

## Comparação das intensidades correspondentes ao lactato mínimo, limiar de lactato e limiar anaeróbio durante o ciclismo em atletas de endurance

Ricardo Dantas de Lucas<sup>1</sup>, Renato Rocha<sup>2</sup>, Roberto Carlos Burini<sup>2</sup> e Benedito Sérgio Denadai<sup>1</sup>

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar a intensidade de exercício no lactato mínimo (LACmin), com a intensidade correspondente ao limiar de lactato (LL) e limiar anaeróbio (LAN). Participaram do estudo, 11 atletas do sexo masculino (idade,  $22,5 \pm 3,17$  anos; altura,  $172,3 \pm 8,2$  cm; peso,  $66,9 \pm 8,2$ kg; e gordura corporal,  $9,8 \pm 3,4\%$ ). Os indivíduos foram submetidos, em uma bicicleta eletromagnética (Quinton – Corival 400), a dois testes: 1) exercício contínuo de cargas crescentes – carga inicial de 100W, com incrementos de 25W a cada três min. até a exaustão voluntária; e 2) teste de lactato mínimo – inicialmente os indivíduos pedalarão duas vezes 425W ( $\pm 120\% \dot{V}O_{2max}$ ) durante 30 segundos, com um min. de intervalo, com o objetivo de induzir o acúmulo de lactato. Após oito min. de recuperação passiva, os indivíduos iniciaram um teste contínuo de cargas progressivas, idêntico ao descrito anteriormente. O LL e o LAN foram identificados como sendo o menor valor entre a razão – lactato sanguíneo (mM) / intensidade de exercício (W), e a intensidade correspondente a 3,5mM de lactato sanguíneo, respectivamente. O LACmin foi identificado como sendo a intensidade correspondente a menor concentração de lactato durante o teste de cargas progressivas. Não foi observada diferença significativa entre a potência do LL ( $197,7 \pm 20,7$ W) e do LACmin ( $201,6 \pm 13,0$ W), sendo ambas significativamente menores do que do LAN ( $256,7 \pm 33,3$ W). Não foram encontradas também diferenças significativas para o  $\dot{V}O_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) e a FC (bpm) obtidos no LL ( $43,2 \pm 5,01$ ;  $152,0 \pm 13,0$ ) e no LACmin ( $42,1 \pm 3,9$ ;  $159,0 \pm 10,0$ ), sendo entretanto significativamente menores do que os obtidos para o LAN ( $52,2 \pm$

$8,2$ ;  $174,0 \pm 13,0$ , respectivamente). Pode-se concluir que o teste de LACmin, nas condições experimentais deste estudo, pode subestimar a intensidade de MSSLAC (estimada indiretamente pelo LAN), o que concorda com outros estudos que determinaram a MSSLAC diretamente. Assim, são necessários mais estudos que analisem o possível componente tempo-dependente (intensidade inicial) que pode existir no protocolo do LACmin.

**Palavras-chave:** Lactato mínimo. Limiar de lactato. Limiar anaeróbio. Ciclismo.

### ABSTRACT

**Comparison of the exercise intensity at lactate minimum, lactate threshold, and anaerobic threshold during bicycle exercise with endurance athletes**

The objective of this study was to compare the exercise intensity at lactate minimum (LACmin), with the intensity corresponding to lactate threshold (LT) and anaerobic threshold (AT). Eleven male athletes (age,  $22.5 \pm 3.17$  yr.; height,  $172.3 \pm 8.2$  cm; weight,  $66.9 \pm 8.2$  kg; and body fat,  $9.8 \pm 3.4$  %), participated in this study. The individuals performed two tests in an electromagnetic cycle (Quinton – Corival 400): 1) progressive load test - initial load of 100 W, with increments of 25 W to volitional fatigue; and 2) lactate minimum test - initially the individuals performed two supramaximal boats ( $\pm 120\% \dot{V}O_{2max}$ ) for 30 seconds, with 1-min. rest interval between boats to induce hyperlactemia. After 8 min. of passive recovery, individuals began a progressive load test, identical to that previously described. LT and AT were identified as the smallest values among the ratio – blood lactate (mM) : exercise intensity (W), and the intensity corresponding to 3.5 mM of blood lactate, respectively. The LACmin intensity (the intensity corresponding to the nadir on the blood lactate versus intensity plot) was determined from the zero gradient tangent to a spline function fitting the blood lactate data derived from the incremental part of the test. No significant difference was observed among the power at the LT ( $197.7 \pm 20.7$  W) and LACmin ( $201.6 \pm 13.0$  W), being

