CDD. 20.ed. 612.044

EFEITO DO PERÍODO DE RECUPERAÇÃO SOBRE A VALIDADE DO TESTE DE LACTATO MÍNIMO PARA DETERMINAR A MÁXIMA FASE ESTÁVEL DE LACTATO EM CORREDORES DE FUNDO

Wonder Passoni HIGINO*
Benedito Sérgio DENADAI*

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do tempo de recuperação passiva entre o estímulo supramáximo e o início do teste progressivo, sobre a validade da velocidade correspondente ao lactato mínimo (LACmin), para determinar a máxima fase estável de lactato sangüíneo. Doze corredores de provas de fundo completaram os seguintes testes: a) teste máximo de 500 m com recuperação passiva para a determinação do tempo de pico do lactato sangüíneo; b) LACmin1 6 x 800 m após 8 min de recuperação passiva do teste de 500 m, para a determinação da velocidade correspondente ao menor valor de lactato sangüíneo; c) LACmin2 - os mesmos procedimentos do LACmin1, diferindo apenas no tempo de recuperação passiva, que foi ajustado de acordo com o teste 1 (pico de lactato); d) Teste de "endurance" de 30 min nas velocidades do LACmin1 e LACmin2. O tempo de recuperação passiva para atingir a concentração pico de lactato foi igual a 10,25 ± 3,01 min. As velocidades do LACmin não foram significantemente diferentes no teste de LACmin1 e LACmin2 (285,7 ± 19,9 m/min; 283,9 ± 17,8 m/min, r = 0,96), respectivamente. A concentração de lactato na velocidade de LACmin1 (6,70 ± 2,3 mM) foi significantemente maior do que no LACmin2 (5,50 ± 2,2 mM). Durante os testes de "endurance" apenas dois corredores apresentaram fase estável de lactato sangüíneo. Com base nestes resultados pode-se concluir que a velocidade de LACmin não é influenciada pelo tempo de recuperação passiva que antecede o teste progressivo, embora a concentração sangüínea de lactato nesta velocidade possa ser diferente. Nas condições experimentais deste estudo, o teste de LACmin não se mostrou válido para a identificação da intensidade de máxima fase estável de lactato para a maioria dos atletas.

UNITERMOS: Lactato mínimo; Corredores fundistas; Corrida; Fase estável; Período de recuperação.

INTRODUÇÃO

A intensidade de exercício correspondente à máxima fase estável de lactato sangüíneo (MLACSS), que pode ser definida como a máxima intensidade de exercício de carga constante, onde se observa equilíbrio entre a taxa de liberação e remoção do lactato sangüíneo, tem sido bastante investigada (Beneke & Von Duvillard, 1996; Heck, Mader, Hess, Mucke, Muller & Hollmann, 1985; Jones & Doust, 1998). Esta intensidade parece ser o limite superior onde ainda se observa estabilidade nas respostas metabólicas e nas trocas gasosas pulmonares (Gaesser & Poole, 1996), sendo freqüentemente indicada para a prescrição do treinamento aeróbio, particularmente em atletas (Kindermann, Simon & Keul, 1979; Londeree, 1997).

A identificação da MLACSS apresenta em princípio uma desvantagem, pois exige a realização de 4-6 séries de exercícios de carga constante, com aproximadamente 30 min de

Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - SP.

duração, obrigando a vinda do atleta ao laboratório, por vários dias. Para tentar retirar esta desvantagem, Heck et alii (1985) propuseram a identificação da MLACSS com base em um único protocolo de carga progressiva, empregando uma concentração fixa de 4 mM. Embora alguns estudos tenham confirmado que a MLACSS corresponde em média a 4 mM (Jones & Doust, 1998; Simões, Campbell, Kokubun, Denadai & Baldissera, 1999), verificou-se uma variabilidade individual relativamente grande nestas concentrações (Stegmann, Kindermann & Schnabel, 1981). Além disso, outros estudos encontraram que este critério está sujeito à influência da disponibilidade de substratos (Maassen & Busse, 1989) e também ao tipo de exercício (Beneke & Von Duvillard, 1996). Em função disso, alguns autores têm proposto protocolos incrementais que possam identificar a MLACSS, sem a necessidade de vários exercícios submáximos.

Um dos protocolos mais recentes foi proposto por Tegtbur, Busse e Braumann (1993), sendo conhecido como teste de lactato mínimo (LACmin). Este protocolo consiste basicamente na realização de um teste incremental 8 min. após a elevação das concentrações muscular e sangüínea de lactato, o que é normalmente obtido por um esforço supramáximo, embora outros tipos de exercício possam ser empregados com esse objetivo (Bacon & Kern, 1999; Tegtbur, Busse & Schroder, 1994; Tegtbur Machold, Meyer, Storp & Busse, 2001). Tegtbur, Busse e Braumann (1993) verificaram que a corrida realizada na intensidade do LACmin, podia ser sustentada por 8 km sem acúmulo de lactato sangüíneo, enquanto a corrida com apenas 0,7 km/h acima desta intensidade, resultava em um significante aumento do lactato, determinando que alguns sujeitos não completassem os 8 km. Verificaram também que a velocidade de corrida no LACmin não é dependente da disponibilidade de substratos (glicogênio muscular) e da concentração sangüínea de lactato antes do exercício incremental.

