



# Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação

Rafael Reimann Baptista<sup>1,2</sup>, Leticia Gandolfi de Oliveira<sup>1</sup>, Gabriel Bosak de Figueiredo<sup>2</sup>, José Ricardo Contieri<sup>3</sup>, Jefferson Fagundes Loss<sup>1</sup> e Alvaro Reischak de Oliveira<sup>1,2</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar os métodos de 4mM (AT4) e Dmáx de limiar de lactato. Dez remadores (23,7 ± 3,33 anos) e quatro remadoras (18 ± 0,81 anos), divididos em três grupos, peso pesado (n = 6), peso leve (n = 4) e feminino (n = 4), (87,23 ± 6,10, 73,22 ± 2,38, 63,27 ± 8,86kg e 187,66 ± 1,63, 183 ± 6,05, 172 ± 5,16cm respectivamente) foram submetidos a uma remoergometria máxima, com cargas iniciais de 130 a 150W e incrementos de 30 a 50W a cada 5min, com pausas de 1min para coleta de sangue. Os valores de potência, frequência cardíaca e lactato foram determinados a cada carga e utilizados para determinação dos limiares, de acordo com os dois métodos. A concentração de lactato, a produção de potência e frequência cardíaca, identificadas pelo método Dmáx, foram comparadas com o método AT4 nos grupos peso pesado (3,01 ± 0,73 vs. 4mM, 268,33 ± 29,44 vs. 312 ± 44,02W e 164 ± 4,81 vs. 174 ± 10,09bpm), peso leve (2,51 ± 0,53 vs. 4mM, 232,50 ± 15,00 vs. 277,50 ± 25,98W e 160 ± 8,47 vs. 177 ± 3,79bpm) e feminino (3,21 ± 0,41 vs. 4mM, 160 ± 14,41 vs. 167,50 ± 15,00W e 175 ± 20,42 vs. 185 ± 12,12bpm) através de um teste t de Student para amostras pareadas, sendo significativamente menores (P < 0,05) quando usado o método Dmáx. Os resultados sugerem que o método AT4 superestima as variáveis analisadas no limiar de lactato quando comparado ao método Dmáx.

## ABSTRACT

### Lactate threshold in rowers: comparison between two methods of determination

The objective of this study was to compare the 4 mM (AT4) and Dmax methods for lactate threshold determination. Ten male (23.7 ± 3.33 years) and four female rowers (18 ± 0.81 years), divided into three groups: heavy weight (n = 6), light weight (n = 4), and female (n = 4), (87.23 ± 6.10, 73.22 ± 2.38, 63.27 ± 8.86 kg and 187.66 ± 1.63, 183 ± 6.05, 172 ± 5.16 cm respectively), were submitted to a maximal rowing ergometry, with initial workload of 130 to 150 W and increases of 30 to 50 W every 5 minutes, with 1 minute pause for blood sampling. Power output, heart rate and lactate values were determined at every workload and used for the determination of the thresholds according to both methods. Lactate concentration, power output and heart rate, identified by

**Palavras-chave:** Remo. Lactato. Limiar anaeróbio.

**Key words:** Rowing. Lactate anaerobic threshold.

**Palabras-clave:** Remo. Lactato. Umbral anaeróbico.

Dmax method were compared with the AT4 method in the heavy weight (3.01 ± 0.73 vs. 4 mM, 268.33 ± 29.44 vs. 312 ± 44.02 W and 164 ± 4.81 vs. 174 ± 10.09 bpm), light weight (2.51 ± 0.53 vs. 4 mM, 232.50 ± 15.00 vs. 277.50 ± 25.98 W and 160 ± 8.47 vs. 177 ± 3.79 bpm) and female (3.21 ± 0.41 vs. 4 mM, 160 ± 14.41 vs. 167.50 ± 15.00 W and 175 ± 20.42 vs. 185 ± 12.12 bpm) groups through the paired Student t-test, being significantly lower (p < 0.05) when the method Dmax was used. The results suggest that the AT4 method overestimates the variables analyzed in the lactate threshold when compared with the Dmax method.

