izračunavanje frekvencije srca pri anaerobnom pragu korišten je linearni regresijski model.

Studentov *t*-test (Thomas i Nelson, 1996)

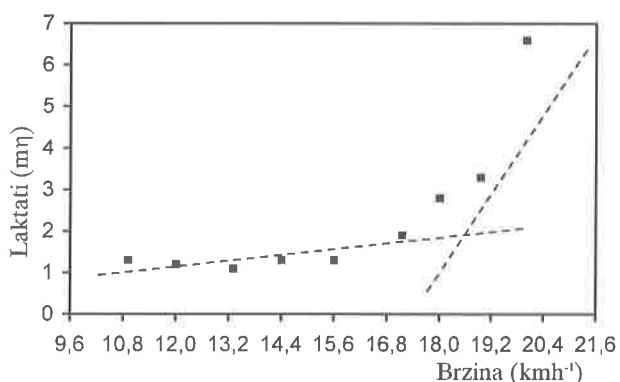
korišten je za izračunavanje razlika u brzini trčanja i frekvenciji srca pri oba praga. Koeficijenti korelacije korišteni su (Thomas i Nelson, 1996) za analizu brzina i frekvencije srca. Značajnost je testirana pri $p < .05$, no prikazani su i rezultati s graničnim vrijednostima.

Rezultati

Rezultati regresijskog modela po odsječcima (*piece-wise*) s inkorporiranom individualnom korelacijskom matricom vidljivi su na slici 1 za ispitanika JFU; linearni koeficijenti u ovom su slučaju: prvi pravac $\theta_{11} = 3.80$; $\theta_{12} = -0.17$; drugi pravac $\theta_{21} = -8.30$; $\theta_{22} = 0.74$.

Prilagodba *piece-wise* korelacijskog modela ima aritmetičku sredinu $R^2 = 0.97$; standardna pogreška prognoze iznosi (sd) = 0.03, a predstavlja slučajnu raspodjelu rezidualnih vrijednosti u svih ispitanika.

Slika 1: Primjer *piece-wise* regresije za ispitanika JFU.



Aritmetička sredina i standardna devijacija za La3.5PR-T iznosi: 16.55 ± 1.34 kmh⁻¹; točka defleksije (HRT) procijenjena je u svih ispitanika, odgovara prosječnoj brzini trčanja od: 16.33 ± 1.39 kmh⁻¹ (tablica 1, slika 2). Relativna brzina trčanja pri La3.5PR-T (90.4

Tablica 1: Brzine trčanja na stazi: anaerobni prag u laktatnom i Conconijevom testu. Brzina trčanja pri frekvenciji srca od 170 otk/min za oba protokola.

| | Anaerobni prag (kmh ⁻¹) | | HR170 (kmh ⁻¹) | |
|---------------------|-------------------------------------|---------|----------------------------|-------|
| | Atletska staza | Conconi | CT1 | CT2 |
| Aritmetička sredina | 16.55 | 16.33 | 16.45 | 16.17 |
| SD | 1.34 | 1.39 | 1.46 | 1.50 |

Apscisa: Atletska staza, Conconi
Ordinata: Brzina trčanja (kmh⁻¹)

Slika 2: Brzina trčanja pri laktatnom anaerobnom pragu na atletskoj stazi i u Conconijevom testu.



± 6 %) ne razlikuje se značajno od brzine trčanja pri HRT (88.7 %).

Brzine trčanja pri frekvenciji srca od 170 otk/min za protokol po Kissovoj (16.45 ± 1.46 kmh⁻¹, CT1) i Conconi (16.17 ± 1.5 kmh⁻¹, CT2) također se ne razlikuju značajno - $p = 0.64$, standardna pogreška prognoze (SSE) = 6.9 %.