Posteriormente, estudos realizados em diferentes laboratórios, confirmaram a validade do LACmin, utilizando diferentes delineamentos experimentais. Simões et alii (1999) verificaram em um estudo realizado com corredores de "endurance" que a intensidade correspondente ao LACmin determinada em pista de atletismo, não foi diferente da velocidade associada a 4 mM, correspondendo à MLACSS para a maioria dos sujeitos analisados. Resultados semelhantes foram obtidos por Bacon e Kern (1999) que realizaram o teste de LACmin em mulheres ativas. Campbell, Simões e Denadai (1998a) encontraram que a administração de cafeína ou glicose não afetam a intensidade do LACmin durante o exercício na bicicleta, diferentemente do encontrado por Yoshida (1984), que empregou uma concentração fixa de lactato (4 mM – *onset blood lactate accumulation* OBLA).

Entretanto, dados obtidos por Jones e colaboradores, têm questionado a validade do protocolo do LACmin durante a corrida em esteira rolante. Jones e Doust (1998) não encontraram diferença entre a intensidade do LACmin e do limiar de lactato (LL), sendo entretanto significantemente menor do que a velocidade da MLACSS e do OBLA (4 mM). Além disso, a velocidade de LACmin apresentou a menor correlação (r = 0,61) e o maior erro padrão da estimativa (EPE = 0,75 km/h - 4,7%) em relação ao LL (r = 0,94; EPE = 0,33 – 2,1%) e ao OBLA (r = 0,93; EPE = 0,30 1,9%) para a predição da MLACSS. Em outro estudo, Carter, Jones e Doust (1999a) estudaram a influência da velocidade inicial do teste de cargas progressivas no LACmin. Como no estudo anterior, os autores verificaram que o LL era o que mais se relacionava com a intensidade de MLACSS, determinaram a velocidade inicial do teste de cargas progressivas através da velocidade de LL, estipulando-as em 3,0, 2,5, 2,0, 1,5, 1,0 e 0,5 km/h abaixo da velocidade de LL e 1 km/h acima desta velocidade. Os autores reportaram que a velocidade de LACmin correlacionou positiva e linearmente, com a velocidade na qual o teste incremental foi iniciado. Relatam ainda, que o tempo (número de estágios) onde a velocidade de LACmin foi atingida, foi relativamente invariante em todas as velocidades iniciais empregadas. Através disso, concluíram que o LACmin não é um protocolo válido para estimar o LL e por conseqüência a MLACSS. Para Jones e Doust (1998) a semelhança entre o LL e LACmin pode ser apenas fortuita, já que a concentração sangüínea de lactato durante o LACmin pode não depender só a demanda metabólica de cada intensidade, mas também da intensidade prévia do exercício de alta intensidade e da interação entre a intensidade e o tempo de recuperação e das características do teste incremental. Com isso, Jones e Doust (1998) propõem que muitos fatores como: intensidade e duração do exercício de alta intensidade para a indução da acidose; intensidade e duração da recuperação após o exercício de alta intensidade;

intensidade inicial, duração e incrementos utilizados nos estágios do teste incremental podem influenciar a intensidade de LACmin.

Dentre os fatores apontados anteriormente, o único que ainda não foi apropriadamente testado, é a duração do período de recuperação entre o exercício de alta intensidade e o teste incremental. Em todos os estudos que analisaram o teste de LACmin empregou-se um período de 8 min, assumindo que este período é suficiente para que haja equilíbrio entre o lactato muscular e sangüíneo. Entretanto, fatores como a intensidade do exercício influenciam a cinética do lactato após o exercício de alta intensidade (Freund, Oyono-Enguelle, Heitz, Marbach, Ott & Gartner, 1989; Freund, Oyono-Enguelle, Heitz, Marbach, Ott, Zouloumian & Lampert, 1986).

Deste modo o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do tempo de recuperação passiva entre o estímulo supramáximo e o início do teste progressivo, sobre a validade da velocidade correspondente ao lactato mínimo (LACmin), para determinar a MLACSS.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 12 corredores de "endurance" (26,3 ± 6,7 anos; 172,6 ± 5,7 cm; 62,3 ± 5,1 kg; 7,8 ± 2,5% de gordura) com especialidades em provas de 5, 10 e 42 km. Cada voluntário foi informado sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo assinado um termo de consentimento para a participação no estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro.

Sessõesexperimentais

Cada atleta participou de seis sessões experimentais, as quais foram realizadas consecutivamente, com exceção dos experimentos 3 e 4, que foram realizados em ordem aleatória. As sessões foram realizadas com intervalos de dois a três dias entre um experimento e outro. Todos os testes foram realizados em pista de atletismo de 400 m, onde os voluntários realizavam seus treinamentos regulares. Em relação a cada atleta, os testes foram realizados no mesmo local e horário do dia. Durante todos os testes os atletas foram estimulados a ingerir por volta de 250 ml de água a cada 15 min.

Sessão 1: Teste de 3000 m (Vm 3000)

Neste teste os indivíduos foram orientados a correr a distância de 3000 m, no menor tempo possível. A velocidade média da corrida de 3000 m (Vm 3000) foi calculada dividindo-se a distância percorrida pelo tempo gasto na execução do percurso.

