

## ANÁLISE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO NO LIMIAR DE LACTATO DE TRIATLETAS EM DIFERENTES ERGÔMETROS

Alessandro Henrique Machado de Assis, Guilherme Passos Ramos, Carolina Franco Wilke, Thiago Teixeira Mendes, Emerson Silami Garcia

### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os valores de FC e PSE identificadas no limiar de lactato em dois diferentes ergômetros (esteira rolante e cicloergômetro) em triatletas. Participaram deste estudo 6 atletas do sexo masculino ( $26,0 \pm 7,6$  anos,  $70,8 \pm 5,0$ kg de massa corporal,  $176 \pm 5,0$  cm de estatura e  $8,3 \pm 1,4$  % de gordura corporal), com experiência no Triathlon. Todos os voluntários realizaram um teste incremental em cicloergômetro, intensidade inicial de 80w, cadência de 80rpm e incrementos de 40W a cada 3 minutos; e outro em esteira, velocidade inicial de  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , 3% de inclinação e incrementos de  $1,2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada 3 minutos para a determinação do LL. Amostras de sangue foram coletadas antes do início do exercício (repouso) e ao final de cada estágio para determinação da lactatemia. O LL foi considerado como segundo aumento maior ou igual a 0,5 mM em relação a lactatemia do estágio anterior. A FC foi monitorada continuamente e registrada a cada minuto e a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada ao final de cada estágio. A  $FC_{\text{máx}}$  em esteira ( $193,7 \pm 9,9$ bpm) foi maior que aquela encontrada em cicloergômetro ( $175,2 \pm 13,3$ bpm). Não houve diferença entre a PSE ( $15 \pm 2,8$  e  $13,5 \pm 2,0$ ) e o  $\%FC_{\text{máx}}$  ( $94,9 \pm 1,4$  e  $93,2 \pm 4,2\%$ ) no LL identificadas em esteira e no cicloergômetro, respectivamente. Houve tendência a uma menor FC no LL em cicloergômetro ( $p=0,085$ ) quando comparado à esteira. A partir dos resultados encontrados, a PSE e o  $\%FC_{\text{máx}}$  mostraram-se ferramentas que podem ser aplicadas no controle e prescrição do treinamento de indivíduos que praticam mais de uma modalidade esportiva.

**Palavras-chave:** Limiar lactato, Triathlon, frequência cardíaca.

## HEART RATE AND PERCEIVED EXERTION ANALYSIS IN THE LACTATE THRESHOLD OF TRIATHLETES IN DIFFERENT ERGOMETERS

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare HR and RPE values identified at lactate threshold of triathletes in two different ergometers (treadmill and cyclo-ergometer). Six male triathletes volunteered to participate in the study ( $26.0 \pm 7.6$  years,  $70.8 \pm 5.0$ kg,  $176 \pm 5.0$  cm high and  $8.3 \pm 1.4$  % body fat). All subjects performed one graded exercise on cyclo-ergometer (beginning with 80w, and increments of 40W every three minutes), and another graded exercise on a treadmill (starting speed  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , 3% of inclination and increments of  $1,2\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  every three minutes). Blood samples were collected for lactate analysis prior to the beginning of the exercise and at the end of each stage. Lactate threshold was defined as the workload corresponding to the second lactate increase of at least  $0.5\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  from the previous value, where the second increase was greater (or equal) than the first one. HR was continuously monitored and was registered every minute and the RPE was evaluated at the end of each stage.  $HR_{\text{máx}}$  on treadmill was higher than the one founded on cyclo-ergometer. There was no difference between RPE and  $\%HR_{\text{máx}}$  at LT identified on both ergometers. There was a tendency to lower HR values at LT on cycloergometer compared to treadmill exercise. These findings showed that RPE and  $\%HR$  can be used to monitoring and prescribing training programs to athletes who practice more than one sport.

