

Identificação do lactato mínimo e glicose mínima em indivíduos fisicamente ativos

Lactate Minimum and Glucose Minimum Identification in Physically Active Subjects

Thomas Nilton Teixeira Souza¹
Silvia Alexandra Lima Yamaguti¹
Carmen Sílvia Grubert Campbell²
Herbert Gustavo Simões²

Resumo

Os protocolos do Lactato Mínimo (LM) e Glicemia Mínima (GM) têm sido utilizados para avaliação aeróbia em corredores. O objetivo deste estudo foi comparar a identificação do limiar anaeróbio de 4mmol.l^{-1} de lactato sanguíneo com o LM e GM determinados em teste de pista para indivíduos não atletas, utilizando-se de um *sprint* de 150 m como forma de indução prévia de hiperlactacidemia. Os voluntários ($n=13$) realizaram os seguintes testes de corrida: 1) LM e GM – 8 séries progressivas de 800m após indução de acidose láctica por meio de um *sprint* de 150 m. As velocidades correspondentes à menor concentração de lactato sanguíneo e glicemia durante o teste incremental foram consideradas como VLM e VGM, respectivamente; 2) Velocidade correspondente à concentração de 4mmol.l^{-1} : interpolação entre as velocidades de corrida e valores de lactato pico obtidos em 2 x 1200 m progressivos para identificação da $V_{4\text{mmol.l}^{-1}}$. Não foram verificadas diferenças significantes entre VLM, VGM e $V_{4\text{mmol.l}^{-1}}$, e os valores de frequência cardíaca (FC) correspondentes a VLM, VGM e $V_{4\text{mmol.l}^{-1}}$ também não diferiram entre si ($p>0,05$). Concluimos que é possível identificar a velocidade de corrida e a FC correspondentes ao LM e GM em não atletas utilizando-se do protocolo proposto.

PALAVRAS-CHAVE : lactato mínimo, glicemia mínima, limiar anaeróbio.

Abstract

Protocols of Lactate Minimum (LM) and Glycemia Minimum (GM) have been applied for aerobic evaluation in runners. The aim of this study was to compare the identification of the anaerobic threshold of 4mmol.l^{-1} of blood lactate with the LM and GM determined in track tests for non-athlete subjects, by applying a 150m “sprint” as a means to prior lactic acidosis induction. Volunteers ($n=13$) accomplished the following running tests: 1) LM and GM: 8 progressive series of 800m tests after a 150m “sprint” for lactic acidosis induction. The velocities correspondent to the lower concentration of blood lactate and glycemia during the incremental test were considered as LMB and GMV respectively, 2) Velocity correspondent to the concentration of 4mmol.l^{-1} interpolation between running velocities and peak lactate values obtained in progressive 2x1200m for identification of the $4\text{mmol.l}^{-1}V$. There were no significant differences between the LMV, GMV and $4\text{mmol.l}^{-1}V$; also, the heart rate values correspondent to the LMV, GMV and $4\text{mmol.l}^{-1}V$ did not differ from each other ($p>0.05$). We concluded that it is possible to identify the running velocity and the HR correspondent to the LM and GM in non-athletes by using the proposed protocol.

KEYWORDS: lactate minimum, glycemia minimum, anaerobic threshold.

¹ Universidade de Mogi das Cruzes – UMC Mogi das Cruzes-SP

² Universidade Católica de Brasília – UCB – Brasília-DF
E-mail: thomasnilton@globo.com / hsimoes@pos.ucb.br

Introdução

A máxima fase estável do lactato sanguíneo (MLSS) é a máxima intensidade de exercício na qual ocorre o equilíbrio dinâmico entre a taxa de produção e remoção do lactato sanguíneo (17). A velocidade de corrida em que ocorre a MLSS (VMLSS) tem sido considerada como a transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio (12), e pode ser avaliada pelas variáveis ventilatórias (13) e dosagens de lactato sanguíneo (8,10,20) durante testes incrementais e/ou de cargas retangulares (6,11,18).

