
Revisão

Respostas fisiológicas ao remo competitivo

Physiological responses to competitive rowing

Rafael Reimann Baptista*, Alvaro Reischak de Oliveira**

*Curso de Educação Física da ULBRA Gravataí RS e Faculdade de Educação Física e Ciências do Desporto PUC-RS, **Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

No início de uma regata, o barco é acelerado e a força nos remos alcança entre 1000 e 1500 N. Durante a regata, a velocidade é mantida em um nível inferior com um pico de força de 500-700 N por meio de 210-230 remadas em torno de 6,5 min. Remadores utilizam um padrão fisiológico ímpar de ritmo de competição; eles iniciam o esforço com uma largada vigorosa a qual exige uma demanda excessiva do metabolismo anaeróbico, seguida de um severo estado estável aeróbico e um exaustivo *sprint* final. Os remadores estão adaptados a este esforço devido a uma grande massa muscular e uma alta capacidade metabólica. Remadores apresentam valores de VO_{2max} na ordem de $6,1 \pm 0,6$ L.min⁻¹. Cálculos aeróbicos e anaeróbicos mostram que 70-75% da energia necessária para remar a distância padrão de 2000 m em homens é derivada da aerobiose enquanto que os 25-30% restantes são anaeróbicos. A respiração é sincronizada com a mecânica da remada, um fenômeno chamado de acoplamento respiratório-locomotor. O limiar de lactato de 4,0 mM superestima a intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato (MLSS), enquanto que o limiar anaeróbico individual indica a MLSS durante um teste de exercício com carga progressiva.

Palavras-chave: remo, fisiologia cardiovascular, fisiologia respiratória, lactato.

Abstract

At the start of a rowing race, the boat is accelerated and the force on the oars reaches between 1000 and 1500 N. During the race, the speed is maintained at a lower level with a peak rowing force of 500-700 N for 210-230 strokes for about 6.5 min. Rowers utilize a unique physiological pattern of race pacing; they begin exertion with a vigorous sprint which places excessive demands on anaerobic metabolism followed by a severely high aerobic steady-state and then an exhaustive sprint at the finish. Rowers are adapted to this effort by a large muscle mass and high metabolic capacity. Oarsmen have VO_{2max} values of 6.1 ± 0.6 L.min⁻¹. Aerobic and anaerobic calculations show that 70-75% of the energy necessary to row the standard 2000 m distance for men is derived from aerobiosis while the remaining 25-30% is anaerobic. The respiration is coupled with the mechanics of the rowing stroke, a phenomenon called locomotor-respiratory coupling. Lactate threshold of 4.0 mM overestimate the workload corresponding to maximal lactate steady state (MLSS), while individual anaerobic threshold presumably indicate the MLSS during an incremental workload test.

Key-words: rowing, cardiovascular physiology, respiratory physiology, lactate.

Recebido em 10 de outubro de 2007; aceito em 10 de março de 2008.

Endereço para correspondência: Rafael Reimann Baptista, ULBRA Gravataí Curso de Educação Física, Av. Itacolomi 3600, 94170-240 Gravataí RS, Tel: (51) 3431 7677, E-mail: baptistarafeal@terra.com.br

Introdução

O remo é um esporte em que o sistema aeróbico possui a maior parte da responsabilidade pela produção energética, entre 70 e 75% da produção total de energia [1]. Todavia, em uma competição oficial de remo, com a distância de 2000 m e a duração entre 5 a 7 min, as rotas metabólicas anaeróbica láctica e aláctica também são bastante requisitadas, na ordem de 25 a 30% da produção total de energia [1,2]. Normalmente os remadores realizam um esforço vigoroso nos primeiros 30 a 45 seg da prova, o que é necessário para iniciar o movimento e atingir uma velocidade de competição no barco, bem como nos 45 a 60 seg finais da competição [2].

Desta forma, os momentos iniciais e finais de uma regata apresentam uma predominância do metabolismo anaeróbico como fonte energética, enquanto durante a maior parte da prova a rota aeróbica é a principal fornecedora de ATP (Adenosina trifosfato) para a contração muscular. Tais características ficam bastante evidenciadas quando se verifica a produção de força nos diferentes momentos da regata. Steinacker [3] apresenta dados que mostram um pico de produção de força na ordem de 1000 a 1500 N nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N no decorrer da mesma.

