

# Aspectes diferencials en les proves d'esforç en cicloergòmetre i banda rodant en triatletes

ALVERO CRUZ, J.R.\*

MARIN GONZÁLEZ, M.C.\*\*

ALVAREZ REY, G.\*\*

AVILA ROMERO, F.\*\*\*

GARCIA ROMERO, J.\*

Escola de Medicina de l'Educació  
Física i l'Esport (EMEFIDE)  
Universitat de Màlaga

\* Professor titular.

Àrea d'Educació Física i Esportiva.  
Universitat de Màlaga

\*\* Especialista en Medicina  
de l'EF i l'Esport

\*\*\* Doctor en Educació Física

CORRESPONDÈNCIA:

Dr. José Ramón Alvero Cruz  
Edifici López de Peñalver.  
Campus Universitari de Teatinos s/n.  
Universitat de Màlaga  
E-mail: alvero@uma.es

APUNTS. MEDICINA DE L'ESPORT. 2004; 143: 27-32

**RESUM:** S'han realitzat proves d'esforç en cicloergòmetre i banda rodant a 10 triatletes amb una diferència entre elles de 48 hores i sense entrenaments intensius que puguin modificar els paràmetres d'esforç màxim. Els protocols d'esforç van ser: per a la cicloergometria, inici en 50 wats i augments de 25 w/min fins l'esgotament; en el tapis rodant, inici en 7 km/h i increments d'1 km/h/min, també fins l'esgotament. Es van enregistrar el  $VO_2$  i el  $VCO_2$  i els volums espirats amb un ergoespiròmetre de gasos CPX Breeze de Medical Graphics Corporation (MN) (USA).

No s'han observat diferències entre el  $VO_2$  màx entre les proves de cicloergòmetre ( $48,8 \pm 4,8$  ml/kg min) i banda rodant ( $47,86 \pm 3,88$ ). El  $VO_2$  en el llindar anaeròbic és major en la prova en banda rodant ( $40,34 \pm 0,1$ ) que en el cicloergòmetre ( $37,92 \pm 4,69$ ) i percentualment amb respecte al  $VO_2$  màx s'observen diferències significatives (84,2% versus 77,6%).

La freqüència cardíaca màxima (FCM) no presenta diferències significatives entre ambdues proves. Cicloergòmetre: ( $184,8 \pm 13,7$ ), Banda rodant ( $185,1 \pm 19,1$ ). Els valors de FC en el llindar anaeròbic són més alts en la banda rodant ( $168,7 \pm 15,5$ ) que en el cicloergòmetre ( $157 \pm 15$ ). Així mateix, els percentatges de FC en el llindar anaeròbic (LIA) respecte a la FCM són majors en la banda rodant (91,1% vs 85,1%). Els valors de ventilació màxima són majors en el cicloergòmetre ( $144,2 \pm 13,4$  l) que en la banda rodant ( $131,8 \pm 2,54$  l). Els valors percentuals de ventilació en el LIA són majors que en la banda rodant (59,57%) que en el cicloergòmetre (49,5%).

**PARAULES CLAU:** Triatló, Cicloergòmetre, Banda rodant,  $VO_2$  màx, Ventilació, Freqüència cardíaca, Llindar ventilatori.

**SUMMARY.** A group of 10 triathlet men were performed in two incremental exercise test in treadmill and cycle ergometer (CE) to exhaustion, there were 48 hours between both tests, and there were no exercise or training in this period that could modify maximum exercise parameters. Exercise test protocols were, for CE: incremental step test of 25 w/min. starting at 50 watts and for treadmill: 1 km/h per minute steps starting at 7 km/h, both till exhaustion. There were measured  $VO_2$ ,  $VCO_2$  pulmonary flows and volumes with an ergospirometer gas analyzer CPX Breeze™, Medical Graphics Corporation (MN).

There were observed no statistically significance differences between maximum  $VO_2$  ( $VO_{2max}$ ) values for CE ( $48.8 \pm 4.8$  ml/kg/min) and for treadmill ( $47.86 \pm 3.88$  ml/kg/min).  $VO_2$  values at anaerobic threshold (AT) was higher at treadmill ( $40.34 \pm 0.1$ ) than at CE ( $37.92 \pm 4.69$ ) and significant differences at the  $VO_{2AT}/VO_{2max}$  ratio were found (84.2% versus 77.6%).

