

FORÇA CRÍTICA EM NADO ATADO: RELAÇÕES COM O LACTATO SANGÜÍNEO E CONSUMO DE OXIGÊNIO

Ms. ALEXANDRE GOMES DE ALMEIDA

Centro Universitário Anhanguera - Faculdade de Ciências da Saúde - Leme - SP
Faculdade de Filosofia Ciências e Letras - Dep. Educação Física - S. J. Rio Pardo - SP
E-mail: alexga@rc.unesp.br

Ms. FLAVIUS AUGUSTO PINTO CUNHA

Universidade Estadual Paulista - Instituto de Biociências - Dep.
Educação Física - Laboratório de Biodinâmica - Rio Claro - SP

Ms. MORGANA REJANE RABELO ROSA

Centro Universitário Anhanguera - Faculdade de Ciências da Saúde - Leme - SP

Dr. EDUARDO KOKUBUN

Universidade Estadual Paulista - Instituto de Biociências - Dep.
Educação Física - Laboratório de Biodinâmica - Rio Claro - SP
Suporte Financeiro: Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo - Processo 98/11306-1

RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar a validade da força crítica (F_{CRIT}), obtida no nado atado, como a intensidade máxima que pode ocorrer o estado estável da concentração de lactato sangüíneo ($[Lac]$) e do consumo de oxigênio (VO_2). Dez nadadores (17 ± 2 anos) realizaram testes com carga fixa até a exaustão para predizer a F_{CRIT} , um teste progressivo para o VO_2max e dois testes (100% e 105% da F_{CRIT}) para verificar a ocorrência do estado estável do $[Lac]$ e VO_2 . A F_{CRIT} média foi de 6,4 kg e o VO_2max de 3,60 l/min. A média do VO_2 e $[Lac]$ a 100% variou de 2,13-2,17 l/min e 2,16-2,45 mM, respectivamente. Os valores das duas variáveis a 105% não foram diferentes estatisticamente (Anova) dos valores a 100%. Os dados sugerem que a F_{CRIT} subestimou a máxima intensidade do estado estável.

PALAVRAS-CHAVE: Natação; potência crítica; VO_2 ; lactato sangüíneo; capacidade aeróbia.

INTRODUÇÃO

O conceito de potência crítica (P_{CRIT}) foi descrito por Monod e Scherrer (1965) como a intensidade máxima de exercício que pode ser teoricamente mantida e continuada sem que ocorra fadiga. Desde então, a P_{CRIT} tem sido relacionada à capacidade de o sistema cardiovascular fornecer energia para o músculo ativo. Moritani et al. (1981) validaram o conceito para o corpo inteiro, determinando a P_{CRIT} através da relação entre o trabalho mecânico total realizado (W) e o tempo até a exaustão (t_{LIM}) em cinco testes máximos no cicloergômetro. A relação linear $W-t_{LIM}$ foi descrita matematicamente pela equação ($W = a + b * t_{LIM}$), em que a inclinação da reta de regressão (b) é a P_{CRIT} e o intercepto- y (a) é o trabalho máximo que pode ser realizado, correspondendo à reserva energética do músculo. Estudos mais recentes têm procurado relacionar a P_{CRIT} a indicadores da capacidade aeróbia (Clingefer et al., 1994), descrever o comportamento de variáveis fisiológicas e metabólicas, como consumo de oxigênio (VO_2) e concentração de lactato sanguíneo ($[Lac]$), na intensidade da P_{CRIT} (McLellan, Cheung, 1992; Overend et al., 1992; Jenkins, Quigley, 1990), e investigar os efeitos do treinamento sobre a P_{CRIT} (Jenkins, Quigley, 1992; Bishop, Jenkins, 1996), mas essas pesquisas ainda não são conclusivas.

