

Efeito do exercício prévio sobre a relação entre potência e tempo até exaustão ajustada a funções exponencial e hiperbólica

Effect of previous exercise on the relationship between power and time to exhaustion fitted to exponential and hyperbolic functions

OKUNO, N.M.; ROSA, C.F.I.; MARCOLINO, L.G.H.; NAKAMURA, F.Y. Efeito do exercício prévio sobre a relação entre potência e tempo até exaustão ajustada a funções exponencial e hiperbólica. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(3): 29-36.

Resumo - Dentre os modelos alternativos de potência crítica, podemos destacar os de “inércia” aeróbia e o exponencial. No entanto, até o momento, não há estudos que buscaram testar a validade desses modelos em diferentes situações experimentais. Como a potência crítica (PC) representa teoricamente a maior intensidade mantida por processos aeróbios sem a utilização dos estoques energéticos anaeróbios, a estimativa da mesma não poderia ser influenciada pela manipulação prévia das reservas anaeróbias (CTA). O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do exercício prévio sobre a estimativa dos parâmetros do modelo exponencial e de “inércia” aeróbia. Dezoito indivíduos realizaram testes preditivos sem e com depleção prévia parcial da CTA (SD e CD). Após a depleção parcial de 60% da CTA, havia 30 s de repouso. As estimativas de potência crítica - $PC_{inércia}$ -SD e $PC_{exponencial}$ -SD - não foram diferentes de seus pares na situação CD ($P > 0,05$), apresentando uma alta correlação ($r = 0,978$ e $0,951$, respectivamente). Apesar disso, foi verificada diferença entre a $PC_{inércia}$ e $PC_{exponencial}$, tanto em SD quanto em CD ($P < 0,01$). No entanto, as correlações entre as estimativas de PC entre os modelos nas mesmas situações experimentais foram altas ($r = 0,989$ SD; $r = 0,981$ CD). Desta maneira, conclui-se que o exercício prévio de intensidade severa, seguido de um curto período de recuperação, não afeta a estimativa da $PC_{inércia}$ e $PC_{exponencial}$.
PALAVRAS-CHAVE – Potência crítica, modelo exponencial, modelo de “inércia” aeróbia, exercício prévio.

OKUNO, N.M.; ROSA, C.F.I.; MARCOLINO, L.G.H.; NAKAMURA, F.Y. Effect of previous exercise on the relationship between power and time to exhaustion fitted to exponential and hyperbolic functions. **R. bras. Ci e Mov.** 2006; 14(3): 29-36.

ABSTRACT - Among the alternative critical power models, we can highlight those related to the aerobic “inertia” and the exponential one. However, until the present moment, there are no studies designed to test the validity of these models under different experimental conditions. Once critical power (PC) theoretically represents the maximal intensity maintained by aerobic processes without the utilization of anaerobic energy stores, its estimate should not be influenced by the previous manipulation of the anaerobic reserves (CTA). The aim of the present work was to verify the effect of previous exercise on the parameter estimates derived from the exponential and aerobic “inertia” models. Sixteen subjects underwent predictive trials without and with previous partial depletion of CTA (SD and CD). After the partial depletion of 60% of CTA, there was 30 s of rest period. The critical power estimates - $PC_{inertia}$ -SD and $PC_{exponential}$ -SD – were not different compared to their pairs in the CD situation ($P > 0.05$), showing high correlations ($r = 0.978$ and 0.951 , respectively). Nevertheless, there was a difference between $PC_{inertia}$ -SD and $PC_{exponential}$ -SD in both SD and CD ($P < 0.01$). However, the correlations between PC estimates derived from the distinct models in the same experimental settings were high ($r = 0.989$ SD; $r = 0.981$ CD). Therefore, it was concluded that previous severe intensity exercise, followed by short rest period, does not affect the $PC_{inertia}$ and $PC_{exponential}$ estimates.

KEYWORDS – Critical power, exponential model, aerobic “inertia” model, previous exercise.

