

Artigo Original

Efeitos do calor no OBLA: comparação entre ambiente quente e temperado

Cristiano Lino Monteiro de Barros
Thiago Teixeira Mendes
Diogo Antônio Soares Pacheco
Emerson Silami Garcia

Laboratório de Fisiologia do Exercício, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

Resumo: O OBLA (*onset of blood lactate accumulation*) é um método utilizado para estimar o limiar de lactato (LL). Entretanto, ainda não está claro o efeito da temperatura ambiente sobre o OBLA. O objetivo do presente estudo foi comparar o OBLA em ambiente quente (40°C) e temperado (22°C). Nove homens (idade: 23,9±2,4 anos; massa corporal: 75,9±7,3 kg e VO_2 máx: 47,8±4,9 mL·kg⁻¹·min⁻¹) realizaram teste progressivo em cicloergômetro para determinação da potência máxima (Wmáx) e do OBLA nos dois ambientes. A Wmáx (195±25W vs 225±28W) e a potência no OBLA (153±30W vs 165±32W) foram menores no ambiente quente do que no temperado. A frequência cardíaca no OBLA-40 foi maior do que no OBLA-22 (171±8 vs 153±10 bpm, respectivamente). Não foi observada diferença no consumo de oxigênio no OBLA-22 e OBLA-40 (31,65±5,21 vs 31,12±6,82 mL·kg⁻¹·min⁻¹). Estes resultados indicam que as condições ambientais influenciam a determinação do OBLA.

Palavras-chave: Lactato. Exercício. Temperatura ambiente. Consumo de oxigênio.

Effects of heat on OBLA: comparison between warm and temperate environments

Abstract: The OBLA (*onset of blood lactate accumulation*), is a method used to estimate the lactate threshold (LT). However, It is unclear the effect of ambient temperature on OBLA. The aim of this study was to compare OBLA determined in warm (40°C) and temperate (22°C) environments. Nine men (age: 23.9±2.4 years, body mass: 75.9±7.3kg and VO_2 máx: 47.8±4.9 mL·kg⁻¹·min⁻¹) performed an incremental test in cycle ergometer to determine the maximal power output (Wmax) and OBLA in the heat (OBLA-40) and temperate (OBLA-22) environments. The Wmax (195±25W vs 225±28W) and the power output associated with the OBLA (153±30 W vs 165±32W) were lower in warm than in temperate experiments. The heart rate at OBLA-40 was higher than in OBLA-22 (171±8 vs 153±10 bpm, respectively). No difference was found in oxygen uptake at OBLA-22 and OBLA-40 (31.65±5.21 vs 31.12±6.82 mL·kg⁻¹·min⁻¹). The results indicate that environmental conditions influence the OBLA determination.

Keywords: Lactate. Exercise. Environment temperature. Oxygen uptake.

Introdução

A intensidade de exercício físico correspondente à máxima fase estável do lactato (MFEL) além de ser considerada por muitos pesquisadores como o padrão ouro para prever o desempenho aeróbico (BILLAT et al., 2003; FAUDE et al., 2009) é também utilizada como um importante parâmetro para prescrição do treinamento (PHILP et al., 2008; VAN SCHUYLENBERGH et al., 2004). A MFEL fornece uma boa estimativa da mais alta intensidade de esforço que pode ser sustentada por períodos de 30 a 60 min em esportes como corrida, ciclismo, natação ou remo (BARON et al., 2008; BENEKE e VON DUVILLARD, 1996; BILLAT et al., 2003). Apesar de a MFEL ser considerada o padrão ouro para prever o desempenho aeróbico, sua identificação demanda vários dias de testes, o

que pode ser incompatível com o planejamento do treinamento, além do alto custo financeiro.

Na tentativa de minimizar tempo e custo, vários métodos foram propostos a partir de testes progressivos, através da concentração de lactato ([La⁻]) fixa (HECK et al., 1985), análise da curva de lactatemia (STEGMANN et al., 1981), variáveis ventilatórias (WASSERMAN e MCILORY, 1964), dosagens hormonais (MAZZEO e MARSHALL, 1989), variabilidade da frequência cardíaca (MOREIRA et al., 2008), glicemia (SIMÕES et al., 1999; MENDES et al., 2011), proteínas salivar (BORTOLINI et al., 2009) dentre outros. Apesar de existirem inúmeros métodos para identificar uma determinada intensidade limiar, há uma grande discussão na literatura acerca da validade e suporte teórico dos diferentes métodos, já que em muitos casos os mesmos identificam diferentes intensidades de exercício ou não foram

comparados com um método padrão ouro (Faude et al 2009). Heck et al. (1985) propuseram a utilização da $[La^-]$ de 4,0mM (*Onset of Blood Lactate Accumulation* - OBLA) para estimar a MFEL, pelo fato de que esta foi a média da $[La^-]$, na maior intensidade que apresentou estado estável, dos indivíduos de seu estudo durante um exercício físico de 30 min em intensidade constante de corrida. Denadai et al. (2004) verificaram que a utilização do OBLA é válida para estimar a intensidade de exercício da MFEL em cicloergômetro.