Wakayoshi et al. (1992a) publicaram os primeiros estudos aplicando o conceito de P_{CRIT} em natação. Inicialmente com testes realizados no "swimming flume" e, em seguida, com a validação em piscina convencional (Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993). Nesses estudos foi definida a relação linear entre a distância (D) e o tempo (t) de prova ($D = a' + b' * t$), em que a inclinação da reta (b') é correspondente à velocidade crítica (V_{CRIT}), sendo a intensidade que pode ser mantida sem fadiga. Ikuta et al. (1996) verificaram se os conceitos de P_{CRIT} e V_{CRIT} poderiam ser aplicados ao nado atado. A força que pode ser, teoricamente, sustentada sem fadiga durante o nado atado, a força crítica de nado (F_{CRIT}), foi determinada por meio da relação entre a força sustentada através do tempo (impulso) e o t_{LIM} , obtidos de quatro cargas constante.

Nos estudos com natação, a V_{CRIT} tem mostrado estar bem correlacionada com o limiar ventilatório (LV), como limiar de anaeróbio ($OBLA$), com a velocidade máxima em 400 metros estilo livre ($V400$) e com o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx.}$) (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993; Kokubun, 1996; Denadai et al., 1997; Toussaint et al. 1998). Além disso, o estado estável máximo de lactato ($SSML$) ocorre em nado executado na intensidade da V_{CRIT} (Wakayoshi et al., 1993; Kokubun, 1996). Ikuta et al. (1996) encontraram correlações significativas da F_{CRIT} com o $OBLA$, $V400$ e F_{CRIT} , as quais sugerem a F_{CRIT} como um indicador confiável da capacidade aeróbia. No entanto, Hill (1993) cha-

ma a atenção para a importância das pesquisas conduzidas para o monitoramento das respostas ao exercício na intensidade da P_{CRIT} , pois a comparação da P_{CRIT} com os limiares não é suficiente para validá-la como um índice de *endurance*.

No nado atado, o atleta nada estacionado e com intensidade constante controlada pelo pesquisador, que é uma condição experimental semelhante aos testes em cicloergômetro e esteira rolante. Uma das vantagens do método é a possibilidade de coleta de gases durante o nado, já que os valores de $VO_2 máx.$ medidos no nado atado não são diferentes dos medidos no livre (Bonen et al., 1980). O propósito desse estudo foi testar a validade da F_{CRIT} como indicador da capacidade aeróbia, verificando as respostas do VO_2 e da $[Lac]$ durante o nado atado na F_{CRIT} . Nossa hipótese é que F_{CRIT} corresponda à intensidade máxima em que pode ocorrer o estado estável do VO_2 e do $[Lac]$.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Foram voluntários desse estudo dez nadadores de uma equipe de competição no âmbito nacional, envolvidos em programa regular de treinamento há pelo menos dois anos, sendo cinco masculinos e cinco femininos, com média (\pm DP) de $16,6 \pm 1,9$ anos de idade, $62,9\text{kg} \pm 7,9$ kg e $172,3$ cm $\pm 11,6$ cm. Todos os participantes foram informados sobre as condições e os possíveis riscos dos testes.

Desenho Experimental

Cada participante foi submetido a três testes divididos em cinco sessões. No primeiro teste, foi determinada a F_{CRIT} em dois dias diferentes. O segundo teste foi realizado em um único dia para determinar o $VO_2 máx.$ Finalmente, o terceiro teste consistiu em duas sessões de nado executadas em dois dias diferentes para verificar o estado estável do VO_2 e $SSML$.

Todos os testes de nado atado foram executados usando um sistema de pesos e polias similar ao descrito por Hopper et al. (1983). Os participantes nadaram estacionados entre duas marcas (2 m) mantendo os pesos elevados a certa altura. O VO_2 foi medido dois minutos no repouso e durante toda a duração dos testes, a cada 20 segundos, com o TEEM100 Metabolic Analysis System (Aerosport Co., EUA.) adaptado a um *snorkel* (Almeida et al., 1998; Rosa et al., 1999). O aquecimento antes de cada sessão de teste foi de 600 metros nadando estilo livre em intensidade moderada escolhida pelo participante. Antes da série de experimentos, os nadadores realizaram uma adaptação nadando duas vezes, durante 20 minutos, sustentando 5,780 kg e respirando com o *snorkel*. Foram coletadas amos-

tras de sangue para se determinar a $[Lac]$ por analisador eletroquímico YSI 2300 Stat (Yellow Spring Co., EUA.).

