

Limiar Anaeróbico Indireto: busca de relações com desempenho no *short triathlon*

Indirect Anaerobic Threshold: relations with performance during short triathlon

RESUMO A literatura mundial tem proposto a determinação por métodos indiretos do limiar anaeróbico (LA), índice fisiológico importante para a avaliação, prescrição e controle do treinamento. O objetivo desse estudo foi determinar a relação entre o LA mensurado por equação de regressão linear com o desempenho durante um *short triathlon*. Método: seis triatletas homens com $22 \pm 4,7$ anos; 173 ± 11 cm de estatura; peso de $65,6 \pm 10,9$ kg e percentual de gordura em $11,6 \pm 1,3\%$, realizaram em dias diferentes testes de natação, ciclismo e corrida para a determinação indireta do LA por equações de regressão linear específicas para cada modalidade e participaram de *short triathlon* (750m natação; 20km ciclismo; 5km corrida) para verificar possíveis relações entre indicadores indiretos e desempenho. Resultados: atletas se exercitaram abaixo de seu LA ($92 \pm 2\%$; $95 \pm 4\%$; $95 \pm 1\%$, respectivamente em natação, ciclismo e corrida) demonstrando boa tática de prova, já que exercícios abaixo do LA são caracterizados por baixas concentrações de lactato sanguíneos. As correlações encontradas entre o LA determinado indiretamente e a velocidade média (Vm) durante a natação, ciclismo e corrida (0,98; 0,85 e 0,97) demonstram validade para o emprego do LA determinado indiretamente durante o treinamento e como índice preditor de desempenho durante o *short triathlon*.

Palavras-chave EDUCAÇÃO FÍSICA E TREINAMENTO – LIMIAR ANAERÓBICO – ESPORTES – EXERCÍCIO.

ABSTRACT International literature has proposed the determination of anaerobic threshold (AT) by indirect methods; this is an important physiology index for evaluation, prescription and training control. The objective of this study was to determinate the relation between AT measured by linear regression equation with the performance during a short triathlon. Method: six male triathletes 22 ± 4.7 years old; 173 ± 11 cm height; weight 65.6 ± 10.9 kg and $11.6 \pm 1.3\%$ body fat percentage. Individuals performed in different days tests in swimming, cycling and running for indirect AT determination by linear regression equations specific for each modality and they took part a short triathlon (750m swimming; 20km cycling; 5km running) to verify possible relations between indirect indexes and performance. Results: athletes exercised below their AT ($92 \pm 2\%$; $95 \pm 4\%$; $95 \pm 1\%$ respectively for swimming, cycling and running) presenting an important race tactics, since exercises below AT are characterized by low plasma lactate concentrations. The correlations found between AT determined indirectly and average velocity (Vm) during swimming, cycling and running (0.98; 0.85 e 0.97) showed validity for applying AT determined indirectly during training and as a performance predictor index during short triathlon.

Keywords PHYSICAL EDUCATION AND TRAINING – ANAEROBIC THRESHOLD – SPORTS – EXERCISE.

GERSON DOS SANTOS LEITE*

Professor do curso de Educação Física das Faculdades Einstein (Limeira/SP) e técnico da equipe Pró Elite Triathlon (Bauru/SP)

GUILHERME SOUZA LOBO MOREIRA SALLES

Graduado em Educação Física e técnico da equipe Pró Elite Triathlon (Bauru/SP)

JONATO PRESTES

Mestre em Educação Física – Laboratório de Fisiologia do Exercício (UFscar/SP)

PEDRO BALIKIAN JUNIOR

Doutor em Biologia Molecular – docente do curso de Educação Física (Unoeste/SP)

* Correspondências:

R. Serra Negra, 220, Jardim Apolo, 12243-190, São José dos Campos/SP
gersonslt@gmail.com

INTRODUÇÃO

Por longo tempo, o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\max$) foi considerado o índice mais adequado para a avaliação da capacidade de *endurance*, considerado válido para exercícios de curta (3 – 10min), média (10 – 30min) e longa duração (mais que 30min). Notou-se critério insuficiente para determinar a capacidade de performance.¹ Estudos longitudinais têm demonstrado melhora no desempenho de atletas de *endurance* sem alteração significativa em seu $VO_2\max$ ² ou até decréscimo de seu valor.³ Em contrapartida, o limiar anaeróbio (LA), que pode ser compreendido como a intensidade em que a produção de lactato torna-se superior à sua remoção, tem sido amplamente utilizado por pesquisadores, fisiologistas e preparadores físicos devido a sua importância na prescrição do treinamento para a melhora da capacidade aeróbia,⁴ além de índice preditor de desempenho em esforços de longa duração⁵ e possibilitar a avaliação dos efeitos no treinamento aeróbio, principalmente em um acompanhamento longitudinal.^{2, 3}