O limiar de lactato (LL) e a MFEL já foram estudados utilizando variações na pressão parcial de oxigênio (FRIEDMANN et al., 2004), nas fases do ciclo menstrual (DEAN et al., 2003), na capacidade aeróbica (DENADAI et al., 2004), na idade (MATTERN et al., 2003), no estado de hidratação (MOQUIN e MAZZEO, 2000), bem como no tipo de exercício (BENEKE et al., 2001). Tyka et al. (2009) observaram redução em intensidade limiar em ambiente quente (37°C) comparado ao ambiente temperado (23°C). Entretanto, não foi encontrado nenhum trabalho que tenha investigado o efeito do calor em métodos que utilizam uma dada concentração fixa de lactato para determinar o LL ou em métodos que já foram validados em relação à estimativa da MFEL.

Durante um exercício realizado no calor há aumento da atividade simpática (FEBBRAIO, 2001; LACERDA et al. 2007), modificação do metabolismo muscular com aumento na utilização de carboidratos e redução na oxidação de lipídeos (FEBBRAIO, 2001) e aumento na $[La^-]$ (FEBBRAIO, 2001; LACERDA et al. 2007). Assim, pode-se esperar um acúmulo de lactato mais rápido e em intensidade menores de exercício durante um exercício realizado no calor, o que poderia reduzir a intensidade de exercício no LL.

Uma vez que a prática esportiva é muitas vezes realizada em ambiente quente, investigar os efeitos do calor sobre o LL é de suma importância. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar a intensidade, frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2) e percepção subjetiva de esforço (PSE) no OBLA em ambientes quente (40°C) e temperado (22°C).

Materiais e Métodos

Nove homens jovens saudáveis e ativos participaram como voluntários do estudo. As

médias ($\pm DP$) da idade, massa corporal e consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) foram 23,9 \pm 2,4 anos; 75,9 \pm 7,3 kg e 47,8 \pm 4,9 mL \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$, respectivamente. Foram selecionados indivíduos com $VO_{2m\acute{a}x}$ entre 40 e 50 mL \cdot kg $^{-1}$ \cdot min $^{-1}$. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética (EC# 355/05) da Universidade Federal de Minas Gerais.

Os participantes foram orientados a ingerirem 500 mL de água 2 horas antes do início de todos os testes (CONVERTINO et al., 1996), mas não foi permitido que eles ingerissem água durante os experimentos. Foi pedido aos voluntários que não fizessem ingestão de bebidas alcoólicas ou contendo cafeína, bem como se absterem da realização de exercício físico extenuante por no mínimo 24 horas antes dos experimentos. Além disso, os voluntários deveriam manter a mesma dieta nas noites que antecediam os experimentos, bem como nas manhãs do dia dos experimentos. Foi dado um intervalo mínimo de cinco dias entre as situações experimentais para reduzir o efeito de treinamento e as mesmas foram aleatorizadas e balanceadas. Os experimentos foram realizados sempre no mesmo horário do dia, para minimizar os efeitos do ritmo circadiano, em uma câmara ambiental (WMD 1150-5, Russels Technical Products®, Holland, MI, EUA) que manteve a temperatura e umidade relativa do ar (URA) controladas em 22° C e 50% URA para a situação de ambiente temperado e em 40° C e 50% URA para situação de ambiente quente.

Os voluntários realizaram um teste progressivo até a interrupção voluntária do exercício em cicloergômetro de frenagem mecânica (Monark® 284-E Ergomedic) para determinar o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o OBLA em ambiente quente (OBLA-40) e temperado (OBLA-22). O OBLA foi considerado como a intensidade de exercício correspondente a $[La^-]$ de 4,0mM e foi calculado através de interpolação linear (COELHO et al., 2009). As variáveis respiratórias foram medidas, a cada respiração, utilizando um analisador de gases (BIOPAC System®, GasSys2, EUA), previamente calibrado e o maior valor de VO_2 registrado foi considerado o $VO_{2m\acute{a}x}$. A potência inicial foi de 60 W, a qual foi aumentada em 15W a cada 3 min e a cadência foi mantida em 60rpm (DE BARROS et al., 2011). A potência máxima ($W_{m\acute{a}x}$) foi determinada pela intensidade de exercício do último estágio completo acrescido da potência relativa ao tempo de estágio incompleto (KUIPERS et al., 1985). Amostras de sangue (25 μ L) foram coletadas do lóbulo da orelha antes e no final de cada estágio do exercício, armazenadas a -20°C em tubos contendo NaF

50µL (1%) e posteriormente analisadas em um lactímetro eletroenzimático YSI 2300 STAT® (Yellow Springs, Ohio, EUA).