Sessão 2: Esforço supramáximo para a determinação do tempo de pico de lactato sangüíneo

Os voluntários realizaram uma corrida de 500 m à máxima velocidade com o objetivo de induzir a acidose lática. Posteriormente realizaram uma recuperação passiva, durante a qual foram coletadas amostras de sangue a partir do 3o. minuto, e de minuto em minuto até o 20o. minuto. O objetivo deste teste foi determinar o tempo de recuperação onde era obtida a maior concentração de lactato sangüíneo (pico de lactato) para cada sujeito.

Sessão 3: Teste de Lactato Mínimo de acordo com o protocolo original (LACmin1)

Os atletas realizaram um tiro máximo de 500 m, e após 8 min de recuperação passiva, executaram 6 x 800 m com 30 a 40 s de pausa entre os tiros. As seis séries de corrida de 800 m foram realizadas nas intensidades de 87, 89, 91, 93, 95 e 98% da Vm 3000. A velocidade de cada estágio foi controlada a cada 100 m, por meio de estímulo sonoro (Simões et alii, 1999). Este protocolo tem mostrado excelente reprodutibilidade (r = 0,99) em corredores de fundo (Campbell, Simões & Denadai, 1998b).

A freqüência cardíaca (FC) foi monitorada através de um frequencímetro logo após o término de cada série (POLAR SPORT TEST). Um minuto antes do teste incremental e durante a pausa entre as séries de 800 m, foram coletados 25 µl sangue arterializado do lóbulo da orelha para análise do lactato. Para a determinação da velocidade de LACmin foi utilizado um ajuste de curva "spline cubic" através do programa MATLAB (Carter, Jones & Doust, 1999a, 2000; Jones & Doust, 1998).

Sessão 4: Teste de lactato mínimo com o tempo de recuperação passiva modificado (LACmin2)

Foram adotados os mesmos procedimentos da sessão 3, sendo modificado apenas o tempo de recuperação passiva que separa o teste de 500 m e o teste incremental. O tempo de recuperação passiva foi determinado com base no tempo de pico de lactato obtido na sessão 2.

Sessão 5: Teste de "endurance" na velocidade de LACmin1

Neste teste os sujeitos correram durante 30 min (ou até a exaustão voluntária) na velocidade determinada no teste de LACmin1. A velocidade foi controlada do mesmo modo da sessão 2. No 10o. minuto de corrida contínua (após uma pausa de 30 a 40 s) e ao final dos 30 min (ou exaustão) foram feitas coletas de sangue para a determinação do lactato sangüíneo. A fase estável de lactato foi identificada quando a concentração de lactato entre o 10o. e o 30o. min não aumentou mais do que 1 mM e se o teste fosse completado na velocidade e na duração proposta (Jones & Doust, 1998).

Sessão 6: Teste de "endurance" na velocidade de LACmin2

Neste experimento foram utilizados os mesmos procedimentos do experimento 5, diferindo apenas na velocidade empregada (LACmin2).

Os voluntários só foram submetidos aos dois testes de "endurance" se as duas velocidades de LACmin apresentassem uma diferença maior do que 5 m/min (0,3 km/h). Este critério foi adotado a partir dos estudos de Tegtbur, Busse e Braumann (1993) e Bacon e Kern (1999) que verificaram que era necessário acrescer-se de 7 a 12 m/min na velocidade do LACmin, para que fosse perdida a estabilidade nas concentrações de lactato durante o teste de "endurance"

Determinação do lactato sangüíneo

Nos experimentos 2 a 6 foram coletados 25 µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha, sem hiperemia, para a determinação do lactato sangüíneo. O sangue foi imediatamente transferido para microtubulos de polietileno com tampa tipo Eppendorff de 1,5 ml, contendo 50 µl de NaF 1% e este foi armazenado em gelo. A análise do lactato foi realizada através do analisador eletroquímico modelo YSI 1500 SPORT.

Análise estatística

Todos os dados estão expressos como média ± DP. O teste *t* de Student para amostras pareadas foi utilizado para verificar as diferenças entre os testes de LACmin1 e LACmin2. O teste de correlação de Pearson foi empregado para analisar o nível de correlação das variáveis obtidas no teste de LACmin1 e LACmin2. Em todos os testes foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Na TABELA 1 são apresentados os valores médios da performance nos 3000 e 500 m e a resposta metabólica durante a recuperação passiva do tiro de 500 m. O tempo para atingir a concentração pico de lactato foi maior do que 8 min em 10 dos 12 atletas analisados.

Os valores médios obtidos no testes de LACmin1 e LACmin2 são encontrados na TABELA 2. A velocidade, tempo de 500 m, concentração pico de lactato, FC e o percentual da Vm 3000 referente à velocidade de LACmin, não foram significantemente diferentes no teste de LACmin1 e LACmin2. Por outro lado a concentração de lactato na velocidade de LACmin1 foi significantemente maior do que no teste de LACmin2.

A velocidade (r = 0,96), tempo de 500 m (r = 0,96), FC (r = 0,83) e a concentração de lactato correspondentes ao LACmin (r = 0,70) foram significantemente correlacionadas entre o LACmin1 e LACmin2, respectivamente. A concentração pico de lactato (r = 0,59) e o percentual da Vm 3000 referente à velocidade de LACmin (r = 0,41) não foram estatisticamente correlacionadas entre os dois testes de LACmin.

