

Velocidade crítica e velocidade média nos 2000 m: diferenças entre o desempenho no remoergômetro e na água

Critical velocity and mean velocity in 2000 m: differences between performance on rowing ergometer and on water

Fernando de Campos Mello¹
Emerson Franchini¹

Resumo

MELLO, F.C.; FRANCHINI, E. Velocidade crítica e velocidade média nos 2000m: diferenças entre o desempenho no remoergômetro e na água. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(4): 73-78.

O objetivo deste estudo foi verificar a adequação do conceito de velocidade crítica (VC) no remoergômetro e na água, além de comparar as situações. Para isso, sete remadores (20±2 anos de idade; 74±9 kg de massa corporal) do Sport Club Corinthians Paulista, voluntários, foram submetidos a três estímulos de 500, 1.000 e 1.500 m, para cálculo da VC por dois modelos lineares, e uma simulação da prova de 2.000 m. A comparação entre as VCs e entre as velocidades médias (VMs) foi feita através de uma ANOVA a dois fatores com medidas repetidas, seguida por teste de Tukey. Para o cálculo das correlações foi utilizado o coeficiente de Pearson. Como principais resultados e conclusões desse estudo, pode-se citar: as duas VCs para cada situação não diferiram das VMs nos 2000m; existiram elevadas correlações entre as VCs e as VMs para cada situação; para esse grupo o modelo distância-tempo para determinação da VC foi mais adequado para as duas situações; como não havia correlações significativas entre as velocidades (médias para cada distância e críticas) atingidas nas duas situações, a utilização dos testes em remoergômetro para prever o desempenho na água pôde ser questionada.

PALAVRAS-CHAVE: remo, aptidão aeróbia, velocidade crítica

Abstract

MELLO, F.C.; FRANCHINI, E. Critical velocity and mean velocity in 2000m: differences between performance on rowing ergometer and on water. **R. bras. Ci. e Mov.** 2003; 11(4): 73-78.

The objective of this study was to verify the suitability of critical velocity concept (VC) on rowing ergometer and on water, and also to compare both situations. For this, seven rowers (20±2 years old; 74±9 kg of body mass) from Sport Club Corinthians Paulista, volunteers, were submitted to three bouts of 500, 1000 e 1500 m, for VC calculation by two linear models, and a 2000 m competition simulation. The comparison between CVs and between mean velocities (MVs) was done through a two way ANOVA with repeated measures, followed by a Tukey test. To calculate correlations the Pearson coefficient was used. As main results and conclusions, can be cited: both CVs for each situation did not differ from MVs in the 2000 m; there were high correlations between CVs and MVs for each situation; for this group the distance-time model for CV determination was more suitable in both situations; as there was not significant correlations between velocities (each distance means and critical velocities) attained in both situations, the utilization of rowing ergometer tests to predict on water performance can be questioned.

KEYWORDS: rowing, aerobic fitness, critical velocity

¹ Faculdade de Educação Física da Universidade Presbiteriana Mackenzie

Recebido: 30/04/2003
Aceite: 03/07/2003

Introdução

O remo foi introduzido como modalidade olímpica para homens nos Jogos Olímpicos de 1896 e para mulheres em 1976. A modalidade possui também Campeonatos Mundiais anuais. A distância competitiva padrão para regatas internacionais de remo é 2.000 mil metros, sem corrente de água. Os atletas são classificados conforme a massa corporal, da seguinte maneira: para o masculino, leve – até 72,5 kg e aberto – sem limite de peso, mas na qual competem atletas mais pesados (cerca de 90 kg). Na categoria aberta masculina, a prova dura cerca de 5,5 a 7,2 minutos. Essas variações de tempo estão associadas ao número de competidores no barco e às condições ambientais, incluindo temperatura, vento, umidade e profundidade da água ^{2, 9}. Existem diversas composições (número de remadores) nos barcos, mas a atenção deste estudo foi direcionada às competições individuais.