Korelacija između apsolutnih brzina trčanja u oba terenska testa iznosi 0.7 ($p = 0.008$); za brzine trčanja pri La3.5PR-T i HRT izražene u relativnom omjeru u odnosu na maksimalne korelacija još je uvijek značajna ($p = 0.05$), dok je za maksimalne brzine korelacija granična ($r = 0.52$; $p = 0.07$).

Frekvencija srca pri La3.5PR-T iznosi 174 ± 5 otk/min, a pri HRT 174 ± 6 otk/min ($p < 0.05$); vrijednosti frekvencije srca ne razlikuju se bitno niti ako se izraze relativno u odnosu na maksimalni puls. Maksimalne frekvencije srca između testova također se ne razlikuju značajno.

Diskusija

Léger i Tokmakidis (1988) dobili su nisku korelaciju između laktatnoga protokola u laboratoriju i Conconijeva protokola u terenskim uvjetima ($r = 0.5$) uz 13% višu brzinu trčanja pri HRT u odnosu na laktatni prag. Jablowsky i suradnici (1996) usporedili su laktatni i modificirani Conconijev prag u laboratorijskim uvjetima, dobivši nisku povezanost ($r = 0.3$). Suprotno, Bunc i suradnici (1995) dobili su visoku korelaciju laktatnoga i modificiranog HRT u laboratoriju ($r = 0.96$), vjerojatno zbog primijenjenog istog matematičkog modela i istih uvjeta testiranja.

Visoka povezanost apsolutnih i relativnih vrijednosti brzine trčanja pri La3.5PR-T i HRT

upućuje na specifičnost i valjanost terenskih testova u programiranju i kontroli treninga; ukoliko bismo za dobivanje trenažnih opterećenja koristili samo rezultate laboratorijskih testova, na njima utemeljen intenzitet u trenažnom procesu bio bi potcijenjen.

La3.5PR-T kao i HRT ($18.5 \pm 1.1 \text{ kmh}^{-1}$) razlikuju se u odnosu na ono što su u svom radu dobili Léger i Tokmakidis (1988) na dugoprugašima. Rezultati u našem istraživanju razlikuju se od Conconijevih (1982) rezultata na trkačima maratoncima ($18.9 \pm 1.2 \text{ kmh}^{-1}$) i 5000-metrašima ($19.1 \pm 1.1 \text{ kmh}^{-1}$) te od rezultata koje su Kiss i suradnici dobili na srednjo- i dugoprugašima, vjerojatno zbog toga što je naša studija provedena na uzorku triatlonaca, koji osim trčanja, treniraju još dvije sportske discipline.

Nasuprot tome, Coen i suradnici (1991) dobili su vrijednosti individualnog anaerobnog laktatnog praga u srednjoprugaša, dugoprugaša i triatlonaca od $16.6 \pm 1 \text{ kmh}^{-1}$. Ušaj i Starc (1996) dobili su slične vrijednosti praga za LT i OBLA metode u dugoprugaša ($16.6 \pm 1.4 \text{ kmh}^{-1}$ i $16.5 \pm 1.6 \text{ kmh}^{-1}$). Ovi sportaši aerobne izdržljivosti postigli su slične rezultate našima pri fiksnoj koncentraciji laktata od 4 mM.

Kispert i suradnici (1988) ne nalaze značajne razlike između HRT i drugih modela anaerobnog praga. Kiss i suradnici (1995b) ne nalaze značajne razlike u srednje- i dugoprugaša između HRT u laboratorijskim i terenskim uvjetima (169 ± 3 , odnosno $167 \pm 5 \text{ otk/min}$) testiranja. Frekvencija srca pri La3.5PR-T i HRT nisu se statistički značajno razlikovale, približavajući se vrijednosti od 170

otk/min, slično radovima Wahlunda i suradnika (1948), Kisperta i suradnika (1988), Oliveire i suradnika (1993, 1995) te Oliveira (1995) je na uzorku nogometaša juniora utvrdio značajnu korelaciju ($r = 0.83$) progresivnog laktatnog testa i CT170 uz standardnu pogrešku prognoze (SSE) od 6.4%, nasuprot Kissovoj i suradnicima (1995d) koji nisu utvrdili značajnu korelaciju između La3.5PR-T i CT170. Možemo zaključiti da se, iako CT170 ima ograničenu vrijednost, može koristiti kao parametar za procjenu brzine trčanja pri laktatnom pragu u terenskim uvjetima.