1. Laboratório de Avaliação da Performance Humana, IB, Unesp, Rio Claro.

2. Centro de Metabolismo e Nutrição, FM, Unesp, Botucatu.

### Endereço para correspondência:

Benedito Sérgio Denadai  
Av. 24 A, 1.515 - Bela Vista  
13506-900 – Rio Claro, SP – Brasil  
E-mail: bdenadai@rc.unesp.br

both significantly lower than AT ( $256.7 \pm 33.3$  W). There were no significant differences for the  $\dot{V}O_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) and HR (bpm) obtained at the LT ( $43.2 \pm 5.01$ ;  $152.0 \pm 13.0$ ) and LACmin ( $42.1 \pm 3.9$ ;  $159.0 \pm 10.0$ ), being however significantly lower than that obtained at the AT ( $52.2 \pm 8.2$ ;  $174.0 \pm 13.0$ , respectively). It can be concluded that the LACmin test, under the condition of this investigation, can underestimate the intensity of MSSSLAC (indirectly assessed by AT), which is consistent with other studies that determined MSSSLAC directly. Thus, more studies are necessary to access the possible time-dependant component (initial intensity) that may exist in the LACmin test.

**Key words:** Lactate minimum. Lactate threshold. Anaerobic threshold. Cycling.

## INTRODUÇÃO

A resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem mostrado maior validade, inclusive em relação ao Consumo Máximo de Oxigênio ( $\dot{V}O_{2,max}$ ) para a avaliação aeróbia. Estudos têm apontado que a prescrição da intensidade relativa de esforço<sup>1</sup>, o acompanhamento longitudinal dos efeitos do treinamento<sup>2,3</sup> e a explicação da variação da performance aeróbia<sup>4</sup> são realizados de modo mais preciso e individualizado, quando se utiliza a resposta do lactato ao exercício.

Entretanto, um dos grandes problemas encontrados na literatura, em relação ao entendimento e aplicações dos resultados dos estudos que analisam a resposta do lactato, é o grande número de terminologias e critérios empregados na identificação do fenômeno. Em síntese, duas intensidades de exercício têm sido determinadas:

a) intensidade imediatamente anterior ao aumento do lactato sanguíneo em relação aos valores de repouso, durante um exercício de cargas crescentes. Neste protocolo normalmente, não se empregam concentrações fixas de lactato, encontrando-se valores entre 1,5 e 2,5mM, com a intensidade de esforço correspondendo entre 40 e 70%  $\dot{V}O_{2,max}$ . Para a identificação desta intensidade os autores freqüentemente empregam o termo limiar de lactato (LL) ou limiar ventilatório (LV), quando são empregados métodos ventilatórios para a identificação da resposta do lactato<sup>5</sup>.

b) Intensidade de máxima fase estável de lactato sanguíneo (MSSSLAC), que pode ser definida como a máxima intensidade de exercício de carga constante, em que se observa equilíbrio entre a taxa de liberação e remoção do lactato sanguíneo. Neste protocolo, empregam-se concentrações fixas (4mM)<sup>6</sup> ou variáveis de lactato, encontrando-se intensidade de esforço entre 75 e 95%  $\dot{V}O_{2,max}$ . Para a identificação desta intensidade, além do termo MSSSLAC, são em-

pregados também limiar anaeróbio<sup>6</sup> limiar anaeróbio individual<sup>7</sup> ou OBLA (*onset blood lactate accumulation*)<sup>8</sup>.

Estas duas intensidade de esforço citadas anteriormente, embora sejam confundidas em razão de freqüentemente empregarem-se a mesma terminologia (Limiar anaeróbio – LAN) para as suas identificações, determinam intensidades de esforço bem diferentes<sup>1</sup>. Em razão disto, a realização de exercícios em relação a estas intensidades determina, potencialmente, respostas (metabólicas e cardiopulmonares) agudas e crônicas ao exercício, também bem diferentes.

A identificação da MSSSLAC apresenta em princípio uma desvantagem, pois exige a realização de 4-6 séries de exercícios de carga constante, com aproximadamente 30min de duração, obrigando a vinda do indivíduo ao laboratório, por vários dias. Inicialmente, para tentar retirar esta desvantagem, Heck *et al.*<sup>6</sup> propuseram a identificação da MSSSLAC com base em um único protocolo de carga progressiva, empregando uma concentração fixa de 4mM. Posteriormente, embora diversos estudos tenham confirmado que a MSSSLAC corresponde em média a 4mM, verificou-se uma variabilidade individual relativamente grande nestas concentrações (3-6mM)<sup>7</sup>. Além disso, outros estudos verificaram que este critério está sujeito à influência da disponibilidade de substratos<sup>9</sup>. Em função disso, autores têm proposto alguns protocolos que possam identificar a MSSSLAC de modo individualizado, sem a necessidade de vários exercícios submáximos.