Determinação da F_{CRIT}

Os participantes foram instruídos a nadar com 3-4 forças constantes adicionadas ao sistema até a exaustão, variando entre 5,775 kg e 11,710 kg, aplicadas aleatoriamente em dois dias (duas cargas por dia). O critério de exaustão foi definido como o instante em que o nadador não poderia manter a carga em uma altura predeterminada (entre as duas marcas), e deveria ocorrer entre 60 e 600 segundos. Foram respeitados períodos de descanso de duas horas entre cada teste.

Nós consideramos, assim como Ikuta et al. (1996), F_{CRIT} como a força atada que pode, teoricamente, ser mantida sem fadiga, com base no conceito de P_{CRIT} (Monod, Scherrer, 1965; Moritani et al., 1981) e V_{CRIT} (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993). No presente estudo, o correspondente a W e D foi determinado pelo produto da força (F) e o tempo até a exaustão (t_{LIM}), denominado impulso (I):

$$I = F * t_{LIM} \quad (1)$$

O I obtido de 3-4 cargas constante foi plotado como uma função do t_{LIM} . Essa relação descreveu uma regressão linear (Figura 1) e a equação pode ser expressa matematicamente (Figura 2), em que a F_{CRIT} é a inclinação da linha de regressão:

$$I = a'' + F_{CRIT} * t_{LIM} \quad (2)$$

Determinação do VO_2 máx.

Os participantes realizaram um teste incremental nadando atado (80%, 85%, 90%, 95% e 100% da carga máxima). A carga máxima foi determinada plotando F versus t_{LIM} registrados no teste de F_{CRIT} e, por regressão linear, predita a F em que a exaustão ocorreria com duração correspondente ao melhor tempo de uma prova de 200 metros. Cada F do teste incremental foi sustentada durante 2 minutos e 20 segundos, com 3 minutos de recuperação entre as cargas. Foi considerado VO_2 máx. o valor mais alto da média do último minuto de cada carga.

Teste de Estado Estável

A partir da F_{CRIT} determinada no primeiro teste, os participantes realizaram duas sessões de nado atado sustentando cargas correspondentes a 100% e 105% da F_{CRIT} ,

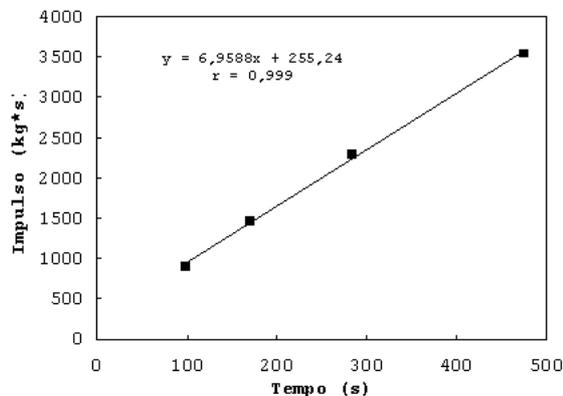


FIGURA 1 – Representação gráfica e equação da relação $I-t_{LIM}$ do participante BR.

respectivamente, durante 20 minutos. Foi obedecido um intervalo de 24-48 horas entre as sessões. Foram coletadas amostras de sangue no repouso (após o aquecimento), no 5º, 10º e 20º minutos de cada sessão e medido o VO_2 durante todo o período para determinação do $SSML$ e estado estável do VO_2 , respectivamente.

Procedimentos Estatísticos

Os valores da $[Lac]$ e VO_2 em cada uma das duas sessões do teste de estado estável foram comparados através de Anova two-way. Nesse caso, VO_2 e $[Lac]$ foram as variáveis dependentes, sendo carga e tempo as variáveis independentes. Para a confirmação dos resultados, foi aplicado o teste de post-hoc de Scheffé. Em todas as análises foi adotado nível de significância $p < 0,05$ e utilizado o pacote estatístico Statistica for Windows 5.1 (Statsoft, Inc. 1984 – 1986).

