

RELAÇÃO ENTRE LIMIAR ANAERÓBIO E “PERFORMANCE” NO SHORT TRIATHLON

Benedito Sérgio DENADAI^{*}
Pedro BALIKIAN JUNIOR^{**}

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram: 1) verificar a relação entre o limiar anaeróbio (LA) e a “performance” durante o Short Triathlon; 2) comparar as velocidades correspondente ao LA da natação, ciclismo e corrida com as velocidades médias destes eventos durante a competição de triatlo. Participaram do estudo seis triatletas do sexo masculino com idade entre 17 e 26 anos. O LA, definido como a velocidade correspondente a concentração de 4 mM de lactato, foi determinado medindo-se sua concentração após cada tiro nos testes de natação (3 x 200 m progressivos), ciclismo (3 x 2400 m progressivos) e corrida (3 x 1200 m progressivos). A velocidade de cada evento correspondente a 4 mM foi calculada por interpolação linear. Os dados de competição foram obtidos durante uma prova de Short Triathlon (0,75 km natação, 20 km ciclismo e 5 km corrida). O LA da natação, ciclismo e corrida correlacionaram-se significativamente ($p < 0,05$) com os tempos finais de cada evento durante o triatlo ($r = -0,98$, $r = -0,90$ e $r = -0,89$, respectivamente). A velocidade de prova da natação (69,5 m/min) foi significativamente maior ($p < 0,05$) do que a velocidade equivalente ao LA (64,5 m/min). Por outro lado, as velocidades de prova do ciclismo (598,0 m/min) e da corrida (250,0 m/min) foram significativamente menores ($p < 0,05$) do que as velocidades do LA (643,6 e 265,3 m/min, respectivamente). Estes resultados indicam que o LA é um índice capaz de prever a “performance” durante o Short Triathlon, devendo portanto, ser um objetivo fundamental do treinamento para esta competição, a sua melhora.

UNITERMOS: Triatlo; Triatleta; Limiar anaeróbio; Lactato.

INTRODUÇÃO

Um grande número de estudos tem procurado determinar variáveis fisiológicas que possam prever a “performance” na corrida (Farrell et alii, 1979; Powers et alii, 1983), ciclismo (Coyle et alii, 1988) e natação (Smith et alii, 1984). Entre as variáveis mais freqüentemente citadas incluem-se: economia de movimento, VO_{2max} , percentagem de gordura corporal, limiar anaeróbio e utilização de substratos.

O limiar anaeróbio (LA) tem sido identificado como um bom preditor da “performance” da corrida, respondendo por 72 - 92% da variação da “performance” para distâncias compreendidas entre 3,2 - 42,2 km (Farrell et alii, 1979; Sjodin et alii, 1981). Em outro estudo, verificou-se que 81% de variação da “performance” em ciclistas que apresentavam valores similares de VO_{2max} , podiam ser atribuídos às diferenças entre as $\%VO_{2max}$ equivalentes ao LA (Coyle et alii, 1988).

No triatlo, diferentemente destes esportes, esta correlação não tem sido encontrada. O VO_2 e a $\%VO_{2max}$ alcançados na bicicleta ergométrica equivalentes ao LA, correlacionaram-se fracamente com o tempo final do ciclismo de um grupo de triatletas que competiram no Ironman ($r = -0,37$ e $r = -0,26$,

^{*} Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista.

^{**} Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Mestrando.

respectivamente) (O'Toole et alii, 1988), sugerindo que outros fatores, como a demanda cardiovascular e/ou termorregulatória, podem determinar a "performance" no triatlo do Ironman (O'Toole et alii, 1989).

Por outro lado, poucos estudos tem analisado especificamente a correlação entre LA e a "performance" durante outras competições de triatlo (Kohrt et alii, 1989; O'Toole et alii, 1988). Em função disto, os objetivos de estudo foram: 1) determinar a correlação entre LA e a "performance" durante o Short Triathlon; 2) comparar a velocidade correspondente ao LA da natação, ciclismo e corrida, com a velocidade média destas provas durante o triatlo.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos: Seis triatletas do sexo masculino, com idades entre 17 e 26 anos participaram deste estudo. Todos os voluntários haviam participado de competições de triatlo nos últimos dois anos e estavam seriamente envolvidos em seus programas de treinamento a pelo menos dois meses antes do estudo. A TABELA 1 mostra as características gerais dos triatletas.

