

**Artigo original**

Giovani dos Santos Cunha ¹
Rafael Reimann Baptista ^{1,2}
Jerri Luiz Ribeiro ^{1,3}
Alvaro Reischak de Oliveira ¹

MÉTODO ALTERNATIVO DE DETERMINAÇÃO DE LIMIAR ANAERÓBIO EM REMADORES

ALTERNATIVE METHOD FOR DETERMINING ANAEROBIC THRESHOLD IN ROWERS

RESUMO

No remo, o padrão treinado de respiração dos atletas dificulta e até impossibilita a detecção dos limiares ventilatórios, devido ao acoplamento da respiração com o gesto técnico. Neste sentido, alguns autores têm proposto a determinação do limiar anaeróbio através da razão de trocas respiratórias (R), mas ainda não existe consenso sobre qual o valor da R que pode ser utilizado. O objetivo deste estudo foi verificar qual o valor da R que corresponde ao limiar anaeróbio e se este valor pode ser utilizado como um parâmetro independente de determinação de limiar anaeróbio em remadores. A amostra foi composta de 23 remadores, todos do sexo masculino. O VO_{2max} e as variáveis fisiológicas correspondentes ao limiar anaeróbio foram verificados através de um teste progressivo máximo em remoergômetro, simultaneamente a uma ergoespirometria. O limiar anaeróbio foi verificado através do método D_{max} (*maximal distance*). As variáveis fisiológicas foram separadas em valores máximos e valores referentes ao limiar anaeróbio. Os remadores possuíam no estágio máximo, VO_2 ($58,2 \pm 4,4$ ml.kg⁻¹.min⁻¹), lactato ($8,2 \pm 2,1$ mmol.L⁻¹), potência ($384 \pm 54,3$ W) e R ($1,26 \pm 0,1$). No estágio de limiar anaeróbio, possuíam VO_2 ($46,9 \pm 7,5$ ml.kg⁻¹.min⁻¹), lactato ($4,6 \pm 1,3$ mmol.L⁻¹), potência ($300 \pm 37,8$ W) e R ($0,99 \pm 0,1$). Conclusão - a R pode ser utilizada como um método independente de determinação de limiar anaeróbio para remadores, assumindo o valor de 0,99, no entanto, a R deve apresentar um aumento não linear após ultrapassar este valor.

Palavras-chave: Calorimetria Indireta; Limiar Anaeróbio; Lactato.

ABSTRACT

In rowing, the standard breathing that athletes are trained to use makes it difficult, or even impossible, to detect ventilatory limits, due to the coupling of the breath with the technical movement. For this reason, some authors have proposed determining the anaerobic threshold from the respiratory exchange ratio (RER), but there is not yet consensus on what value of RER should be used. The objective of this study was to test what value of RER corresponds to the anaerobic threshold and whether this value can be used as an independent parameter for determining the anaerobic threshold of rowers. The sample comprised 23 male rowers. They were submitted to a maximal cardiorespiratory test on a rowing ergometer with concurrent ergospirometry in order to determine VO_{2max} and the physiological variables corresponding to their anaerobic threshold. The anaerobic threshold was determined using the D_{max} (*maximal distance*) method. The physiological variables were classified into maximum values and anaerobic threshold values. The maximal state of these rowers reached VO_2 (58.2 ± 4.4 ml.kg⁻¹.min⁻¹), lactate (8.2 ± 2.1 mmol.L⁻¹), power (384 ± 54.3 W) and RER (1.26 ± 0.1). At the anaerobic threshold they reached VO_2 (46.9 ± 7.5 ml.kg⁻¹.min⁻¹), lactate (4.6 ± 1.3 mmol.L⁻¹), power (300 ± 37.8 W) and RER (0.99 ± 0.1). Conclusions - the RER can be used as an independent method for determining the anaerobic threshold of rowers, adopting a value of 0.99, however, RER should exhibit a non-linear increase above this figure.

Key words: Indirect calorimetry; Anaerobic threshold; Lactate.