## RESUMEN

### Umbral de lactato en remeros: comparación entre dos métodos de determinación

El objetivo de este estudio fué el de comparar los métodos de 4 mM (AT4) y Dmáx del umbral de lactato. Diez remeros (23,7 ± 3,33 años) y cuatro remadoras (18 ± 0,81 años), divididos en tres grupos, peso pesado (n = 6), peso leve (n = 4) y femenino (n = 4), (87,23 ± 6,10, 73,22 ± 2,38, 63,27 ± 8,86 kg y 187,66 ± 1,63, 183 ± 6,05, 172 ± 5,16 cm respectivamente) fueron sometidos a una remoergometria máxima, con cargas iniciales de 130 a 150 W e incrementos de 30 a 50 W a cada 5 min, con pausas de 1 min para colecta de la sangre. Los valores de potencia, frecuencia cardíaca y lactato fueron determinados a cada carga y utilizados para determinación de umbrales, de acuerdo con los dos métodos. La concentración de lactato, la producción de potencia y frecuencia cardíaca, identificadas por el método Dmáx, fueron comparadas con el método AT4 en los grupos peso pesado (3,01 ± 0,73 vs. 4 mM, 268,33 ± 29,44 vs. 312 ± 44,02 W y 164 ± 4,81 vs. 174 ± 10,09 bpm), peso leve (2,51 ± 0,53 vs. 4 mM, 232,50 ± 15,00 vs. 277,50 ± 25,98 W y 160 ± 8,47 vs. 177 ± 3,79 bpm) y femenino (3,21 ± 0,41 vs. 4 mM, 160 ± 14,41 vs. 167,50 ± 15,00 W y 175 ± 20,42 vs. 185 ± 12,12 bpm) a través de un test-t de Student para muestras apareadas, siendo significativamente menores (P < 0,05) cuando es usado el método Dmáx. Los resultados sugieren que el método AT4 superestima las variables analizadas en el umbral de lactato cuando es comparado al método Dmáx.

1. Laboratório de Pesquisa do Exercício – LAPEX – UFRGS – Porto Alegre, RS.

2. Grupo de Estudos em Fisiologia e Bioquímica do Exercício – GEFEX – UFRGS.

3. Departamento de remo do Grêmio Náutico União – Porto Alegre, RS.

Recebido em 2/2/05. 2ª versão recebida em 22/4/05. Aceito em 26/5/05.

**Endereço para correspondência:** Escola de Educação Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, LAPEX – Sala 218, Rua Felizardo, 750, Bairro Jardim Botânico – 90690-200 – Porto Alegre, RS. E-mail: aroliveira@esef.ufrgs.br

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o limiar anaeróbio é um dos parâmetros mais usados, tanto como indicador da capacidade de desempenho físico aeróbio quanto na prescrição do treinamento<sup>(1)</sup>, existindo evidências de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas se correlaciona melhor com o limiar anaeróbio do que com a potência aeróbia máxima<sup>(1,2)</sup>.

O limiar anaeróbio pode ser entendido como o ponto de desequilíbrio entre a produção e remoção do lactato<sup>(3-5)</sup>; no entanto, a determinação do limiar anaeróbio através da medição do lactato sanguíneo (limiar de lactato) envolve uma abordagem invasiva e com alto custo.

Um método alternativo é a determinação dos limiares ventilatórios, por técnicas não invasivas e com custo mais baixo. Os trabalhos de Wasserman *et al.*<sup>(6)</sup> demonstraram que os níveis de lactato apresentam uma forte correlação com a ventilação em função do tamponamento dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) pelo íon bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), e subsequente eliminação na forma de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) pela respiração ( $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ ).

Estas respostas podem ser avaliadas através da análise gráfica de variáveis como a própria ventilação, a produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), os equivalentes ventilatórios de oxigênio ( $O_2$ ) e  $CO_2$ , e as pressões expiratórias de  $O_2$  e  $CO_2$ , utilizando uma avaliação visual das quebras de linearidade nas curvas em relação às diferentes intensidades de trabalho<sup>(6)</sup>.

No remo, entretanto, o padrão treinado de respiração apresentado pelos atletas<sup>(7)</sup> dificulta, e até impossibilita, a detecção dos limiares ventilatórios, graças ao acoplamento da mesma com o gesto técnico, sendo necessário um método alternativo de avaliação. Dessa forma o método de eleição para o caso específico do remo é a lactacidemia.