Resultados

A relação linear entre o I e o t_{LIM} apresentou um coeficiente de regressão (r) bastante alto ($0,999 \pm 0,001$); a F_{CRIT} média estimada foi de $6,436 \pm 0,995$ kg, e o $VO_{2máx.}$ alcançou $3,60 \pm 0,47$ l/min (Tabela 1).

No teste de estado estável, o VO_2 em repouso foi de 0,53 e 0,48 l/min nas intensidades de 100% e 105% da F_{CRIT} , respectivamente. O VO_2 nos minutos 5, 10 e 20 foram 2,17; 2,13 e 2,13 l/min (100%) e 2,10; 2,24 e 2,15 l/min (105%) respectivamente. Em ambas as intensidades não houve diferença significativa dos valores de VO_2 entre 5, 10 e 20 min e entre as intensidades da F_{CRIT} e 5% acima. (Figura 2a).

TABELA 1: VALORES INDIVIDUAIS, MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO (DP) DA F_{CRIT} , COEFICIENTE LINEAR (a''), COEFICIENTE DE REGRESSÃO (r) DA RELAÇÃO $l-t_{LIM}$ e $VO_2máx$.

Atleta	F_{CRIT} (kg)	a'' (kg*s)	r	VO_2max (l/min)
FB	6,278	524	0,997	3,94
AL	6,757	244	1,000	3,65
BR	6,959	255	0,999	4,41
GM	7,161	185	0,999	3,24
JN	7,050	293	0,997	x
CR	5,428	332	0,999	3,88
GS	5,505	308	0,998	3,03
LN	8,331	534	1,000	3,55
DS	5,154	290	0,999	3,09
GB	5,735	365	1,000	x
Média	6,436	333	0,999	3,60
$\pm DP$	0,995	114	0,001	0,47

Embora os valores da $[Lac]$ na intensidade da F_{CRIT} sejam ligeiramente mais altos que 5% acima da F_{CRIT} , não foram observadas diferenças significativas tanto entre os tempos de coleta (5, 10 e 20 min) quanto entre as intensidade de nado (100% e 105% da F_{CRIT}). A $[Lac]$ de repouso foi de 1,05 e 0,83 mM nas intensidade de 100% e 105% da F_{CRIT} , respectivamente. Na série nadada na F_{CRIT} , as médias da $[Lac]$ foram de 2,45; 2,16 e 2,24 mM, no min 5, 10 e 20 respectivamente. Nadando 5% acima da F_{CRIT} , para os mesmos tempos, as $[Lac]$ foram de 1,91; 1,66 e 1,54 mM (Figura 2b).

DISCUSSÃO

Os coeficientes de regressão da relação $l-t_{LIM}$ mostram que houve um ajuste muito consistente (Tabela 1). Esses resultados concordam com o estudo de Ikuta et al. (1996) que encontraram $r = 0,996$ para a mesma relação, garantindo que o modelo pode estimar a F_{CRIT} com segurança. Em nosso estudo, utilizamos três ou quatro pontos apenas para definir a relação $l-t_{LIM}$ e, portanto, a tendência é que o r se apresente próximo de 1. No entanto, Housh et al. (1990) relataram que estimar a P_{CRIT} utilizando apenas duas cargas não foi diferente de utilizar quatro cargas. Da mesma forma, em natação, Wakayoshi et al. (1993) validaram a determinação da V_{CRIT} utilizando apenas dois testes máximos.