Zaključak

Koristeći regresijski model po odsječcima (*piece-wise*), s intra-individualnom korelacijskom matricom za svakog ispitanika, usporedili smo dva terenska testa za procjenu anaerobnog praga: laktatni i Conconijev test. U oba su testa postignuti slični rezultati za brzine trčanja pri pragu, usprkos slaboj korelaciji između postignutih maksimalnih brzina trčanja.

Laktatni anaerobni prag u triatlonaca niži je nego u trkača i maratonaca, vjerojatno zbog nižeg stupnja fiziološke adaptacije sportaša u ovom sportu koji je sastavljen od više disciplina.

Frekvencija srca pri anaerobnom pragu približava se vrijednosti od 170 otk/min za različite protokole i metode testiranja, te se CT170 može koristiti kao dobar inicijalni pokazatelj submaksimalnog intenziteta rada.

Literatura

1. Bunc, V., P. Hofmann, H. Leitner, G. Gaisl (1995). Verification of the heart rate threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 70(3): 263-269.
2. Coen, B., L. Schwarz, A. Urhausen, W. Kindermann (1991). Control of training in middle- and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 12(6): 519-524.
3. Conconi, F. et alii (1982). Determination of the anaerobic threshold by non invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 22(4): 869-873.
4. Dickstein, K., S. Barvik, T. Aarsland, S. Sanpinn, J. Karlsson.(1990). A comparison of methodologies in detection of anaerobic threshold. *Circulation*, 81(1): II38-II46.
5. Fleishmann, E.(1993). *Comparação dos limiares anaeróbico individual e de lactato analisados pelos testes de laboratório e de pista em esportistas de atletismo de fundo e meio-fundo*. (Master Dissertation). São Paulo: Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.