Como a MLSS é de grande utilidade para prescrição de treinamento e na predição de performance aeróbia (20), vários protocolos foram desenvolvidos para a determinação da VMLSS em corredores, como o limiar anaeróbio individual (IAT) (17) e a velocidade de corrida associada à concentração fixa de 4 mmol.l⁻¹ (V4mmol.l⁻¹) (9). Além destes protocolos, alguns métodos foram desenvolvidos para a predição da resposta do lactato sanguíneo e identificação da MLSS, como o comportamento de variáveis ventilatórias (19) bem como a resposta da glicemia durante exercício incremental (1,2,15,16).

A predição da VMLSS pela concentração mínima de lactato sanguíneo (LM), durante teste incremental após indução de acidose láctica, também vem sendo aplicada por vários pesquisadores (2,15,16,18). Carter *et al.* (5) demonstrou que o VO₂ na velocidade do lactato mínimo (VLM) não foi diferente do VO₂ observado no limiar de lactato. Além disso, o equilíbrio dinâmico de lactato tem sido observado tanto em intensidades correspondentes ao IAT (14) quanto ao LM (18).

Simões *et al.* (16) em um estudo com corredores fundistas propuseram a determinação do limiar glicêmico individual para se identificar a velocidade de corrida correspondente à transição aeróbia-anaeróbia ou MLSS. Esses autores verificaram que durante o protocolo do LM os voluntários apresentavam uma resposta glicêmica similar à lactacidêmica, o que possibilitou identificar a transição aeróbia/anaeróbia ou MLSS a partir da glicemia mínima (GM).

Os protocolos do LM e GM têm sido freqüentemente aplicados em atletas, e a maioria dos estudos utilizaram-se de *sprint* nas distâncias entre 300 e 500 m, ou teste de *Wingate* de 30 segundos como forma de indução prévia de acidose láctica (2,15,16,18). Apesar da alta correlação existente entre VLM, IAT, V4mmol.l⁻¹ e VGM, a identificação e comparação destes parâmetros em indivíduos não atletas ainda não havia sido investigada. Os protocolos do LM e GM possibilitam analisar em uma mesma sessão de teste tanto a aptidão anaeróbia quanto a capacidade aeróbia. No entanto, a indução prévia de acidose láctica por meio de um *sprint* de 500 m, ou teste de *Wingate* de 30 segundos, pode não ser muito bem tolerada por indivíduos não atletas, comprometendo a realização da parte incremental do teste. Assim os objetivos deste estudo foram: 1) investigar a possibilidade de se identificar o LM e a GM em testes de pista para indivíduos não atletas, utilizando-se de um exercício de menor duração para indução de acidose láctica prévia; 2) comparar os valores de velocidade de corrida e FC correspondentes ao LM, GM e V4mmol.l⁻¹.

Metodologia

Voluntários - Participaram deste estudo 13 indivíduos de ambos os sexos (7 homens e 6 mulheres), com idade média de 21,3 + 1,6 anos, estudantes do curso de Educação Física da Universidade de Mogi das Cruzes. Os voluntários participavam de atividades físicas em uma freqüência de duas a três vezes semanais (como caminhadas, ciclismo, futebol, voleibol, natação), além da participação em aulas práticas do curso de Educação Física. Assim, como a prática de atividades físicas não caracterizava um programa regular de treinamento desportivo e não apresentava fins competitivos, os participantes do presente estudo foram classificados como indivíduos fisicamente ativos não atletas.

Antes de participarem do estudo, os voluntários assinaram termo de consentimento em que concordavam em participar dos testes e foram alertados sobre todos os riscos e benefícios de sua participação. As características dos participantes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos voluntários que participaram do estudo (n=13).

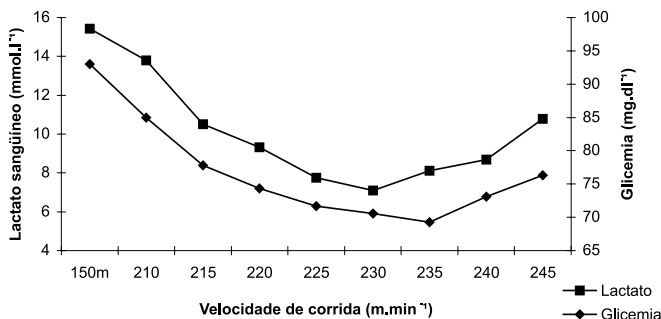
	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)
Masc. (n=7)	21,4 ±1,7	177,3 ±3,5	72,3 ±3,3
Fem. (n=6)	21,3 ±1,8	164,2 ±4,9	57,6 ±3,9

Testes de 3 km: corrida em pista, em que os indivíduos realizaram 3000 m no menor tempo possível, para determinação da velocidade média (Vm 3 Km) que foi expressa em metros por minuto (m.min⁻¹). A freqüência cardíaca mensurada ao final do teste (FC3Km) foi considerada como a FC máxima.