Em decorrência dessas características e por envolver grandes grupos musculares, o remo é considerado uma modalidade com predomínio aeróbio ^{2, 9, 10}. Os dados de Hagerman ² demonstraram que a equipe americana de 1987 apresentava 68,4% de fibras oxidativas (tipo I), 29,8% de fibras oxidativas-glicolíticas (tipo IIa) e 1,4% de fibras glicolíticas (IIb) no músculo vasto lateral da coxa, sugerindo assim a importância do desenvolvimento do metabolismo oxidativo como uma característica importante para o bom desempenho no remo, especialmente se considerado que os remadores com maior percentual de fibras lentas tendem a atingir uma potência mais elevada na intensidade do limiar anaeróbio ¹⁰. A importância do metabolismo oxidativo também é confirmada pela elevada potência aeróbia máxima (consumo máximo de oxigênio, $\text{VO}_2\text{máx}$) de remadores em comparação com outros atletas ^{2, 8, 9}. Assim, o $\text{VO}_2\text{máx}$ e a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio têm sido utilizadas com sucesso na predição do desempenho no remo ^{2, 4, 8, 9, 10}. O limiar anaeróbio determinado com a concentração fixa de 4 mmol.L⁻¹ tem sido utilizado na prescrição do treinamento do remo, pois cerca de 90% do tempo os atletas treinam em intensidades abaixo ou próxima dessa intensidade ¹⁰. Além disso, o limiar anaeróbio parece ser a variável mais sensível para monitorar a evolução do treinamento, pois muitas vezes o $\text{VO}_2\text{máx}$ não se modifica, mas o limiar anaeróbio aumenta, resultando em melhoria do desempenho ⁹. Outros métodos para inferir a capacidade aeróbia – intensidade de exercício que pode ser mantida por período de tempo prolongado, sem que os processos de fadiga sejam acelerados – estão disponíveis, incluindo a determinação da máxima fase estável de lactato e o limiar ventilatório ¹. Contudo, as determinações do limiar ventilatório ou do limiar de lactato requerem equipamentos sofisticados, muitas vezes não disponíveis em clubes brasileiros.

O conceito de velocidade crítica pressupõe a existência de uma velocidade máxima de exercício que pode ser mantida por períodos prolongados, o que corresponderia ao conceito de máxima fase estável de lactato ¹². Recentemente, o conceito de velocidade crítica, adaptado para modalidades como o atletismo e a natação, tem sido aplicado com sucesso para a realização da avaliação aeróbia dos atletas ⁶. Além disso, Kennedy & Bell ⁵ verificaram que a correlação entre a velocidade crítica e a velocidade média ($r = 0,97$) durante uma simulação de regata de 2.000 m em

remoergômetro era maior do que a correlação observada entre o $\text{VO}_2\text{máx}$ obtido em teste progressivo em remoergômetro e a velocidade média na regata ($r = 0,93$), indicando assim a possibilidade de utilização dessa variável para predizer o desempenho no remo. A identificação da velocidade crítica tem sido feita a partir dos métodos lineares (relação distância-tempo e relação velocidade-1/tempo). No entanto, a adequação e capacidade de predição da velocidade crítica para o desempenho na prova do remo foram exploradas apenas em remoergômetro.

Assim, o objetivo desse estudo foi verificar a possibilidade de adequação da aplicação do conceito de velocidade crítica no remoergômetro e na água, bem como verificar possíveis diferenças entre as situações.

Material e métodos

Foram avaliados sete remadores (20 ± 2 anos de idade; 74 ± 9 kg de massa corporal) do Sport Club Corinthians Paulista, voluntários, submetidos a três estímulos de 500, 1.000 e 1.500 m na água e no remoergômetro, para cálculo da VC pelos dois modelos. O critério de desempenho foi uma simulação da prova de 2.000 m nas duas situações. O referido projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

Para determinação da velocidade crítica, os protocolos em cicloergômetro ou remoergômetro podem ser feitos com a utilização de duas a cinco sessões de testes retangulares (carga fixa) máximos em diferentes intensidades. Contudo, para efeito de comparação do teste em remoergômetro e do teste em água foram realizadas três sessões com distâncias fixas a serem percorridas no menor tempo possível, de maneira similar ao que é realizado nos testes de campo no atletismo e na natação ³.

Nesse tipo de modelo foi realizado o cálculo da regressão linear entre os pontos do relacionamento entre distância e tempo e entre a relação velocidade-1/tempo. A equação da regressão linear entre os pontos apresenta o intercepto, considerado a capacidade de trabalho anaeróbio do sujeito e a inclinação da reta representa a velocidade crítica no primeiro modelo. No segundo modelo linear, o intercepto representa a velocidade crítica e a inclinação da reta representa a capacidade de trabalho anaeróbio. Neste trabalho foram utilizados apenas os valores de velocidade crítica.