**Keywords:** Lactate threshold, Triathlon, heart rate

## INTRODUÇÃO

A resposta do lactato sanguíneo durante um exercício incremental tem sido muito utilizada na área esportiva (VAN SCHUYLENBERGH; VANDEN, 2004) como forma de mensuração dos efeitos do treinamento (FERREIRA *et al.* 2007; BILLAT *et al.*, 2003), prescrição das intensidades de exercícios (KINDERMANN *et al.*, 1979) e como forma de estimar o desempenho em diferentes modalidades esportivas (BENEKE, 1995; BENEKE *et al.*, 2000; BILLAT, 1996; HARNISH *et al.* 2001).

Atualmente existe uma grande discussão sobre o LL representar uma troca de predominância na forma de obtenção de energia (LAMB *et al.*, 2006). Essa relação pode ser explicada pela duração do exercício, de acordo com a intensidade. Svedahl e Macintosh (2003) citam que em exercícios próximos do  $VO_{2máx}$ , o sujeito consegue se manter por até 60 minutos; no LL, que geralmente se dá entre 60% e 80% do  $VO_{2máx}$ , o sujeito se mantém por mais de 60 minutos; e em condições abaixo do LL, o exercício pode ser mantido por horas.

De acordo com Achten e Jeukendrup (2003) a utilização da frequência cardíaca (FC) para a prescrição e controle do treinamento pode ser considerada prática e de baixo custo, embora apresente limitações decorrentes de diversos fatores que podem influenciar sua resposta (temperatura ambiente, desidratação, redistribuição do fluxo sanguíneo e elevação da temperatura interna). A percepção subjetiva de esforço (PSE) também pode ser considerada um método capaz de ser utilizado no controle da intensidade de exercício e passível de ser utilizado no controle do treinamento, desde que os indivíduos estejam familiarizados com este procedimento (BORG, 1982).

Ainda nesse tema, (HECK *et al.*, 1985) investigaram métodos em laboratório e as possíveis influências com alterações nos padrões de teste, mostrando que ainda existem dificuldades em conciliar o treinamento em sua forma prática, com os resultados obtidos nos testes laboratoriais.

Diversos estudos observaram a manutenção dos valores de FC (PHILP *et al.*, 2008; CARTER *et al.*, 1999; HURLEY *et al.*, 1984; McMILLAN *et al.*, 2003; ZAPICO *et al.*, 2007) e PSE (HURLEY *et al.*, 1984) no limiar de lactato antes e após um período de treinamento aeróbico.

Entretanto, poucos estudos investigaram o efeito de diferentes ergômetros nos valores de FC e PSE identificados em atletas que praticam mais de uma modalidade esportiva.

Dessa forma a padronização do teste e as condições onde ele é realizado são de extrema importância para se obter resultados satisfatórios, sendo que o resultado obtido neste tipo de teste de esforço, no qual se determina a FC e PSE como resposta ao incremento da intensidade, permitirá estabelecer intensidades corretas para melhorar a capacidade e a potência das vias energéticas aeróbicas de atletas que treinam mais de uma modalidade esportiva (HECK *et al.*, 1985), tais informações servem como orientação para técnicos e professores na elaboração de um programa de treinamento, no qual os atletas treinem no ritmo de limiar que é o individualmente correto, favorecendo o aumento da capacidade aeróbica, predispondo os atletas a um menor risco de supertreinamento (DENADAI *et al.*, 2004).

O objetivo do presente estudo foi comparar os valores de FC e PSE identificadas no limiar de lactato em dois diferentes ergômetros (esteira rolante e cicloergômetro) em triatletas.

## MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário de Belo Horizonte (Uni-BH), Protocolo 034/2007, e todos voluntários assinaram um do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Participaram deste estudo 6 atletas do sexo masculino ( $26,0 \pm 7,6$  anos,  $70,8 \pm 5,0$ kg de massa corporal,  $176 \pm 5,0$  cm de estatura e  $8,3 \pm 1,4$  % de gordura corporal), com experiência no Triathlon de no mínimo cinco anos e que possuíam índice para disputar o Troféu Brasil de Triathlon e tempo entre 30 e 35 minutos para provas de 10k de corrida.