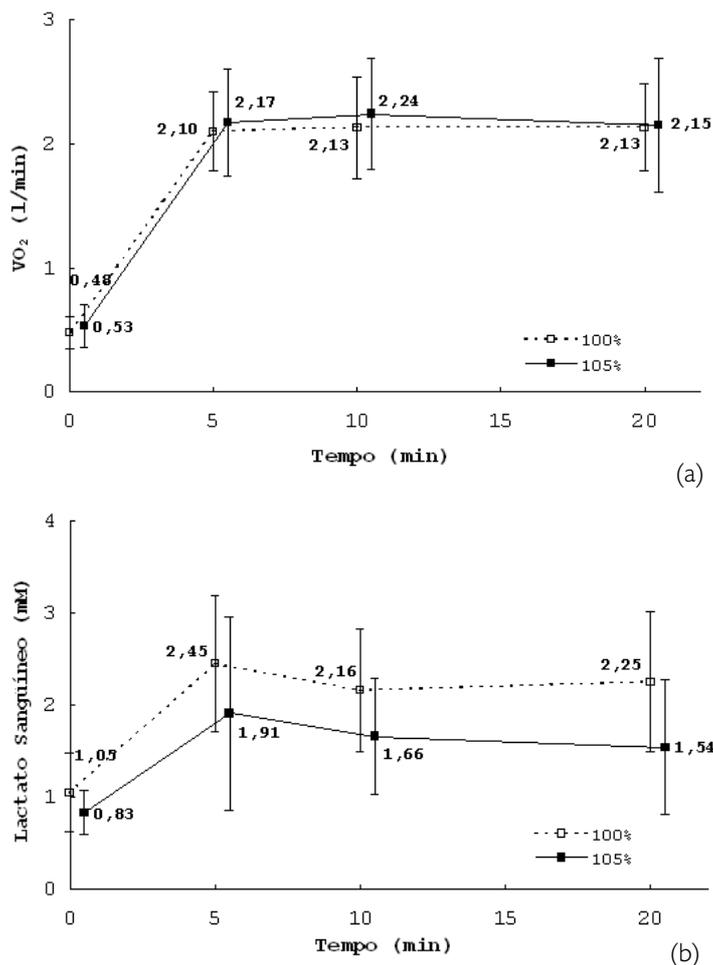


FIGURA 2 – Média do grupo para os valores de VO_2 (superior) e $[Lac]$ (inferior) no repouso, aos 5, 10 e 20 minutos das séries de nado atado na intensidade da F_{CRIT} e 5% acima.

A F_{CRIT} média (6,436 kg) do presente estudo se aproximou da encontrada por Ikuta et al. (1996), que foi de 6,870 kg. Em todos os casos, a F_{CRIT} apresentou valor abaixo da menor carga sustentada no teste de F_{CRIT} . Teoricamente, sustentando a F_{CRIT} , o atleta deverá ser capaz de permanecer nadando por mais de 10 minutos e, portanto, essa intensidade pode ser considerada um esforço submáximo.

Os valores médios do $VO_2máx.$ (3,60 l/min) observados nesse estudo apresentaram concordância com os resultados de pesquisas com nado atado, livre e no *swimming flume*. Bonen et al. (1980) e Ueda e Kurokawa (1995), utilizando o nado atado, encontraram valores de 3,53 e 2,96 l/min respectivamente. Entretanto, no primeiro estudo não está descrito o nível de treinamento dos nadadores que participaram do experimento, e no segundo os participantes eram nadadores não treinados. No *swimming flume*, Bonen et al. (1980) encontraram valores mais baixos de $VO_2máx.$ (2,62 l/min), já Wakayoshi et al. (1995) relataram valores próximos (3,68 l/min) ao encontrado no presente estudo. Nos experimentos com o nado livre, o $VO_2máx.$ ou VO_2 de pico alcançaram valores bastante similares (entre 3,79 e 4,45 l/min) aos nossos resultados (Montpetit et al., 1981; Costill et al., 1985; Mitchell, Huston, 1993; Capelli et al., 1998), exceto nos estudos de Ribeiro et al. (1990) e Bonen et al. (1980).