Existe na literatura uma grande diversidade de nomenclaturas e metodologias diferentes no que diz respeito à detecção do limiar de lactato (LL) em atletas. Basicamente podemos distinguir os métodos que usam concentrações fixas de lactato e os métodos que usam concentrações variáveis. A utilização da concentração fixa de lactato sanguíneo de 4mM (AT4 – *Anaerobic Threshold of 4 mM*) adotada por autores como Heck *et al.*<sup>(8)</sup> e Urhaussen *et al.*<sup>(9,10)</sup> é justificada como a máxima concentração estável de lactato em um teste em esteira ergométrica (MLACSS – *Maximal Lactate Steady State*)<sup>(11)</sup>. A intensidade de exercício correspondente a esta concentração fixa, quando imposta aos atletas em um teste de carga fixa de 20 minutos, não apresenta um aumento maior do que 1mM no lactato plasmático<sup>(8)</sup> e é denominada por outros autores como início do acúmulo de lactato sanguíneo ou como normalmente é referida pela sua sigla em inglês OBLA (*Onset of Blood Lactate Accumulation*)<sup>(12)</sup>.

Uma crítica que pode ser feita ao OBLA é a variabilidade encontrada no trabalho original (3,05 a 5,5mM), possibilitando que indivíduos submetidos a esta intensidade não estejam trabalhando efetivamente no limiar, mas sim acima ou abaixo dele<sup>(9)</sup>. No entanto, apesar desta variabilidade, o método de AT4 ainda é um dos mais utilizados em nosso meio<sup>(13)</sup>.

De acordo com o exposto, diversos laboratórios têm envidado esforços na busca de um modelo de determinação individual do LL. Nesta direção, um dos modelos mais recentes e de mais fácil aplicação encontrado na literatura é o método proposto inicialmente por Cheng *et al.*<sup>(14)</sup> e posteriormente utilizado também por Nicholson e Sleivert<sup>(15)</sup> intitulado Dmáx (*maximal distance*). Nesta proposta, os valores de lactato sanguíneo, ventilação, frequência respiratória e produção de  $CO_2$  ( $VCO_2$ ), coletados durante um teste incremental em cicloergômetro, são plotados contra os valores de  $\dot{V}O_2$ , construindo-se uma linha de tendência exponencial de terceira ordem. Esta curva demonstra o comportamento das respostas fisiológicas frente ao exercício realizado e apresenta um comportamento crescente em função do aumento da intensidade. Posteriormente, uma reta unindo o ponto inicial e final da curva é confeccionada e a maior distância entre a curva e a reta construída é considerada o limiar de lactato, daí o nome Dmáx.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar o método de concentração fixa de 4mM (AT4)<sup>(8)</sup> e o de concentrações variáveis de lactato sanguíneo (Dmáx)<sup>(14,15)</sup>, buscando determinar as diferenças de FC e potência desenvolvidas por remadores em cada modelo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Sujeitos

Participaram deste estudo 10 remadores (23,7 anos  $\pm$  3,33) e 4 remadoras (18 anos  $\pm$  0,81), divididos em três grupos: 6 remadores peso pesado masculino (87,23kg  $\pm$  6,10, 187,66cm  $\pm$  1,63), 4 remadores peso leve masculino (73,22kg  $\pm$  2,38, 183cm  $\pm$  6,05) e 4 remadoras pertencentes ao grupo feminino (63,27kg  $\pm$  8,86, 172cm  $\pm$  5,16), todos experientes na modalidade e familiarizados com testes em remoergômetro, pertencentes à equipe de remo do Grêmio Náutico União de Porto Alegre. O estudo seguiu as normas de conduta da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Os atletas assinaram um termo de consentimento informado e o estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (número 2003101 de 24 de julho de 2003).