A FC foi monitorada continuamente e registrada a cada minuto utilizando-se um cardiofrequencímetro Polar S810i® (Polar Electro, Kempele, Finland) e a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi verificada a cada 3 min de exercício utilizando a Escala de Borg de 15 pontos. (BORG, 1982). O maior valor de FC registrado foi considerado como frequência cardíaca máxima (FCmáx).

Análise estatística

Todos os resultados estão expressos em média \pm desvio padrão. Após verificação da normalidade de distribuição dos dados e homocedasticidade, foi utilizada uma análise paramétrica para comparação dos resultados.

Para a comparação entre os resultados nos ambientes temperado e quente foi utilizado o teste t pareado e para comparações ao longo do tempo foi utilizada uma análise de variância com dois fatores de variação (tempo vs. ambiente) – ANOVA Two Way – seguido pelo *post hoc* de Tukey. A associação entre variáveis determinadas nos dois ambientes foi determinada pela correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Resultados

A Figura 1 mostra a resposta da lactatemia durante a realização dos testes progressivos nos ambientes temperado e quente. Após 135W a $[La^-]$ foi significativamente maior no ambiente quente quando comparada ao ambiente temperado.

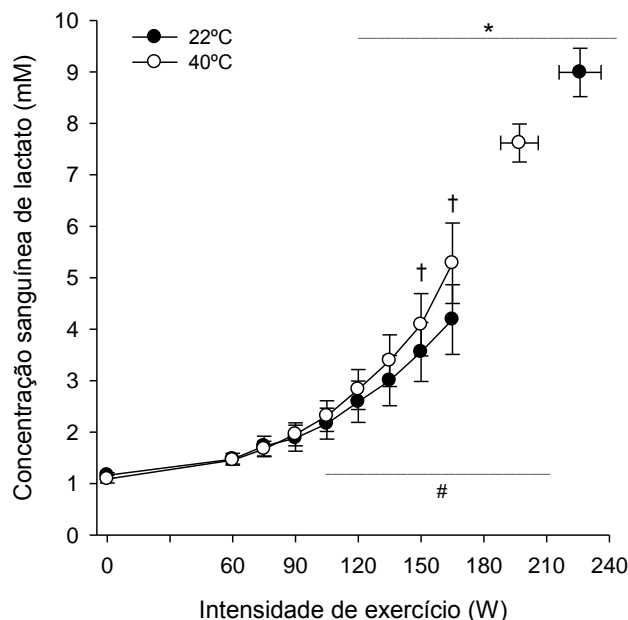


Figura 1. Concentração sanguínea de lactato durante exercício progressivo a 22°C e 40°C. † $p < 0,05$ entre ambientes para uma mesma intensidade de exercício; # $p < 0,05$ quando comparado com o repouso a 40°C; * $p < 0,05$ quando comparado com o repouso a 22°C; $n = 8$.

Os valores de $W_{máx}$ e $VO_{2máx}$ foram menores no ambiente quente ($p < 0,05$), enquanto a $FC_{máx}$ foi maior ($p < 0,05$) neste ambiente (Tabela 1).

Tabela 1. Potência máxima ($W_{máx}$), consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) determinados em ambiente temperado (22°C) e quente (40°C).

	22°C	40°C
$W_{máx}$ (W)	225 \pm 28	195 \pm 25*
$VO_{2máx}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	46,25 \pm 4,46	40,05 \pm 4,06*
$FC_{máx}$ (bpm)	188 \pm 7	195 \pm 8*

* diferença significativa ($p < 0,05$) em relação 22°C; $n = 9$.

Os resultados correspondentes ao OBLA-22 e OBLA-40 estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Potência, percentual da potência máxima (%Wmáx), consumo de oxigênio (VO_2), percentual do consumo máximo de oxigênio (% VO_2 máx), frequência cardíaca (FC), percentual da frequência cardíaca máxima (%FCmáx) e percepção de esforço (PSE) correspondentes ao LL-22 e LL-40.

	LL-22	LL-40
Potência (W)	165 ± 32	153 ± 30*
%Wmáx	73 ± 7	78 ± 8
VO_2 (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	31,65 ± 5,21	31,12 ± 6,82
FC (bpm)	153 ± 10	171 ± 8*
%FCmáx	82 ± 5	88 ± 3*
PSE	16 ± 1	17 ± 1

*diferença significativa ($p < 0,05$) em relação 22°C; n=9.