TABELA 1 - Características gerais dos triatletas.

Sujeito n	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	Gordura Corporal (%)
1	19	61	1,63	11,2
2	21	63	1,70	8,4
3	20	65	1,81	9,5
4	17	72	1,70	12,5
5	26	66	1,75	9,7
6	25	61	1,71	9,7
\bar{X}	21,3	64,6	1,7	10,1
SD	3,5	4,1	0,0	1,4

Short Triathlon: Os dados de competição foram obtidos durante uma prova de Short Triathlon (0,75 km natação, 20 km ciclismo, 5 km corrida) com duração média entre 50 e 120 min. A prova teve início às 09:00 horas, com uma temperatura ambiente de 25°C e a umidade relativa do ar de 60%, sendo os percursos do ciclismo e da corrida completamente planos. Todos os indivíduos alimentaram-se normalmente entre 1 h e 30 min e 2 h antes da competição e durante a prova ingeriram apenas água.

Velocidade Média dos Eventos: As velocidades da natação, ciclismo e corrida foram calculadas sem o tempo necessário para a transição entre os eventos.

Determinação do Limiar Anaeróbio: O LA foi determinado seguindo-se um protocolo similar ao proposto por Mader et alii (1978).

Natação: Os sujeitos nadaram 3 x 200 m, respectivamente a 85, 90 e 95% da velocidade máxima para o percurso, com 20 min de pausa entre cada tiro.

Corrida: Os sujeitos correram 3 x 1200 m, respectivamente a 85, 90 e 95% da velocidade máxima para o percurso, com 20 min de pausa entre os tiros.

Ciclismo: O teste de ciclismo foi constituído por 3 x 2400 m, respectivamente a 85, 90 e 95% da velocidade máxima para a distância, com 20 min de pausa entre os tiros.

A velocidade máxima foi determinada solicitando-se para que o indivíduo realizasse a respectiva distância (200 m, 1200 m e 2400 m) no menor tempo possível.

Após 1, 3 e 5 min do final de cada tiro de todos os testes (natação, ciclismo e corrida) foram coletados do lóbulo da orelha, sem hiperemia, 25 µl de sangue para a medição do lactato plasmático (YSL 2300 STAT). Para a determinação do LA foi considerado apenas a mais alta concentração de lactato entre as três amostras de cada tiro. Deste modo, para cada tiro foi determinada a velocidade média e sua respectiva

concentração de lactato e, por interpolação linear, foi calculada a velocidade correspondente a 4mM de lactato (Limiar Anaeróbio).

Análise Estatística: A comparação entre a velocidade equivalente ao LA e a velocidade média de prova foi feita através do teste t pareado. O teste de correlação de Pearson foi utilizado para determinar-se a correlação entre a velocidade no LA e o tempo gasto para percorrer o percurso em cada prova do triatlo. O Coeficiente de Spearman foi utilizado para determinar-se a correlação entre a diferença percentual da velocidade de prova e da velocidade do limiar anaeróbio $\{[(VP - VLA) \div VLA] \times 100\}$, entre as provas de natação e ciclismo e de natação e corrida. Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A TABELA 2 mostra os valores médios da velocidade limiar e da velocidade de prova para cada evento do triatlo. Na natação, a velocidade média de prova foi significativamente maior do que a velocidade do LA. Por outro lado, no ciclismo e na corrida, a velocidade média de prova foi significativamente menor do que a velocidade equivalente ao LA.

TABELA 2 - Valores médios das velocidades correspondentes ao Limiar Anaeróbio (VLA) e das velocidades de prova (VP) durante o triatlo (0,75 km natação, 20 km ciclismo e 5 km corrida). Valores expressos como média \pm SD para seis sujeitos.