There were found no maximum heart rate (HRmax) differences between both tests,  $184.8 \pm 13.7$  bpm for CE and  $185.1 \pm 19.1$  for treadmill. HR values at AT were significantly higher at treadmill ( $168.7 \pm 15.5$ ) than at CE ( $157 \pm 15$ ). Moreover,  $HR_{AT}/HR_{max}$  ratio values were significantly higher at treadmill than at CE. Maximum ventilation (VE) values were significantly higher in CE ( $144.2 \pm 13.4$  l) than in treadmill ( $131.8 \pm 2.54$  l) and  $VE_{max}/VE_{AT}$  ratio were significantly higher at treadmill (59.57%) than at CE (49.5%).

**KEY WORDS:** Triathlon, Cycle ergometer, Treadmill,  $VO_2$  max, Ventilation, Heart rate, Ventilatory thresholds.

## INTRODUCCIO

El triatló es caracteritza per ser un esport en el qual es combinen 3 segments competitiu que, per ordre, serien: natació, ciclisme i cursa. La preparació, el model i la planificació de l'entrenament seran força diferents, així com també ho seran la intensitat d'entrenament i la competició exigida en cada segment competitiu.

Els triatletes mostren importants valors de consum màxim d'oxigen<sup>(6,7)</sup> i de llindars ventilatòria<sup>(16,17)</sup>. Algunes de les variables predictores del rendiment del triatló són el pic màxim del consum d'oxigen i el llindar ventilatori. El manteniment dels valors abans esmentats són també factors decisius en el resultat esportiu tant en les càrregues d'entrenament com en l'estratègia de cursa<sup>(5,19)</sup>.

El triatló és una modalitat esportiva en la qual la potència aeròbica és determinant –al igual que en altres esports de resistència– tant pel que fa a l'entrenament com a la competició. S'entén que la determinació dels paràmetres de consum màxim d'oxigen i llindars ventilatoris són molt importants per a la programació de l'entrenament per a la millora del rendiment. També és molt important la determinació d'aquests paràmetres fisiològics que són un clar reflex de l'economia de la cursa, l'eficiència de la nedada i la pedalejada i, per tant, es mostren com a factors decisius en el rendiment del triatló<sup>(6)</sup>.

Diversos estudis revelen la relació del llindar anaeròbic amb la velocitat en la cursa<sup>(18)</sup> i no amb les variables relacionades al segment de natació o ciclisme<sup>(19)</sup>. Cada modalitat esportiva té unes característiques fisiològiques que depenen de l'esportista, del tipus d'entrenament, de la seva planificació i de l'adaptació a tots aquests factors. No sempre es correlacionen de forma directa les variables obtingudes en natació, ciclisme o cursa<sup>(19)</sup>.

Langill<sup>(8)</sup> estudia el rendiment de triatló a partir de la determinació dels llindars ventilatoris en cursa, ciclisme i natació. Evidentment, el rendiment en el triatló no només depèn d'aquests paràmetres, sinó de les condicions ambientals durant la competició com ara la fatiga, la deshidratació, la calor, els terrenys variats, etc. Per tant, l'estudi de les variables fisiològiques ens permetrà un apropament a les variables que defineixen el rendiment.

## OBJECTIU

L'objectiu del present treball ha estat determinar quines variacions ergoespiromètriques existeixen en la prova d'esforç màxima creixent en cicloergòmetre (CIC) i en banda

rodant (BR), en paràmetres com el  $VO_2$ , la freqüència cardíaca i la ventilació en el llindar anaeròbic i en el màxim en esportistes practicants de triatló.

## MATERIAL I METODE

S'han realitzat proves d'esforç en CIC i BR amb tres dies entre proves i amb control de l'alimentació i indicacions del tipus d'entrenament abans de les proves a 10 triatletes de nivell mig (regional) de sexe masculí, de 15 hores d'entrenament mig setmanal i amb similar distribució d'entrenaments en natació, ciclisme i cursa.

Els protocols d'esforç van ser el següents: per a la CIC. Inici en 50 wats i increments de 25 w/min fins l'esgotament; en BR, inici en 7 km/h i increments d'1 km/h/min també fins l'esgotament.

Es van enregistrar el  $VO_2$  i  $VCO_2$  espirats i la ventilació (VE) amb un ergoespiròmetre de gasos CPX Breeze de Medical Graphics Corporation (MN), respiració a respiració. La freqüència cardíaca es va recollir mitjançant un pulsòmetre Polar Vantage NV.