A potência e o consumo de oxigênio correspondente ao OBLA-22 apresentaram alta correlação com a potência ($r=0,90$; $p < 0,05$) (Figura 2A) e consumo de oxigênio ($r=0,88$; $p < 0,05$) (Figura 2B) no OBLA-40. Em contrapartida, a FC no OBLA-22 não apresentou correlação significativa com a FC no OBLA-40 ($r=0,34$; $p > 0,05$).

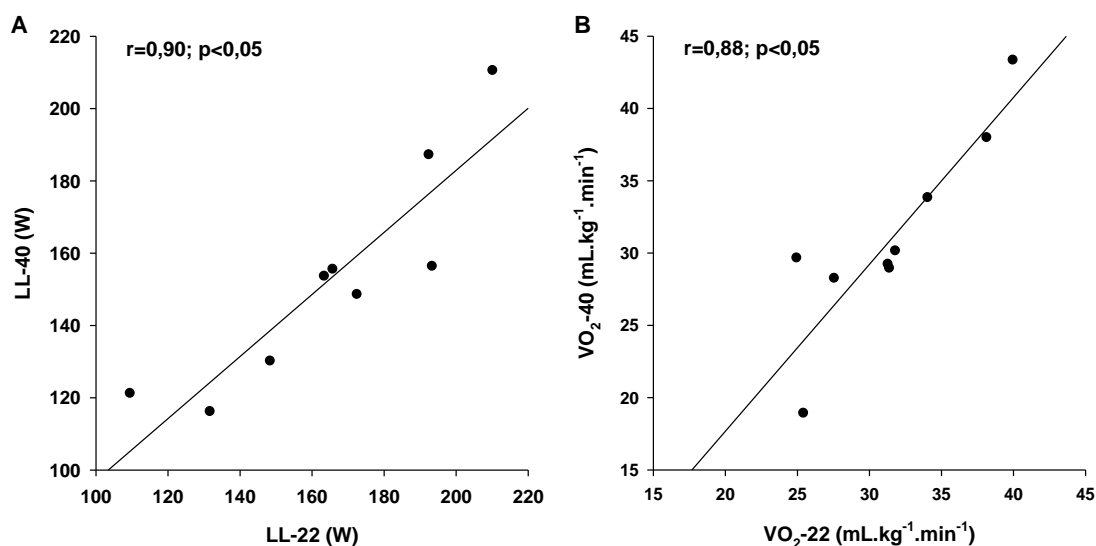


Figura 2. Correlação entre a potência no limiar de lactato identificado a 22°C (LL-22) e 40°C (LL-40) (A) e entre o consumo de oxigênio correspondente ao LL-22 (VO_2 -22) e LL-40 (VO_2 -40) (B).

Discussão

O principal resultado do presente estudo foi a redução da intensidade do OBLA no ambiente quente. Outros trabalhos também verificaram a redução de intensidade de exercício associada ao LL (TYKA et al, 2009; LORENZO et al., 2010) e à MFEL (DE BARROS et al., 2011) em ambiente quente. A maior $[La^-]$ observada durante o exercício progressivo no calor (Figura 1) mostra que para uma mesma intensidade absoluta de exercício (potência) há um maior acúmulo de lactato, indicando que o LL determinado através

de uma concentração fixa, deve ser antecipado (menor intensidade) no calor. Entretanto, Smolander et al. (1986) não encontraram diferenças entre o LL determinado através da concentração fixa de 2,5mM em ambientes temperado (25°C) e quente (40°C). Este resultado pode ser decorrente da utilização de um limiar associado a baixa intensidade de exercício ou $[La^-]$ (concentração fixa de 2,5mM de lactato) na qual a interação entre estresse térmico e intensidade de exercício não resultou em maior acúmulo de lactato. No presente trabalho, só foi

observado maior acúmulo de lactato, em ambiente quente, a partir da intensidade de exercício correspondente à 135 W (Figura 1).

O maior acúmulo de lactato durante exercício realizado no calor (FINK et al., 1975; YOUNG et al., 1985, FEBBRAIO et al., 1994a; FEBBRAIO et al., 1994b; HARGREAVES et al., 1996) como observado no presente estudo, pode ocorrer em função da redistribuição do débito cardíaco e redução da remoção de lactato (YOUNG et al., 1985; ROWELL et al., 1968), aumento da glicólise (FEBBRAIO et al. 1994b) e modificações do padrão de recrutamento de unidade motoras (YOUNG et al. 1985).