	Natação	Ciclismo	Corrida
VLA (m/min)	64,6 \pm 11,1	643,6 \pm 70,2	265,3 \pm 17,4
VP (m/min)	69,5 * \pm 11,3	598,0 * \pm 40,6	250,0 * \pm 24,8

* significativamente diferente em relação a VLA ($p < 0,05$).

Houve correlação significativa entre a velocidade do LA na natação, ciclismo e corrida e o tempo gasto para percorrer o percurso em cada evento ($r = -0,98$, $r = -0,90$ e $r = -0,89$, respectivamente) (TABELA 3).

TABELA 3 - Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre a velocidade do Limiar Anaeróbio (VLA) e o tempo médio de prova (TP) durante o triatlo (0,75 km natação, 20 km ciclismo e 5 km corrida). Valores expressos como média \pm SD para seis sujeitos.

	Natação	Ciclismo	Corrida
VLA (m/min)	64,6 \pm 11,1	643,6 \pm 70,2	265,3 \pm 17,4
TP * (min)	10,8 \pm 2,0	32,9 \pm 1,9	19,8 \pm 1,9
r	-0,90**	-0,90**	-0,89**

* Tempo de transição não incluídos.

** correlação significativa VLA x TP ($p < 0,05$).

As diferenças percentuais entre a velocidade de prova e a velocidade do LA correlacionaram-se significativamente entre a natação e o ciclismo ($r = -0,90$), ou seja, quanto mais acima do LA foi a velocidade de nado, mais abaixo do LA foi a velocidade de prova no ciclismo. Esta mesma correlação não ocorreu entre a natação e a corrida ($r = -0,10$) (TABELA 4).

TABELA 4 - Coeficientes de correlação de Spearman (r) entre a diferença percentual da velocidade de prova (VP) e da velocidade do limiar anaeróbio (VLA) entre as provas de natação e ciclismo e de natação e corrida.

	Natação	Ciclismo	Corrida
$\frac{(VP - VLA) \times 100}{VLA}$	9,4 ± 3,4	- 7,8 ± 2,7	- 5,8 ± 4,6
r	—	- 0,90*	- 0,10

* $p < 0,05$ natação x ciclismo.

DISCUSSÃO

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), que é uma boa medida de caráter geral dos fatores cardiorrespiratórios e metabólicos que afetam a capacidade máxima do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio, foi durante muito tempo considerado o melhor índice para determinar-se a "performance" em esportes de longa duração (Astrand, 1956; Taylor et alii, 1955).

Mais recentemente porém, tem-se verificado que o LA pode de modo mais preciso que o VO_{2max} , avaliar a capacidade de rendimento em provas de resistência (Costill et alii, 1973; Davis, 1979).

Gollnick & Saltin (1982) propõem que o VO_{2max} e a capacidade de resistência em exercícios submáximos são limitados por diferentes mecanismos, ou seja, o VO_{2max} parece estar relacionado com fatores cardiovasculares, como o débito cardíaco máximo, enquanto o exercício submáximo está mais relacionado com fatores metabólicos, como por exemplo, a atividade das enzimas oxidativas. Deste modo, pode-se propor que o VO_{2max} e o LA são determinados por diferentes mecanismos. Enquanto o LA está mais relacionado com o estado metabólico (capacidade oxidativa) dos músculos, o VO_{2max} seria mais dependente dos fatores cardiovasculares.

Em função disso, vários estudos têm encontrado estreita relação entre a "performance" alcançada durante as competições de "endurance" de corrida (Farrell et alii, 1979), ciclismo (Coyle et alii, 1988), natação (Smith et alii, 1984) e o LA.

Por outro lado, esta correlação não tem sido freqüentemente encontrada no triatlo. O'Toole et alii (1988) verificaram que o VO_2 e a $\%VO_{2max}$ equivalentes ao LA foram fracamente correlacionados com o tempo final do ciclismo em um grupo de triatletas que competiram no Ironman ($r = -0,37$ e $r = -0,26$, respectivamente). Diferentemente destes resultados, Kohrt et alii (1989) encontraram correlação significativa entre a $\%VO_{2max}$ equivalente ao LA e os tempos finais do ciclismo ($r = -0,72$) e da corrida ($r = -0,82$). Neste estudo, os triatletas competiram em uma prova que apresentava a metade da distância do Ironman (1,9 km natação, 90,3 km ciclismo e 21,1 km corrida).