Nilo Massaru Okuno¹

Camila Ferreira Infante Rosa¹

Lucas Galvão Hasegawa Marcolino¹

Fábio Yuzo Nakamura^{1,2}

¹ Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (GEAFIT). Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Estadual de Londrina – Londrina/PR.

² Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Estadual de Londrina – Londrina/PR.

Recebimento: 3/2006
Aceite: 8/2006

Introdução

São vários os modelos matemáticos disponíveis na literatura, propostos com o objetivo de descrever e/ou prever o desempenho bioenergético humano durante a realização de exercícios cíclicos exaustivos^{15,19}. Dentre todos os modelos, merece destaque o modelo de potência crítica, que surgiu inicialmente nos trabalhos de Monod e Scherrer¹⁴. Por meio da aplicação das equações deste modelo teórico, é possível estimar dois parâmetros: a potência crítica ($PC_{2\text{parâmetros}}$) e a capacidade de trabalho anaeróbio ($CTA_{2\text{parâmetros}}$). Em virtude de gerar essas estimativas, o modelo de Monod e Scherrer¹⁴ tem sido denominado em vários estudos como modelo de potência crítica de dois parâmetros^{2,3,8}. A $PC_{2\text{parâmetros}}$ representa, teoricamente, a maior intensidade de exercício que pode ser mantida por processos aeróbios, sem a utilização das reservas energéticas anaeróbias. Quando o indivíduo realiza exercício acima dessa intensidade, há utilização da $CTA_{2\text{parâmetros}}$, constituída pelos estoques de fosfagênicos e pela energia proveniente da glicólise anaeróbia, cuja mobilização se associa fortemente à ocorrência da exaustão.

Os dois parâmetros supra-citados são obtidos mediante a aplicação de uma equação não linear hiperbólica, que relaciona a potência mecânica e o tempo de tolerância ao esforço. No entanto, existem algumas limitações lógicas inerentes ao modelo. Uma das principais é que a assíntota da hipérbole no eixo da potência tende a infinito quando o tempo se aproxima de zero. Do ponto de vista fisiológico, isso não é possível, pois o sistema músculo-esquelético apresenta um limite superior de geração de potência.

Considerando essa limitação inerente ao modelo tradicional de dois parâmetros, Hopkins et al.⁹ propuseram um modelo exponencial cuja função interceptaria o eixo da potência, sendo esse ponto considerado a maior potência instantânea que poderia ser produzida pelo indivíduo (P_{max}). O modelo prevê também uma potência crítica ($PC_{\text{exponencial}}$), a qual discrimina o desempenho aeróbio de velocistas e fundistas, e se correlaciona com o $VO_{2\text{max}}$ ($r = 0,81$). A P_{max} correlaciona-se positivamente com a potência de pico em teste de Wingate ($r = 0,76$). Porém, ressalta-se que o significado fisiológico desses parâmetros ainda não está

claramente estabelecido na literatura, e que o modelo não fornece uma estimativa de capacidade anaeróbia.

Mais recentemente, Nakamura et al.¹⁶ propuseram uma adaptação ao modelo tradicional de dois parâmetros de potência crítica, levando em consideração o comportamento “inercial” do sistema aeróbio quando do início do exercício ($PC_{\text{inércia}}$). Essa “inércia” não é prevista pelo modelo de Monod e Scherrer¹⁴, o qual assume uma taxa de utilização aeróbia constante desde o início do exercício. Esse pressuposto não é compatível com a descrição atualmente conhecida dos ajustes cardiorrespiratórios, que se manifestam por meio da cinética de consumo de oxigênio (VO_2)⁴.