### Determinação do limiar anaeróbio

Os remadores realizaram um teste máximo progressivo em remoergômetro (Concept II – VT, USA), com uma duração de estágios de 5 minutos com 1 minuto de intervalo para coleta de sangue. A carga inicial era de 150 Watts com incrementos de 50 e 30 Watts para os grupos peso pesado e peso leve masculino, respectivamente. O grupo feminino realizou um teste com carga inicial de 130 Watts e incrementos de 30 Watts. Os atletas receberam motivação verbal para atingir o seu máximo no teste, o qual era interrompido quando o atleta referia não ter mais condições de manter a potência de remadas determinada. Foram coletados 20mL de sangue do lóbulo da orelha direita dos atletas a cada estágio. A concentração de lactato foi analisada por um lactímetro Accutrend® (Roche – Basel, Suíça) enquanto a frequência cardíaca era monitorada por um cardiofrequencímetro Polar S-610 (Polar Electro Oy® – Finlândia).

Os valores de lactato sanguíneo de cada estágio foram plotados em um gráfico contra os valores de potência do respectivo estágio. O limiar de lactato pode ser expresso pela intensidade de exercício e/ou potência produzida pelo atleta e foi avaliado a partir dos métodos de AT4 e Dmáx (figura 1). O limiar por AT4<sup>(8)</sup> foi determinado utilizando-se uma concentração fixa de 4mM de lactato sanguíneo, através de interpolação linear. O método Dmáx<sup>(14,15)</sup> foi utilizado configurando-se, no gráfico, uma linha de tendência através de uma função exponencial de terceira ordem e confeccionando-se uma reta que unia o ponto inicial e final da curva de lactato. A maior distância entre a reta confeccionada e a curva de lactato era considerada o ponto de limiar de lactato e era registrado o seu valor referente de potência e frequência cardíaca.

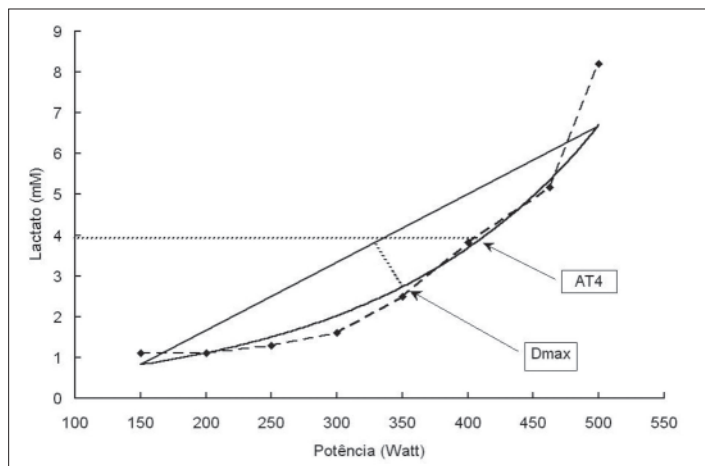


Fig. 1 – Representação das técnicas de AT4 e Dmáx para determinação do limiar de lactato

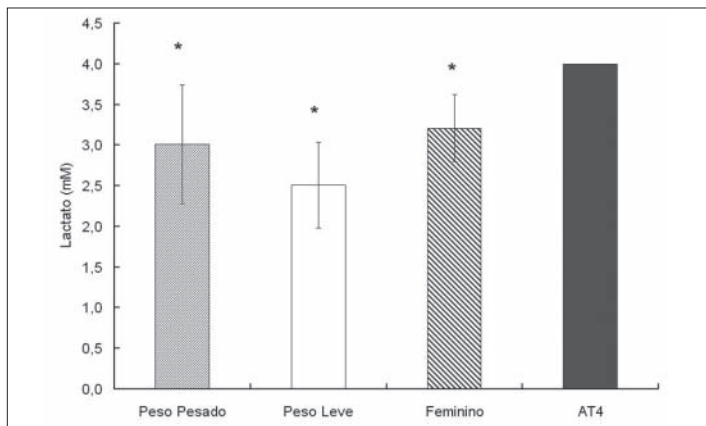
## Análise estatística

Os valores de lactato, potência e frequência cardíaca, identificados pelo método D<sub>máx</sub> foram comparados intragrupos com os valores identificados pelo método AT4 através de um teste t de Student para amostras pareadas ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o *software* SPSS para Windows versão 8.0.