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Educação Física – LAPEX. Porto Alegre, RS. Brasil
2. Centro Universitário Metodista (IPA). Escola de Educação Física. Porto Alegre, RS. Brasil
3. Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Curso de Educação Física - Gravataí, RS. Brasil

INTRODUÇÃO

O limiar anaeróbio é um dos métodos mais utilizados, tanto como indicador de desempenho físico quanto na prescrição do treinamento¹. Existem diversas evidências de que o limiar anaeróbio correlaciona-se melhor com o desempenho de esportes de característica contínua e prolongada do que o $VO_{2\text{máx}}$ ^{1, 2}. O limiar anaeróbio é considerado o ponto no qual ocorre um desequilíbrio entre a produção e a remoção do lactato^{3,4}. Existem muitos métodos, tanto invasivos como não-invasivos para a determinação do limiar anaeróbio, porém não existe um consenso internacional sobre qual o melhor método de determinação deste limiar⁵.

Os métodos invasivos requerem várias coletas de sangue e tanto o ponto no qual ocorre um aumento abrupto das concentrações de lactato como o aumento não linear deste mesmo metabólico têm sido utilizados para a determinação do limiar anaeróbio⁶, necessitando inspeção visual das curvas plotadas. Outros definem um valor específico de lactato sanguíneo, como 2,0; 3,0^{6,7} ou 4 mmol/l^{8,9}. Uma crítica que geralmente é feita aos métodos de concentrações fixas é que os mesmos não levam em conta o princípio da individualidade do atleta, superestimando a intensidade de limiar de lactato. Além disso, trata-se de um método invasivo e com custo elevado. Esta crítica encontra suporte no estudo de Baptista et al.¹⁰, no qual foi verificado que o método fixo de 4 mmol.L⁻¹ superestima as variáveis fisiológicas de remadores, como a frequência cardíaca (FC), lactato e potência quando comparado com o método Dmáx (sigla do termo em inglês *maximal distance*), que respeita a individualidade biológica.

O método Dmáx utiliza uma determinação individual dos limiares de lactato (concentrações variáveis de lactato), proposto, inicialmente, por Cheng et al.¹¹ e aperfeiçoado, posteriormente por Nicholson e Sleivert¹², sendo considerado um método atual e de fácil aplicação.

Estudos anteriores em nosso laboratório demonstraram que este método é adequado para a avaliação de remadores¹⁰, embora possua também um elevado custo de aplicação.

Uma opção para a resolução deste problema foi apresentada por Wasserman et al.¹³, os quais desenvolveram um método de determinação de limiar anaeróbio a partir de variáveis ventilatórias, uma técnica não-invasiva e de baixo custo financeiro. Este estudo demonstrou que as concentrações de lactato apresentam uma forte correlação com a ventilação, em função do tamponamento dos íons hidrogênio pelo íon bicarbonato e subsequente eliminação na forma de dióxido de carbono pela respiração. Este excesso de dióxido de carbono e uma diminuição do pH estimulam a ventilação, que aumenta de uma forma não-linear. Este mecanismo pode ser avaliado através da inspeção visual gráfica das variáveis como a ventilação (VE), equivalentes ventilatórios (VE/VO_2 e VE/VCO_2), produção de dióxido de carbono (VCO_2) e pela razão de trocas respiratórias VCO_2/VO_2 (R) em função do

consumo de oxigênio ao longo do teste^{5,13-19}.

Entretanto, no remo, o padrão treinado de respiração apresentado pelos atletas dificulta e até impossibilita a detecção dos limiares ventilatórios, devido ao acoplamento da respiração com o gesto técnico²⁰, sendo necessário um método alternativo de avaliação.