A média dos valores do VO_2 a 100% e 105% da F_{CRIT} foi correspondente a 59,2% e a 59,7% do $VO_2máx.$, respectivamente. Overend et al. (1992) compararam as respostas fisiológicas na intensidade da P_{CRIT} entre sujeitos jovens e idosos e verificaram que o VO_2 nessas condições foi de 85,2% e 91,5% do $VO_2máx.$, respectivamente. McLellan e Cheung (1992) encontraram resultados similares, em que o VO_2 na P_{CRIT} foi 82,2% do $VO_2máx.$ Jenkins e Quigley (1992) mostraram que o treinamento de endurance aumentou o VO_2 da P_{CRIT} de 68,2% para 81,2% do $VO_2máx.$ Portanto, os valores relativos do VO_2 no presente estudo se encontram abaixo do que vem sendo relatado na literatura. Uma limitação do estudo pode explicar essas constatações: a cinética do VO_2 durante as cargas do teste para determinação da F_{CRIT} mostrou que em apenas três dos oito participantes o VO_2 alcançou o $VO_2máx.$ (Figura 3). Gaesser e Poole (1996) descrevem que, em exercício correspondente ao domínio severo (acima da P_{CRIT}), a exaustão ocorre quando o $VO_2máx.$ é alcançado ou pouco tempo depois. Portanto, isso pode demonstrar que a determinação da F_{CRIT} da maioria dos participantes foi realizada com cargas abaixo da verdadeira F_{CRIT} ou que a exaustão não havia ocorrido de fato.

Nas duas intensidades utilizadas no teste de estado estável, ocorreu estabilização do lactato, mas isso não significa que foi máximo, pois o aumento de carga não promoveu mudança significativa na $[Lac]$. O mesmo comportamento foi observado com relação ao VO_2 , não havendo diferença estatística entre os valores de 100% e 105% da F_{CRIT} . Os valores mais altos de lactato foram observados a 100% da F_{CRIT} , ocorrendo no 5º (2,45 mM) e 20º (2,24 mM) minutos. Estudos relacionados à V_{CRIT} mostram que o SSML ocorre com valores ligeiramente mais altos que os encontrados no presente trabalho. Denadai et al. (1997) relataram que a $[Lac]$ correspondente à V_{CRIT} foi de 2,71 à 2,82 mM e assumiram que esses valores

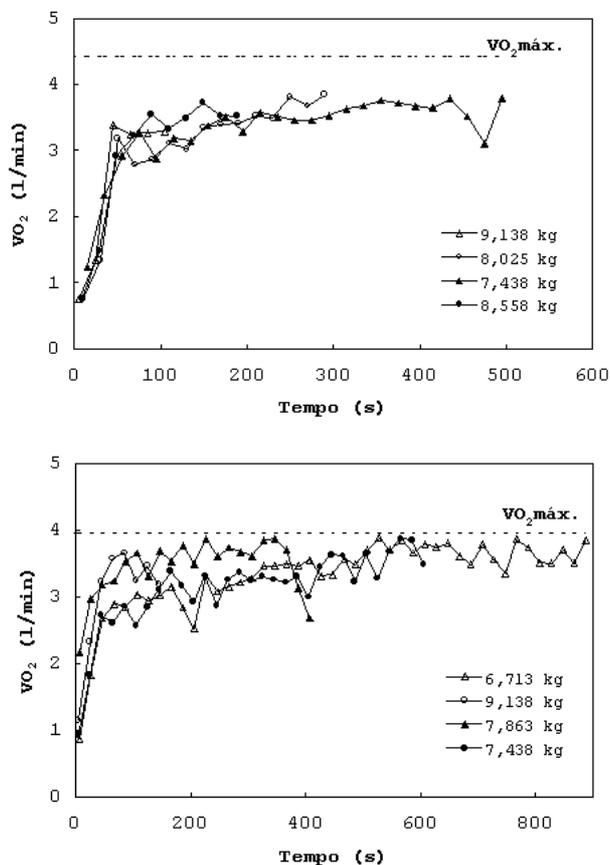


FIGURA 3 – Cinética do VO_2 nas cargas para predição da F_{CRIT} de dois participantes.

correspondiam ao *SSML*, considerando a população estudada (nadadores entre 10 e 15 anos). No estudo de Kokubun (1996), o *SSML* ocorreu a 100% da V_{CRIT} , ficando entre 2,14 e 2,68 mM. Wakayoshi et al. (1993) encontraram o *SSML* em 3,2 mM.