## RESULTADOS

Uma vez que os protocolos de testes foram diferentes para cada um dos grupos e como a detecção do limiar de lactato é altamente dependente do protocolo de testes utilizados<sup>(11,16)</sup>, a comparação do limiar de lactato intergrupos não foi realizada; dessa forma, apenas a comparação intragrupos foi feita.

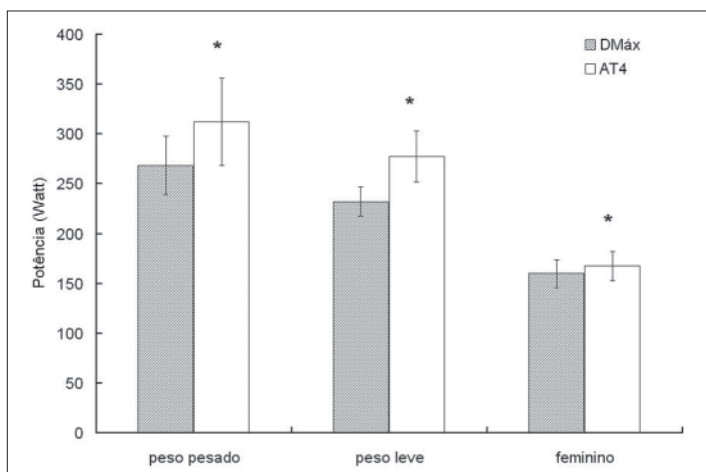
A concentração de lactato identificada pelo método D<sub>máx</sub> nos grupos peso pesado ( $3,01\text{mM} \pm 0,73$ ), peso leve ( $2,51\text{mM} \pm 0,53$ ) e feminino ( $3,21\text{mM} \pm 0,41$ ) foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que a concentração fixa de 4mM (AT4), como mostra a figura 2.



**Fig. 2** – Comparação entre a concentração de lactato identificada pelo método D<sub>máx</sub> nos três grupos e a concentração fixa de 4mM

\* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a concentração de lactato obtida pelo método D<sub>máx</sub> e a concentração fixa de 4mM, de acordo com o método AT4

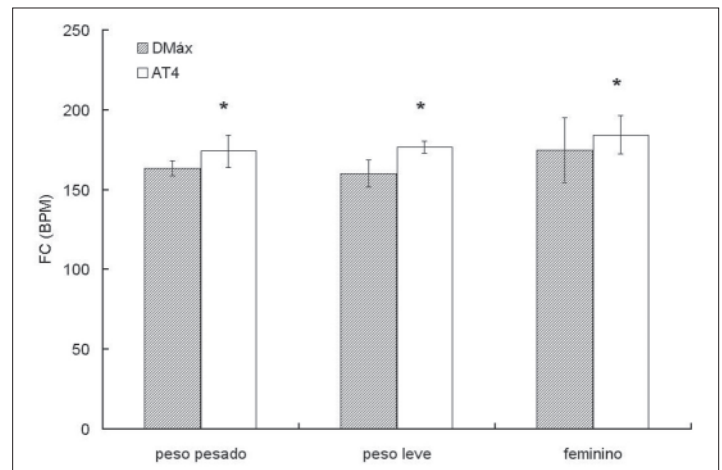
Quando comparados os valores de potência de limiar identificados pelo método D<sub>máx</sub> nos grupos peso pesado ( $268,33\text{W} \pm 29,44$ ), peso leve ( $232,50\text{W} \pm 15,00$ ) e feminino ( $160,00\text{W} \pm 14,41$ ), com os valores identificados pelo método de concentração fixa de 4mM (AT4) nos mesmos três grupos ( $312\text{W} \pm 44,02$ ), ( $277,50 \pm 25,98$ ) e ( $167,50\text{W} \pm 15,00$ ) respectivamente, pode-se observar que os valores identificados pelo método D<sub>máx</sub> são significativamente menores ( $p < 0,05$ ), como mostra a figura 3.