Teste de determinação do LM e GM: consistiu em um teste incremental precedido de acidose láctica induzida. Foi aplicado protocolo modificado de Simões *et al.* (16). Assim, no presente estudo foi utilizado um *sprint* de 150 m a máxima velocidade para indução de acidose láctica em vez de um *sprint* de 500 m proposto anteriormente, e após descanso de 10 minutos, os voluntários realizaram oito séries de corrida de 800 m progressivos à velocidades entre 84% e 98% da Vm 3 Km, com intervalo de 1 minuto entre as séries. Durante 1 minuto de pausa entre as séries, bem como aos 10 minutos de recuperação após o *sprint* de 150 m, coletas de 25 microlitros de sangue capilarizado do lobo da orelha foram realizadas, utilizando-se de capilares de vidro heparinizados e calibrados. As amostras de sangue foram depositadas em tubos *Eppendorf* contendo 50 microlitros de NaF 1%, e a lactacidemia e glicemia foram determinadas eletroenzimaticamente (YSI 2300S). A velocidade de corrida correspondente à menor concentração de glicose e de lactato sanguíneos durante o teste incremental foram consideradas como VGM e VLM, respectivamente (FIGURA 1). Após a indução de acidose láctica, bem como ao final de cada estágio a FC foi mensurada, sendo considerada FCLM a FC correspondente ao LM e FCGM a freqüência correspondente à GM. A adaptação do protocolo de Simões *et al.* (16), utilizando pausa de 10 minutos entre a indução de acidose e

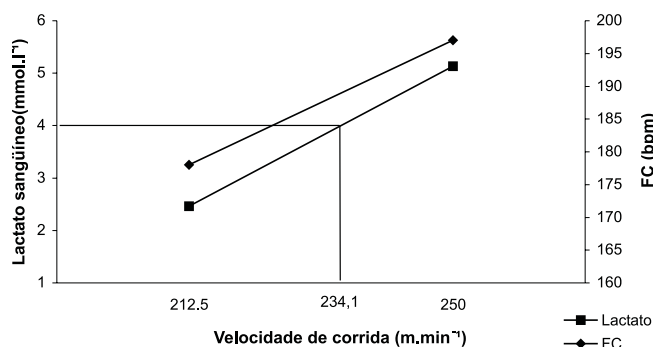
a parte incremental, e não 7 minutos como proposto inicialmente, deve-se ao fato de que em estudo piloto realizado em nosso laboratório o pico de lactato sanguíneo após o *sprint* de 150 metros ocorreu em média aos 10 minutos.

Figura 1 - Exemplo de teste realizado para o participante DL, em que as menores concentrações de lactato e glicemia foram considerados LM e GM, respectivamente.



Determinação da concentração fixa de 4mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo (V4mmol.l⁻¹): Os voluntários realizaram duas séries de corrida de 1200 metros em pista, a intensidades de 85% e 100%, respectivamente, da Vm3Km, e intervalo de 10 minutos entre as séries. Durante o intervalo de 10 minutos após cada série de 1200 m, coletas de sangue capilarizado foram realizadas durante o 1º, 3º e 5º minutos de recuperação. A determinação da V4mmol.l⁻¹ foi feita por interpolação linear entre a velocidade de corrida e o lactato pico em cada série de 1200 m (FIGURA 2). A FC correspondente a V4mmol.l⁻¹ (FC4mmol.l⁻¹) foi determinada também por interpolação entre as velocidades e a FC mensurada ao final de cada série de 1200 m. A lactacidemia foi mensurada seguindo o mesmo procedimento descrito para o teste de LM.