El llindar anaeròbic ( $VT_2$ ) es va estimar mitjançant l'anàlisi del canvis respiratoris dels equivalents ventilatoris de l' $O_2$  i  $CO_2$ , així com la seva relació amb les pressions als final de l'espiració per al  $O_2$  i  $CO_2$  ( $PETO_2$ ,  $PETCO_2$ ).<sup>(4)</sup>

Amb el paquet estadístic SPSS v.10, les variables esmentades es van sotmetre a diversos anàlisis estadístics acceptant-se el valor de  $p < 0,05$  com estadísticament significatiu per a la comparació entre els diferents valors mitjos. Es va aplicar el test normalitat de Kolmogorov-Smirnov, la t de Student per a dades aparellades o depenents.

Les variables analitzades són les següents:

- el consum màxim d'oxigen ( $VO_{2m\grave{a}x}$ ), el consum d'oxigen en el llindar ventilatori2 ( $VO_{2AT}$ ) i la relació percentual entre el consum d'oxigen en el llindar respecta al màxim ( $\%VO_{2AT}/VO_{2m\grave{a}x}$ );
- la freqüència cardíaca màxima (FCM), la freqüència cardíaca en el llindar (FCAT), la relació percentual entre la freqüència cardíaca en el llindar respecte al valor màxim ( $\%FCAT/FCM$ ) i
- la ventilació màxima ( $VE_{m\grave{a}x}$ ), la ventilació en el llindar (VEAT), la relació percentual entre la ventilació en el llindar respecte al valor màxim ( $\%VEAT/VE_{m\grave{a}x}$ ).

## RESULTATS

Els valors mitjos i la desviació estàndard de les variables estudiades, freqüència cardíaca,  $VO_2$  màx i ventilació es mostren a la taula I

**Taula I**

Es representen els valors mitjos i la desviació estàndard (sd) de les variables  $VO_2$ , FC i VE en el llinar anaeròbic, el màxim i la seva relació percentual en la prova en cicloergòmetre i banda rodant

	Cicloergòmetre		Banda rodant	
	Mitjana	sd	Mitjana	sd
$VO_2$ AT (ml/kg/min)	37.9	4.69	40.34	0.14
$VO_2$ màx (ml/kg/min)	48.83	4.83	47.86	3.88
% $VO_2$ AT/ $VO_2$ max	77.66	4.46	84.3	6.66
FCAT (bat/min)	157.5	15.9	168.7	15.5
FCM (bat/min)	184.8	13.7	185.1	19
% $VO_2$ AT/ $VO_2$ max	85.1	4.65	91.1	0.93
VEAT (l/min)	71.39	11.2	78.55	8.9
VEmax (l/min)	144.2	13.4	131.8	2.54
% $VO_2$ AT/ $VO_2$ max	49.5	8.23	59.5	6.24

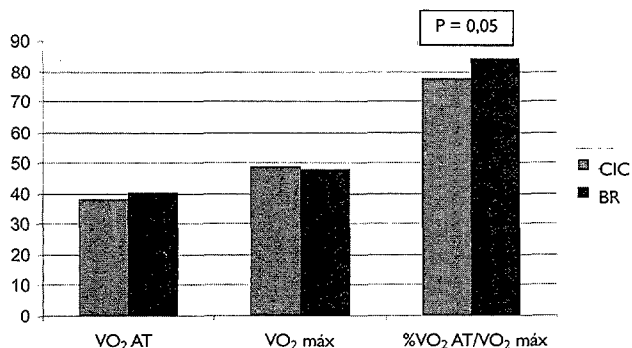
El  $VO_2$  en el llinar anaeròbic ( $VO_2$ AT) és més gran en la prova en BR (40,34  $\pm$  0,1) que en CIC (37,92  $\pm$  4,69) si DES.

No s'observen diferències en el  $VO_2$  màx entre les proves de CIC (48,8  $\pm$  4,8 ml kg min) i BR (47,86  $\pm$  3,88).

El valor percentual del  $VO_2$ AT amb relació al  $VO_2$  màx presenta diferències estadísticament significatives (DES) ( $p=0,05$ ), (77,6% vs 84,2%).