Dos 12 atletas que participaram do estudo, apenas dois apresentaram fase estável de lactato, enquanto que para os demais, a velocidade de LACmin superestimou a MLACSS. Dos 10 atletas que não apresentaram fase estável, apenas quatro completaram os 30 min estabelecidos pelo protocolo de "endurance". Porém, as concentrações de lactato variaram acima de 1 mM entre o 10o. e o 30o. min (TABELA 3).

Na FIGURA 1 são mostradas as médias de concentração de lactato, durante a recuperação passiva após a corrida máxima de 500 m, onde foram coletas amostras de sangue do 3o. ao 20o. min. Verifica-se que, embora tenha existido um ponto onde ocorre o pico de lactato, as concentrações de lactato próximas a este ponto pouco variam, demonstrando até uma tendência à formação de um platô.

TABELA 1 Valores médios ± DP da performance e da resposta metabólica dos corredores de fundo. N = 12.

	Tempo 3000 m (s)	**Tempo 500 m (s)**	**Tempo do pico de lactato (min)**	**Pico de lactato (mM)**
Média	587,5	76,6	10,2	12,9
DP	38,3	3,8	3,0	3,0

Pico de lactato: concentração pico de lactato após o tiro máximo de 500 m.

TABELA 2 Valores médios ± DP do teste de lactato mínimo 1 (LACmin1) (recuperação passiva de 8 min) e 2 (LACmin 2) (recuperação passiva modificada). N = 12.

	LACmin1	**LACmin2**	**r**
Velocidade (m/min)	285,7 ± 19,9	283,9 ± 17,8	0,96
Tempo 500m (s)	77,7 ± 3,6	78,0 ± 3,9	0,96
[Lac] Pré teste (mM)	11,9 ± 1,9	11,5 ± 2,3	0,59
[Lac] vel. LACmin (mM)	6,7 ± 2,3	5,5 ± 2,2 *	0,70
FC (bpm)	173,5 ± 12,1	172,6 ± 9,9	0,83
Vel LACmin como %V3000	92,3 ± 1,7	91,9 ± 1,8	0,41

*$p < 0,05$ em relação ao LACmin1.
r = correlação entre LACmin1 e LACmin2.
[Lac] Pre teste: concentração de lactato 1 minuto antes do teste incremental.
[Lac] vel. LACmin: concentração de lactato na velocidade do LACmin.
FC: frequência cardíaca na velocidade do LACmin.
Vel LACmin como %V 3000: velocidade do LACmin como percentual da velocidade média do 3000 m.

TABELA 3 - Teste de endurance (30 min) nas velocidades correspondentes ao LACmin1 e LACmin2 em corredores de fundo.

Atleta		V Lacmin (m/min)	Lac 10min (mM)	Lac final (mM)	Δ Lactato (mM)	Tempo total (min)
1	Lacmin 1	316	8,37	10,53	2,16	18,8
	Lacmin 2	316			-	
2	Lacmin 1	271	9,09	11,49	2,4	30
	Lacmin 2	276	–			
3	Lacmin 1	286	7,92	9,78	1,86	17,3
	Lacmin 2	281				
4	Lacmin 1	255	6,42	11,52	5,1	30
	Lacmin 2	255				
5	Lacmin 1	261	3,96	5,19	1,23	30
	Lacmin 2	266				
6	Lacmin 1	304	8,64	12,06	3,42	21,8
	Lacmin 2	304				-
7	Lacmin 1	291	4,95	7,86	2,91	30
	Lacmin 2	277	4,56	6,03	1,47	30
8	Lacmin 1	294	2,73	3,73	1,0	30
	Lacmin 2	289	3,06	3,96	0,90	30
9	Lacmin 1	303	-			-
	Lacmin 2	299	5,22	5,52	0,30	18,1
10	Lacmin 1	275	5,22	5,04	-0,18	30
	Lacmin 2	275				-
11	Lacmin 1	307	9,42	9,54	0,12	10,9
	Lacmin 2	300	6,52	8,2	1,68	18,7
12	Lacmin 1	266	6	6,54	0,54	14,6
	Lacmin 2	269				-

teste não realizado.