Durante exercício realizado em ambiente quente há um desvio do fluxo de sangue para a pele facilitando a dissipação de calor, e reduzindo o fluxo sanguíneo para a região esplâncnica e muscular. Esta redistribuição de fluxo de sangue pode resultar em hipóxia tecidual e aumento na formação de lactato no músculo ativo (YOUNG et al., 1985), além da redução da remoção deste metabólito pela região esplâncnica (ROWELL et al., 1968). Entretanto, Nielsen et al. (1990) e Savard et al. (1988) verificaram que o fluxo sanguíneo para os músculos ativos não é reduzido em exercício submáximo realizado no calor em função do aumento do débito cardíaco. Desta forma, o desvio cardiovascular ocorrido no calor pode não limitar o fluxo sanguíneo muscular e não contribuir com a maior $[La^-]$ encontrada neste ambiente. Além disso, a remoção de lactato acontece principalmente no tecido muscular e não na região esplâncnica durante o exercício (GLADDEN, 2004). Em função do aumento do débito cardíaco, pode ser esperada uma maior FC durante exercício realizado em ambiente quente. No presente trabalho, observamos que, apesar da menor intensidade de exercício no OBLA-40 foi encontrada uma maior FC quando comparado ao OBLA-22, o que pode ser explicado tanto pelo maior desvio cardiovascular e aumento do débito cardíaco para atender a demanda do exercício e termorregulação ocorrido nesta situação, quanto pelo aumento da atividade simpática durante exercício realizado no calor (FEBBRAIO et al. 1994b; DOLNY et al. 1988).

A maior atividade simpática durante o exercício realizado em ambiente quente pode também aumentar a glicogenólise por estimular a conversão da fosforilase, enzima chave da regulação da glicogenólise, da forma menos ativa

para mais ativa (RICHTER, 1982; SPRIET et al., 1988), e a atividade da adenilato ciclase, por aumentar a concentração de AMP cíclico e ativação da proteína cinase (SPRIET et al., 1988) e desta forma aumentar a produção e acúmulo de lactato (FEBBRAIO et al. 1994b). No presente estudo, embora a atividade simpática não tenha sido avaliada, o maior acúmulo de lactato observado no calor pode estar relacionado à maior atividade simpática e concentração de catecolaminas observadas por outros autores. Mazzeo e Marshall (1989) verificaram um comportamento semelhante entre a resposta da adrenalina plasmática e lactatemia em exercício progressivo realizado em esteira e cicloergômetro e sugeriram a existência de uma relação causal entre o aumento da adrenalina e da lactatemia. Além disso, o exercício realizado no calor parece ser acompanhado por uma modificação no padrão de recrutamento neuromuscular, com maior utilização de fibras de contração rápida (fibras glicolíticas) do que de fibras contração lenta e maior utilização de glicogênio muscular (YOUNG et al. 1985).

Deste modo, vários mecanismos podem contribuir para o maior acúmulo de lactato durante exercício realizado no calor e conseqüente redução da intensidade de exercício referente ao OBLA. Além da redução da intensidade de exercício no OBLA também foram observadas reduções no VO_2 máx e W máx no calor. Estes resultados corroboram os resultados de Nielsen et al. (2001), Marino et al. (2004) e Tucker et al. (2004) que também observaram redução de desempenho físico sob estresse térmico. Entretanto não foi encontrada diferença significativa no % W máx associado ao OBLA-22 e OBLA-40. Desta forma, a redução da intensidade limiar foi proporcional à redução da W máx. Embora o OBLA-40 tenha ocorrido em menor intensidade de exercício (potência), não foi encontrada diferença no consumo de oxigênio e PSE entre o OBLA -40 e OBLA-22. A semelhança na PSE entre os ambientes pode ser explicada em função da manutenção do mesmo % W máx e consumo de oxigênio no OBLA nos dois diferentes ambientes. Este resultado corrobora De Barros et al. (2011) que também observaram manutenção da PSE na MFEL em ambiente quente e temperado. Logo, parece que a PSE é uma variável capaz de integrar as demandas para manutenção do exercício frente ao estresse do

ambiente (GIBSON, Noakes, 2004; CREWE et al. 2008; TUCKER 2009).

Outro importante achado do presente estudo foi o maior consumo máximo de oxigênio observado no exercício realizado em ambiente temperado quando comparado ao ambiente quente ($46,25 \pm 4,46$ vs $40,05 \pm 4,06$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectivamente) (Tabela 1). Este resultado pode ser explicado pela redução do desempenho físico causada pelo estresse térmico (NIELSEN et al. 2001; MARINO et al. 2004 e TUCKER et al. 2004), sugerindo que, no calor, a capacidade de controlar a temperatura corporal contribuiu mais para a interrupção do esforço do que a capacidade aeróbica, ou seja, os indivíduos interromperam o esforço neste ambiente antes de atingirem a sua capacidade de produzir energia.