Neste sentido, alguns autores têm proposto a determinação do limiar anaeróbio através da R^{15, 21-23}, no entanto, ainda não existe um consenso sobre qual o valor que a R pode assumir, seja ele fixo ou variável e nem se esta técnica pode ser utilizada na determinação do limiar anaeróbio em remadores.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar qual o valor da R que corresponde ao limiar anaeróbio e se este valor pode ser utilizado como um parâmetro independente de determinação de limiar anaeróbio em remadores.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A amostra foi caracterizada como do tipo intencional, sendo composta de 23 remadores, todos do sexo masculino. Todos os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Informado, sendo o estudo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (sob nº 2003101) e de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Para a realização da coleta e análise do $VO_{2\text{máx}}$ e das variáveis fisiológicas de limiar anaeróbio, foi realizado um teste cardiorrespiratório de esforço máximo em remoergômetro (Concept II Morrisville-USA), com carga inicial de 150 watts de potência e incrementos de 50 watts a cada 3 minutos³. Entre cada estágio, uma pausa de 60 segundos foi realizada para a coleta 25 µl de sangue do lóbulo da orelha dos remadores para a análise de lactato sanguíneo (Lactímetro Accutrend®). O lactímetro foi calibrado com duas soluções padrões conhecidas, uma com alta e outra com baixa concentração de lactato (*BM-Control-Lactate*, Roche). O limiar anaeróbio foi determinado pelo método Dmáx (previamente descrito no estudo de Baptista et al.¹⁰). Este protocolo foi escolhido por ser normalmente utilizado no acompanhamento do treinamento de remadores e devido à familiaridade dos mesmos com este protocolo⁹. Todos os remadores foram incentivados verbalmente para alcançarem o máximo de desempenho. Os critérios utilizados para verificar se o teste realmente foi máximo foram a exaustão voluntária, $R \geq 1.15$; $FC_{\text{máx}}$ do teste $\geq 95\%$ da FC predita pela idade ($220 - \text{idade}$) e/ou presença de platô no VO_2 com o incremento da carga.

Simultaneamente ao teste de esforço máximo, foi realizada uma ergoespirometria, na qual foi utilizado um ergoespirômetro (MedGraphics Cardiorespiratory Diagnostic Systems, modelo CPX-D). O ergoespirômetro foi calibrado antes de cada teste e incluía informações ambientais como a temperatura (18°-20°C), umidade relativa do ar e pressão atmosférica. A calibração do volume no pneumotacógrafo, inicialmente, foi realizada eletronicamente pelo sistema para a calibração do

volume zero no pneumotacógrafo. Logo após, foi realizada a calibração do volume com cinco injeções e ejeções de ar em diferentes velocidades através do pneumotacógrafo com uma seringa de três litros. A calibração do analisador de gases consistia no ajuste das concentrações de O₂ e CO₂ de acordo com as concentrações dos cilindros de referência (21% de O₂ e nitrogênio para balanço) e de calibração (12% O₂ e 5,09% CO₂ e nitrogênio para balanço). Por último, foi feita a medida da fase de atraso, ou seja, a diferença de tempo entre a detecção do fluxo pelo pneumotacógrafo, praticamente instantânea, e as medidas das concentrações de gases pelo analisador.

Para determinação das variáveis fisiológicas máximas, foram produzidos gráficos da ventilação (VE), VO₂ (absoluto e relativo) e da R em função do tempo ao longo do teste. Um dos critérios adotados para a determinação de VO_{2max} foi a presença de platô, este foi identificado no ponto de menor intensidade de exercício no qual iniciava o platô de VO₂. Sendo o platô definido como um aumento no VO₂ menor do que 1,5 ml.kg⁻¹.min⁻¹ em resposta ao aumento da intensidade do exercício. Quando não havia a presença de platô, o VO_{2max} foi considerado o maior valor registrado no último estágio de teste¹⁸.

Para determinação dos valores de limiar anaeróbio, foi realizada a média do último minuto do estágio referente ao limiar anaeróbio determinado pelo método D_{max}. Após a determinação do valor da R correspondente ao limiar anaeróbio, este valor foi utilizado como um método de determinação de limiar anaeróbio independente.

A potência foi medida pelo próprio remoergômetro Concept II, através da força aplicada à manopla em relação à velocidade de deslocamento da mesma e a resistência oferecida pelo remoergômetro.

Foi utilizado um freqüencímetro (Polar, modelo S610) para avaliação da FC durante o teste. Uma balança eletrônica (Urano OS -180) com resolução de 100 gramas e um estadiômetro (Stainless Steel) com resolução de 1mm para pesar e medir cada atleta respectivamente. Para medir as dobras cutâneas, foi utilizado um adipômetro (Lange®) com resolução de 1mm e pressão constante de 10 g/mm². O cálculo do percentual de gordura foi realizado com referência na equação proposta por Faulkner e validada para homens residentes nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina²⁴.