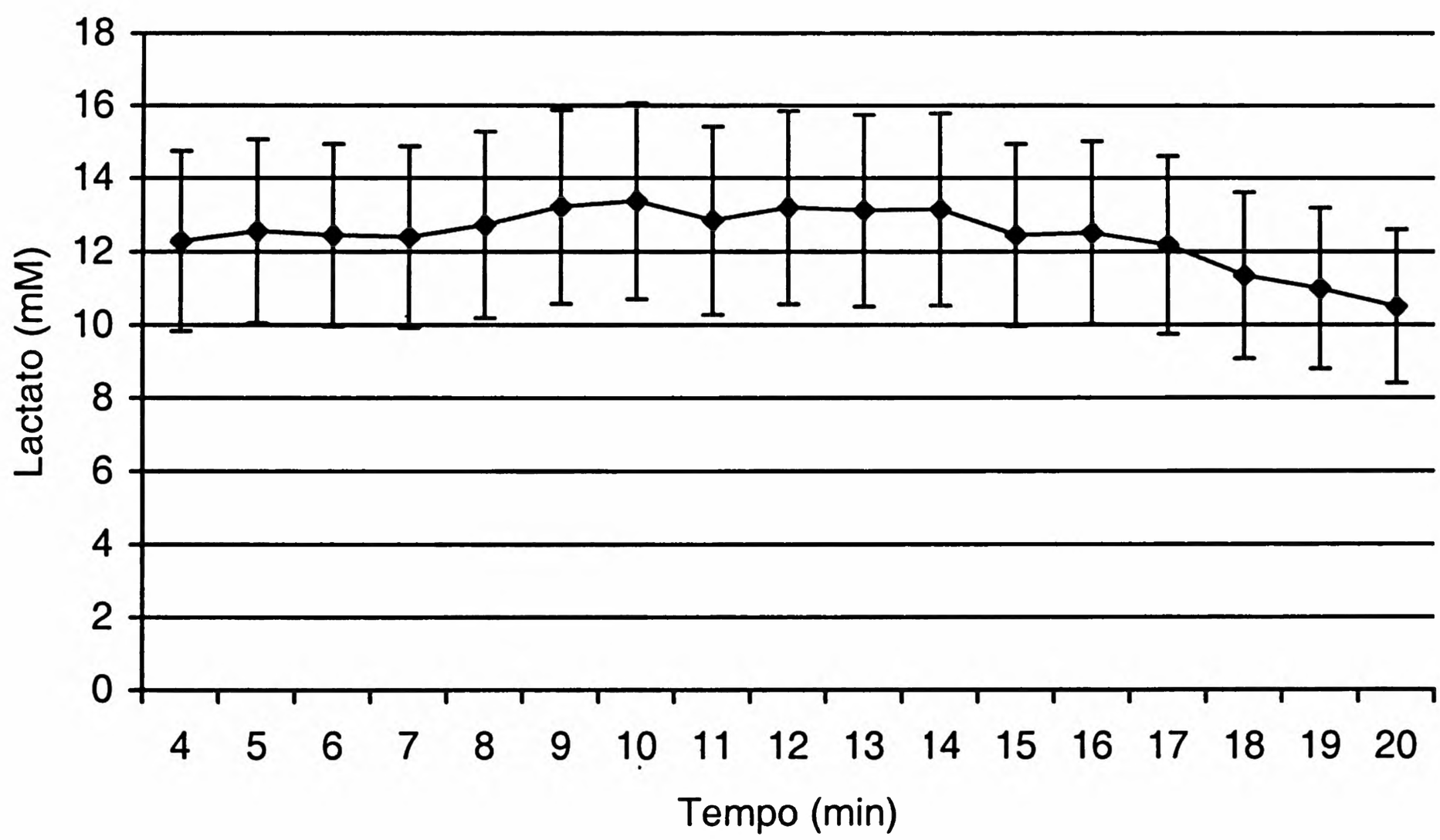

FIGURA 1 – Valores médios ± DP da concentração de lactato durante 20 min de recuperação passiva após o teste de 500 m.

DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do tempo de recuperação passiva (quando este é ajustado de acordo com o tempo de pico de lactato) entre o estímulo supramáximo e o início do teste progressivo, sobre a validade da intensidade do LACmin para determinar a MLACSS. Dentro das condições experimentais deste estudo, o principal achado foi que a intensidade do LACmin, parece não ser influenciada pelo tempo de recuperação passiva, indicando entretanto que esta intensidade pode não ser válida para estimar a MLACSS.

O protocolo do LACmin proposto por Tegtbur, Busse e Braumann (1993) em função das suas características, apresenta pelo menos numa primeira avaliação, alguns atrativos interessantes: a) possibilidade de uma avaliação anaeróbia e aeróbia em um só dia e protocolo; b) sem influência da disponibilidade de substrato (Campbell, Simões & Denadai, 1998a; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993); c) possibilidade de avaliação de multiesportes ("duathlon" e "triathlon") em uma única sessão (Higino & Denadai, 1998; Tegtbur, Busse & Schroder, 1994); d) grande objetividade (Jones & Doust, 1998); e) excelente reprodutibilidade em teste de pista (Campbell, Simões & Denadai, 1998b) e; f) principalmente a possibilidade de estimar-se individualmente a MLACSS em uma só sessão de exercício (Bacon & Kern, 1999; Simões et alii, 1999; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993) embora existam dados antagônicos (Carter, Jones & Doust, 1999b; De Lucas, Rocha, Burini & Denadai, 2000; Jones & Doust, 1998).