Figura 2 - Determinação da Vel4mmol.l⁻¹ para o participante DL.



Os voluntários realizaram os testes para determinação do V4mmol.l⁻¹, LM e GM em ordem aleatória, durante um período de no mínimo cinco e no máximo sete dias e intervalo de pelo menos 48 horas entre os testes.

Todos os testes foram precedidos de 25 minutos de alongamento e aquecimento e foram realizados em pista de atletismo oficial de 400 metros, no Centro Esportivo da Universidade de Mogi das Cruzes. Durante todos os testes a FC foi monitorada por telemetria, utilizando-se um monitor de FC (*Polar Sport Tester*).

Análises Estatísticas – Foram analisados os resultados obtidos nos três testes (V4mmol.l⁻¹, LM e GM),

utilizando-se de análise de variância para medidas repetidas, tanto para a velocidade de corrida (m.min⁻¹) quanto para a FC (bpm) referentes aos parâmetros. Testes de regressão linear e Correlação de *Pearson* entre GM x LM, LM x V4mmol.l⁻¹ e GM x V4mmol.l⁻¹ também foram aplicados. Teste t de *Student* não pareado foi aplicado para verificar diferenças entre mulheres e homens para o pico de lactato e o tempo de corrida em *sprint* de 150 m. O nível de significância aceito neste estudo foi de p<0,05.

Resultados

O *sprint* de 150 m apresentou média de 7,4 +1,5 e 10,8 +2,8 mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo, respectivamente para mulheres e homens (Tabela 2). Estes níveis de lactacidemia estão de acordo com outros estudos sobre LM, os quais utilizaram-se de diferentes formas de indução de acidose láctica (5,15,17).

Tabela 2 - Resultados do tempo (seg.) e pico de lactato sanguíneo (mmol.l⁻¹) em corrida de 150 m para indução de acidose láctica, durante o teste do LM e GM para os participantes do presente estudo (feminino, n=6; masculino, n=7).

150 m para Mulheres			150 m para Homens		
Iniciais dos Voluntários	Tempo (seg.)	Lactato pico (mmol.l ⁻¹)	Iniciais dos Voluntários	Tempo (seg.)	Lactato pico (mmol.l ⁻¹)
SA	25,7	8,7	AL	21,8	8,6
EM	25,9	7,8	DL	18,0	15,4
KE	25,2	6,3	EP	21,9	8,1
LG	26,1	6,9	GF	23,4	8,8
HS	29,3	9,3	MP	17,3	13,6
LS	23,7	5,1	PV	18,4	9,6
			TN	19,2	11,4
Média	25,1	7,4	Média	20,0***	10,8*
+DP	1,0	1,5	+DP	2,3	2,8

* p<0,05; ***p<0.001 em relação aos participantes do sexo feminino.

O procedimento adotado para a realização dos testes, com a parte incremental individualizada, possibilitou identificar a LM e a GM, em todos os participantes (Tabela 3). Conforme pode ser observado na Tabela 3, ANOVA mostrou não haver diferenças significantes (p>0,05) entre as velocidades de corrida determinada pelos diferentes métodos.

Tabela 3 - Velocidade de corrida correspondente ao LM, GM e concentração fixa de 4mmol.l⁻¹ de lactato.

Participantes	Sexo (M/F)	VLM (m.min ⁻¹)	VGM (m.min ⁻¹)	V4mmol.l ⁻¹ (m.min ⁻¹)
SA	F	157,6	157,6	161,1
AL	M	179,4	179,4	176,3
DL	M	230,0	235,0	234,1
EM	F	121,2	121,3	124,8
EP	M	186,3	194,4	186,0
GF	M	211,0	215,8	220,2
KE	F	133,6	133,9	134,9
LG	F	168,3	168,3	170,0
HS	F	152,4	152,4	149,1
LS	F	165,0	167,0	159,9
MP	M	228,4	233,2	242,7
PV	M	212,5	212,5	226,1
TN	M	202,7	205,7	195,2
Média	-	180,7	182,8	183,1
+DP	-	34,9	36,7	38,3

A Tabela 4 apresenta os valores médios de FC obtidos no final teste de 3 Km e nas velocidades correspondentes a VLM, VGM e V4mmol.l⁻¹. Também não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de FC correspondentes ao LM, GM, e V4mmol.l⁻¹ (p>0,05).