**Figura I**

Valors de consum d'oxigen (ml) en el llinar anaeròbic ( $VO_2$ AT), en el màxim ( $VO_2$  màx) i el valor percentual d'ambdues variables (% $VO_2$ AT/ $VO_2$  màx) en CIC i BR

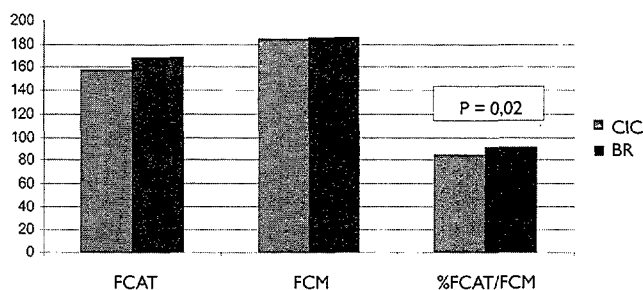


La FCAT i la FCM no presenten DES entre CIC i BR fins i tot amb diferències en el valor mig en el llinar de 11 batecs/minut.

Els percentatges de FC en el llinar anaeròbic (FCAT) respecte a la FCM són més grans en la banda rodant (85,1% vs. 91,1%) amb una diferència estadísticament molt significativa ( $p=0,002$ ).

**Figura II**

Valors de freqüència cardíaca (lat/min) en el llinar anaeròbic (FCAT), en el màxim (FCM) i el valor percentual d'ambdues variables (%FCAT/FCM) en CIC i BR

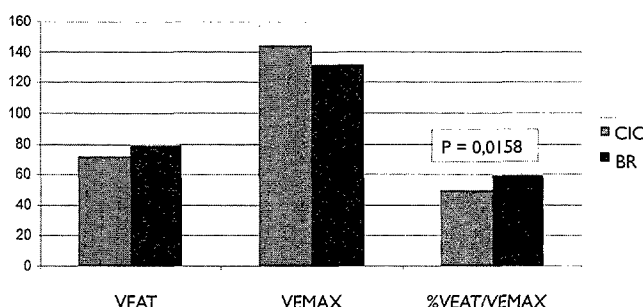


Els valors de ventilació màxima (VE màx) són més alts en CIC (144,2  $\pm$  13,4 l) que en BR (131,8  $\pm$  2,54 l), sense DES ( $p=0,084$ ) i en el llinar anaeròbic és a la inversa, en CIC (71,39  $\pm$  11,23) i en BR (78,55  $\pm$  8,91) sense presentar ambdós DES.

Els valors percentuals de ventilació en el VEAT són majors en BR (59,57%) que en CIC (49,5%) presentant DES ( $p=0,0158$ ).

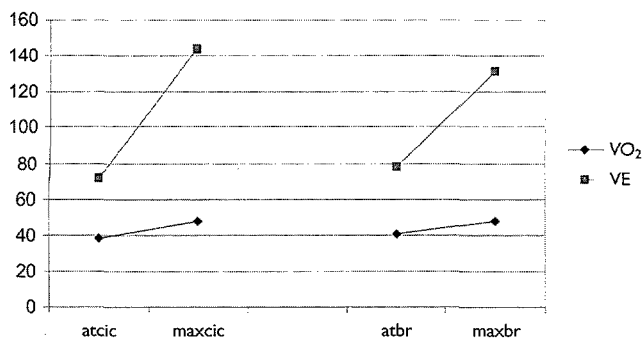
**Figura III**

Valors de ventilació (l/min) en el llinar anaeròbic (VEAT), en el màxim (VE màx) i el valor percentual d'ambdues variables (%VEAT/VE màx) en CIC i BR



**Figura IV**

Valors de  $VO_2$  (ml/kg/min) i ventilació (l/min) en el llindar anaeròbic (at), en el màxim (màx) en CIC i BR



## DISCUSSIO

### Consum d'oxigen

Els valors de consum d'oxigen acostumen a ser majors en esforços de cursa (BR) en relació amb els esforços de ciclisme (CIC) (Fig. 1). Aquests valors en CIC són un 2,1 menors que els valors en BR, en contraposició als trobats per altres autors com O'Toole<sup>(13)</sup> entre el 3-6% entre banda i cicloergòmetre, així com Kohrt, variacions del 7%<sup>(7)</sup>, Millard-Stafford<sup>(11)</sup> també troba diferències significatives entre banda, ciclisme i natació i Schneider troba diferències del 6-7%.<sup>(16,17)</sup> Mayers troba similars consums màxims d'oxigen i llindars ventilatoris en triatletes sotmesos a proves en banda rodant i, passats 45 minuts de descans, en proves en cicloergòmetre.