O teste de LACmin, de acordo com os autores que o propuseram (Tegtbur, Busse & Braumann, 1993), identificaria a intensidade de exercício na qual o máximo equilíbrio entre a taxa de liberação e remoção de lactato no sangue (i.e., MLACSS) pode ser observada. Jones e Doust (1998) e Carter, Jones e Doust (1999a) apontam que para que esta afirmação possa ser válida, é necessário assumir-se que a medida do lactato sangüíneo durante cada intensidade do teste incremental do LACmin, deve refletir a demanda metabólica desta intensidade. Os autores ressaltam entretanto, que a produção de lactato, particularmente durante o exercício de alta intensidade (que antecede portanto o teste incremental) é intensidade-dependente (Freund et alii, 1986). Além disso, como a taxa de remoção ("clearance") é dependente do tipo de recuperação (ativa ou passiva), da concentração de lactato (intensidade prévia) e do tempo (Freund et alii, 1986, 1989), a concentração de lactato durante o teste incremental, dependeria não só da demanda metabólica, mas também da intensidade prévia de exercício e da interação entre a intensidade e o tempo de recuperação. Com isso, Jones e Doust (1998) propõem que muitos fatores como: intensidade e duração do exercício de alta intensidade para a indução da acidose; intensidade e duração da recuperação após o exercício de alta intensidade; intensidade inicial, duração e incrementos utilizados nos estágios do teste incremental, fazem com que a coincidência entre LACmin e MLACSS possa ser fortuita.

Tegtbur, Busse e Braumann (1993) demonstraram que a velocidade do LACmin não é afetada pela disponibilidade de substrato (depleção de glicogênio), embora a concentração pico após o exercício anaeróbio e a concentração de lactato na intensidade do LACmin tenham sido, como esperado, menores na condição com depleção. Higino e Denadai (1998) verificaram também que o tipo de exercício utilizado para induzir o acúmulo de lactato (ciclismo ou corrida) não interfere na intensidade do LACmin determinado na bicicleta, embora o pico e a concentração de lactato no LACmin, tenham sido maiores quando a corrida foi utilizada para induzir o acúmulo de lactato. Assim, parece pouco provável que a intensidade do LACmin seja isoladamente concentração-dependente, podendo-se excluir provavelmente a influência da intensidade e duração do exercício prévio sobre o LACmin.

A duração do protocolo do LACmin na fase do teste incremental, é influenciada pelo número e duração de cada estágio. Tegtbur, Busse e Braumann (1993) demonstraram que a velocidade do LACmin só não é afetada, quando uma distância de pelo menos 800 m ou mais, é utilizada em cada estágio, permitindo uma duração média de pelo menos três minutos. Como os estudos que encontraram (Simões et alii, 1999; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993) ou não (Carter, Jones & Doust, 1999b; Jones & Doust, 1998) coincidência do LACmin com a MLACSS, utilizaram estágios com duração de 3-5 min, este aspecto também não parece explicar isoladamente as discordâncias entre os estudos, e a possível falta de validade do LACmin para estimar a MLACSS. Por outro lado, o número de estágios empregados no protocolo incremental (intensidade inicial) parece interferir na determinação do LACmin, e pode explicar em parte pelo menos, as diferenças

entre os estudos. Em estudo bem recente, Carter, Jones e Doust (1999a) reportaram que a velocidade de LACmin correlacionou positiva e linearmente, com a velocidade na qual o teste incremental foi iniciado. Relatam ainda, que o tempo (número de estágios) onde a velocidade de LACmin foi atingida, foi relativamente invariante em todas as velocidades iniciais empregadas.

Especificamente em relação à duração do período de recuperação, Carter, Jones e Doust (1999a) sugerem que o tempo de 8 min proposto inicialmente por Tegtbur, Busse & Braumann (1993) para que se alcance o pico de lactato, poderia ser longo para os corredores de "endurance" e curto para os velocistas, podendo desta forma influenciar a determinação da velocidade de LACmin.

Em nosso estudo, o tempo de 8 min não foi suficiente para que se atingisse o pico da concentração de lactato em 10 dos 12 atletas analisados. Estes dados são diferentes dos obtidos por Carter, Jones e Doust (2000) que verificaram que o pico de lactato em seus corredores de "endurance" foi atingido sempre antes dos 8 min. Parte desta diferença pode ser explicada pelo tipo de exercício de alta intensidade empregado por Carter, Jones e Doust (2000) (dois tiros a 120% do VO_2max, com 1 min de recuperação) e/ou pela menor capacidade anaeróbia de seus sujeitos, que só atingiram de 7 a 8 mM de lactato sangüíneo após o esforço supramáximo. Portanto, mesmo este tempo de 8 min de recuperação passiva, proposto por Tegtbur, Busse e Braumann (1993) para o alcance do pico de lactato sangüíneo, anterior ao teste incremental, parece ser variável e dependente de outros fatores, como intensidade e duração do exercício supramáximo e da capacidade anaeróbia dos atletas. Independente deste comportamento, o aumento do tempo de recuperação passiva em relação ao proposto inicialmente por Tegtbur, Busse e Braumann (1993), pelo menos dentro da variação deste estudo (aumento de 1 a 8 min), para que supostamente se iniciasse o exercício incremental a partir do pico de lactato no sangue, não interfere na determinação do LACmin, diferentemente do sugerido por Carter, Jones e Doust (1999a).

Embora o tempo de recuperação tenha aumentado significantemente para a realização do segundo teste de LACmin, não foi observado diferença entre os dois testes (LACmin1 e 2) na concentração de lactato antes do início do teste incremental. Este comportamento pode sugerir inicialmente uma baixa reprodutibilidade do tempo de pico de lactato no sangue após os exercícios supramáximos. Deve-se salientar entretanto, que para a maioria dos atletas existiu praticamente um platô nas concentrações de lactato entre o 8o. e o 15o. min, quando da análise da recuperação passiva, sendo muito comum diferenças menores do que 0,5 mM entre o momento do pico e alguns minutos antes e depois deste pico (FIGURA 1).