Um dos protocolos mais recentes foi proposto por Tegtbur *et al.*<sup>10</sup>, sendo conhecido como teste de lactato mínimo (LACmin). Os autores verificaram que a corrida realizada na intensidade do LACmin podia ser sustentada por 8km sem acúmulo de lactato sanguíneo, enquanto a corrida com apenas 0,7km/h acima desta intensidade resultava em significativo aumento do lactato, determinando que alguns sujeitos não completassem os 8km.

Em estudos realizados em associação ou em nosso laboratório, a validade do teste de LACmin, tem sido analisada com diferentes delineamentos experimentais. Simões *et al.*<sup>11</sup> verificaram, em um protocolo realizado com corredores em pista de atletismo, que a intensidade correspondente ao LACmin não foi diferente da velocidade associada a 4mM, correspondendo a MSSSLAC para a maioria dos sujeitos analisados. Higino & Denadai<sup>12</sup> verificaram que o tipo de exercício (ciclismo ou corrida) que é empregado para induzir o acúmulo de lactato antes do teste incremental não interfere na intensidade (Watts) correspondente ao LACmin durante o exercício na bicicleta. Campbell *et al.*<sup>13</sup> encontraram que a administração de cafeína ou glicose não afetam a intensidade do LACmin durante o exercício na bicicleta, diferentemente do encontrado por Yoshida<sup>14</sup>, que empregou uma

concentração fixa de lactato (4mM – OBLA). Além disso, Campbell *et al.*<sup>15</sup> encontram uma excelente reprodutibilidade do protocolo do LACmin realizado em pista para corredores treinados.

Entretanto, dados obtidos por Jones e colaboradores têm questionado a validade do protocolo do LACmin durante a corrida em esteira rolante. Jones & Doust<sup>16</sup> não encontraram diferença entre a intensidade do LACmin e do LL, sendo entretanto significativamente menor do que a velocidade da MSSLAC e do OBLA (4mM). Além disso, a velocidade de LACmin apresentou a menor correlação ( $r = 0,61$ ) e o maior erro padrão da estimativa (EPE = 0,75km/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 previsão da MSSLAC. Em outro estudo, Carter *et al.*<sup>17</sup> também não encontraram diferença significativa entre as intensidades do LACmin e do LL, sendo ambas menores do que a velocidade de MSSLAC. Verificaram também que a velocidade do LACmin, não se modificou significativamente após um programa de 6 semanas de treinamento de *endurance*, embora o  $\dot{V}O_{2max}$ , o LL e a MSSLAC, tenham aumentado significativamente.

Para o ciclismo, ainda não foram realizados estudos que comparam a intensidade do LACmin com outros critérios de determinação da resposta do lactato sanguíneo, particularmente empregando indivíduos especificamente treinados neste tipo de exercício. Assim, o objetivo deste estudo foi comparar a intensidade de exercício no LACmin, com a intensidade correspondente ao LL e ao LAn determinado com concentração fixa de lactato (4mM).

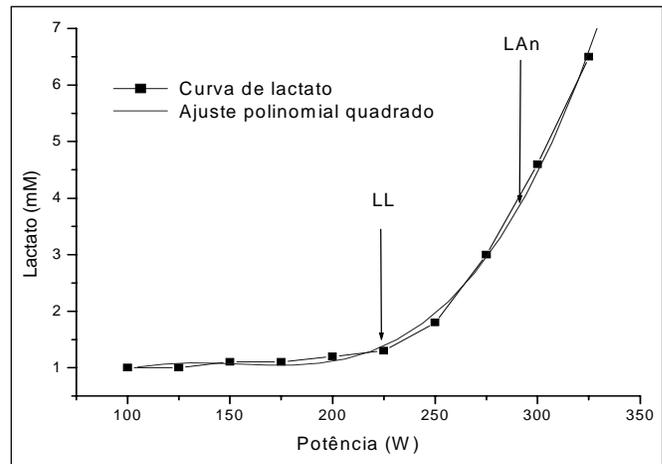
## MATERIAL E MÉTODOS

### Sujeitos

Participaram do presente estudo 11 atletas do sexo masculino (6 ciclistas e 5 triatletas) que estavam envolvidos em seus programas de treinamento há pelo menos dois anos e possuíam as seguintes características (média  $\pm$  DP): 22,5  $\pm$  3,1 anos; 172,3  $\pm$  8,2cm de altura; 66,9  $\pm$  8,2kg de peso corporal e; 9,8  $\pm$  3,4% de gordura corporal. Após tomarem ciência dos objetivos do estudo e de seus possíveis benefícios e riscos, os sujeitos assinaram um termo de consentimento.