Desta forma, os resultados do presente estudo indicam que o maior acúmulo de lactato no calor reduz a intensidade de exercício do OBLA e que ajustes na carga devem ser realizados para determinação da intensidade do treinamento realizado em ambiente diferente daquele no qual ocorreu a avaliação física. Além disso, nossos resultados sugerem que é importante o controle da temperatura ambiente quando se tem como objetivo uma avaliação física criteriosa para melhor controle da carga de treinamento.

Referências

BARON, B., NOAKES, T.D., DEKERLE, J., MOULLAN, F., ROBIN, S., MATRAN, R., PELAYO, P. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **British Journal of Sports Medicine**, London, v.42, n.10, p.828-833, 2008. Disponível em: <http://bjsm.bmj.com/content/42/10/828.abstract>. Acesso em: 26 jan. 2012.

BENEKE, R., VON DUVILLARD, S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v.28, n.2, p.241-246, 1996. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8775160> Acesso em: 26 jan. 2012

BENEKE, R., LEITHAUSER, R.M., HUTLER, M. Dependence of the maximal lactate steady state on the motor pattern of exercise. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.35 p.192 - 196, 2001. Disponível em: <http://bjsm.bmj.com/content/35/3/192.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

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**, Auckland, v.33, n.6, p.407-426, 2003. Disponível em: <http://link.springer.com/content/pdf/10.2165%2F0007256-200333060-00003.pdf> Acesso em: 26 jan. 2012

BORG, G. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v.14, n.5, p.377-381, 1982. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154893> Acesso em: 26 jan. 2012

BORTOLINI, M.J., DE AGOSTINI, G.G., REIS, I.T., LAMOUNIER, R.P., BLUMBERG, J.B., ESPINDOLA, F.S. Total protein of whole saliva as a biomarker of anaerobic threshold. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Reston, v.80, n.3, p.604-610, 2009. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19791647> Acesso em: 26 jan. 2012

COELHO, D.B., MORTIMER, L.A.C.F., CONDESSA, L.A., SOARES, D.D., DE BARROS, C.L.M., SILAMI-GARCIA, E. Limiar anaeróbico de jogadores de futebol de diferentes categorias. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Santa Catarina, v. 11, n.1, p. 81-87, 2009. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/1980-0037.2009v11n1p81/7933> Acesso em: 10 de abril de 2013.

CONVERTINO, V.A., ARMSTRONG, L.E., COYLE, E.F., MACK, G.W., SAWKA, M.N., SENAY, L.C.J.R., SHERMAN, W.M. American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and fluid replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v.28: i-vii, 1996. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9303999> Acesso em: 26 jan. 2012

CREWE, H., TUCKER, R., NOAKES, T.D. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. **European Journal of Applied Physiology**. Berlin v.103, p.569-77. 2008. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-008-0741-7> Acesso em: 15 abril 2013

DEAN, T.M., PERREAUL, T.L., MAZZEO, R.S., HORTON, T.J. No effect of menstrual cycle phase on lactate threshold. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.95: p.2537- 2543, 2003. Disponível em:

<http://jap.physiology.org/content/95/6/2537.long>

Acesso em: 26 jan. 2012

DE BARROS, C.L.M., MENDES, T.T., MORTIMER, L.A.C.F., SIMÕES, H.G., PRADO, L.S., WISLOFF, U., SILAMI-GARCIA, E. Maximal lactate steady state is altered in the heat. **International Journal of Sports Medicine**, Kempten, v. 32, n.10, p.749-753, 2011. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/DOI/DOI?10.1055/s-0031-1277191> Acesso em: 26 jan. 2012

DENADAI, B.S., FIGUERA, T.R., FAVARO, O.R., GONÇALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal of Medical Biological Research**, Ribeirão Preto, v.37, p.1551 - 1556, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-879x2004001000015&script=sci_arttext Acesso em: 26 jan. 2012

DOLNY, D.G., LEMON, P.W. Effect of ambient temperature on protein breakdown during prolonged exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.64, n.2, p.550-555, 1988. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/64/2/550.abstract?cited-by=yes&legid=jap;64/2/550> Acesso em: 26 jan. 2012

FAUDE, O., KINDERMANN, W., MEYER, T. Lactate threshold concepts: How valid are they? **Sports Medicine**, Auckland, v.39, n. 6, p.469-490, 2009. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19453206> Acesso em: 26 jan. 2012