Entretanto, a concentração de lactato na velocidade do LACmin foi significantemente menor no teste de LACmin2 (executado de acordo com o tempo de pico de lactato). Isto pode sugerir que, mesmo com a concentração sangüínea de lactato não tendo sido diferente antes do início do teste incremental, a concentração muscular provavelmente foi menor antes e durante os estágios inicias do teste incremental (maior tempo de recuperação passiva), determinando menores valores de lactato sangüíneo na velocidade de LACmin2. A concentração sangüínea de lactato não é dependente só da concentração deste metabólito no músculo, mas também da sua capacidade de difusão do músculo para o sangue e da sua taxa de remoção a partir do sangue (Eldridge, 1975; Roth, 1991). Quando as concentrações musculares e sangüínea de lactato são elevadas (> 10 mM), existe claramente uma saturação dos mecanismos de transporte de lactato, determinando que possam existir comportamentos relativamente diferentes entre os compartimentos muscular e sangüíneo (Connett, Gayeski & Honig, 1986; Roth & Brooks, 1990). Deste modo é possível que um aumento de 1 a 8 min no tempo de recuperação passiva, tenha diminuído a concentração muscular de lactato, via principalmente captação e oxidação mitocondrial (Brooks, 2000), sem afetar siginificantemente a taxa de liberação muscular, já que no início do teste incremental pelo menos, deveria existir um processo de saturação dos transportadores de lactato. Esta ausência da influência da concentração de lactato na intensidade LACmin também foi obtida por Tegtbur, Busse e Braumann (1993) e por Higino e Denadai (1998).

Em nosso estudo, dos 12 atletas que realizaram o teste de endurance, apenas dois apresentaram fase estável de lactato, enquanto que para os demais, a velocidade de LACmin superestimou a MLACSS. Estes dados são diferentes dos obtidos por outros estudos, que encontraram que a velocidade de LACmin subestimava (Carter, Jones & Doust, 1999a; Jones & Doust, 1998), ou não apresentava diferença

significante em relação à MLACSS (Bacon & Kern, 1999; Simões et alii, 1999, 2000; Tegtbur, Busse & Braumann, 1993).

É importante salientar que o protocolo de LACmin utilizado neste estudo, foi semelhante ao utilizado por Simões et alii (1999), diferindo apenas na forma de identificação da velocidade de LACmin e no critério para determinação da fase estável de lactato. Simões et alii (1999) empregaram uma análise de inspeção visual na curva lactato/intensidade para identificar o menor valor de lactato (LACmin), enquanto que neste estudo empregamos a função "spline" cúbica para esta análise. Com relação ao critério, Simões et alii (1999) adotaram como velocidade de fase estável aquela onde as concentrações de lactato não variassem acima de 0,5 mM entre o 20o. e o 30o. minuto do teste de "endurance" Porém, em nosso estudo os percentuais da velocidade de LACmin com relação à Vm 3000 foram semelhantes aos obtidos por Simões et alii (1999). Além disso, dos 10 atletas do nosso estudo que não apresentaram fase estável de lactato, mais da metade (n = 6) não completaram os 30 min do teste de "endurance" sugerindo que a velocidade de LACmin realmente superestimou para a maioria dos indivíduos a MLACSS. Entretanto, não se pode descartar totalmente que o aspecto motivacional tenha determinado que alguns atletas interrompessem o teste de 30 min antes de estarem completamente exaustos. Independente deste aspecto, pode-se verificar que mesmo sem completar os 30 min, a maioria dos atletas apresentavam uma concentração de lactato bastante elevada e um aumento maior do que 1 mM entre o 10o. min e a exaustão. Com isso a validade do protocolo de LACmin para identificar a MLACSS ainda precisa de mais investigações.

Com base nestes resultados pode-se concluir que a velocidade de LACmin não é influenciada pelo tempo de recuperação passiva que antecede o teste progressivo, embora a concentração sangüínea de lactato nesta velocidade possa ser diferente. Nas condições experimentais deste estudo, o teste de LACmin não se mostrou válido para a identificação da MLACSS para a maioria dos atletas.

ABSTRACT

EFFECT OF THE RECOVERY PERIOD ON THE VALIDITY OF THE LACTATE MINIMUM TEST TO DETERMINE THE MAXIMAL LACTATE STEADY STATE IN ENDURANCE RUNNERS