### Procedimento experimental

Os indivíduos foram instruídos para chegar ao laboratório completamente hidratados, com pelo menos duas horas de intervalo após a última refeição, tendo evitado exercícios extenuantes nas últimas 48 horas. Foram realizados dois testes: 1) exercício contínuo de cargas crescentes e 2) teste de lactato mínimo. Os testes foram realizados em uma bicicleta eletromagnética (Quinton – Corival 400), equi-



**Fig. 1** – Determinação da intensidade correspondente ao limiar de lactato (LL) e limiar anaeróbio (LAn) na bicicleta ergométrica. Exemplo para o sujeito número 1.

pada com pedais de encaixe, permitindo a utilização da sapatilha de cada sujeito. A ordem de execução dos testes foi aleatória, com pelo menos 24 horas de intervalo entre os testes. A temperatura ambiente foi mantida entre 22-24°C e a umidade relativa do ar variou entre 60 e 70%.

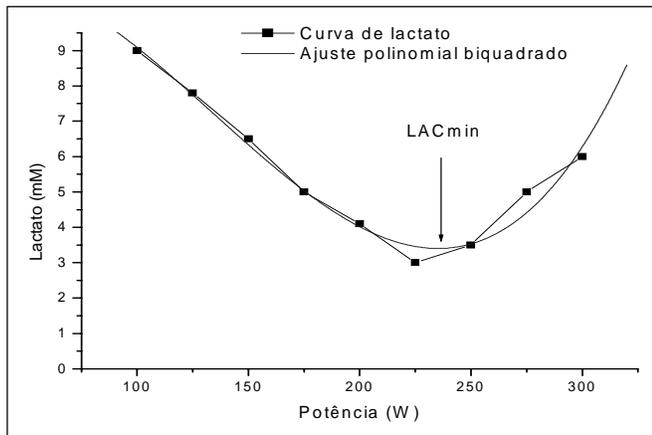
### Teste incremental

Os indivíduos realizaram um teste contínuo de cargas progressivas, com uma carga inicial de 100W, e a cada três minutos houve um aumento de 25W até a exaustão voluntária. Ao final de cada carga, foi coletado do lóbulo da orelha 25 $\mu$ l de sangue e verificado a FC. O ar expirado foi analisado continuamente.

O LL foi identificado como sendo a intensidade de exercício em que foi verificado o menor valor entre a razão – lactato sanguíneo (mM) : potência (W). O LAn foi determinado como sendo a intensidade correspondente a 3,5mM de lactato sanguíneo<sup>6</sup>. Um ajuste polinomial quadrado, realizado através do programa Microsoft Origin 5.1, foi utilizado para analisar a curva (lactato – intensidade), permitindo a melhor identificação do LAn (figura 1).

### Teste de lactato mínimo

O teste de LACmin foi adaptado de Tegtbur *et al.*<sup>10</sup>. Inicialmente os indivíduos pedalarão duas vezes 425W ( $\pm$  120%  $\dot{V}O_{2max}$ ) durante 30 segundos, com um minuto de intervalo, com o objetivo de induzir o acúmulo de lactato. Após oito minutos de recuperação passiva (sentado na bicicleta), os indivíduos iniciaram um teste contínuo de cargas progressivas, idêntico ao descrito anteriormente. Após sete minutos de recuperação e ao final de cada carga, foram coletados do lóbulo da orelha 25 $\mu$ l de sangue e verificado a FC. O ar expirado foi analisado continuamente du-



**Fig. 2** – Determinação da intensidade correspondente ao lactato mínimo (LACmin) na bicicleta ergométrica após a indução do acúmulo de lactato. Exemplo para o sujeito número 1.

rante o teste de cargas progressivas. O LACmin foi identificado como sendo a intensidade correspondente à menor concentração de lactato durante o teste de cargas progressivas. Um ajuste polinomial biquadrado, realizado através do programa Microsoft Origin 5.1, foi utilizado para analisar a curva e permitir a melhor identificação desta intensidade de exercício (figura 2).

### Análise de gases

As variáveis respiratórias foram determinadas respiração a respiração através de um analisador de gases (Quin-

ton Metabolic Card). Antes de cada teste, o aparelho foi calibrado com uma amostra de gases de concentração conhecida. O  $\dot{V}O_2$  para cada carga foi calculado através da média dos últimos 30 segundos.

### Análise do lactato sanguíneo

O sangue foi coletado do lóbulo da orelha sem hipermia, em tubos capilares calibrados para o volume de 25  $\mu$ l e diluídos em 50  $\mu$ l de solução de NaF a 1% em tubos tipo Eppendorff. Após este procedimento, o sangue foi analisado em um lactímetro (YSL 1500 STAT).

### Frequência cardíaca

A frequência cardíaca foi determinada através de um frequencímetro (POLAR X-TRAINER PLUS).