Inicialmente foram avaliadas a massa corporal, estatura e o percentual de gordura (JACKSON E POLLOCK, 1978). Em seguida os atletas foram submetidos a dois protocolos, um em esteira (Inbrasport®) e outro em cicloergômetro (Monark®) para determinação do LL de forma aleatória. Todos os testes foram realizados em ambiente controlado (19 a 22°C; 50 a 60% URA).

O protocolo utilizado na esteira foi o proposto por Heck et al. (1985), com adaptação para inclinação. O incremento comumente utilizado aumenta a velocidade em 1,2Km/h e mantém a inclinação constante de 1%. Neste estudo, consistiu em um exercício progressivo com velocidade inicial de 8km/h e 3% de inclinação, com incrementos de 1,2km/h a cada 3 minutos, a adaptação para o incremento se deu na inclinação, assumindo o valor de 3% constante até o décimo primeiro estágio, onde a velocidade máxima da esteira chega a 20 km/h, repetindo a velocidade no décimo segundo estágio, aumentando em 3,5% a inclinação e no décimo terceiro estágio, aumentando em 4% a inclinação até a fadiga.

O protocolo em cicloergômetro consistiu em um exercício progressivo com intensidade inicial de 80W, cadência de 80rpm e incrementos de 40W a cada 3 minutos até a fadiga (adaptado de Astrand e Rodahl, 1987).

Para determinação da lactatemia (Accusport®) amostras de sangue foram coletadas antes do início do exercício (repouso) e ao final de cada estágio. No protocolo em esteira, o teste era interrompido por 30s para permitir a colheita sanguínea. As amostras de sangue foram coletadas na popa digital (aproximadamente 25µL) através de punção com lanceta descartável. O LL foi considerado como segundo aumento maior ou igual a 0,5 mM em relação a lactatemia do estágio anterior (BALDARI E GUIDETTI, 2000).

A FC foi monitorada continuamente e registrada a cada minuto através de um cardiofrequencímetro (Polar®) e percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada ao final de cada estágio através de uma escala de 15 pontos (BORG 1982). O maior valor de FC registrado ao longo de cada protocolo foi considerada como a frequência cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>).

Em todas as situações experimentais os voluntários foram instruídos a se alimentar e ingerir 500mL de água (ACSM, 2000) duas horas antes do início do exercício. Os voluntários foram instruídos a não ingerir nenhum alimento contendo álcool ou cafeína e nem realizar atividade física vigorosa 24 horas antes do experimento.

Para análise estatística foi utilizado o teste t de Student pareado para comparar as variáveis identificadas no LL nos diferentes ergômetros. Para comparar os valores de PSE foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon. Todos os resultados estão apresentados como média ± desvio padrão. O nível de significância adotado foi de α=5%

## RESULTADOS

Quando comparados os valores máximos de FC encontrados nos protocolos em esteira e cicloergômetro, a FC em esteira foi maior (p<0,05) que aquela encontrada em cicloergômetro (Tabela 1).

**Tabela 1. Valores de frequência cardíaca máxima (FC<sub>MAX</sub>) encontrados em cicloergômetro e esteira.**

	Cicloergômetro	Esteira
<b>FC<sub>MAX</sub></b>	175,2 ± 13,3*	193,7 ± 9,9

\*diferença significativa em relação aos valores encontrados em esteira (p < 0,05)

Os resultados de FC, %FC e PSE relativos ao LL identificados em cicloergômetro e esteira rolante estão expressos na tabela 2:

**Tabela 2. Valores de frequência cardíaca (FC), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC<sub>máx</sub>) e percepção subjetiva de esforço (PSE) relativos ao LL identificados em cicloergômetro e esteira.**

Ergômetro	FC	%FC <sub>máx</sub>	PSE
<b>Cicloergômetro</b>	163 ± 14,3*	93,2 ± 4,2	13,5 ± 2,0
<b>Esteira</b>	180 ± 10,9	94,9 ± 1,4	15 ± 2,8

\*Tendência à diferença significativa em relação à esteira (p=0,085)

Não houve diferença entre a PSE e o %FC no LL identificadas em esteira e no cicloergômetro. Já em valores absolutos, houve uma tendência ( $p=0,085$ ) a FC no LL em esteira ser maior do que àquela em cicloergômetro.