No entanto, a determinação do limiar anaeróbio por método direto nem sempre é acessível, em termos econômicos e técnicos, para grande parte dos treinadores e atletas de *endurance*. Estimativas indiretas do LA têm sido propostas na literatura mundial, como o método de Conconi⁶, a potência crítica⁷ e a regressão linear.⁸ Alguns autores têm encontrado altas correlações entre o desempenho aeróbio e o LA, tanto na natação⁹, ciclismo¹⁰ e corrida,¹¹ ao passo que, as investigações que demonstram relação entre o LA determinado pela regressão linear e desempenhos em provas de *endurance* são em número reduzido.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi determinar a relação entre o LA mensurado por equação de regressão linear com o desempenho durante *short triathlon*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Participaram deste estudo, seis triatletas homens, participantes de treinamento há mais de seis meses e participantes regulares de competições. Como características pessoais, apresentavam $22 \pm 4,7$ anos; 173 ± 11 cm altura; $65,6 \pm 10,9$ kg e percentual de gordura de $11,6 \pm 1,3\%$, determinado por dobras cutâneas.

Procedimentos

Os pesquisadores explicaram aos sujeitos objetivos, metodologia, riscos e benefícios da pesquisa, entregando um termo de consentimento esclarecido para assinatura, que descrevia todos os procedimentos realizados neste estudo. Após os atletas concordarem com a pesquisa e assinarem o termo, responderam uma *anamnese*. O estudo foi realizado segundo as normas de segurança e ética e teve sua aprovação prévia obtida pelo Comitê de Ética da Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), sob o protocolo n.º 12/04.

Avaliações

No período de uma semana, em dias diferentes (48h de intervalo), foram realizados os testes de desempenho para a determinação do LA por equação de regressão linear para natação (segunda-feira), ciclismo (quarta-feira) e corrida (sexta-feira). O horário das avaliações variou entre 8 e 10 horas da manhã, com temperatura e umidade semelhantes, sendo todos atletas avaliados individualmente.

Para a determinação do LA na natação, foi empregado o teste de 700m, em uma piscina de 25m, em que o avaliado percorreu a referida distância no menor tempo possível. Para a determinação da velocidade de LA, utilizou-se a equação proposta por Simões et al.¹²: $LA = 1,015 \times Vm\ 700m\ (m/min) - 5,025$. Após o teste, calculou-se a velocidade média ($Vm\ 700m$) em metros por minuto (m/

min), sendo adicionada à fórmula para o respectivo cálculo.

Para o ciclismo, realizaram o teste de 5km em circuito oval com 6 voltas de 715m seguido de uma de 710m (demarcada com cone) em solo plano e asfaltado, sendo o avaliado instruído a percorrer a distância no menor tempo possível. Para a determinação da velocidade de LA, utilizou-se a equação proposta por Campbell et al.¹³: $LA = 0,9619 \times 90\% Vm \text{ 5km} + 2,2024$. Após o teste, calculou-se a velocidade média ($Vm \text{ 5km}$) em km/h e 90% de seu valor (90% $Vm \text{ 5km}$), sendo adicionada à fórmula para respectivo cálculo.

Para a corrida, aplicou-se o teste de 3km em pista de atletismo oficial, no menor tempo possível, utilizando a equação proposta por Simões et al.¹⁴: $LA = (Vm \text{ 3km} \times 0,97) - 15,81$. Após o teste, calculou-se a velocidade média em m/min ($Vm \text{ 3km}$), sendo aplicada à fórmula para a determinação indireta do LA.

Dados da Competição

Após 48h do último teste (corrida), os sujeitos participaram de uma competição de *short triathlon* (750m natação; 20km ciclismo e 5km corrida), sendo esta uma etapa da Copa Brasil Fit de *Triathlon*. Foram determinadas as velocidades médias das provas de natação, ciclismo e corrida em situação real. Cabe destacar que as velocidades médias da natação, ciclismo e corrida foram calculadas

excluindo-se o tempo necessário para a transição entre as diferentes etapas da competição e expressas em m/min.

ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram coletados e posteriormente transferidos para um banco computacional, produzindo-se informações no plano descritivo por meio de medidas de centralidade e dispersão. Para encontrar possíveis relações entre os índices indiretos e o desempenho durante a competição, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r). Determinou-se a intensidade da competição pelo valor percentual das velocidades médias (natação, ciclismo e corrida), correspondentes ao LA indireto e, para verificar possíveis diferenças entre as intensidades relativas, foi utilizado o teste Anova seguido do *post hoc* de Tukey, com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a velocidade média dos testes na natação, ciclismo e corrida para o grupo e sua respectiva velocidade (m/min) de LA, já calculado pelas equações de regressão linear adotadas.

A tabela 2 mostra o tempo médio para cada modalidade durante a prova e a respectiva Vm para os atletas durante o *short triathlon*.

Tabela 1. Valores de medias e desvio-padrão da velocidade média (Vm) durante os testes de natação, ciclismo e corrida (m/min) e a velocidade de LA (VLA) para cada modalidade.

Medida Descritiva	Natação		Ciclismo		Corrida	
	$Vm700m$ (m/min)	VLA	$Vm5km$ (m/min)	VLA	$Vm3km$ (m/min)	VLA
Média	60,8	55,3	569,4	525,0	249,0	228,6
DP	9,9	9,0	44,5	44,4	26,4	24,2

Tabela 2. Tempo médio (min) e velocidade média (m/min) para natação, ciclismo, corrida e tempo total (min).

	Natação (750m)	Ciclismo (20km)	Corrida (5km)	Tempo total
Tempo médio (min)	15,0 ± 2,6	40,4 ± 2,8	23,3 ± 2,0	78,7 ± 4,2
Vm (m/min)	51,1 ± 9,2	497,3 ± 35,1	216,0 ± 19,6	-

A tabela 3 aponta os valores das correlações dos LA, determinados indiretamente como as Vm durante a natação, ciclismo e corrida no *short triathlon*.

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre o LA determinado indiretamente e a velocidade média de cada modalidade durante o *short triathlon*.

	Natação	Ciclismo	Corrida
r	0,98*	0,85*	0,97*
p	0,000	0,043	0,006

* correlação significativa

A intensidade da competição pode ser avaliada pelo percentual relativo da velocidade média das diferentes modalidades com o seu respectivo limiar anaeróbio, estando os atletas se exercitando num patamar abaixo de seu LA ($92 \pm 2\%$; $95 \pm 4\%$; $95 \pm 1\%$, respectivamente para natação, ciclismo e corrida), não sendo diferentes ($p > 0,05$) quando comparados à intensidade relativa para as diferentes modalidades, como demonstrado na figura 1.

DISCUSSÃO

O LA parece ter maior sensibilidade às respostas adaptativas decorrentes do treina-

mento quando comparado ao VO_{2max} .²⁻³ A relação lactato sanguíneo e intensidade de exercício com cargas progressivas tem demonstrado uma grande validade para a avaliação da aptidão aeróbia, tendo sido encontradas altas correlações entre teste – reteste ($r = 0,89 - 0,96$)¹⁵ e a velocidade de provas com predomínio do metabolismo aeróbio, de longa ($r = 0,96$)¹⁶ e curta duração ($r = 0,91$),¹⁷ sendo indicado para a prescrição direcionada à melhora da capacidade da via aeróbia.^{18, 19}

Os protocolos de determinação indireta do LA utilizados no presente estudo foram validados previamente por métodos diretos,^{12,13,14} com protocolos que determinam a máxima fase estável do lactato²⁰ ou que pos-