### Análise estatística

A comparação dos dados foi feita através ANOVA para dados repetidos, complementada pelo teste de Tuckey. Utilizou-se, também, o teste de correlação de Pearson. Em todos os testes adotou-se um nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores individuais e média  $\pm$  DP da potência (P) e da concentração de lactato no sangue  $[lac]_s$ , obtidos na intensidade do LL, LACmin, e LAN. Não foi observada diferença significativa entre a PLL ( $197,7 \pm$

**TABELA 1**  
Valores individuais e média  $\pm$  DP da potência e da concentração de lactato no sangue  $[lac]_s$ , obtidos na intensidade do limiar de lactato (LL), lactato mínimo (LACmin) e limiar anaeróbio (LAN)

| Sujeitos | LL           | LACmin | LAN    | LL             | LACmin | LAN  |
|----------|--------------|--------|--------|----------------|--------|------|
|          | Potência (W) |        |        | $[lac]_s$ (mM) |        |      |
| 1        | 225          | 225    | 283    | 1,3            | 3,0    | 3,5  |
| 2        | 175          | 186    | 240    | 1,2            | 1,5    | 3,5  |
| 3        | 200          | 200    | 292    | 0,7            | 1,1    | 3,5  |
| 4        | 200          | 178    | 250    | 1,6            | 1,5    | 3,5  |
| 5        | 225          | 217    | 303    | 0,9            | 0,8    | 3,5  |
| 6        | 225          | 200    | 272    | 1,7            | 3,6    | 3,5  |
| 7        | 175          | 200    | 224    | 1,5            | 1,6    | 3,5  |
| 8        | 200          | 200    | 267    | 1,1            | 1,2    | 3,5  |
| 9        | 175          | 200    | 188    | 2,3            | 3,4    | 3,5  |
| 10       | 200          | 200    | 236    | 2,1            | 4,9    | 3,5  |
| 11       | 175          | 212    | 269    | 1,0            | 1,9    | 3,5  |
| Média    | 197,7        | 201,6  | 256,7* | 1,4            | 2,2**  | 3,5* |
| DP       | 20,7         | 13,0   | 33,3   | 0,4            | 1,3    | 0    |

\*  $p < 0,05$  em relação ao LL e LACmin

\*\*  $p < 0,05$  em relação ao LL

20,7W) e a PLACmin (201,6 ± 13,0W), sendo ambas significativamente menores do que a PLAN (256,7 ± 33,3W). As [lac]<sub>s</sub> no LL (1,43 ± 0,48mM) e no LACmin (2,29 ± 1,30mM) foram significativamente diferentes, sendo ambas menores do que a [lac]<sub>s</sub> no LAN (3,5 ± 0,0mM). As correlações entre a PLACmin e a PLL (r = 0,42; p > 0,05) e a PLAN (r = 0,45; p > 0,05) foram menores do que entre a PLL e a PLAN (r = 0,69; p < 0,05).

Os valores individuais e média ± DP do  $\dot{V}O_2$  e da FC correspondentes ao LL, LACmin e LAN estão expressos na tabela 2. Não foram encontradas diferenças significantes para o  $\dot{V}O_2$  (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e a FC (bpm) obtidos no LL (43,2 ± 5,01; 152,0 ± 13,0) e no LACmin (42,1 ± 3,9; 159,0 ± 10,0), sendo entretanto significativamente menores do que os obtidos para o LAN (52,2 ± 8,2; 174,0 ± 13,0, respectivamente). As correlações entre o  $\dot{V}O_2$  no LACmin e no LL (r = 0,45; p > 0,05) e no LAN (r = 0,48; p > 0,05) também foram menores do que entre o LL e o LAN (r = 0,76; p < 0,05). Em relação à FC, as correlações entre o LACmin e o LL (r = 0,87; p < 0,05) e o LAN (r = 0,68; p < 0,05) foram semelhantes à obtida entre o LL e o LAN (r = 0,73; p < 0,05).

## DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi comparar as intensidades, através de diferentes variáveis (potência externa realizada,  $\dot{V}O_2$  e FC), correspondentes ao LL, LACmin e LAN durante o ciclismo estacionário em indivíduos treinados. Dentro das condições experimentais deste estudo, o principal achado

foi que a intensidade do LACmin parece ser mais semelhante ao LL e não ao LAN.