No presente estudo, o LA expresso em velocidade (m/min) correlacionou-se significativamente com os tempos finais da natação ($r = -0,98$), ciclismo ($r = -0,90$) e corrida ($r = -0,89$). Estes resultados, comparados com os estudos anteriores, sugerem que o LA é uma variável capaz de prever a "performance" nos triatlos de curta (0,75 km natação, 20 km ciclismo e 5 km corrida) e média duração (1,9 km natação, 90,3 km ciclismo e 21,1 km corrida), sendo portanto um índice fundamental para a seleção e

treinamento do triatletas que irão competir nestas provas. Por outro lado, nos triatlos de longa duração (Ironman), o LA parece não possuir relevância, sugerindo que embora o triatleta necessite manter durante a prova uma intensidade abaixo do ponto onde a acidose metabólica pode ocorrer, outros fatores como a demanda cardiovascular e/ou termorregulatória podem ser o limite superior para a intensidade do exercício (O'Toole et alii, 1989).

A velocidade de prova na natação foi significativamente maior do que a velocidade de nado correspondente ao LA. Por outro lado, as velocidades de prova do ciclismo e da corrida foram significativamente menores do que a velocidade limiar.

Costa (1992), simulando uma competição de Short Triathlon, verificou que as velocidades de prova do ciclismo e da corrida eram significativamente maiores (4,1 e 8,0%, respectivamente) quando realizadas isoladamente do que quando realizadas de modo combinado (natação-ciclismo-corrída). A concentração de lactato pós-esforço, não variou significativamente entre as duas condições (isoladas e combinadas). Porém, as diferenças de tempo e de lactato entre as provas combinadas e isoladas apresentaram correlação significativa, sugerindo que a diminuição do desempenho na prova combinada pode ser atribuída à acidose que se verifica antes do início do próximo exercício.

Deste modo, a menor velocidade de prova do ciclismo e da corrida observada em nosso estudo, provavelmente não pode ser atribuída nem à duração da prova (± 33 e 20 min respectivamente) e nem ao seu percurso (completamente plano), já que nestas condições é possível executar-se o exercício no LA (Costill, 1970). Como as diferenças percentuais entre a velocidade de prova e a velocidade do LA correlacionaram-se negativamente ($r = -0,90$) entre a natação e o ciclismo, é provável que a diminuição de velocidade no ciclismo possa ter ocorrido porque após a prova de natação os triatletas encontravam-se em acidose, já que a velocidade de nado foi acima do LA, e como se sabe, concentrações de lactato superiores a $4 - 6$ mM determinam um prejuízo para o exercício subsequente (Weltman & Reagan, 1983), mesmo quando o exercício prévio é realizado por grupos musculares diferentes (Yates et alii, 1983).

A possibilidade de um efeito residual da acidose determinada pela natação, ter também influenciado negativamente na velocidade da corrida, parece não existir, pois como o ciclismo foi realizado abaixo do LA, a remoção de lactato nestas condições é favorecida e sua concentração passa a não estar mais relacionada com a fadiga (Jacobs, 1986). Além disso, as diferenças percentuais entre a velocidade de prova e a velocidade do LA não correlacionaram-se significativamente entre a natação e a corrida, sugerindo então que esta diminuição da velocidade pode ter ocorrido por outros motivos (depleção de substrato e/ou desidratação) e não pela acidose determinada pela natação. A possibilidade da existência de efeitos negativos da natação sobre o ciclismo e destes sobre a corrida, sugerem a necessidade de mudar-se a tática de competição, ou seja, diminuição da intensidade da natação para os níveis do LA, para que a acidose não ocorra e/ou a necessidade de se praticar transições (treinamento de um evento logo após o treino do outro que o antecede na competição).

Em conclusão, estes resultados sugerem que o LA é um índice que pode prever a "performance" das provas de Short Triathlon, indicando que, para o aumento do rendimento neste tipo de competição, deve-se adotar necessariamente periodizações de treinamento que melhorem o LA.