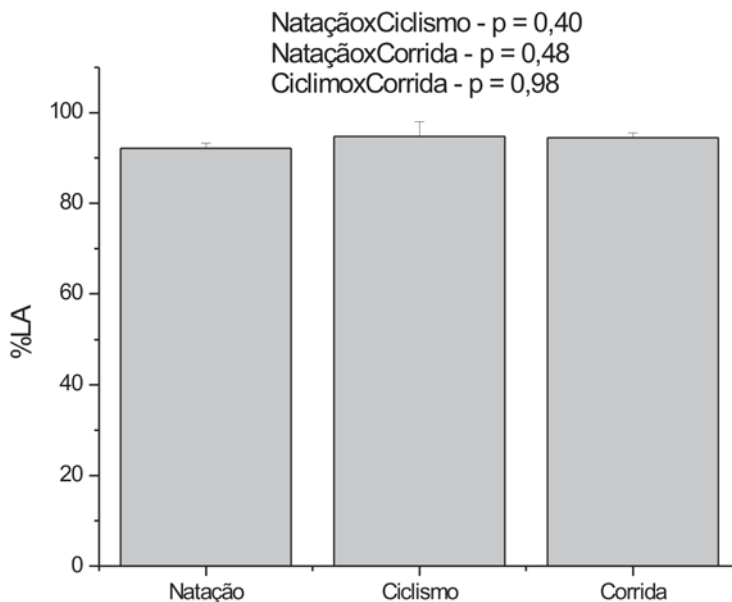


Figura 1. Intensidade relativa para cada modalidade durante o *short triathlon*.

suem correlações, como o lactato mínimo²¹ e o limiar anaeróbio individual.²²

Diversos estudos^{5, 9, 11, 23, 24} têm demonstrado boas correlações entre o LA determinado diretamente e o desempenho no *triathlon* de curta duração, independente da modalidade avaliada durante o *triathlon*. Este estudo analisou originalmente as relações entre o LA determinado indiretamente com a performance no *short triathlon*. Os dados aqui apresentados demonstraram altas correlações (0,98; 0,85 e 0,97, respectivamente para natação, ciclismo e corrida) com a velocidade média das modalidades que compõem o *triathlon*, demonstrando validade externa para a aplicação de treinamentos que simulem a competição, bem como servir de parâmetro para a prescrição de exercícios para atividades aeróbias, como proposto por Oliveira et al.⁴ Além disso, os protocolos de determinação do LA indiretamente podem apresentar-se como indicadores para o controle do treinamento, feito por métodos simples e que podem ser utilizados no dia-a-dia do treinamento, com atividades conhecidas como “contra-relógio” para natação, ciclismo e corrida, utilizando os testes apresentados neste estudo (700m; 5km e 3km, respectivamente).

É interessante analisar as avaliações periódicas feitas durante o treinamento e a competição de *triathlon* quanto à tática escolhida por cada atleta durante sua realização, sendo que no presente estudo os atletas se exercitaram nas três modalidades que constituem o *triathlon*, em intensidades abaixo de seu LA indireto (figura 1), o que demonstra uma adequada tática empregada e que os

atletas apresentaram desempenho próximo ao seu limite individual. Alguns estudos demonstram que a realização do exercício anterior pode prejudicar o exercício subsequente,^{25, 26} tendo sido relatados vários fatores para esta diminuição de desempenho: i) desidratação;²⁷ ii) depleção dos estoques de glicogênio pelo ciclismo;²⁸ iii) diminuição da atividade pulmonar;²⁹ iv) mudança na mecânica da corrida, diminuindo a economia de movimento,^{28, 30} fatores estes intimamente ligados à tática empregada durante a competição, principalmente quando os atletas se exercitam em níveis acima do LA.

Devido à escassez de informações sobre o tema abordado, existe ainda a necessidade da realização de estudos com diferentes distâncias e gêneros, possibilitando melhor entendimento da utilização do LA determinado indiretamente e suas relações com competições de *triathlon*.

CONCLUSÕES

Os resultados do estudo sugerem que o LA determinado indiretamente pode ser empregado na avaliação e prescrição do treinamento de triatletas, já que apresentou altas correlações com a Vm das modalidades durante um *short triathlon*. Este índice também pode ser utilizado como preditor de desempenho para natação, ciclismo e corrida durante o *triathlon*, e como forma de controle, direcionando a tática do atleta durante a competição. Adicionalmente, esta metodologia pode ser utilizada como ferramenta de fácil acesso e baixo custo pelos profissionais envolvidos com a área do treinamento físico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* jun/1985;6(3):117-30.
2. Kohrt WM, O'Connor JS, Skinner JS. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Med Sci Sports Exerc* out/1989;21:569-75.
3. Jones AM. A five year physiological case study of an olympic runner. *Br J Sports Med* mar/1998;32(1):39-43.
4. Oliveira FR, Gagliardi JFL, Kiss MAPDM. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Rev Paul Educ Fís* jul-dez/1994;8:68-76.