Para a determinação do LL, foi empregado o critério do menor valor da razão intensidade: concentração de lactato durante o exercício de carga crescente, que potencialmente pode diminuir a subjetividade da sua determinação, como apontado por Yeh *et al.*<sup>18</sup>. A identificação do LAN foi realizada empregando-se uma concentração fixa de 3,5mM (e não 4mM), já que a duração dos estágios empregada em nosso estudo (3min) não permite que, para intensidades elevadas (> 70%  $\dot{V}O_{2max}$ ), exista equilíbrio entre o lactato muscular e sanguíneo, o que pode superestimar a intensidade correspondente ao LAN<sup>6</sup>. Jones *et al.*<sup>16,17</sup> apontam que o uso de 4mM pode não ser apropriado, já que alguns sujeitos de seus estudos, mesmo com intensidade próxima a 90%  $\dot{V}O_{2max}$ , não atingem esta concentração. Entretanto, Weltman<sup>5</sup> aponta que indivíduos altamente treinados e com um percentual elevado de fibras Tipo I podem apresentar intensidade do LAN acima de 90%  $\dot{V}O_{2max}$ . Além disso, em seus protocolos, Jones *et al.*<sup>16,17</sup> também utilizaram estágios com durações menores do que 5min (3-4min), o que determinaria a utilização de 3,5mM, como proposto por Heck *et al.*<sup>6</sup>. Por outro lado, é necessário que se faça alguns comentários em relação à validade de utilizar-se uma concentração fixa de lactato (3,5 ou 4mM, dependendo do protocolo) para identificar o LAN e com isso estimar-se individualmente a intensidade de MSSLAC. A praticidade de utilizar-se uma concentração fixa (1 sessão de exercício)

**TABELA 2**  
Valores individuais e média ± DP do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e da frequência cardíaca (FC) correspondentes ao limiar de lactato (LL), lactato mínimo (LACmin) e limiar anaeróbio (LAN)

| Sujeitos | LL                       | LACmin | LAN   | LL       | LACmin | LAN  |
|----------|--------------------------|--------|-------|----------|--------|------|
|          | $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) |        |       | FC (bpm) |        |      |
| 1        | 45,0                     | 43,9   | 54,7  | 156      | 164    | 176  |
| 2        | 40,9                     | 42,1   | 51,3  | 146      | 149    | 169  |
| 3        | 50,3                     | 45,6   | 66,5  | 156      | 159    | 186  |
| 4        | -                        | -      | -     | 162      | 158    | 180  |
| 5        | 38,7                     | 39,7   | 52,7  | 143      | 152    | 173  |
| 6        | 43,1                     | 39,5   | 46,1  | 164      | 165    | 181  |
| 7        | 49,2                     | 49,2   | 58,2  | 159      | 165    | 177  |
| 8        | 41,5                     | 44     | 51,9  | 151      | 159    | 178  |
| 9        | 34,6                     | 38,7   | 36,1  | 130      | 144    | 136  |
| 10       | 46,2                     | 36,4   | 52,6  | 176      | 185    | 187  |
| 11       | -                        | -      | -     | 132      | 154    | 175  |
| Média    | 43,2                     | 42,1   | 52,2* | 152      | 159    | 174* |
| DP       | 5,0                      | 3,9    | 8,2   | 13       | 10     | 13   |

- não determinado

\* p < 0,05 em relação ao LL e LACmin

ao invés de 4-6 sessões de exercício submáximo para a determinação da MSSLAC é bastante evidente. Além disso, a objetividade do primeiro procedimento (concentração fixa) pode ser maior do que o empregado durante os exercícios submáximos (MSSLAC), onde ainda existem controvérsias de qual seria o melhor critério<sup>6,16,19</sup>. Entretanto, existem críticas importantes sobre a utilização de concentração fixa, sendo que as mais frequentes são: variabilidade individual<sup>7</sup>; influência da disponibilidade de substrato<sup>9</sup> e do tipo de exercício<sup>20</sup>. Ainda assim, diversos laboratórios, empregando diferentes tipos de exercícios e indivíduos com diferentes níveis de treinamento, têm encontrado uma semelhança (valores médios sem diferença estatística e altamente correlacionados) entre a intensidade correspondente ao LAn (3,5 ou 4mM) e à MSSLAC<sup>6,11,16</sup>.

O protocolo do LACmin proposto por Tegtbur *et al.*<sup>10</sup> 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<sup>10,15</sup>; c) possibilidade de avaliação de multiesportes (duathlon e triathlon) em uma única sessão<sup>12,21</sup>; d) grande objetividade<sup>16</sup> e reprodutibilidade<sup>13</sup>; e e) principalmente a possibilidade de estimar-se individualmente a MSSLAC em uma só sessão de exercício<sup>10,11</sup>, embora existam dados antagônicos<sup>17</sup>.

A escolha da carga inicial (100W) para o teste incremental durante o protocolo do LACmin, em nosso estudo, foi realizada para que pudéssemos comparar, inclusive, outros dados submáximos (FC e  $\dot{V}O_2$ ) com o teste incremental realizado de modo isolado, protocolo este amplamente utilizado para analisar-se variáveis metabólicas e cardiorrespiratórias. Esta escolha pode, em parte pelo menos, explicar os resultados encontrados em nosso estudo, como discutido a seguir. A potência ( $201,6 \pm 13,0$ ) referente ao LACmin (não foram encontrados valores de  $\dot{V}O_2$ ) foi maior do que os valores obtidos em nosso laboratório empregando indivíduos de mesma faixa etária e gênero, sem prática de atividade física sistemática<sup>15</sup>, o que sugere que o protocolo do LACmin pode apresentar validade para discriminar os diferentes níveis de treinamento aeróbio.