És important valorar el % del  $VO_2$  en el llindar anaeròbic, doncs ens indica el grau d'entrenament i adaptació fisiològica de l'atleta i la seva relació amb la velocitat i economia de cursa. La importància que aquest valor percentual sigui alt, es va relacionar, segons Kohrt, amb unes millors prestacions en la competició.<sup>(7)</sup>

Amb el mateix sentit, Sleivert i col.<sup>(18)</sup> relacionen la velocitat de cursa amb el percentatge de consum d'oxigen en el llindar anaeròbic.

En el nostre estudi, el % $VO_2AT/VO_2màx$  es troba en valors del 84 i del 77% per a BR i CIC respectivament; aquestes dades concorden amb les aportades per Bunc<sup>(2)</sup> que giren en torn al 82% i Schneider, al 80% per a la cursa i 67% per al ciclisme<sup>(10)</sup> i Kohr<sup>(7)</sup> entre el 80-85% en banda i 72-76% en ciclisme.

Tot i que aquest estudi s'ha realitzat entre homes, estudis en dones mostraven un % $VO_2AT/VO_2màx$  en el 74% en banda i del 62% en CIC.<sup>(16,17)</sup>

### Freqüència cardíaca

En el nostre estudi, la FCM no presenta valors diferents en la BR i en el CIC, concordant amb els estudis de Zhou<sup>(19)</sup>. La freqüència cardíaca és una variable que es veu afectada per molts motius: el tipus d'esforç realitzat, les masses musculars, el nivell d'esforç i la durada, la temperatura, la humitat, el nivell de recuperació entre sessió, etc.

En contraposició, O'Toole<sup>(14)</sup> aporta dades diferents de FCM en CIC i BR, fet pel qual es recomana la comprovació de les esmentades FCM en relació amb la prescripció d'intensitats d'entrenament.

Els valors mitjos de freqüència cardíaca en el cicloergòmetre són d'11 batecs/min respecte a la banda rodant en el llindar anaeròbic, tot i que no presenten DES. Aquesta variable és molt important pel control de la intensitat de l'entrenament, sobretot tenint en compte que els triatletes dupliquen les sessions d'entrenament o bé en combinen varies modalitats i per tant necessiten poder controlar diferents nivells de pulsacions. Per aquest motiu, el coneixement d'aquestes variables serveix per optimitzar la utilització dels monitors de freqüència cardíaca que ens ajuden a controlar la intensitat i el ritme de l'entrenament. Segons la durada de la prova, el nivell cardíac correspondrà a un nivell percentual de treball que variarà segons es tracti de ciclisme, carrera i natació.<sup>(14)</sup> Per tant, cada modalitat d'exercici pot tenir una freqüència cardíaca màxima "vertadera".

### Ventilació

La ventilació dependrà del tipus d'esforç ergomètric: és major quan es fa de peu que assegut o sobre una bicicleta.<sup>(10)</sup> Molts investigadors han assenyalat la importància dels fusos musculars i la seva relació amb els músculs respiratoris que es veuen afectat pel to muscular, la postura i el moviment.

Tanmateix, en aquest estudi s'han obtingut valors més importants de  $VE_{màx}$  en CIC respecte a BR, fet que podria explicar-se per una major resistència a la ventilació en la fase inspiratòria, una major congestió pulmonar i un increment de la pressió venosa pulmonar en la posició de la bicicleta que produiria a nivell aferent l'estimulació de les motoneurons alfa i, per tant, un augment de la força dels músculs inspiradors.<sup>(9)</sup>

La realització d'un exercici en un ergòmetre de bicicleta amb els braços produïa major ventilació que un exercici amb les cames (Stenberg, citat per Astrand)<sup>(1)</sup>. També els nivells d'àcid làctic i de freqüència cardíaca eren més elevats.

El percentatge de ventilació en el llindar anaeròbic és menor en CIC que en BR (49,5% vs 59,5%), presentant di-

ferències estadísticament significatives ( $p = 0,0158$ ). Aquest fenomen podria explicar-se per la posició en la qual es realitza l'exercici.<sup>(10)</sup>

La ventilació augmenta de forma lineal en relació amb el consum d'oxigen, fins valors del 50-60% del  $VO_2$ màx, a partir dels quals l'increment és més pronunciat.<sup>(4)</sup>

En general, els valors de ventilació (VE) són més importants en ciclisme i cursa que en natació.<sup>(6)</sup>

### Conclusions

➤ Els valors màxims de freqüència cardíaca i de consum d'oxigen i ventilació són similars en el cicloergòmetre comparat amb la banda rodant.