No remo, bem como em outros esportes, o limiar de lactato é um dos parâmetros mais usados, tanto como indicador de desempenho físico quanto na prescrição do treinamento [4,5], podendo ser definido como o ponto de desequilíbrio entre a produção e remoção do lactato durante o fornecimento de energia para a execução de um exercício físico [6-8].

Além disso, as respostas fisiológicas máximas alcançadas em testes de campo e laboratório são largamente estudadas e empregadas como parâmetros de prescrição e controle do treinamento físico [9-12], existindo descrições na literatura de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas se correlacionam melhor com o limiar de lactato do que com a potência aeróbica máxima [13]. Desta forma o objetivo deste artigo foi revisar os aspectos fisiológicos do remo competitivo principalmente no que tange as respostas cardiovasculares e ventilatórias ao remo, bem como os aspectos metabólicos relacionados com o limiar anaeróbico e suas aplicações neste esporte.

Respostas cardiovasculares ao remo

O remo é um esporte que possui um gesto esportivo extremamente peculiar, de modo que suas respostas fisiológicas acompanham estas características e se diferenciam de outras modalidades esportivas. Além disso, o ergômetro utilizado na avaliação do remo (remoergômetro), em função de seu gesto esportivo, requisita a utilização de membros superiores e inferiores, diferentemente da esteira ergométrica e do cicloergômetro que solicitam quase que exclusivamente a musculatura de membros inferiores.

É bem aceito que durante um exercício progressivo, a FC e o débito cardíaco (DC) de indivíduos não-atletas aumentam linearmente enquanto que o volume sistólico (VS) normalmente alcança um platô a aproximadamente 40% do $VO_{2\text{ máx}}$ [14]. Em remadores, entretanto, Rosiello *et al.* [15] demonstraram que em uma remo ergometria, com incremento de carga progressiva, ocorria um aumento inicial no VS e subsequentemente um declínio no mesmo, contrastando com a expectativa de um platô nesta variável como a encontrada em estudos clássicos em esteira e cicloergômetro, avaliando indivíduos ativos fisicamente, mas não-atletas [14,16,17].

A FC parece aumentar de forma similar em uma remo ergometria e em ciclo ergometria [18,19], embora Rosiello *et al.* [15] tenham verificado uma elevação progressivamente maior na FC em remoergômetro, à medida que a intensidade de exercício aumentava. Por outro lado, Rosiello *et al.* [15] verificaram valores de FC máximas similares entre os dois ergômetros, ao contrário do VS que foi significativamente menor durante o remo nas cargas mais elevadas de exercício.

Ambos, VS e FC, são responsáveis pela produção do DC e provocam, portanto, durante uma remo ergometria uma redução no DC quando comparado ao cicloergômetro, como confirmam os achados de Cunningham *et al.* [19]. As explicações para estas diferenças foram relacionadas com a contratilidade ventricular e o mecanismo de Frank-Starling.

Rosiello *et al.* [15] e Cunningham *et al.* [19] concordam que devido à mecânica do gesto esportivo no remo, as intensas contrações durante a remada interferem no retorno venoso, causando, portanto, as alterações citadas acima. A postura corporal, bem como a massa muscular envolvida em um exercício, influencia o retorno venoso e consequentemente o volume sanguíneo central, o que modifica as respostas da FC ao esforço [20].

Comparando as respostas da FC no remo com as respostas obtidas na corrida, Yoshiga e Higushi [21] verificaram que em jovens, tanto em intensidades submáximas quanto máximas, a FC no remo era menor do que na corrida. Entretanto, no mesmo estudo, o VO_2 e o $VO_{2\text{ máx}}$ foi maior no remo do que na corrida em todas as intensidades, bem como o lactato ao final do exercício.

No estudo de Yoshiga e Higushi [21], a FC foi menor no remo do que na corrida em todas as intensidades estudadas. Mesmo na intensidade máxima a FC foi menor no remo 194 bpm do que a encontrada na corrida 198 bpm.

As diferenças nas respostas da FC para estes dois tipos de exercícios são justificadas pelos autores em função da maior massa muscular envolvida no remo, o que proporciona uma maior bomba muscular aumentando o retorno venoso e atenuando a FC devido a um mecanismo de Frank-Starling aumentado, no caso da corrida, em função da posição ereta, o deslocamento de sangue para os membros inferiores em função da gravidade, requisita uma atividade simpática para controle da pressão arterial, o que aumenta as respostas de FC quando comparado ao remo [21].