Os testes foram realizados em um remoergômetro Concept II (Morrisville, EUA), o qual tem sido utilizado no treinamento e avaliação de atletas de remo ^{7, 8, 10, 11}. O protocolo em remoergômetro consistiu na aplicação de três sessões de testes máximos, em diferentes distâncias denominadas distâncias preditivas. Nesses testes, espera-se que a distância seja percorrida entre um e dez minutos, conforme recomendações para determinação da velocidade crítica ¹². As distâncias empregadas foram: 500 m, 1.000 m e 1.500 m. As distâncias escolhidas seguem as recomendações propostas por Kennedy Bell ⁵. A ordem de execução dos testes foi aleatória. A realização do teste foi realizada após 5 min. de aquecimento livre. Os testes foram conduzidos em um período máximo de dez dias entre o primeiro e o último.

Os testes na água foram conduzidos de forma similar aos do remoergômetro, utilizando, portanto, as mesmas distâncias, em períodos de testagens similares (no máximo

dez dias entre o primeiro e o último teste) e também determinados aleatoriamente. Os testes foram conduzidos na raia olímpica da Universidade de São Paulo.

Além dos testes para determinação da velocidade crítica e da capacidade de trabalho anaeróbio, os atletas também realizaram testes máximos objetivando determinar o tempo na prova de 2.000 m em remoergômetro e na água. Os testes foram realizados em dias diferentes e de forma contra-balançada.

A comparação entre as velocidades críticas (VCs) e as velocidades médias (VMs) nas diferentes distâncias e nas simulações das provas de 2.000m, foi feita por uma análise de variância a dois fatores (local do teste e velocidade média em determinada distância ou modelo de velocidade crítica) com medidas repetidas, seguida por teste de Tukey. As associações entre as variáveis foram estabelecidas pelo coeficiente de correlação de Pearson. Em todas as análises o nível de significância estabelecido foi de 5%.

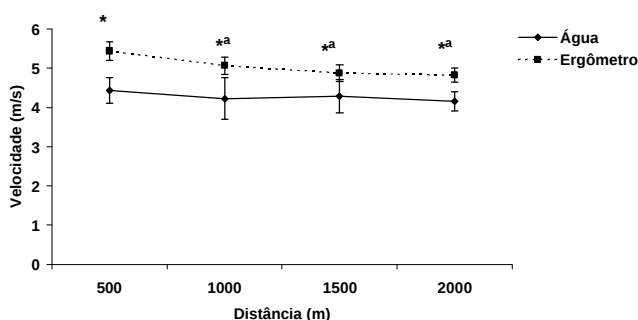
Resultados

O ajuste linear da relação distância-tempo para o teste na água ($R^2 = 0,9977 \pm 0,0052$) foi bastante elevado, o mesmo não acontecendo para o ajuste linear do modelo velocidade-1/tempo ($R^2 = 0,7525 \pm 0,1744$). Para os testes em remoergômetro, os dois modelos apresentaram bons ajustes ($R^2 = 0,9998 \pm 0,0002$ e $0,9778 \pm 0,0164$, para o modelo distância-tempo e para o modelo velocidade-1/tempo, respectivamente).

Houve efeito de interação entre o local de condução dos testes (água ou remoergômetro) e a velocidade nas diferentes distâncias ou modelos para determinação da velocidade crítica ($F_{5,60} = 5,96$; $p = 0,002$).

A Figura 1 apresenta a velocidade média para cada uma das distâncias (500, 1.000, 1.500 e 2.000 m) nas duas situações.

FIGURA 1: Velocidade média (m/s) para cada uma das distâncias percorridas nos testes na água e no remoergômetro (os valores representados são média $\pm$ desvio-padrão)



* = diferença significativa entre as situações ($p < 0,001$)

a = diferença significativa em relação aos 500 m para a mesma situação ($p < 0,001$)

Após a aplicação do teste de Tukey foi possível verificar que a velocidade média era superior no teste em remoergômetro em relação ao teste na água ($p < 0,001$), independentemente da distância analisada. No teste realizado na água, a velocidade média não diferia entre as

distâncias, enquanto no teste em remoergômetro a velocidade no teste de 500 m era superior às demais ($p < 0,001$).

A Tabela 1 apresenta os dados referentes à velocidade crítica segundo os dois modelos e a velocidade média na simulação da prova de 2.000 m nas duas situações.