**Fig. 3** – Comparação entre a potência de limiar obtida pelos métodos D<sub>máx</sub> e AT4

\* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os métodos D<sub>máx</sub> e AT4

Ao se comparar a frequência cardíaca de limiar, obtida pelo método D<sub>máx</sub> nos grupos peso pesado ( $164\text{bpm} \pm 4,81$ ), peso leve ( $160\text{bpm} \pm 8,47$ ) e feminino ( $175\text{bpm} \pm 20,42$ ) com os valores identificados pelo método de concentração fixa de 4mM (AT4) nos mesmos três grupos, ( $174\text{bpm} \pm 10,09$ ), ( $177\text{bpm} \pm 3,79$ ) e ( $185\text{bpm} \pm 12,12$ ) respectivamente, pode-se observar que os valores identificados pelo método D<sub>máx</sub> são significativamente menores ( $p < 0,05$ ), como mostra a figura 4.



**Fig. 4** – Comparação da frequência cardíaca (FC) obtida pelos métodos D<sub>máx</sub> e AT4

\* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os métodos D<sub>máx</sub> e AT4

## DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi o de comparar dois métodos diferentes de identificação de limiar de lactato, um que respeitasse a individualidade fisiológica dos atletas, utilizando uma concentração variável de lactato sanguíneo e outro utilizando uma concentração fixa, principalmente porque tradicionalmente o remo é um esporte muito influenciado pela escola alemã de fisiologia do exercício, de forma que o método de AT4 é largamente empregado neste esporte. Em nosso estudo, o limiar de lactato que se utiliza desta concentração fixa<sup>(6)</sup> superestimou todos os parâmetros avaliados quando comparado ao limiar identificado pelo método D<sub>máx</sub>, proposto inicialmente por Cheng *et al.*<sup>(14)</sup> em ciclistas e utilizado posteriormente por Nicholson e Sleivert<sup>(15)</sup> em corredores.

No estudo de Cheng *et al.*<sup>(14)</sup>, ao se utilizar o método D<sub>máx</sub> a partir das respostas de ventilação, frequência respiratória,  $\dot{V}CO_2$  e lactato sanguíneo, o limiar de lactato não se mostrou significativamente diferente daquele determinado pelos equivalentes ventilatórios e pelo OBLA. Além disso, quando as diferentes variáveis ventilatórias e metabólicas foram utilizadas no método D<sub>máx</sub>, não foram encontradas diferenças significativas na determinação do limiar de lactato.

Alguns anos mais tarde, Nicholson e Sleivert<sup>(15)</sup> compararam a velocidade de limiar em corrida entre os métodos D<sub>máx</sub>, AT4 e o limiar de lactato proposto por Thoden<sup>(17)</sup>, o que sugere que o limiar de lactato é melhor representado pela velocidade de corrida que precede a intensidade que resultaria em aumentos do lactato plasmático de 1mM. Os resultados provenientes desta pesquisa vão ao encontro dos nossos, em que o limiar de AT4 superestimou a velocidade de limiar quando comparado aos outros métodos.

Talvez devido às limitações do uso de concentrações fixas de lactato na identificação do limiar anaeróbio, muitas são as propostas de individualização do mesmo. Partindo deste princípio, autores como Stegmann *et al.*<sup>(18)</sup> propõem a utilização de um limiar anaeróbio individual ou IAT (*Individual Anaerobic Threshold*). Este método desenvolvido por pesquisadores da Alemanha, baseia-se na habilidade individual do atleta de manter um estado estável de



lactato durante um exercício prolongado. De fato, em um estudo subsequente realizado por McLellan e Jacobs<sup>(19)</sup>, a intensidade de exercício correspondente ao IAT mostrou ser a maior potência que pode ser mantida pelos atletas por um período de exercício entre 15 a 20 minutos, sem um aumento no acúmulo de lactato sanguíneo, e é por isso também chamado por alguns grupos de pesquisa como sendo o máximo estado estável de lactato, ou como muitas vezes é expresso na língua inglesa pela sigla MLSS (*Maximal Lactate Steady State*)<sup>(12)</sup>.

Segundo Beneke<sup>(16)</sup>, o limiar de AT4 e o IAT são os métodos mais comumente usados para a detecção de limiar de lactato em remadores e parecem ser bastante representativos do MLSS em corrida e ciclismo. Visando verificar se estes dois métodos também teriam uma boa correlação com o MLSS no remo, os pesquisadores usaram de uma remoergometria máxima para comparar a potência de limiar entre os métodos AT4 e IAT. O estudo concluiu não haver diferenças significativas entre os dois métodos; todavia, as cargas de trabalho identificadas pelos mesmos foram sempre maiores que a carga de MLSS.