Análise estatística: Todos os valores são apresentados como média e desvio padrão. Utilizamos o teste *t* pareado a fim de verificar as diferenças de VO₂ entre os métodos e o teste de *Pearson* para verificar a correlação entre os dois métodos de determinação de limiar anaeróbio (D_{max} x R). A significância foi considerada *p* < 0,05. Todo tratamento estatístico foi realizado no programa SPSS para Windows 10.0.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a idade e as características antropométricas dos remadores.

Tabela 1. Idade e características antropométricas dos remadores.

Variáveis	Valores
Idade (anos)	24,2 ± 5,9
Altura (cm)	184,7 ± 7,0
Massa (kg)	82,2 ± 7,7
% gordura	13,9 ± 1,8

Valores apresentados por média e desvio padrão.

Após o teste máximo em remoergômetro, as variáveis fisiológicas dos remadores foram separadas em valores máximos e valores referentes ao limiar anaeróbio. Os remadores possuíam no estágio máximo, VO₂ (58,2±4,4 ml.kg⁻¹.min⁻¹), R (1,26±0,1), lactato (8,2±2,1 mmol.L⁻¹) e potência (384±54,3W). No estágio de limiar anaeróbio, possuíam VO₂ (46,9±7,5 ml.kg⁻¹.min⁻¹), R (0,99±0,1), lactato (4,6±1,3 mmol.L⁻¹) e potência (300±37,8 W). Quando o limiar anaeróbio é expresso através do % VO_{2max} e da FC_{max}, este está a 80,5% e 88,7% respectivamente. As demais variáveis fisiológicas são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Variáveis fisiológicas dos remadores no estágio máximo e no estágio de limiar anaeróbio.

	Parâmetros Máximos	Parâmetros de Limiar Anaeróbio
FC (bpm)	187 ± 10,1	166 ± 9,5
VO ₂ (ml.min ⁻¹)	4779 ± 547,3	3864 ± 699,5
VCO ₂ (ml.min ⁻¹)	5018 ± 479,1	3820 ± 575,2
VE (l.min ⁻¹)	161,8 ± 18,2	107,8 ± 22,4

Valores apresentados por média e desvio padrão.

Após a determinação do valor da R de limiar anaeróbio, que correspondia a 0,99, verificamos que o seu valor de VO₂ correspondente foi de 47,5±4,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹, enquanto que para o método D_{max} o valor de VO₂ correspondente foi de 46,9±7,5 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Na comparação dos valores de VO₂ entre os dois métodos de determinação de limiar anaeróbio, não foi verificada diferença estatisticamente significativa. Foi verificada uma correlação significativa entre os métodos D_{max} e R (*r* = 0,62 *p* < 0,05).

DISCUSSÃO

As características cineantropométricas, bem como as respostas fisiológicas de VO_{2max}, VE_{max}, FC_{max}, Lactato_{max} e Potência_{max} dos remadores avaliados em nosso estudo foram semelhantes às medidas em estudos encontrados na literatura com remadores de elite²⁵⁻²⁷.

O remo é um esporte que possui um gesto esportivo bastante peculiar, de modo que suas respostas fisiológicas acompanham estas características, diferenciando-se de outras modalidades esportivas. Devido a estas características, em especial o posicionamento do remador sentado no barco, bem como as particularidades do gesto esportivo destes

atletas, alguns estudos foram realizados para comparar as respostas ventilatórias entre o remo e outros esportes.

As contrações musculares periódicas envolvidas no gesto técnico do remo aumentam a pressão pleural, a qual reduz o retorno venoso, o volume diastólico final e o volume de ejeção do coração^{20,28}. Além disso, a pressão intra-abdominal aumentada durante algumas fases do movimento da remada dificulta a ventilação. Estas alterações fisiológicas são encaradas como limitantes da VE e do VO_2 durante o exercício máximo do remo^{28,29}.

Tais alterações parecem estar relacionadas com um fenômeno característico do remo, o acoplamento da respiração com o gesto técnico da remada²⁰. Apesar das variações inter-individuais, Siegmund et al.²⁰ encontraram indicações de um padrão respiratório de 2:1, ou seja, uma inspiração ocorrendo no início da remada e outra no final da mesma, sendo este o padrão preferencial de respiração dos remadores. Em razão deste acoplamento da respiração com o gesto técnico, torna-se praticamente impossível a detecção dos limiares ventilatórios nesta população^{20,30}.