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN ANAEROBIC THRESHOLD AND SHORT TRIATHLON PERFORMANCE

The objective of this study was to verify the relationship between Anaerobic Threshold (AT) and triathlon performance. A further objective was to compare the swimming, cycling, and running speeds at AT with the average speed of these events during triathlon competition. Six male triathletes between the ages of 17 to 26 yr participated in this study. The AT was defined as the speed corresponding to a lactate concentration of 4 mM and was determined by measuring plasma lactate concentration after each bout of the swimming (3×200 m), cycling (3×2400 m), and running (3×1200 m) tests. The speed at 4 mM lactate concentration was calculated by linear interpolation. The data from competition were obtained during a Short Triathlon (0.75 km swim, 20 km bike, and 5 km run). The AT was significantly correlated ($p < 0.05$) to swimming, cycling, and running finishing times ($r = -0.98$, $r = -0.90$, and $r = -0.89$, respectively). The

average swimming speed (69.52 m/min) was significantly higher ($p < 0.05$) than the speed at AT (64.62 m/min). However, the average cycling (598.0 m/min) and running (250.0 m/min) speed were significantly lower ($p < 0.05$) than the speed at AT (643.6 and 265.33 m/min, respectively). These results suggest that the AT is a strong predictor of performance time during Short Triathlon competition, so the key to improving the performance in this race may be linked to improving the AT.

UNITERMS: Triathlon; Triathletes; Anaerobic threshold; Lactate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTRAND, P.O. Human physical fitness with special reference to sex and age. *Physiology Review*, v.36, p.307-36, 1956.
- COSTA, J.M.P. **Lactato sanguíneo em provas combinadas e isoladas do triathlon.** Rio Claro, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1992.
- COSTILL, D.L. Metabolic responses during distance running. *Journal of Applied Physiology*, v.28, p.251-5, 1970.
- COSTILL, D.L. et alii. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.5, p.248-52, 1973.
- COYLE, E.F. et alii. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, v.64, p.2622-30, 1988.
- DAVIS, J.A. et alii. Anaerobic threshold alteration caused by endurance training in middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*, v.46, p.1039-46, 1979.
- FARRELL, P.A. et alii. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.11, p.338-44, 1979.
- GOLLNICK, P.D.; SALTIN, B. Significant of skeletal muscle oxidative enzyme enhancement with endurance training. *Clinical Physiology*, v.2, p.1-12, 1982.
- JACOBS, I. Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Medicine*, v.3, p.10-25, 1986.
- KOHRM, W.M. et alii. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21, p.569-75, 1989.
- MADER, A. et alii. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic concentration of ear capillary blood in middle-distance runners and swimmers. *Axer Physiology*, v.4, p.187-94, 1978.
- OTOOLE, M.L. et alii. Applied physiology of a triathlon. *Sports Medicine*, v.8, p.201-25, 1989.
- _____. The relation of exercise test variables to bike performance times during the Hawaii Ironman triathlon. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, S50, 1988. /abstract/
- POWERS, S.K. et alii. Ventilatory threshold, running economy, and distance running performance of trained athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.54, p.179-82, 1983.
- SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, v.2, p.23-6, 1981.
- SMITH, B.W. et alii. A comparison of the anaerobic threshold of sprint and endurance trained swimmers. *Journal of Sports Medicine*, v.24, p.94-8, 1984.
- TAYLOR, H.L. et alii. Maximal oxygen intake as an objective of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, v.8, p.73-80, 1955.
- WELTMAN, A.; REAGAN, J.D. Prior exhaustive exercise and subsequent, maximal constant load exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, v.3, p.184-9, 1983.
- YATES, J.W. Effects of prior dynamic leg exercise on static effort of elbow flexors. *Journal of Applied Physiology*, v.55, p.891-6, 1983.

Recebido para publicação em: 30 jun. 1994
 1a. revisão em: 11 jul. 1994
 2a. revisão em: 09 nov. 1994
 Aceito em: 21 fev. 1995

ENDEREÇO: Benedito Sérgio Denadai
 Avenida 24-A, 1515
 13506-900 - Rio Claro SP - BRASIL