Respostas ventilatórias no remo

Faria e Faria [22] verificaram que a FC, VO_2 e a VE (ventilação) de remadoras em um teste de exercício não era significativamente diferente em um remoergômetro adaptado usando apenas membros superiores, apenas membros inferiores ou a combinação de ambos, a uma mesma intensidade relativa de 20% de três repetições máximas.

Entretanto, esses autores realizaram também uma comparação em um modo recíproco, ou seja, com a remoergometria adaptada de membros superiores sendo realizada com a carga relativa dos membros inferiores e vice-versa. Nessa situação, embora o VO_2 não tenha se mostrado significativamente diferente, a FC foi maior devido aos membros superiores estarem trabalhando próximos de sua capacidade máxima. Conseqüentemente, uma parte do débito cardíaco é direcionada para os membros superiores aumentando a resistência vascular periférica, causando um conflito no sistema circulatório bem como tônus simpático aumentado, o que segundo os autores explica estas diferenças na FC [22].

A análise das relações entre o VO_2 e a produção de dióxido de carbono (VCO_2) possibilita o estudo dos metabolismos energéticos predominantemente envolvidos em um determinado esporte. Diversos autores têm publicado diferentes posicionamentos quanto aos percentuais de contribuição das rotas aeróbicas e anaeróbicas de produção de energia durante a prática do remo, como pode ser observado na Tabela I.

Tabela I - Compilação de estudos sobre rotas metabólicas no remo. *Mäestu, 2004.*

Autor	No de atletas	Aeróbica (%)	Anaeróbica (%)
Russel <i>et al.</i> (1998)	19	84	16
Hagerman <i>et al.</i> (1978)	310	70	30
Hartmann (1987)	17	82	18
Mickelson e Hagerman (1982)	25	72	28
Roth <i>et al.</i> (1983)	10	67	33
Secher <i>et al.</i> (1982)	7	70-86	30-14
Messonier <i>et al.</i> (1997)	13	86	14

Remadores adultos de elite possuem valores de $VO_{2\text{máx}}$ absoluto na ordem de 6,1 L.min⁻¹, enquanto que remadoras adultas de elite apresentam valores um pouco menores na ordem de 4,1 L.min⁻¹ [1]. O $VO_{2\text{máx}}$ absoluto tem se mostrado mais importante do que o relativo à massa corporal na avaliação da potência aeróbica de remadores, devido ao suporte da massa corporal pelo acento do barco e pela grande massa corporal apresentada pelos remadores comparada a outros atletas de resistência [2].

As contrações musculares periódicas envolvidas no movimento do remo elevam a pressão pleural, a qual reduz o retorno venoso, o volume diastólico final e o volume de ejeção do coração [15,23]. Além disso, a pressão intra-abdominal

aumentada durante algumas fases do movimento da remada dificulta a ventilação. Essas mudanças fisiológicas são encaradas como limitantes da VE e do VO_2 durante um exercício máximo no remo [15,19].

Contrariamente, Yoshiga e Higushi [24] comparando as respostas ventilatórias entre o remo e a corrida, encontraram maiores valores de VE máxima no remo (157 ± 16 L.min⁻¹) do que na corrida (147 ± 13 L.min⁻¹). Da mesma forma, o $VO_{2\text{máx}}$ se mostrou maior no remo (4,5 ± 0,5 L.min⁻¹) do que na corrida (4,3 ± 0,4 L.min⁻¹).

A autora atribui essas diferenças à maior massa muscular envolvida na prática do remo, a qual exige um maior VO_2 para os músculos ativos [24]. Tais diferenças parecem estar relacionadas também com um fenômeno característico no remo, o acoplamento da respiração com o movimento da remada [23].

O acoplamento da respiração com o gesto esportivo tem sido observado durante a prática de diferentes exercícios físicos de movimentos cíclicos por seres humanos como a corrida e o ciclismo por exemplo, mas é no remo que este acoplamento se torna mais evidente [23].

A despeito da variação interindividual, Siegmund *et al.* [23] encontraram indicações de um padrão respiratório de 2:1, ou seja, uma inspiração ocorrendo no início do movimento da remada e outra no final da mesma. Os resultados ventilatórios verificados por Siegmund *et al.* [23] sugerem que este seria um padrão preferencial de respiração pelos remadores e que esse padrão indica que os períodos citados no movimento da remada seriam vantajosos para maiores volumes de inspiração e expiração, o que pode ser usado pelos remadores para tirar vantagem do movimento.