## DISCUSSÃO

A avaliação da capacidade aeróbica de um indivíduo pode determinar todo o sucesso do seu plano de treino. Um dos parâmetros que classifica esta capacidade no atleta é o LL, que vem sendo bastante utilizado na área da saúde SIMÕES et al. (1998).

O LL parece ser a variável mais sensível para monitorar a evolução do treinamento, pois muitas vezes o  $VO_2$  máx. não modifica, mas o LL aumenta, resultando em melhoria do desempenho (SECHER, 1993).

Como formas de determinar a FC no LL utilizam o protocolo de teste incremental em esteira proposto por Heck et al. (1985). Contudo, este teste foi adaptado em decorrência de uma limitação do ergômetro para o tipo de amostra do estudo. Esta adaptação foi feita no grau de inclinação da esteira, passando de 1% para 3% a partir de cálculo feito para influência desta adaptação no consumo de oxigênio.

O principal resultado do presente estudo foi de que os valores de %  $FC_{máx}$  e PSE identificadas no LL não foram diferentes quando analisados em diferentes ergômetros.

A FC no LL apresentou tendência a ser menor no protocolo realizado em cicloergômetro ( $p = 0,085$ ) do que àquela em esteira, no entanto os voluntários realizaram o exercício no mesmo %  $FC_{máx}$ .

Esse resultado corrobora com o encontrado por Fontana et al. (2009) em que na intensidade do LL identificado pela máxima fase estável do lactato (MFEL) os valores absolutos de FC foram maiores em esteira do que em cicloergômetro, porém não foram encontradas diferenças em relação ao %  $FC_{máx}$ .

Devido à especificidade do gesto biomecânico durante o teste no cicloergômetro em comparação a esteira (Denadai *et al.* 2004; BIJKER, GROOT, 2002), sugerem uma maior contribuição do metabolismo anaeróbico láctico durante o cicloergômetro.

Uma possível explicação para a tendência à maior  $FC_{máx}$  encontrada na corrida seria a maior massa muscular envolvida nesse tipo de exercício associada principalmente a estabilização ativa do tronco (KRAVITZ et al.1997).

O mesmo %  $FC_{máx}$  pode indicar uma semelhante demanda cardiovascular no LL (FONTANA, et al. 2009) para os exercícios em esteira e cicloergômetro. Embora a FC no limiar tenha sido menor no cicloergômetro que em esteira, o mesmo ocorreu para a  $FC_{máx}$ , o que pode explicar os %  $FC_{máx}$  semelhantes nos dois ergômetros.

Não foi observada diferença na PSE nos dois ergômetros no LL. Embora a PSE tenha sido proposta com base nos valores absolutos de FC (BORG, 1982), os resultados do presente estudo corroboram Fontana et al. (2009) que observaram a manutenção da PSE para um mesmo %  $FC_{máx}$  apesar de diferentes valores de FC.

A partir dos resultados encontrados, a PSE e o %  $FC_{máx}$  mostraram-se ferramentas que podem ser aplicadas no controle e prescrição do treinamento de indivíduos que praticam mais de uma modalidade esportiva. Entretanto, para a utilização do %FC em ambas as modalidades avaliadas seria necessária a aplicação de testes para a medida do LL nos dois ergômetros, já que os valores de  $FC_{máx}$  encontrados foram diferentes. A PSE também foi uma variável que se mostrou aplicável aos dois ergômetros na avaliação do LL e independente do ergômetro utilizado pode ser aplicada na prescrição e controle do treinamento a partir da realização de apenas um teste máximo desde que os atletas sejam familiarizados com este procedimento.

Desta forma, futuros estudos podem ser feitos para a medida do LL nos dois ergômetros, tanto em laboratório, quanto em campo.