Além disso, partindo do princípio de que a mensuração do lactato é uma técnica invasiva e de alto custo financeiro, alguns autores sugerem a utilização da R como um método alternativo não-invasivo, reproduzível, de fácil aplicação e com menor custo de manutenção da técnica para a detecção do limiar anaeróbio^{5,7,13,15,17,21-23}. A proposta destes autores é que o limiar anaeróbio seja identificado pela R a partir do ponto de aumento desproporcional ou excedente de um valor pré-determinado. Valores fixos de 0,95 e 1 têm sido sugeridos^{5,17,19,21-23}, no entanto, ainda não existe um consenso sobre o valor da R a ser aplicado. Em nosso estudo, encontramos um valor de R de 0,99 correspondente ao limiar anaeróbio determinado por $D_{máx}$, indo ao encontro de outros estudos^{5,15,21,22}.

Resultados semelhantes foram encontrados por outros estudos^{5,15}, que verificaram um valor de R=1. No estudo de Solberg et al.⁵, os autores comparam vários métodos de detecção de limiar anaeróbio, lactato, R, V-slope e EqO2 (equivalente ventilatório de oxigênio) em protocolos máximos na esteira e na bicicleta. Os autores concluíram que não existia diferença significativa entre a determinação de limiar anaeróbio por R quando comparado ao lactato, tanto na esteira como na bicicleta, sendo a R considerada como um método de simples aplicação e que fornece uma ótima estimativa de limiar anaeróbio. Laplaud et al.²³ utilizaram R=1 como um método independente concomitantemente com os limiares ventilatórios para a determinação da máxima fase estável do lactato. Os autores verificaram que R=1 não apresentava diferença significativa com a máxima fase estável do lactato, apresentando uma correlação significativa entre estes dois métodos ($r=0,95$ $p<0,0001$).

No momento, ainda são poucos os estudos que tratam a R com um método independente para a detecção do limiar anaeróbio. Yeh et al.⁷, estabeleceram um valor fixo de R=1 como um bom

indicador de limiar anaeróbio em sujeitos saudáveis. Dickstein et al.²¹ também estabeleceram um valor de R=1 e que este correspondia ao limiar de lactato em pacientes com doença cardíaca. Solberg et al.⁵ pré-determinaram um valor fixo de R=1 em indivíduos treinados em *endurance*.

No presente estudo, não pré-determinamos um valor fixo para a R, mas encontramos um valor médio muito semelhante aos estudos anteriores ($R=0,99 \pm 0,1$), embora tenhamos encontrado uma amplitude de 0,90 a 1,13, indicando que o princípio da individualidade deve ser considerado. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparamos os valores de VO_2 entre os dois métodos de determinação de limiar anaeróbio. Verificamos uma correlação significativa entre os métodos $D_{máx}$ e R ($r=0,62$ $p<0,05$). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos, nos quais não existiam diferenças significativas entre a determinação de limiar anaeróbio por R e por outros métodos ventilatórios e lactacidêmicos^{5,14-17,23}. Estes resultados em conjunto demonstram que a determinação de limiar anaeróbio pela R pode ser utilizada como um parâmetro independente para a detecção do limiar anaeróbio. No entanto, deve ser considerada uma limitação do estudo, o fato do protocolo do teste ter priorizado a coleta de lactato, na qual provavelmente um protocolo de teste contínuo poderia fornecer informações relevantes para o estudo.

Por todo o exposto, o estudo apresenta uma solução para a determinação de limiar anaeróbio em remadores, em virtude das dificuldades de determinação, principalmente pelo acoplamento da respiração com o gesto técnico o que dificulta a determinação dos limiares ventilatórios e pelo método invasivo de lactato sanguíneo. A utilização da R como um marcador independente de limiar anaeróbio é considerado válido e sua metodologia é de fácil aplicação.