The objective of this study was to verify the effect of the passive recovery time between the supramaximal sprint exercise and the incremental exercise test on the validity of the lactate minimum test (LACmin), to determine the maximal lactate steady state (MLACSS). Twelve endurance runners performed the following tests: a) a maximal 500 m sprint followed by a passive recovery to determine the time to reach the peak blood lactate concentration; b) after the maximal 500 m sprint, the athletes rested 8 min, and then performed 6 x 800 m incremental test, in order to determine the speed corresponding to the lower blood lactate concentration (LACmin1); c) identical procedures of the LACmin1 speed test, differing only in the passive rest time, that was performed in accordance with test 1 (peak lactate time) (LACmin2); d) Endurance test (30 min) at the LACmin1 and LACmin2 speeds. The time of passive recovery to reach the peak blood lactate concentration was 10.25 ± 3.01 min. The LACmin speed was not significantly different in the LACmin1 and LACmin2 test (285.7 ± 19.9 m/min; 283.9 ± 17.8 m/min; r = 0.96) respectively. The blood lactate concentration at the LACmin1 speed (6.70 ± 2.3 mM) was significantly higher than in LACmin2 speed (5.50 ± 2.2 mM). During the endurance tests only 2 endurance runners had presented lactate steady state. We can concluded that the LACmin speed is not influenced by the passive recovery time that precedes the incremental test, although blood lactate concentration may differ at this speed. The LACmin protocol was not found to be valid for the determination of MLACSS in most athletes under the present experimental conditions.

UNITERMS: Lactate minimum; Endurance runners; Running; Steady state; Recovery period.

NOTA

Apoio: FAPESP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACON, L.; KERN, M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady state. **Journal Sports Medicine Physical Fitness,** Turin, v.39, p.300-8, 1999.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.28, p.241-6, 1996.

BROOKS, G.A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.32, p.790-9, 2000.

CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.; DENADAI, B.S. Influence of glucose and caffeine administration on identification of maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.30, p.S327, 1998a.

_____. Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual (IAT) e lactato mínimo (LM) determinados em testes de pista. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.3, p.24-31, 1998b.

_____. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.31, p.837-45, 1999a.

_____. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Sciences,** London, v.17, p.957-67, 1999b.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Changes in blood and pyruvate concentrations and the lactate-to-pyruvate ratio during the lactate minimum speed test. **Journal of Sports Sciences,** London, v.18, p.213-25, 2000.

CONNETT, R.J.; GAYESKI, T.E.; HONIG, C.R. Lactate efflux is unrelated to intracellular PO2 in a working red muscle in situ. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.61, p.402-8, 1986.

DE LUCAS, R.D.; ROCHA, R.; BURINI, R.C.; DENADAI, B.S Comparação das intensidades correspondentes ao lactato mínimo, limiar de lactato e limiar anaeróbio durante o ciclismo em atletas de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.6, p.172-9, 2000.

ELDRIDGE, F.L. Relationship between turnover rate and blood concentration of lactate in exercising dogs. **Journal of Applied Physiology,** Bethesda, v.39, p.231-4, 1975.

FREUND, H.; OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; GARTNER, M. Effect of exercise duration on lactate kinetics after short muscular exercise. **European Journal Applied Physiology Occupational Physiology**, Berlin, v.58, p.534-42, 1989.

FREUND, H.; OYONO-ENGUELLE, S.; HEITZ, A.; MARBACH, J.; OTT, C.; ZOULOUMIAN, P.; LAMPERT, E. Work rate-dependent lactate kinetics after exercise in humans. **Journal Applied Physiology,** Bethesda, v.61, p.932-9, 1986.

GAESSER, G.A.; POOLE, D.C. The slow component of oxygen uptake kinects in human. **Exercise and Sport Sciences Reviews,** Baltimore, v.24, p.35-70, 1996

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports Medicine,** Stuttgard, v.6, p.117-30, 1985.

HIGINO, W.P.; DENADAI, B.S. Efeito da utilização de diferentes tipos de exercício para a indução do acúmulo de lactato na determinação da intensidade de esforço correspondente ao lactato mínimo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte,** v.4, p.143-6, 1998.

JONES, A.M.; DOUST, J.H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal of the maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, p.1304-13, 1998.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. **European Journal Applied Physiology,** Berlin, v.42, p.25-34, 1979.

LONDEREE, B.R. Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta-analysis. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, p.837-43, 1997.

MAASSEN, N.; BUSSE, M.W. The relationship between lactic acid and work load: a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency?. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.58, p.728-37, 1989.

ROTH, D.A. The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.23, p.925-34, 1991.

ROTH, D.A.; BROOKS, G.A. Lactate transport is mediated by a membrane-bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal vesicles. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.279, p.286-94, 1990.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.32, p.S161, 2000.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; 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 Applied Physiology,** Berlin, v.80, p.34-40, 1999.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine,** Stuttgard, v.2, p.160-5, 1981.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Madison, v.25, p.620-7, 1993.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; SCHRODER, P. Triathlon - triple-test swimming, cycling and running in one test. **International Journal of Sports Medicine,** Stuttgard, v.15, p.15, 1994.

TEGTBUR, U.; MACHOLD, H.; MEYER, H.; STORP, D.; BUSSE, M.W. Determining the extent of intensive physical performance in patients with coronary heart disease. **Zeitschrift für Kardiologie**, Darmstadt, v.9, p.637-45, 2001.

YOSHIDA, T. Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v.53, p.200-5, 1984.

Recebido para publicação em: 05 mar. 2002
Revisado em: 24 maio 2000
Aceito em: 28 maio 2002

ENDEREÇO: Benedito Sérgio Denadai
Laboratório de Avaliação da Performance Humana
Departamento de Educação Física
Instituto de Biociências UNESP
Av. 24 A, 1515 Bela Vista
13506-900 - Rio Claro SP BRASIL
e-mail: bdenadai@rc.unesp.br