TABELA 1 – Velocidade crítica (VC) e velocidade média (m/s) na simulação da prova de 2000 m nos testes em água e em remoergômetro (os valores são média $\pm$ desvio padrão)

	Água	Remoergômetro
VC modelo distância-tempo (m/s) *	4,21 $\pm$ 0,46	4,64 $\pm$ 0,19
VC modelo velocidade-1/tempo (m/s) *	4,17 $\pm$ 0,51	4,82 $\pm$ 0,37
Velocidade média 2000 m (m/s) *	4,16 $\pm$ 0,22	4,82 $\pm$ 0,18

* = diferença significativa entre as situações ($p < 0,001$)

Como observado em relação à velocidade média para cada distância, a velocidade crítica também era maior no teste em remoergômetro em relação ao teste na água. Contudo, não houve diferença significativa entre os valores de velocidade crítica calculados pelos dois modelos nem entre a velocidade crítica e a velocidade média na simulação da prova de 2.000 m, quando as situações eram analisadas separadamente.

Foram observadas correlações elevadas entre as velocidades médias para as diferentes distâncias em uma mesma situação ($r = 0,89-0,99$; $p < 0,05$). Nenhuma correlação entre as velocidades críticas e a velocidade média na simulação da prova dos 2.000 m foi inferior a 0,99 na situação de testagem na água. No entanto, para a situação em remoergômetro, houve correlação significativa apenas entre a velocidade crítica do modelo distância-tempo com a velocidade média na simulação da prova dos 2.000 m ($r = 0,93$; $p = 0,003$). Além disso, também não foram observadas correlações significativas entre as situações para qualquer das distâncias ou para qualquer das velocidades críticas.

Discussão

Quanto ao ajuste dos modelos, foi possível observar que para o teste na água a relação velocidade-1/tempo não era tão elevada como apresentado nas demais situações, sugerindo que a utilização e a adequação desse modelo deve ser vista com precaução.

Os valores de velocidade crítica no remoergômetro observados no presente estudo por meio do cálculo dos modelos lineares (4,64 $\pm$ 0,19 e 4,82 $\pm$ 0,37 m/s) eram ligeiramente inferiores ao mensurado por Kennedy & Bell⁵ com 16 remadores universitários canadenses (4,9 $\pm$ 0,2 m/s), indicando certa similaridade nessa variável em atletas de faixa etária próxima. É importante notar que os valores de velocidade crítica para o remoergômetro em nosso estudo e no de Kennedy & Bell⁵ foram superiores ao observado em nosso estudo durante os testes realizados na água (4,21 $\pm$ 0,46 e 4,17 $\pm$ 0,51 m/s).

A velocidade média em cada um dos estímulos apresentou características diferentes nas duas situações. Para os testes na água a velocidade média não diferia entre cada uma das distâncias, enquanto para os testes em remoergômetro, a velocidade no estímulo de 500 m era

superior à velocidade média mantida nas demais distâncias. Esse resultado sugere que a estratégia para percorrer essas distâncias é diferente, isto é, ao remar na água os atletas parecem optar por uma maior constância, enquanto ao realizar a atividade no remoergômetro, o estímulo mais curto é percorrido em maior velocidade em relação aos demais. Além disso, o componente técnico parece ter grande influência na velocidade a ser atingida nas duas situações, pois embora a resistência seja similar nas duas situações, a capacidade de equilibrar o barco parece contribuir para uma menor velocidade média na água em relação ao remoergômetro⁹.

Quanto às correlações, é importante notar que os indivíduos que atingem elevada velocidade o fazem em todas as distâncias, pois houve elevada correlação entre as velocidades médias das diferentes distâncias em uma mesma situação. A velocidade crítica parece ser um melhor preditor de desempenho na água, uma vez que foram observadas correlações superiores a 0,99 entre as VCs e a VM na simulação dos 2.000 m nessa situação. O mesmo não ocorreu para os testes em remoergômetro, situação na qual houve correlação significativa apenas entre a velocidade crítica do modelo distância-tempo com a velocidade média na simulação da prova dos 2.000 m ($r = 0,93$; $p = 0,003$). Esse resultado indica que a utilização do modelo distância-tempo parece ser mais adequada para prever o desempenho no remoergômetro. Contudo, a correlação observada no presente estudo no teste em remoergômetro é ligeiramente inferior ao observado por Kennedy e Bell⁵ para a associação entre a VC e a velocidade média nos 2.000 m na mesma situação ($r = 0,97$). O consumo médio de oxigênio durante a prova tem apresentado correlações acima de 0,95 com a velocidade média, enquanto o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ tem apresentado correlações inferiores a 0,86 com a velocidade média². Portanto, a capacidade de trabalhar em um percentual elevado do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ durante prova parece ser importante para um bom desempenho. Essas correlações são similares ou ligeiramente inferiores ao observado no presente estudo, indicando a possibilidade de utilização da VC para prever o desempenho no remo.