Tanto a $[Lac]$ como o VO_2 durante as séries de nado atado nas intensidades correspondentes a 100% e 105% da F_{CRIT} revelam que a F_{CRIT} foi subestimada. O fato de os valores relativos de VO_2 (% $VO_{2máx.}$), em ambas as intensidades do teste de estado estável, serem aproximadamente 60% também indica que a F_{CRIT} foi subestimada. Além disso, não foi possível determinar o *SSML* no teste de estado estável, sendo mais uma evidência da subestimação da F_{CRIT} .

Apesar de ocorrer estado estável na F_{CRIT} , o aumento de 5% na intensidade de nado não foi suficiente para promover aumento gradativo na $[Lac]$ e no VO_2 . É provável que algum fator (adaptação aos testes, efeito do treinamento) possa ter influenciado nesses resultados, pois parece que a eficiência do nado aumentou do teste na F_{CRIT} para o 5% acima. Isso equivale a dizer que a 105% da F_{CRIT} a participação aeróbia para o fornecimento de energia foi maior, já que a $[Lac]$ foi menor em relação ao nado na F_{CRIT} . Esses resultados sugerem que a F_{CRIT} subestima a intensidade máxima em que ocorre a estabilização das variáveis fisiológicas e metabólicas.

Critical force in tethered swimming: relationship with blood lactate and oxygen uptake

ABSTRACT: The purpose of this study was to verify the validity of the critical force (F_{CRIT}), in tethered swimming, as a maximal intensity that could occur on a steady state of blood lactate concentration ($[Lac]$) and oxygen uptake (VO_2). Ten swimmers (17 ± 2 years) performed tests with constant loads until exhaustion to estimate the F_{CRIT} , an incremental test to $VO_{2,máx}$, and two tests (100 and 105% of F_{CRIT}) to verify the occurrence of $[Lac]$ and VO_2 steady state. The mean F_{CRIT} was 6.4 kg and the $VO_{2,máx}$ was 3.60 l/min. The mean of VO_2 and $[Lac]$ at 100% ranged 2.13-2.17 l/min and 2.16-2.45 mM, respectively. The mean values of two variables on 105% were not statically different (Anova) from values on 100%. These data suggest that the F_{CRIT} underestimated maximal steady state intensity.

KEY-WORDS: Swimming; critical power; VO_2 ; blood lactate; aerobic capacity.

Fuerza crítica en el nado atado: relaciones con el lactato sanguíneo y el consumo de oxígeno

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue verificar la validez de la fuerza crítica (F_{CRIT}) obtenida en el nado atado, como la intensidad máxima que puede ocurrir el estado estable de la concentración del lactato sanguíneo ($[Lac]$) y del consumo de oxígeno (VO_2). Diez nadadores (17 ± 2 años) realizaron el teste con carga fija hasta el agotamiento para predecir la F_{CRIT} , un teste progresivo para el $VO_{2,máx}$, y dos testes (100% y 105% de la F_{CRIT}) para verificar la ocurrencia del estado estable del $[Lac]$ y VO_2 . La F_{CRIT} media fue de 6,4Kg y el $VO_{2,máx}$ de 3,60 l/min. La media de VO_2 y del $[Lac]$ a 100% cambió de 2,13-2,17 l/min 2,16-2,45 mM, respectivamente. Los valores de las dos variables a 105% no fueron diferentes estadísticamente (Anova) de los valores a 100%. Los datos sugieren que la F_{CRIT} subestimó la máxima intensidad del estado estable.