De fato, cinco anos mais tarde, Daffertshofer *et al.* [25] re-analisaram os dados publicados por Siegmund *et al.* [23] e concluíram, através de um estudo qualitativo da análise espectral dos dados ventilatórios, que o gasto energético expresso através do consumo de O_2 era menor durante os episódios de acoplamento do que comparado aos episódios de não acoplamento, sugerindo que esse fenômeno é dependente da demanda aeróbica envolvida no exercício.

Limiar anaeróbico no remo

Ao que tudo indica, o termo limiar anaeróbico foi primeiramente descrito na literatura por Wassermann e Mcilroy [26] ao estudarem as respostas de pacientes cardiopatas ao exercício, no qual o acúmulo de lactato foi diretamente relacionado à hipóxia muscular. O limiar anaeróbico foi, então, definido por alguns autores como sendo a intensidade de exercício acima da qual o consumo de oxigênio não consegue suprir totalmente a demanda metabólica, embora esta definição possa ser questionável [4].

Parece haver uma tendência entre os pesquisadores de uma definição mais contemporânea de limiar anaeróbico,

direcionando essa definição a um termo como limiar de lactato, que estaria associado a uma intensidade de exercício relacionado a um aumento abrupto nas concentrações de lactato, devido a uma maior produção do mesmo pelo músculo em exercício frente à capacidade do organismo de remoção [4,13,27].

Atualmente, o limiar anaeróbico é um dos parâmetros mais usados tanto como indicador de desempenho físico quanto na prescrição do treinamento, existindo evidências de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas correlaciona-se melhor com o limiar anaeróbico do que com o $VO_{2máx}$ [4,5,13].

Apesar de não haver uma concordância na literatura entre as causas relacionadas com o acúmulo de lactato, em que basicamente dois grupos de pesquisadores parecem apresentar teorias antagônicas na explicação desse fenômeno, representados de um lado por uma visão mais conservadora, aceitando a relação do acúmulo de lactato com a anaerobiose [26,28-30] e de outro por uma abordagem mais revolucionária, que nega esta relação direta [6,31,32], o limiar anaeróbico representa uma ferramenta útil de avaliação e prescrição de treinamento [13].

O limiar anaeróbico pode ser avaliado por métodos invasivos (como a lactacidemia) e não-invasivos (como o limiar ventilatório), cada qual apresentando prós e contras e determinando, normalmente em função do método adotado, uma nomenclatura específica.

A determinação dos limiares ventilatórios, onde os trabalhos de Wassermann e Macilroy [26] e Wasserman *et al.* [30] 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 ($H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$).

Essas respostas podem ser avaliadas através da análise gráfica de parâmetros como a própria ventilação, a produção de dióxido de carbono, os equivalentes ventilatórios de 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 [30].

No remo, entretanto, o acoplamento da respiração ao gesto esportivo apresentado pelos atletas [23,25] dificulta, e até impossibilita, a detecção dos limiares ventilatórios. Um método alternativo seria a lactacidemia.

Existe na literatura uma grande diversidade de nomenclaturas no que diz respeito à detecção do limiar de lactato, como podemos observar na Tabela II. Podemos basicamente distinguir os métodos que usam concentrações fixas de lactato e os métodos que usam concentrações variáveis.

A utilização da concentração fixa de lactato de 4 mM (AT4 – *Anaerobic Threshold of 4 mM*) adotada por autores como Heck *et al.* [33] e Urhaussen *et al.* [34,35] é justificada como a máxima concentração estável de lactato em um teste em es-

teira ergométrica, ou como muitas vezes é expresso na Língua Inglesa pela sigla MLSS (*Maximal Lactate Steady State*).

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 1 mM no lactato plasmático [33] 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*) como referem Sjödin e Jacobs [36].

Tabela II - Nomenclaturas usadas por alguns estudos para descrever o limiar anaeróbico. Adaptado de Tokmakidis, 1989.