- La relació percentual dels valors de FC,  $VO_2$  i VE en el llindar respecte al valor màxim sempre és menor en cicloergòmetre respecte a la banda rodant amb DES.
- És necessari determinar mitjançant proves d'esforç aquestes variables, doncs existeixen diferències significatives en relació amb les càrregues i intensitats d'entrenament de les modalitats de cursa i ciclisme en triatletes.
- En la prescripció de les intensitats d'entrenament, es tindrà en compte les diferències d'aquestes variables per a cada modalitat esportiva.

### Bibliografia

1. Astrand, P.O., Rodahl, K.: Respiración. En : Fisiología del trabajo físico. Ed. Panamericana. Buenos Aires, 1991
2. Bunc, V.; Heller, J.; Horcic, J.; Novotny, J. : Physiological profile of best Czech male and female young triathletes. J Sports Med Phys Fit 1996; 36 (4)
3. Butts, N. K; Henry, B. A; Mclean, D : Correlations between  $VO_2$ max and performance times of recreational triathletes. J Sports Med Phys Fit 1991; 31 (3) 339-344.
4. Chicharro, J, Fernández Vaquero, A.: Fisiología del Ejercicio: Ed. Panamericana. Madrid, 1995.
5. De Vito, G; Bernardi, M; Spoviero, E; Figura, F.: Decrease of endurance performance during Olympic Triathlon. Int J Sports Med 1995; 16 (1), 24-28
6. Dengel, D.R.; Flynn, M.G; Costill, D.L; Kirwan, J.P. : Determinants of success during triathlon competition . Res Quart Exer Sport 1989; 60 (3), 234-238,
7. Kohrt, W. M.; O'Connor, J. S.; Skinner, J. S.: Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running . Med Sci. Sports Exer 1989; 21(5), 569-575.
8. Langill, R.H.: Prediction of triathlon performance from ventilatory threshold measurements. Microform Publications, Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, 1993
9. Lucia, A.: La ventilación pulmonar durante el ejercicio. En: Fisiología del Ejercicio: Chicharro, J, Fernández Vaquero, A.. Ed. Panamericana. Madrid, 1995.
10. Mayers, M.A., Holland, G.J., Rich, G.Q., Vincent, W.J., Heng, M.: Effects of prolonged intense cycle ergometry upon immediately subsequent maximal treadmill running in trained triathletes. Med Sci Sports Exe 18:S86, 1986
- Mellerowicz, H.: Volúmenes respiratorios temporales durante el esfuerzo ergométrico. En: Ergometría. Mellerowicz, H. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires. 1984
11. Millard-Stafford, M; Sparling, P. B; Roskopf, L. B; DiCarlo, L. J : Differences in peak physiological responses during running, cycling and swimming . J Appl Sports Sci Res 1991; 5(4), 213-218.
12. Miura, H; Kitagawa, K; Ishiko, T: Characteristic feature of oxygen cost at simulated laboratory triathlon test in trained triathletes. J Sports Med Phys Fit 1999; 39 (2), 101-106.
13. O'Toole, M. L; Douglas, P. S; Hiller, W. D. B : Applied physiology of a triathlon. Sports Med 1989; 8 (4), Oct 201-225.
14. O'Toole, M. L; Douglas, P. S; Hiller, W. D. B : Use of heart rate monitors by endurance athletes: lessons from triathletes. J Sports Med Phys Fit 1998; 38 (3), 181-187.
15. O'Toole, M. L; Hiller, W. D. B; Douglas, P. S; Pisarello, J. B; Mullen, J. L:1987; Cardiovascular responses to prolonged cycling and running. An Sports Med 3 (2), 124-130.
16. Schneider, D. A; Lacroix, K. A; Atkinson, G. R; Troped, P. J; Pollack, J: Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in triathletes. Med Sci. Sports Exer 1990; 22 (2) 257-264.

17. Schneider, D. A; Pollack, J. : Ventilatory threshold and maximal oxygen uptake during cycling and running in female triathletes . *Int J Sports Med* 1991; 12 (4), 379-383.
18. Sleivert, G; Wenger, H. A : Physiological predictors of short-course triathlon performance. *Med Sci Sports Exer* 1993; 25(7), 871-876.
19. Zhou, S; Robson, S.J; King, M.J; Davie, A.J : Correlations between short-course triathlon performance and physiological variables determined in laboratory cycle and treadmill tests . *J Sports Med Phys Fit* 1997; 37 (2), 122-130.