Em nosso estudo, a intensidade (potência, FC e  $\dot{V}O_2$ ) obtida no LACmin foi significativamente menor do que a do LAn, não se encontrando diferença com o LL. Em princípio, estes resultados são diferentes dos encontrados por Tegtbur *et al.*<sup>10</sup> e Simões *et al.*<sup>11</sup>, concordando entretanto com os verificados por Jones e Doust<sup>16</sup> e Carter *et al.*<sup>17</sup>. O teste de LACmin, de acordo com os autores que o propuseram<sup>10</sup>, identificaria a intensidade de exercício na qual o máximo equilíbrio entre a taxa de liberação e remoção de lactato no sangue (i.e., MSSLAC) pode ser observada. Jones e Doust<sup>16</sup>

e Carter *et al.*<sup>17</sup> apontam que, para que esta afirmação possa ser válida, é necessário assumir-se que a medida do lactato sanguíneo 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<sup>22</sup>. 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<sup>22,23</sup>, a concentração de lactato durante o teste incremental dependerá 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<sup>16</sup> 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, segundo Jones e Doust<sup>16</sup>, a coincidência entre LACmin e LL seja “fortuita”.

Tegtbur *et al.*<sup>10</sup> demonstraram que a velocidade do LACmin não é afetada pela disponibilidade de substrato (depleção de glicogênio), embora o pico de concentração 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<sup>12</sup> verificaram também que o tipo de exercício utilizado para induzir o acúmulo de lactato (ciclismo ou corrida) não interfere na intensidade do LACmin na bicicleta, embora o pico de lactato e a concentração 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, excluindo totalmente a influência da intensidade e duração do exercício prévio e parcialmente a duração total do protocolo de recuperação (recuperação inicial + duração do teste incremental). Em relação à intensidade e duração do período de recuperação, todos os estudos (que encontram ou não concordância com a MSSLAC) utilizaram recuperação passiva com 8min de duração, excluindo-se também estes fatores.

A duração do protocolo do LACmin na fase do teste incremental é influenciada pelo número e duração de cada estágio. Tegtbur *et al.*<sup>10</sup> demonstraram que a velocidade do LACmin não é afetada, quando uma distância de pelo menos 800 metros ou mais é utilizada em cada estágio, permitindo uma duração média de pelo menos três minutos. Como os estudos que encontraram<sup>11</sup> ou não<sup>16,17</sup> coincidência do LACmin com a MSSLAC utilizaram estágios com duração de 3-5min, este aspecto também não parece explicar

isoladamente as discordâncias entre os estudos e a possível falta de validade do LACmin para estimar a MSSLAC. 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 *et al.*<sup>24</sup> 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) em que a velocidade de lactato mínimo foi atingida foi relativamente invariante em todas as velocidades iniciais empregadas.

Em nosso estudo, optou-se pela intensidade inicial de 100W, para que pudéssemos comparar nas mesmas condições, os dois protocolos (LACmin e teste incremental isoladamente). Como em nosso estudo, e no conduzido por Jones e Doust<sup>16</sup>, verificou-se uma correlação apenas de baixa a moderada entre o LACmin e o LL e o LAN, parece que a intensidade do LACmin seja realmente protocolo-dependente (intensidade inicial e conseqüentemente o número de estágios). Deve-se ressaltar, entretanto, que outros protocolos que objetivaram estimar a MSSLAC, como o de concentração fixa, também podem ser protocolo-dependentes, como: duração dos estágios e taxa de incremento<sup>25,26</sup> e disponibilidade de substrato<sup>9</sup>. Estes aspectos parecem não interferir na determinação do LL, quando não se empregam concentrações fixas (2mM)<sup>27-29</sup>, o que poderia ser uma vantagem deste critério (LL). Entretanto, o LL normalmente determina intensidades menores do que a MSSLAC, o que levaria a subestimar a intensidade de exercício que tenha a

MSSLAC como referência. No estudo de Jones e Doust<sup>16</sup>, os autores concluem que a velocidade do LL (15,1km/h) seria o melhor método para estimar a MSSLAC (15,7km/h), já que não foi encontrada diferença estatística entre estas intensidades, e as mesmas foram altamente correlacionadas ( $r = 0,94$ ). É importante destacar, entretanto, que a velocidade do OBLA (16,1km/h) também não foi diferente estatisticamente da MSSLAC (embora na discussão os autores afirmassem o contrário – pg. 1.310) e altamente correlacionadas ( $r = 0,93$ ). Bem interessante, também, é o fato que este mesmo grupo de autores<sup>17</sup>, em um modelo de estudo bem semelhante, tenham verificado que as velocidades do LL (11,9km/h; 12,6km/h) foram significativamente menores do que a de MSSLAC (13,3km/h; 13,9km/h), antes e após seis semanas de treinamento aeróbio, respectivamente. Assim, mesmo os autores, que propõem o LL para estimar a MSSLAC, encontram dados que não dão suporte à sua proposta.