Autor	Nomenclatura
Wasserman & Mcilroy (1964)	Limiar anaeróbico
Wasserman <i>et al.</i> (1973)	Limiar ventilatório
Farrel <i>et al.</i> (1979)	Início do acúmulo de lactato plasmático
Kindermann <i>et al.</i> (1979)	Limiar aeróbico/anaeróbico
Ivy <i>et al.</i> (1980)	Limiar de lactato
Sjödin e Jacobs (1981)	Início do acúmulo de lactato sanguíneo
Stegmann <i>et al.</i> (1981)	Limiar anaeróbico individual
Conconi <i>et al.</i> (1982)	Limiar de frequência cardíaca
Heck <i>et al.</i> (1985)	Máxima fase estável do lactato
Cheng <i>et al.</i> (1992)	Distância máxima
Tegtbur <i>et al.</i> (1993)	Velocidade de lactato mínimo

Uma crítica que pode ser feita ao método AT4 é a variabilidade dos níveis de lactato encontrado no trabalho original publicado por Heck *et al.* [33], que vão de 3,05 a 5,5 mM, possibilitando que indivíduos submetidos a esta intensidade não estejam trabalhando efetivamente no limiar, mas sim acima ou abaixo dele.

No entanto, apesar dessa variabilidade, o método de AT4 ainda é considerado um dos mais utilizados na determinação do limiar de lactato no remo [37]. Talvez devido às limitações do uso de concentrações fixas de lactato na identificação do limiar anaeróbico, muitas são as propostas de individualização do mesmo.

Partindo deste princípio, autores como Stegmann *et al.* [38], propõem a utilização de um limiar anaeróbico individual ou IAT (*Individual Anaerobic Threshold*). Este método 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 Jacobs [39], 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 min, sem um aumento no acúmulo de lactato.

Beneke [40], assim como Bourgois *et al.* [37] também refere que o limiar de AT4 é método mais comumente usado para a detecção de limiar de lactato em remadores, e

juntamente com o IAT, parece ser bastante representativo do MLSS em corrida e ciclismo. Visando verificar se esses dois métodos também teriam uma boa correlação com o MLSS no remo, os pesquisadores usaram de um teste de exercício máximo em remoergômetro 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 pelo AT4 foram sempre maiores que a carga de MLSS.

Contrariamente, Urhaussen *et al.* [35] avaliando ciclistas, triatletas e remadores verificaram que o IAT proposto por Stegmann *et al.* [38] 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.

No sentido de individualizar o limiar de lactato, um dos modelos relativamente recentes e de fácil aplicação encontrado na literatura é o método proposto inicialmente por Cheng *et al.* [41] e posteriormente utilizado também por Nicholson e Sleivert [42] e Zhou e Weston [43], intitulado D_{máx} (*maximal distance*).

Nessa proposta, os autores fizeram uso dos valores de lactato, VE, frequência respiratória e produção de CO₂, coletados durante um teste incremental em cicloergômetro, os quais foram plotados contra os valores de VO₂, construindo-se uma linha de tendência exponencial. Essa 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 D_{máx}. [41].

No estudo de Cheng *et al.* [41] ao se utilizar o método D_{máx}, a partir das respostas de ventilação, frequência respiratória, VCO₂ e lactato, 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_{máx}, não foram encontradas diferenças significativas na determinação do limiar de lactato.

Alguns anos mais tarde, Nicholson e Sleivert [42] compararam a velocidade de limiar em corrida entre os métodos D_{máx} e AT4. Nesse estudo os autores verificaram que o método AT4 superestimou a intensidade de limiar quando comparado aos outros dois métodos.

Os resultados provenientes da pesquisa de Nicholson e Sleivert [42] vão ao encontro de um estudo realizado pelo nosso laboratório [44], no qual o método AT4 superestimou a intensidade de limiar quando comparado ao método D_{máx} em remadores. Em nosso estudo, os valores de lactato, potência e frequência cardíaca foram significativamente menores ($P < 0,05$) quando identificados no limiar de lactato pelo método D_{máx} do que pelo método AT4.

Conclusão

A fisiologia do remo enfatiza a especificidade das respostas ao treinamento. O trabalho muscular realizado resulta em respostas cardíacas, ventilatórias e metabólicas bastante diferenciadas. As evidências disponíveis sobre a fisiologia deste esporte reforçam que os remadores necessitam de uma grande potência muscular e potência aeróbica. A técnica de determinação do limiar de lactato D_{máx} parece ser a mais adequada para estes atletas.