Participantes	Sexo (M/F)	FC3Km (bpm)	FCLM (bpm)	FCGM (bpm)	FCV4mmol.l ⁻¹ (bpm)
SA	F	199	178	178	173
AL	M	186	170	170	179
DL	M	198	190	188	188
EM	F	202	180	180	182
EP	M	200	200	195	162
GF	M	190	162	175	178
KE	F	196	182	182	181
LG	F	198	182	182	188
HS	F	200	190	190	184
LS	F	194	184	188	176
MP	M	195	184	188	180
PV	M	191	184	184	175
TN	M	198	178	185	190
Média	-	195,9	181,8	183,4	179,7
±DP	-	4,6	9,33	6,7	7,4

Tabela 4 - Resultados da FC obtida ao final do teste de 3000 m, e valores de FC correspondentes ao LM, GM e concentração fixa de 4mmol⁻¹ de lactato sanguíneo (n=13).

Teste de Correlação de *Pearson* evidenciou alta correlação (p<0,05) entre VLM e V4mmol.l⁻¹, VGM e V4mmol.l⁻¹, bem como entre VLM e VGM (Tabela 5).

Tabela 5 - Correlação entre as velocidades de corrida correspondente ao LM (VLM), GM (VGM) e V4mmol.l⁻¹.

	VGM	V4mmol.l ⁻¹
VLM	0.99	0.98
VGM	-	0.98

Discussão

O protocolo do lactato mínimo vem sendo investigado em diversos estudos (2,3,4,5,11,16,18), a maioria utilizando-se de atletas e, principalmente, comparando o LM com outros protocolos de determinação da MLSS. No presente estudo, a aplicação do protocolo do LM e GM em indivíduos não atletas, utilizando-se de teste incremental individualizado (Figura 1) possibilitou a identificação dos parâmetros com sucesso (Tabelas 3 e 4).

Os valores de velocidade de corrida observados no momento do LM, GM e concentração fixa de 4mmol.l⁻¹ (V4mmol.l⁻¹) não diferiram estatisticamente entre si (Tabelas 3 e 4) (p>0,05) e alta correlação foi observada entre os parâmetros (Tabela 5). Nossos resultados estão de acordo com outros estudos realizados em atletas corredores (1, 3, 15, 16), os quais já haviam evidenciado alta correlação entre LM e GM e outros protocolos de identificação da MLSS.

O teste para identificação do LM e GM utilizou um exercício de menor duração para indução de acidose láctica (150 m), o qual resultou em concentrações de lactato e glicemia sanguíneos suficientes para aplicação do protocolo do LM e GM e identificação destes parâmetros. Os valores médios de lactato sanguíneo e melhor desempenho em

corrida de 150 m observados para os rapazes (Tabela 2), evidenciam uma maior potência anaeróbia láctica para os homens em relação às mulheres. Estes resultados estão de acordo com outros autores (6), relatando que mulheres apresentam menor massa muscular, menor atividade de enzimas glicolíticas, e, por conseguinte, desempenho e produção de lactato inferiores a indivíduos do sexo masculino. Apesar destas diferenças observadas, a metodologia proposta neste estudo possibilitou a identificação do LM e GM tanto em homens quanto em mulheres (Figura 1 e Tabela 3).

Os maiores picos de lactato sanguíneo observados após o *sprint* de 150 m (15,4 e 13,6 mmol.l⁻¹) ocorreram respectivamente nos voluntários com menor tempo (melhor performance) no *sprint* de 150 m (18,0 e 17,3 segundos) (Tabela 2). Estes resultados obtidos em não atletas, sugerem que, mesmo para atletas, o *sprint* de 150 m deverá ser suficiente para indução de acidose láctica previamente à realização do teste incremental do LM.