FEBBRAIO, M.A., SNOW R.J., STATHIS, C.G., HARGREAVES, M., CAREY, M.F. Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.77, p.2827 - 2831, 1994a. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/77/6/2827.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

FEBBRAIO, M.A. Alterations in energy metabolism during exercise and heat stress. **Sports Medicine**, Auckland, v.31, p.47- 59, 2001. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.2165%2F00007256-200131010-00004> Acesso em: 26 jan. 2012

FEBBRAIO, M.A.; SNOW, R.J.; HARGREAVES, M.; STATHIS, C.G.; MARTIN, I.K.; CAREY, M.F. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: effect of acclimation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.76, p.589-97, 1994b. Disponível em:

<http://jap.physiology.org/content/76/2/589.abstract>

Acesso em: 26 jan. 2012

FINK, W.J., COSTILL, D.L., VAN HANDEL, P.J. Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 34, p.183 - 190, 1975. Disponível em: <http://ukpmc.ac.uk/abstract/MED/1181181/reload=0;jsessionid=4EvP3CIYnGMJtIzpnJ9.8> Acesso em: 26 jan. 2012

FRIEDMANN B., BAUER, T., MENOLD, E., BARTSCH, P. Exercise with the intensity of the individual anaerobic threshold in acute hypoxia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v.36, p.1737 - 1742, 2004. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15595295> Acesso em: 26 jan. 2012

GIBSON, A.S.C., NOAKES, T.D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 38, p. 797-806, 2004. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724966/> Acesso em: 15 abril 2013

GLADDEN, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **Journal of Physiology**, Cambridge, v. 558 p. 5 - 30, 2004. Disponível em: <http://jp.physoc.org/content/558/1/5.abstract>. Acesso em: 15 abril 2013

HARGREAVES, M.; ANGUS, D.; HOWLETT, K.; CONUS, N.M.; FEBBRAIO, M. Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.81, p.1594-1597, 1996. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/81/4/1594.full> Acesso em: 26 jan. 2012

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**. Kempten, v.6, n. 3, p.219-224, 1985. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4030186> Acesso em: 26 jan. 2012

KUIPERS, H., VERSTAPPEN, F.T., KEIZER, H.A., GEURTEN, P., VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. **International Journal of Sports Medicine**, Kempten, v.6, n.4, p.197-201, 1985. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1025839> Acesso em: 26 jan. 2012

LACERDA, A.C., GRIPP, F., RODRIGUES, L.O., SILAMI-GARCIA, E., COIMBRA, C.C., PRADO L.S. Acute heat exposure increases high-intensity performance during sprint cycle exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.99, p.87– 93, 2007. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/d167321744606136/> Acesso em: 26 jan. 2012

LORENZO, S., HALLIWILL, J.R., SAWKA, M.N., MINSON, C.T. Heat acclimation improves exercise performance. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.109, p.1140-47, 2010. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/109/4/1140.full> Acesso em 10 de abril de 2013.

MARINO, F.E.; KAY, D., SERWACH, N. Exercise time to fatigue and the critical limiting temperature: effect of hydration. **Journal of Thermal Biology**, Kidlington, v.29, p.21–29, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456503000743> Acesso em 10 de abril de 2013.

MATTERN, C.O., GUTILLA, M.J., BRIGHT, D.L., KIRBY, T.E., HINCHCLIFF, K.W., DEVOR, S.T. Maximal lactate steady state declines during the aging process. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.95, p.2576 - 2582, 2003. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/95/6/2576.full> Acesso em: 26 jan. 2012

MAZZEO, R.S., MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamine on the lactate threshold during graded exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 67, n. 4, p.1319-1322, 1989. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/67/4/1319> Acesso em: 26 jan. 2012

MENDES, T.T., DE BARROS, C.L.M., MORTIMER, L.A.C.F., PUGA, G.M., RAMOS, G.P., PRADO, L.S., SILAMI-GARCIA, E. Individual Glucose Threshold and Maximal Lactate Steady State Coincidence Analysis. **Journal of Exercise Physiology Online**, Duluth, v.14, n. 2, 2011. Disponível em: <http://faculty.css.edu/tboone2/asep/JEPonlineApril2011ThiagoMendes.pdf>. Acesso em 21/01/2012.