PALABRAS CLAVE: Natación; potencia crítica; VO_2 ; lactato sanguíneo; capacidad aeróbica.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA A. G.; CUNHA, F. A. P.; ROSA, M. R. R.; KOKUBUN, E. Validação de adaptador para medidas do consumo de oxigênio durante o nado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 21. 1998, Anais..., São Paulo.
- BISHOP, D.; JENKINS, D. G. The influence of resistance training on the critical power function & fatigue at critical power. *The Australian J. Sci. Med. Sports*, v. 28, n. 4, p. 101-105, 1996.
- BONEN, A.; WILSON, B. A.; YARKONY, M.; BELCASTRO, A. N. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, v. 48, n. 2, p. 232-235, 1980.
- CAPELLI, C.; PENDERGAST, D. R.; TERMIN, B. Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 78, p. 385-393, 1998.
- CLINGELEFER, A., McNAUGHTON, L. R.; DAVOREN, B. The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 68, p. 182-187, 1994.
- COSTILL, D. L.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; KIRWAN, J.; FIELDING, R.; KING, D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int. J. Sports Med.*, v. 6, No 5, p. 266-270, 1985.
- DENADAI, B. S.; GRECO, C. C.; DONEGA, M. R. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev. Paul. Educ. Fís.*, v. 11, n. 2, p. 128-133, 1997.
- GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc. Sports Sci. Rev.*, v. 24, p. 35-70, 1996.
- HILL, D. The critical power concept. *Sports Medicine*, v. 16, n. 4, p. 237-254, 1993.
- HOPPER, R. T.; HADLEY, C.; PIVA, M.; BAMBAUER, B. Measurement of power delivered to an external weight. *Biomechanics and Med. Swimming*, Illinois: Human Kinetics Publishers, v. 14, 1983.
- HOUSH, D. J.; HOUSH, T. J.; BAUGE, S. M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res. Q. Exerc. Sport.*, v. 61, n. 4, p. 406-409, 1990.
- IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K.; NOMURA, T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. *Biomechanics and Med. Swimming VII*, London: E & Spon, p. 146-151, 1996.
- JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 61, p. 278-283, 1990.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. Endurance training enhances critical power. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 24, n. 11, p. 1283-1289, 1992.

_____. The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 25, n. 02, p. 275-282, 1993.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev. Paul. Educ. Fis.*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 5-20, 1996.

McLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. Y. A Comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 24, n. 5, p. 543-550, 1992.

MITCHELL, J. B.; HUSTON, J. S. The effect of high and low-intensity warm-up on the physiological responses to a standardized swim and tethered swimming performance. *J. Sport Sci.*, v. 11, p. 159-165, 1993.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, v. 8, p. 329-338, 1965.

MONTPETIT, R. R.; LÉGER, L. A.; LAVOIE, J.-M.; CAZORLA, G. A. VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. *J. Appl. Physiol.*, v. 47, n. 1, p. 385-391, 1981.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; DeVRIES, H. A.; MURO, M. Critical power as an physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, v. 24, p. 339-350, 1981.

OVEREND, T. J.; CUNNINGHAM, D. A.; PATERSON, D. H.; SMITH, W. D. F. Physiological responses of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 64, p. 187-193, 1992.

RIBEIRO, J. P.; CADAVID, E.; BAENA, J.; MONSALVETE, E.; BARNA, A.; DE ROSE, E.H. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *Br. J. Sp. Med.*, v. 24, n. 3, p. 196-200, 1990.

ROSA, M. R. R.; ALMEIDA A. G.; CUNHA, F. A. P.; KOKUBUN, E. Adaptação de analisador de gases para medidas durante a natação. *Revista Motriz*, v. 5, n. 1, 1999.

TOUSSAINT, H. M.; WAKAYOSHI, K.; HOLLANDER, A. P.; OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed e critical power. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 30, n. 1, p. 144-151, 1998.

UEDA, T.; KUROKAWA, T. Relationship between perceived exertion and physiological variables during swimming. *Int. J. Sports Med.*, v. 16, 385-389, 1995.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L. J.; CAPPAERT, J. M.; TROUP, J. P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int. J. Sports Med.*, v. 16, p. 19-23, 1995.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index swimming performance in the competitive swimmer. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 64, p. 153-157, 1992a.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. A simple method for determining critical Speed as Swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int. J. Sports Med.*, v. 13, n. 5, p. 367-371, 1992b.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; HARADA, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 66, p. 90-95, 1993.

Recebido: 29 maio 2002

Aprovado: 20 jun. 2002

Endereço para correspondência

Alexandre Gomes de Almeida
Departamento de Educação Física – IB – Unesp/RC
Laboratório de Biodinâmica
Av. 24 A, 1515, Cx. Postal 199
Rio Claro – São Paulo
CEP 13506-900