Os valores de FC correspondentes à VLM, VGM e V4mmol.l⁻¹ não diferiram estatisticamente entre si e estão de acordo com outros estudos que relatando valores de FC no momento do limiar anaeróbio correspondentes a 175,5 +10bpm (6), dando suporte aos resultados do presente estudo. O comportamento da glicemia durante o teste do LM e GM (Figura 1) foi similar ao de outros estudos (15,16) o que sugere que o comportamento da glicemia pode ser utilizado para identificação da intensidade correspondente a VMLSS em indivíduos não atletas. As curvas de glicemia apresentaram pontos de inflexão coincidentes com os de menor concentração de lactato sanguíneo durante o teste de LM. Segundo Simões *et al.* (16), este comportamento glicêmico durante teste incremental ocorre devido à resposta de hormônios hiperglicemiantes durante exercício, a qual se apresenta mais acentuada em intensidades acima do limiar anaeróbio (7).

É possível que em intensidades abaixo da VMLSS (ou limiar anaeróbio) o consumo de glicose seja maior que a sua produção (glicogenólise), o que resulta em queda dos níveis de glicose sanguínea no início do teste incremental durante o protocolo de LM. O aumento dos níveis de glicemia a partir de intensidades acima da MLSS ocorreria especialmente devido a um aumento da descarga adrenérgica, resultando em uma maior ativação dos â-Adrenoceptores causando um aumento da glicogenólise hepática, resultando em maiores níveis de glicose circulante, o que permite identificar a transição aeróbia-anaeróbia a partir da GM.

Conclusão

Concluimos que é possível identificar a velocidade de corrida e a FC correspondentes ao LM e GM em não atletas utilizando-se do protocolo proposto.

Referências Bibliográficas

1. CAMPBELL, C. S. G. *et al.* Influence of glucose and caffeine administration on identification of maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1998; 30: 327.

2. CAMPBELL, C. S. G. *et al.* Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual (IAT) e lactato mínimo (LM) Determinados em teste de pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde.** 1999; 3: 24-31.
3. CARTER, H., JONES A. M. e DOUST, J. H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 1999; 31: 837-845.
4. CARTER, H., JONES, A. M. e DOUST, J. H. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Science.** 1999; 17: 957-967.
5. CARTER, H., JONES, A. M. e DOUST, J. H. Changes in blood lactate and pyruvate concentrations and the lactate-to-pyruvate ratio during the lactate minimum speed test. **Journal of Sports Science.** 2000; 18: 213-225.
6. CHICHARRO, J.L., ARCE, J. C. L. **Umbral anaerobio bases fisiologicas y aplicacion.** Madrid, Interamericana, 1991.
7. CHMURA, S., NAZAR, K. e Kaciuba-Usciko, H. Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. **International Journal of Sports Medicine.** 1994; 15: 94-101.
8. COEN, B. *et al.* Control of training in middle and long-distance running by means of the individual anaerobic thresholds. **International Journal of Sports Medicine.** 1991; 12: 519-524.
9. HECK, H. *et al.* Justification of the 4 mmol.l⁻¹ lactate threshold. **International Journal Sports Medicine.** 1985; 6: 117-130.
10. JACOBS, I. Blood Lactate: Implications for training and sports performance. **Sports Medicine.** 1986; 3: 10-25.
11. JONES, A. M. e DOUST, J. H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state and physiological correlates to 8 km running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 1998; 30: 509-518.
12. KINDERMAN, W., Simon, G e Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transitions for determination of workload intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology.** 1979; 42: 25-34.
13. RIBEIRO, J.P. *et al.* Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. **Brazilian Journal Medical Biological Research.** 1986; 19: 109-17.
14. SCHNABEL, A. *et al.* Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine.** 1982; 3: 163-168.
15. SIMÕES, H. G. *et al.* Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física.** 1998; 12: 17-30.
16. SIMÕES, H. G. *et al.* Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal Applied Physiology.** 1999; 80: 34-40.
17. STEGMANN, H., Kinderman, W. e Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal Sports Medicine.** 1981; 2: 160-165.
18. TEGTBUR, U., BUSSE, M. W. e BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise.** 1993; 25: 620-627.
19. WASSERMAN, K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. **Annual Rev Respiratory Disease.** 1984; 129: 35-40.
20. WELTMAN, A. The Blood lactate response to exercise – Current issues in exercise science. Monograph Number 4, **Human Kinetics.** 1995.