5. Denadai BS, Balikian Júnior P. Relação entre limiar anaeróbio e “performance” no *short triathlon*. Rev Paul Educ Fís jul-dez/1995;9(3):10-5.
6. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J Appl Physiol abr/1982;52(4):869-73.
7. Deckerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. Eur J Appl Physiol maio/2003;89(3-4):281-8.
8. Weltman J, Seip R, Levine S, Snead D, Rogol A, Weltman A. Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200m time trial running performance in untrained females. Int J Sports Med jun/1989;10(3):207-11.
9. Sleivert GG, Wenger HA. Physiological predictors of short-course triathlon performance. Med Sci Sports Exerc jul/1993;25(7):871-6.
10. Laursen PB, Knez WL, Shing CM, Langill RH, Rhodes EC, Jenkins DG. Relationship between laboratory-measured variables and heart rate during an ultra-endurance triathlon. J Sports Sci out/2005;23(10):1.111-20.
11. De Vito G, Bernardi M, Sproviero E, Figura F. Decrease of endurance performance during olympic triathlon. Int J Sports Med jan/1995;16(1):24-8.
12. Simões HG, Campbell CSG, Tango MH. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. Med Sci Sports Exerc 2000;30(5):S161.
13. Campbell CSG, Sousa WH, Silva LGM, Simoes HG. Validity of the maximal lactate steady state velocity prediction through 5km performance on cycling. Med Sci Sports Exerc 2003;35(5):S192.
14. Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Indirect assessment of anaerobic threshold in track test for endurance runners. In: Abstract book of the International Pre-Olympic Scientific Congress: Physical Activity, Sport and Health; 22/jul/1996; Dallas, Texas. EUA: International Council of Sports Science and Physical Education; 1996. p. 14.
15. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schurrer R, Rutt R et al. Reliability and validity of a continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO₂max. Int J Sports Med fev/1990;11(1):26-32.
16. Sjödin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. Int J Sports Med fev/1981;2:23-6.
17. Farrell PA, Wilmore JH, Coyle EF, Billing JE, Costill DL. Plasma lactate accumulation and distance running performance. Med Sci Sports 1979;11(4):338-44.
18. Denadai BS. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: BSD; 1999.
19. Balikian Júnior P, Denadai BS. Aplicações do limiar anaeróbio determinado em teste de campo para o ciclismo: Comparação com valores obtidos em laboratório. Motriz 1996;2(1):26-31.
20. Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. Eur J Appl Physiol jan/2003;88:361-9.
21. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. Med Sci Sports Exerc maio/1993;25:620-7.
22. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate Kinetics and Individual Anaerobic threshold. Int J Sports Med ago/1981;2:160-5.
23. Balikian Júnior P, Denadai BS. Resposta metabólica e cardiovascular durante o triatlo de meio ironman. Relação com a performance. Motriz 1995;1(1):44-51.
24. Schabert EJ, Killian SC, Clair ST, Gibson A, Hawley JA, Noakes TD. Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. Med Sci Sports Exerc abr/2000;32(4):844-9.
25. Bernard T, Vercruyssen F, Grego F, Hausswirth C, Lepers R, Vallier JM et al. Effect of cycling cadence on subsequent 3km running performance in well trained triathletes. Br J Sports Med abr/2003;37(2):154-8.
26. Costa JMP, Kokubun E. Lactato sanguíneo em provas combinadas e isoladas do triatlo: possíveis implicações para o desempenho. Rev Paul Educ Fís jan-jun/1995;9(2):125-30.
27. Hiller WD. Dehydration and hyponatremia during triathlons. Med Sci Sports Exerc out/1989;21(5):S219-21.
28. Millet GP, Vleck VE. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in olympic triathlon: a review and practical recommendations for training. Br J Sports Med out/2000;34(5):384-90.
29. Boussana A, Galy O, Hue O, Matecki S, Varray A, Ramonaxo M et al. The effects of prior cycling and a successive run on respiratory muscle performance in triathletes. Int J Sports Med jan/2003;24(1):63-70.

Submetido: 21/jun./2006

Aprovado: 15/set./2006