Em resumo, demonstrou-se, nas condições experimentais deste estudo, que a intensidade do LACmin durante o ciclismo em indivíduos treinados parece identificar intensidades de esforço mais associadas ao LL, quando são empregados protocolos semelhantes aos utilizados freqüentemente nos testes incrementais. Pode-se concluir, portanto, que o teste de LACmin nestas condições pode subestimar a intensidade de MSSLAC (estimada indiretamente pelo LAN neste estudo), o que concorda com outros estudos que determinaram a MSSLAC diretamente. Assim, são necessários mais estudos que analisem o possível componente tempo-dependente (intensidade inicial) que pode existir no protocolo do LACmin.

## REFERÊNCIAS

1. Denadai BS. Determinação da intensidade relativa de esforço: consumo máximo de oxigênio ou resposta do lactato sanguíneo. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 1999;4:77-81.
2. Weltman A, Seip RL, Snead D, Weltman JY, Haskvitz EM, Evans WS, Veldhuis JD, Rogol AD. Exercise training at and above the lactate threshold in previously untrained women. *Int J Sports Med* 1992;13:257-63.
3. Kohrt WM, O'Connor JS, Skinner JS. Longitudinal assessment of responses by triathletes to swimming, cycling, and running. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21:569-75.
4. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev* 1995;23:25-63.
5. Weltman A. The blood lactate response to exercise. Champaign, IL: Human Kinetics, 1995.
6. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
7. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-5.
8. Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2:23-6.
9. Maassen N, Busse MW. The relationship between lactic acid and work load – a measure for endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? *Eur J Appl Physiol* 1989;58:728-37.
10. Tegtbu U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:620-7.
11. Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol* 1999;80:34-40.
12. Higino WP, Denadai BS. Efeitos da utilização de diferentes tipos de exercício para indução do acúmulo de lactato na determinação da intensidade de esforço correspondente ao lactato mínimo. *Rev Bras Med Esporte* 1998;4:143-6.
13. Campbell CSG, Simões H, Denadai BS. Reprodutibilidade do limiar anaeróbio individual (IAT) e lactato mínimo (LM) determinados em testes de pista. *Rev Bras Ativ Fis Saúde* 1998;3:24-31.
14. Yoshida, T. Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol* 1984;53:200-5.
15. Campbell CSG, Simões H, Denadai BS. Influence of glucose and caffeine administration on identification of maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:S327.
16. Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:1304-13.

- 
17. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effects of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *J Sports Sci* 1999;17:957-67.
  18. Yeh MP, Gardner RM, Adams TD, Yanowitz FG, Crapo RO. "Anaerobic threshold": problems of determination and validation. *J Appl Physiol* 1983;55:1178-86.
  19. Haverty M, Kenney WI, Hodgson JI. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Br J Sports Med* 1988;22:51-4.
  20. Beneke R, Von Duvillard SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:241-6.
  21. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM, Maassen N. Measurement of an individual lactate equilibration point: comparison of constant time and constant distance step tests. In: Bachl N, Graham TE, Lollgen H, editors. *Advances in ergometry*. New York: Springer-Verlag, 1991; 239-42.
  22. Freund H, Oyono-Enguelle S, Heitz A, Marbach J, Ott C, Zouloumian P, Lampert E. Work rate-dependent lactate kinetics after exercise in humans. *J Appl Physiol* 1986;61:932-9.
  23. Freund H, Oyono-Enguelle S, Heitz A, Marbach J, Ott C, Gartner M. Effect of exercise duration on lactate kinetics after short muscular exercise. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:534-42.
  24. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:837-45.
  25. McLellan TM. Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *Int J Sports Med* 1985;6:40-5.
  26. Yoshida T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol* 1984;53:196-9.
  27. Smith EW, Skelton MS, Kremer DE, Pascoe DD, Gladden LB. Lactate distribution in the blood during progressive exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:654-60.
  28. Weltman A, Snead D, Stein R, Seip R, Schurrer R, Rutt R, Weltman J. Reliability and validity of continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and  $\dot{V}O_2$ max. *Int J Sports Med* 1990;1:26-32.
  29. Yoshida, T. Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol* 1984;53:200-5.