CONCLUSÃO

Concluimos que o valor da R correspondente ao limiar anaeróbio é de 0,99 em remadores. Dessa forma, a R pode ser utilizada como um método independente de limiar anaeróbio para remadores. No entanto, o comportamento da R deve apresentar um aumento não linear após ultrapassar este valor. Além do mais, ainda são reduzidos os estudos com este enfoque, limitando principalmente a discussão dos resultados. Desta forma, novos estudos devem ser realizados no sentido de responder aos questionamentos remanescentes, tais como a aplicabilidade do valor fixo de R=0,99 em outras modalidades esportivas, a especificidade do valor da R para cada modalidade e sua aplicação em outros grupos como crianças, mulheres e não atletas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28(2):299-323.
2. Bosquet L, Leger L, Legros P. Methods to determine

- aerobic endurance. *Sports Med* 2002;32(11):675-700.
3. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(1):22-34.
 4. Hollmann W. 42 years ago--development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med* 2001;31(5):315-20.
 5. Solberg G, Robstad B, Skjonsberg O, Borchsenius F. Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. *Journal of Sports Science and Medicine* 2005;4:29-36.
 6. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *J Appl Physiol* 1985;59(6):1936-40.
 7. Yeh MP, Gardner RM, Adams TD, Yanowitz FG, Crapo RO. "Anaerobic threshold": problems of determination and validation. *J Appl Physiol* 1983;55(4):1178-86.
 8. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3):117-30.
 9. Urhausen A, Weiler B, Kindermann W. Heart rate, blood lactate, and catecholamines during ergometer and on water rowing. *Int J Sports Med* 1993;14 Suppl 1:S20-3.
 10. Baptista R, Oliveira L, Figueiredo G, Contieri J, Loss J, Oliveira A. Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11(4):247-250.
 11. 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(7):518-22.
 12. Nicholson RM, Sleivert GG. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(2):339-42.
 13. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting The Threshold Of Anaerobic Metabolism In Cardiac Patients During Exercise. *Am J Cardiol* 1964;14:844-52.
 14. Amann M, Subudhi A, Foster C. Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(4):613-22.
 15. Amann M, Subudhi AW, Walker J, Eisenman P, Shultz B, Foster C. An evaluation of the predictive validity and reliability of ventilatory threshold. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(10):1716-22.
 16. Amann M, Subudhi AW, Foster C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. *Scand J Med Sci Sports* 2006;16(1):27-34.
 17. Santos EL, Giannella-Neto A. Comparison of computerized methods for detecting the ventilatory thresholds. *Eur J Appl Physiol* 2004;93(3):315-24.
 18. Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(3-4):281-8.
 19. Wasserman K, Whipp BJ, Koysl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35(2):236-43.
 20. 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(1):233-42.
 21. Dickstein K, Barvik S, Aarsland T, Snapinn S, Millerhagen J. Validation of a computerized technique for detection of the gas exchange anaerobic threshold in cardiac disease. *Am J Cardiol* 1991;66(19):1363-7.
 22. Myers J, Ashley E. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. *Chest* 1997;111(3):787-95.
 23. Laplaud D, Guinot M, Favre-Juvin A, Flore P. Maximal lactate steady state determination with a single incremental test exercise. *Eur J Appl Physiol* 2006;96(4):446-52.
 24. Petroski E. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para estimativa da densidade corporal em adultos. Tese de Doutorado em Ciências do Movimento Humano - UFSM. 1995.
 25. Bourdin M, Messonnier L, Hager JP, Lacour JR. Peak power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers. *Int J Sports Med* 2004;25(5):368-73.
 26. Fiskerstrand A, Seiler KS. Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14(5):303-10.
 27. Secher N. Physiology of rowing. *J Sports Sci*. 1983(1):23-53.
 28. Rosiello RA, Mahler DA, Ward JL. Cardiovascular responses to rowing. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19(3):239-45.
 29. Cunningham DA, Goode PB, Critz JB. Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. *Med Sci Sports* 1975;7(1):37-43.
 30. Daffertshofer A, Huys R, Beek PJ. Dynamical coupling between locomotion and respiration. *Biol Cybern* 2004;90(3):157-64.

Agradecimentos

Os autores Giovani e Jerri possuíam bolsa de estudos CNPq e CAPES respectivamente, e os equipamentos utilizados foram disponibilizados pelo Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX - CENESP).

Endereço para correspondência

Giovani dos Santos Cunha
Rua Felizardo, nº750, ESEF-LAPEX
CEP: 90690-200 - Porto Alegre, RS - Brasil
E-mail: giovanicunha@yahoo.com.br

Recebido em 11/02/08
Revisado em 18/04/08
Aprovado em 23/05/08