Contrariamente, Urhaussen *et al.*<sup>(10)</sup>, avaliando ciclistas, triatletas e remadores, verificaram que o IAT proposto por Stegmann *et al.*<sup>(18)</sup> é altamente correlacionado com o MLSS, mas, uma vez que a intensidade de IAT seja excedida em apenas 5%, metade dos atletas estudados apresentou um aumento progressivo no acúmulo de lactato sanguíneo.

Como se pode ver, no que tange à determinação do limiar de lactato, a literatura é bastante divergente quanto aos métodos e nomenclaturas utilizados, ora utilizando-se de métodos semelhantes com denominações diferentes, ora utilizando a mesma nomenclatura para métodos diferentes. As diferenças identificadas entre os métodos parecem residir principalmente nos protocolos de testes utilizados, nos modelos matemáticos empregados para identificação do limiar de lactato e no tipo de exercício avaliado<sup>(20,21)</sup>.

Apresentamos aqui apenas alguns dos muitos métodos de determinação de limiar de lactato, traçando principalmente uma diferença entre a utilização de uma concentração fixa de lactato e o uso de um limiar de lactato variável que respeite as diferenças entre os indivíduos.

Uma limitação da abordagem utilizada que deve ser referida foi o emprego de uma amostra inicial composta por 14 indivíduos, a qual foi dividida em três grupos, dos quais dois grupos eram compostos por 4 e um grupo composto por 6 indivíduos. Esta estratificação da amostra pode limitar os resultados, principalmente no que diz respeito a extrapolações.

Contudo, ao se comparar os métodos de determinação de limiar de lactato D<sub>máx</sub> e AT4, foram encontradas diferenças significativas no grupo estudado, com o método D<sub>máx</sub> apresentando menores valores de lactato, frequência cardíaca e produção de potências de limiar em remadores do que o método AT4.

Tais diferenças devem ser levadas em conta ao utilizarmos algum dos métodos aqui abordados para a prescrição e acompanhamento do treinamento de remadores. São necessários novos estudos para avaliar se estas diferenças que apontam para uma super-estimação da determinação do limiar de AT4, quando comparado ao D<sub>máx</sub>, apresentam repercussões significativas no desempenho e controle de treinamento destes atletas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CENESP-UFRGS e CNPq pelo financiamento dos recursos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28:299-323.
2. Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol* 1995;64:171-81.
3. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sports Sci Rev* 1995;23:25-63.
4. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:22-34.
5. Hollmann W. 42 years ago-development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med* 2001;31:315-20.
6. Wassermann K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35:236-43.
7. Siegmund GP, Edwards MR, Moore KS, Tiessen DA, Sanderson DJ, McKenzie DC. Ventilation and locomotion coupling in varsity male rowers. *J Appl Physiol* 1999;87:233-42.
8. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of 4 mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
9. Urhaussen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med* 1993;14:134-9.
10. Urhaussen A, Weiler B, Kindermann W. Heart rate, blood lactate, and catecholamines during ergometer and on water rowing. *Int J Sports Med* 1993;14:20-23.
11. Greco CC, Denadai BS, Pellegrinotti IL, Freitas, AB, Gomide E. Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers aged 10 to 15 years: relationship with the performance and blood lactate response during endurance tests. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:2-8.
12. Weltman A. The blood lactate response to exercise. Champaign: Human Kinetics, 1995.
13. Bourgois J, Vrijens J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1998;77:164-9.
14. Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A, Hesselink M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int J Sports Med* 1992;13:518-22.
15. Nicholson RM, Sleivert GG. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:339-42.
16. Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:863-7.
17. Thoden JS. Testing aerobic power. In: Wenger HA, MacDougall JD, Green HJ, editors. *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign: Human Kinetics, 1991;107-74.
18. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-5.
19. McLellan TM, Jacobs I. Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;2:125-31.
20. Baldari C, Guidetti L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1798-802.
21. Grant S, Mcmillan K, Newell J, Wood L, Keatley S, Simpson D, Leslie K, Fairlie-Clark S. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.L<sup>-1</sup> marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002;87:159-66.