6. Foxdal, P., B. Sjödén, A. Sjödén, B. Östman (1994). The validity and accuracy of blood lactate measurements for prediction of maximal endurance running capacity. Dependence of analysed blood media in combination with different designs of the exercise test. *International Journal of Sports Medicine* 15(6): 89-95, 1994.
7. Geisemeyer, H., H. Rieckert (1987). Field-step test in running for a sports discipline related diagnosis of endurance power. *International Journal of Sports Medicine*, 8(2): S
8. Heck, H., A. Mader, G. Hess, S. Mücke, R. Müller, W. Hollmann (1985). Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6: 117-130.
9. Hughson, R.L., G.W. Bennett, M.D. Inmann, H.J. Green, D. Ursino (1985). Invasive and noninvasive "thresholds" in three different ramp exercise tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(2): 217.
10. Jablonowsky, R., M. Azma, Y. Higer (1996). *Annals of the 1996 International Pre-Olympic Congress*, Dallas, Texas.
11. Kindermann, W., G. Simon, J. Keul (1980). The significance of the aerobic-anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology*, 42: 25-34.
12. Kiss, M.A.P.D.M. (1989). *Perfil metabólico de endurance em laboratório e campo em função de idade e de treinamento*. (Projeto de Ingresso em Regime de Dedicação Integral à Docência e à Pesquisa). São Paulo: Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo.
13. Kiss, M.A.P.D.M., M. Arruda, J. Gagliardi, E. Fleishmann, P.R. Carvalho (1995a). Técnicas de análise de evolução de treinamento em basquetebolistas infantis. *Revista Brasileira de Medicina Esportiva*, 1(1): 24-26.
14. Kiss, M.A.P.D.M., J. Machida, I. Dirani, S.M. Zucas (1988). Lactato em testes de endurance e de velocidade. *Revista Paulista de Educação Física*, 2(3): 39-43.
15. Kiss, M.A.P.D.M., A. C. Simoes, J. Gagliardi, F. Lobo, F. Kalinowski (1991). Comparação entre fases de treinamento de handebol através de perfil de lactato em quadra. *Revista Brasileira de Ciência & Movimento*, 5(4): 53.
16. Kiss, M.A.P.D.M., E. Fleishmann, L. K. Cordani, F. Kalinowski, R. Costa, F.R. Oliveira (1995b). Validade da velocidade de limiar do lactato de 3,5 mmol x l-1 identificada através de teste em pista de atletismo. *Revista Paulista de Educação Física*, 9(1): 16-25.
17. Kiss, M.A.P.D.M., J.P. Lima, K.A. Matsushigue, M. Regazzini, R.H. Dutra Neto., A. Sellmer (1995c). Anaerobic threshold calculated by piece-wise regression and the Conconi test. *Images of Sport in the World*. Abstract Volume. p.9. Cologne: German Sport University Cologne.
18. Kiss, M.A.P.D.M. ; Oliveira, F.; Fleishman, E. ; Lima, J.R.P.; Magalhães, E.; Gagliardi, J.; Kalinovsky, F.(1995d). Teste de pista em atletismo e capacidade de trabalho com frequência cardíaca 170 bpm (CT170) U: *SIMPÓSIO PAULISTA DE EDUCAÇÃO FÍSICA*, 5, Rio Claro, São Paulo, 1995. Anais. str.40.
19. Kispert, C. G. Moore, J. Stray-Gundersen (1988). Comparison of the ventilatory threshold, lactate threshold and heart rate deflection point. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 20 (2) Sup. S38.
20. Léger, L. and S. Tokmakidis (1988). Letters to the editor: Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 64(4): 1758-1760.
21. McLellan, T.M. (1985). Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *International Journal of Sports Medicine*, 6(1): 30-35.
22. Mader, A.; H. Liesen; H. Heck; H. Philippi; H. Rost; P. Schürch; W. Hollmann (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin*, 27: 109-12.

23. Oliveira, F.; Araujo, A. S.; Gagliardi, J.F.; Vasquez, F.J. Kiss, M. A.P.D.M. prediction of reference of velocity of (la) 3.5mmol x l⁻¹ and lactate threshold from submaximal variables. *Rev. Paul. Medicina*, 111 (50); 32, 1993.
24. Oliveira, F.R.(1995). *Predição da velocidade de referencia de concentração de lactato de 4mmol/l a partir da velocidade de frequência cardíaca de 170 bpm em pista.* (Master Dissertation). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
25. Pellegrino, J.A., A.C. Browe (1988). The effect of treadmill protocol upon lactate, ventilatory and temperature thresholds in man. *Medicine Science in Sports Exercise*, 18(2):S 97. Suppl.
26. Ribeiro, J.P., J. Yang, R.P.Adams, B. Kuca, H.G. Knutten (1986). Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 19: 109-117.
27. Skinner, J.S., T.H. McLellan (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51(1): 234-248.
28. Thomas, J.R., J.K. Nelson (1996). *Research methos in physical activity.* Champaign, Ill.: Human Kinectics.
29. Usaj, A.,V. Starc (1996). Blood ph and lactate kinetics in the assessment of running endurance. *International Journal of Sports Medicine*, 17(1): 34-40.
30. Wahlund, H. (1948). Determination of physical capacity. *Acta Physiologica Scandinivica*, 215: 1-78. Suppl.
31. Wasserman, K., B.J.Whipp, S.N. Koyal, W.L. Beaver (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35: 236-243.
32. Yoshida, T. (1984). Effect of exercise duration during incremental exercise on determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *European Journal of Applied Physiology*, 53: 196-199.
33. Zacharogiannis, E, M. Farrally (1993). Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33: 337-347.