## REFERÊNCIAS

- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A.E. Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. **Sports Medicine**. n.33, v.7, p.517-538, 2003.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE – ACSM. **Guidelines for exercise testing and prescription**, 6.ed, p.368, 2000.
- ASTRAND, P.; RODAHL, K. **Trabalho de fisiologia do exercício**. Rio de Janeiro :Guanabara, 1987. 616 p.
- BALDARI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1798-1802, 2000.
- BENEKE, R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.27, n.6, p.863-7, 1995.
- BENEKE, R.; HÜTLER, M.; LEITHÄUSER, R. M. Maximal lactate-steady-state independent of performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.32, n.6, p.1135-1139, 2000.
- BIJKER, K.; GROOT, G.; Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. **Eur. J. Appl Physiol**, 2002;87:556-61
- BILLAT, V. L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J. P.; MERCIER, J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v.33, n.6, p.407-26, 2003.
- BILLAT, V.L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: Recommendations for long-distance running. **Sports Medicine**. v.22, n.3, p.157-75, 1996.
- BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.14, n. 5, p. 377-381, 1982.
- CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Sciences**. n.17, p.957-967, 1999.
- DENADAI, B.S.; ORTIZ, M.J.; MELLO, M.T. Índices fisiológicos associados com a “performance” aeróbia em corredores de “endurance”: efeitos da duração da prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. 10(5), 2004.
- FERREIRA, J.C.B.; ROLIM, N.P.L.; BARTHOLOMEU, J.B.; GOBATTO, C.A.; KOKUBUN, E.; BRUM, P.C. Maximal Lactate Steady State In Running Mice: Effect Of Exercise Training. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**. n.34, p.760–765, 2007.
- FONTANA, P.; BOUTELLIER, U. ; KNÖPFLI-LENZIN C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. **European journal of applied physiology**. n.107, v.2, p.187-92, 2009.
- HARNISH, C. R.; SWENSEN, T. C.; PATE, R. R. Methods for estimating the maximal lactate steady state in trained cyclists. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.6, p.1052-5. 2001.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**. (06) 117-30, 1985.
- HURLEY, B.; HAGBERG, J.; ALLEN, W.; SEALS, D.; YOUNG, J.; CUDDIHEE, R.; HOLLOSZY, J. Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**. n.56, p.1260-1264, 1984.
- JACKSON, A.S; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v.40, p.497-504, 1978.
- KINDERMANN, W.; SIMON, W.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.42, p.25-34, 1979.

KRAVITZ, L.; ROBERGS, R.A.; HEYWARD, V.H.; WAGNER, D.R.; POWERS, K. Exercise mode and gender comparisons of energy expenditure at self-selected intensities. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 29:1028–1035, 1997.

LAMB, G.D.; STEPHENSON, D.G.; BANGSBO, J.; JUEL, C. Point: lactic acid accumulation is an advantage during muscle activity. **J. Appl. Physiology** 100(4): 1410-2, 2006.

MCMILLAN, G.B.; KHANNA, S.; GONZÁLEZ, G.F.; BUTZ, C.E.; BROOKS, G.A. Peroxisomal membrane monocarboxylate transporters: evidence for a redox shuttle system? **Biochemical and Biophysical Research Communications**. 304, v.1, p.130-5, 2003.

PHILP, A.; MACDONALD, A.L.; CARTER, H.; WATT, P.W.; PRINGLE, J.S. Maximal Lactate steady state as a training stimulus. **International Journal of Sports Medicine**. v.28, p.1-5, 2008.

SECHER, N.H. Physiological and biomechanical aspects of rowing – implications for training. **Sports Med**.1993;15:24-42.

SIMOES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V.; DENADAI, B.S.; KOKUBUN, E. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física**, 12(1): 17-30, 1998.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic Threshold: The Concepts and Methods of Measurement. **Can. J. Appl. Physiol**. 28(2): 299-323, 2003.

VAN SCHUYLENBERGH, R.; VANDEN E.; Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. **European Journal of Applied Physiology**, 2004, 91:94-9.

ZAPICO, A.G.; CALDERON, F.J.; BENITO, P.J.; GONZALEZ, C.B.; PARIS, A.; PIGOZZI, F.; SALVO, V. Evolution of physiological and haematological parameters with training load in elite male road cyclists: a longitudinal study. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. n.47, v.47, p.191-6, 2007

---

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

<sup>2</sup> Centro Universitário de Belo Horizonte - UNI-BH.