Outro ponto importante a destacar é que não foram observadas correlações significativas entre as situações para quaisquer distâncias ou quaisquer velocidades críticas. Esse resultado indica que um melhor desempenho em remoergômetro não implica necessariamente em um melhor desempenho na água, indicando que a técnica executada em cada uma das situações é diferente. Essa diferença ocorre principalmente para a movimentação dos membros superiores, a qual é mais complexa na água do que no remoergômetro². Embora a distância de 2.000 m seja utilizada em testes em remoergômetro^{2, 5}, dois estudos^{4, 8} utilizaram a distância de 2.500 m na avaliação de remadores, uma vez que essa distância parece simular melhor as respostas fisiológicas da prova de remo na água quando comparada com a simulação de 2.000 m em remoergômetro. Nesse sentido, a condução de testes fora da água como critério de avaliação para formação de equipes ou prescrição de treinamento pode ser questionada, a menos que a distância seja ajustada para proporcionar melhor simulação do que ocorre na água e que o grupo seja homogêneo quanto à técnica de remada.

Conclusões

Como principais conclusões deste estudo, pode-se destacar: (a) na água, os atletas adotaram estratégias distintas para cada distância; (b) a falta de controle de fatores climáticos nos testes na água pode ter afetado os resultados; (c) a diferença do movimento técnico entre as situações resultou em VMs distintas; (d) as duas VCs para cada situação não diferiam das VMs nos 2.000 m, o que parece indicar a possibilidade de aplicação dessas variáveis para prever o desempenho no remo, especialmente se consideradas as elevadas correlações entre as VCs e as VMs para cada situação. Contudo, o ajuste do modelo velocidade-1/tempo não era adequado para situação em água e não apresentou correlação significativa com a VM nos 2.000 m para a situação em remoergômetro. Portanto, sugere-se a utilização do modelo distância-tempo para determinação da VC nas duas situações; (e) como não existiam correlações significativas entre as velocidades (médias para cada distância e críticas) atingidas nas duas situações, a utilização dos testes em remoergômetro para prever o desempenho na água pode ser questionada.

Devido ao pequeno número de atletas utilizados neste estudo, sugere-se a realização de trabalhos similares com um número maior de indivíduos para melhor compreensão da relação entre o desempenho no remoergômetro e o desempenho na água.

Agradecimento

Agradecemos aos atletas que participaram do estudo, bem como ao seu técnico Breno Manszk de Melo. Também agradecemos Michael Kennedy pelo envio de seu artigo e pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Referências Bibliográficas

1. Denadai BS. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. 1995; 1 (2): 74-88.
2. Hagerman FC. Physiology and nutrition for rowing. In: Lamb, D.R.; Knuttgen HG & Murray R. (organizadores). **Physiology and Nutrition for Competitive Sport**. Carmel: Cooper Publishing Group, 1994. p. 221-302.
3. Hill DW. Aerobic and anaerobic contributions in middle distance running events. **Motriz**. 2001; 7 (1): S63-S67.
4. Jürimäe J, Mäestu J, Jürimäe T, Pihl E. Prediction of rowing performance on single sculls from metabolic and anthropometric variables. **J Hum Mov Stud**. 2000; 38: 123-136.
5. Kennedy MD, Bell, G.J. A comparison of critical velocity estimates to actual velocities in predicting simulated rowing performance. **Can J Appl Physiol**. 2000; 25 (4): 223-235.
6. Kokubun E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**. 1996; 10: 5-20.
7. Lormes W. *et al.* Performance and blood lactate on Gjessing and Concept II rowing ergometers. **Int J Sports Med**. 1993; 14 (s1): S29-31.

8. Mäestu J, Jürimäe J, Jürimäe T. Prediction of rowing performance from selected physiological variables – differences between lightweight and open class rowers. **Med Sport**. 2000; 53 (3): 247-254.
9. Secher N.H. Physiological and biomechanical aspects of rowing – implications for training. **Sports Med**. 1993; 15 (1): 24-42.
10. Steinacker JM. Physiological aspects of training in rowing. **Int J Sports Med**. 1993; 14 (s1): S3-10.
11. Steinacker JM. *et al*. Training of rowers before world championships. **Med Sci Sports Exerc**. 1998; 30 (7): 1158-1163.
12. Walsh ML. Whole body fatigue and critical power – a physiological interpretation. **Sports Med**. 2000; 29 (3): 153-166.