MOQUIN, A., MAZZEO, R.S. Effect of mild dehydration on the lactate threshold in women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 32, p.396 - 402, 2000. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10694123> Acesso em: 26 jan. 2012

MOREIRA, S.R., ARSA, G., OLIVEIRA, H.B., LIMA, L.C., CAMPBELL, C.S., SIMÕES, H.G. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for

individuals with type 2 diabetes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 22 (4), p.1108–1115, 2008. Disponível em: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/2008/07000/Methods_to_Identify_the_Lactate_and_Glucose.12.aspx Acesso em: 26 jan. 2012

NIELSEN, B., SAVARD, G., RICHTER, E.A., HARGREAVES, M., SALTIN, B. Muscle blood flow and muscle metabolism during exercise and heat stress. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 69, p.1040– 1046, 1990. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/69/3/1040.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

NIELSEN, B.; HYLDIG, T.; BIDSTRUP, F.; GONZALEZ-ALONSO, J.; CHRISTOFFERSEN, G.R. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. **European Journal of Physiology**, Pflugers Archive, Berlin, v.442, p.41–48, 2001. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs004240100515>. Acesso em 10 de abril de 2013.

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**. Kempten, v.29, n.6, p.475-479, 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18302077> Acesso em: 26 jan. 2012

RICHTER, E.A.; RUDERMAN, N.B.; GAVRAS, H.; BELUR, E.R.; GALBO, H. Muscle glycogenolysis during exercise: dual control by epinephrine and contractions. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v.242, n.1, p.25-32, 1982. Disponível em: <http://ajpendo.physiology.org/content/242/1/E25.reprint> Acesso em: 26 jan. 2012

ROWELL, L.B., BRENGELMANN, G.L., BLACKMON, J.R., TWISS, R.D., KUSUMI, F. Splanchnic blood flow and metabolism in heat-stressed man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.24, p.475– 484, 1968. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5643395> Acesso em: 26 jan. 2012

SAVARD, G.K.; NIELSEN, B.; LASZCZYNSKA, J.; LARSEN, B.E.; SALTIN, B. Muscle blood flow is not reduced in humans during moderate exercise and heat stress. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.64, n. 2, p.649-57, 1988. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/64/2/649.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

SIMÕES, H.G., CAMPBELL, C.S., KOKUBUN, E., DENADAI, B.S., BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for

individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.80, n. 1, p.34-40, 1999. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/61jt130rgmnw/dkl7/>. Acesso em: 26 jan. 2012

SMOLANDER J., KOLARI, P., KORHONEN, O., ILMARINEN, R. Aerobic and anaerobic responses to incremental exercise in a thermoneutral and a hot dry environment. **Acta Physiologica Scandinavica**, Berlin, v.128, p.15– 21, 1986. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3766171> Acesso em: 26 jan. 2012

SPRIET, L.L.; REN, J.M.; HULTMAN, E. Epinephrine infusion enhances muscle glycogenolysis during prolonged electrical stimulation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.64, n.4, p.1439-44, 1988. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/64/4/1439.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

STEGMANN, H., KINDERMANN, W., SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Kempten, v. 2, n. 3, p.160-165, 1981. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1034604> Acesso em: 26 jan. 2012

TUCKER, R.; RAUCH, L.; HARLEY, Y.X.R.; NOAKES, T.D. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **European Journal of Physiology, Pflugers Archive**, Berlin, v.448, p.422–430, 2004. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00424-004-1267-4>. Acesso em 10 de abril de 2013.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.43 p.392-400, 2009. Disponível em: <http://bjsm.bmj.com/content/43/6/392.long>. Acesso em 10 de abril de 2013.

TYKA, A., PALKA, T., TYKA, A., CISO, Ñ. T., SZYGULA, Z. The influence of ambient temperature on power at anaerobic threshold determined based on blood lactate concentration and myoelectric signals. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, Attleboro, v. 22, p.1 - 6, 2009. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19398412> Acesso em: 26 jan. 2012

VAN SCHUYLENBERGH, R., VANDEN EYNDE, B., HESPEL, P. Correlations between lactate and ventilatory thresholds and the maximal lactate steady state in elite cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, Kempten, v. 25, n.6, p.403-408, 2004. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15346226> Acesso em: 26 jan. 2012

WASSERMAN, K., MCILROY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 14, p.844-852, 1964. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002914964900128> Acesso em: 26 jan. 2012

YOUNG, A.J., SAWKA, M.N., LEVINE, L., CADARETTE, B.S., PANDOLF, K.B. Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 59, p.1929 - 1935, 1985. Disponível em: <http://jap.physiology.org/content/59/6/1929.abstract> Acesso em: 26 jan. 2012

Agências de Financiamento: Este estudo recebeu apoio financeiro do CNPq, do Ministério do Esporte, da FAPEMIG e CAPES.

Endereço:

Cristiano Lino Monteiro de Barros
Rua Desembargador Paula Mota, 262/300
Ouro Preto MG Brasil
31310-340
Fax: +55 (31) 3409-2325
e-mail: cristianolino@yahoo.com.br

Recebido em: 26 de janeiro de 2012.

Aceito em: 06 de maio de 2013.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)