Referências

1. Hagerman FC. Applied physiology of rowing. *Sports Med* 1984;1(4):303-26.
2. Hagerman FC. Physiology of competitive rowing. In: Garret JR, Kirkendall WE, ed. *Exercise and sport science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 843-73.
3. Steinacker JM. Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med* 1993;14(1):S3-10.
4. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28:299.
5. Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol* 1995;64(2):171-81.
6. Brooks GA. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(1):22-34.
7. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev* 1995;23:25-63.
8. Hollmann W. 42 years ago - Development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med* 2001;31:315-20.
9. Chuang ML, Lin IF, Vintch JRE. Comparison of estimated and measured maximal oxygen uptake during exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intern Med J* 2004;34(8):469-74.
10. Lepretre PM, Koralsztein JP, Billat VL. Effect of exercise intensity on relationship between VO_{2max} and cardiac output. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1357-63.
11. Meyer T, Gabriel HHW, Kindermann W. Is determination of exercise intensities as percentages of VO_{2max} or HR(max) adequate? *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1342-45.
12. Miller WC, Wallace JP, Eggert KE. Predicting max HR and the HR-VO₂ relationship for exercise prescription in obesity. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:1077-81.
13. Bosquet L, Léger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med* 2002;32(11):675-700.
14. Astrand P-O, Cuddy TE, Saltin B, Stenberg J. Cardiac output during submaximal and maximal work. *J Appl Physiol* 1964;19:268-274.
15. Rosiello RA, Mahler DA, Ward JL. Cardiovascular responses to rowing. *Med Sci Sports Exerc* 1987;19(3):239-45.
16. Bevegard S, Holmgren A, Jonsson B. The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. *Acta Physiol Scand* 1960;49:279-98.

17. Damato AN, Galante JG, Smith WM. Hemodynamic response to treadmill exercise in normal subjects. *J Appl Physiol* 1966;21(3):959-66.
18. Bouckaert J, Pannier JL, Vrijens J. Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer exercise in oarsmen. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983;51(1):51-9.
19. Cunningham DA, Goode PB, Critz JB. Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. *Med Sci Sports Exerc* 1975;7(1):37-43.
20. Van Lieshout JJ, Pott F, Madsen PL, Van Goudoever J, Secher NH. Muscle tensing during standing: Effects on cerebral tissue oxygenation and cerebral artery blood velocity. *Stroke* 2001;32(7):1546-51.
21. Yoshiga CC, Higuchi M. Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. *Eur J Appl Physiol* 2002;87(2):97-100.
22. Faria EW, Faria IE. Cardiorespiratory responses to exercises of equal relative intensity distributed between the upper and lower body. *J Sports Sci* 1998;16(4):309-15.
23. 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.
24. Yoshiga CC, Higuchi M, Oka J. Lower heart rate response to ergometry rowing than to treadmill running in older men. *Clin Physiol Funct Imaging* 2003;23(1):58-61.
25. Daffertshofer A, Huys R, Beek PJ. Dynamical coupling between locomotion and respiration. *Biol Cybern* 2004;90(3):157-64.
26. Wasserman K, McLroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964;14:844-52.
27. Gladden LB. Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *J Physiol* 2004;558:5.
28. Bassett Junior DR, Howley ET. Maximal oxygen uptake: 'classical' versus 'contemporary' viewpoints. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5):591-603.
29. Davis JA. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(5):6-21.
30. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35(2):236-43.
31. Noakes TD. Challenging beliefs: ex Africa semper aliquid novi. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(5):571-90.
32. Noakes TD. Maximal oxygen uptake: 'Classical' versus 'contemporary' viewpoints: A rebuttal. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(9):1381-98.
33. Heck H, Mader A, Hess G. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6(3):117-30.
34. Urhausen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med* 1993;14(3):134-9.
35. Urhausen A, Weiler B, Kindermann W. Heart rate, blood lactate, and catecholamines during ergometer and on water rowing. *Int J Sports Med* 1993;14:S20-3.
36. Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2(1):23-6.
37. Bourgois J, Vrijens J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998;77(1-2):164-69.
38. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-5.
39. Jacobs I. Blood lactate. Implications for training and sports performance. *Sports Med* 1986;3(1):10-25.
40. Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:863-7.
41. 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.
42. 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.
43. Zhou S, Weston SB. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol Meas* 1997;18(2):145-54.
44. Baptista RR, Oliveira LG, Figueiredo GB, Contieri JR, Loss JF, Oliveira AR. Lactate threshold in rowers: Comparison between two methods of determination. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11(4):247-50.
45. Mäestu J. The perceived recovery-stress state and selected hormonal markers of training stress in highly trained male rowers [tese]. Estonia: University of Tartu; 2004.
46. Tokmakidis SP. Anaerobic threshold: a critical review [tese]. Montreal: Faculté des études supérieures; 1989.