Dentre todos os modelos mencionados, o que teve maior enfoque na literatura é o modelo de potência crítica de dois parâmetros. Para nosso conhecimento, não há estudos que procuraram testar a validade dos modelos exponencial e de “inércia” aeróbia em exercícios não contínuos. Como a $PC_{\text{exponencial}}$ e a $PC_{\text{inércia}}$ são indicadores de provisão aeróbia, a manipulação prévia da reserva anaeróbia não poderia influenciar na estimativa dessas variáveis. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do exercício prévio, no domínio severo⁴, seguido por uma pausa de 30 s, sobre as estimativas dos parâmetros do modelo exponencial⁹ e de “inércia” aeróbia¹⁶.

Metodologia

Sujeitos

Participaram do estudo 16 adultos jovens, todos aparentemente saudáveis, sendo 11 do gênero masculino e cinco do gênero feminino ($22,7 \pm 3,3$ anos; $73,6 \pm 11,9$ kg; $175,1 \pm 9,0$ cm). Após serem convenientemente informados sobre a proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos, todos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (nº 211/05).

Durante o período de testes, os sujeitos foram instruídos a não alterarem seus hábitos diários, principalmente relacionados à prática de atividade física. A ressalva foi feita para as 24 h prévias aos testes, em que foi solicitado que não realizassem atividades extenuantes, não ingerissem bebidas alcoólicas e cafeinadas, e que se alimentassem com pelo menos

3 h de antecedência, para evitar desconfortos gástricos durante a realização do esforço.

Familiarização

Os testes foram realizados em um cicloergômetro da marca Monark® de frenagem mecânica. A altura do selim foi ajustada de acordo com o comprimento dos membros inferiores dos sujeitos, alinhado na altura do trocânter maior do fêmur, quando os sujeitos permaneciam em pé ao lado do cicloergômetro. Empiricamente, essa parece ser uma altura confortável para os sujeitos, pois permite que no ponto mais distal do ciclo da pedalada, o joelho esteja estendido.

Antes de realizarem os testes preditivos, os sujeitos foram submetidos a duas sessões de familiarização, buscando minimizar modificações de desempenho nos testes decorrentes da aprendizagem e/ou adaptação ao tipo de esforço, tendo um intervalo mínimo de 24 h entre elas. Inicialmente, era solicitado aos sujeitos que realizassem um aquecimento por cinco minutos sem nenhuma resistência mecânica, seguido de um repouso com a mesma duração. Após o descanso, eles pedalavam contra uma carga fixa, que era imposta com o objetivo de induzir a exaustão dentro de um intervalo de tempo de 1-10 min (200-400 W). Esta etapa foi importante também para nortear a escolha das cargas a serem utilizadas durante os testes preditivos.

Testes preditivos sem depleção prévia da CTA (SD)

Foram realizados 4-5 testes preditivos para a estimativa dos parâmetros dos modelos exponencial e de “inércia” aeróbia, sendo que 3-4 cargas tinham que levar o indivíduo à exaustão em um período de tempo compreendido no intervalo de 1-10 min. Necessariamente, uma carga adicional deveria causar a exaustão em um período menor que um minuto. Os procedimentos antecedentes a cada teste preditivo foram os mesmos realizados previamente às sessões de familiarização.

Durante os testes, os sujeitos foram solicitados a pedalarem a uma velocidade de ~28 km/h. A exaustão foi considerada quando o indivíduo não conseguia manter a velocidade pré-estabelecida por um período maior que cinco segundos. Foram realizados, a todo

o momento, encorajamentos verbais, e não foram fornecidas informações aos sujeitos sobre a intensidade das cargas impostas nos testes, ou sobre as respectivas durações esperadas. A imposição das cargas foi feita de forma randômica.

Para a determinação dos parâmetros, foram utilizadas as seguintes equações do modelo exponencial⁹ e de “inércia” aeróbia¹⁶:

$$\text{Potência} = PC_{\text{exponencial}} + (P_{\text{max}} - PC_{\text{exponencial}}) \times \exp^{(-\text{tempo}/\tau_{\text{exponencial}})} \quad (\text{Modelo Exponencial})$$

$$\text{Tempo} = CTA_{\text{inércia}} / \text{potência} - PC_{\text{inércia}} \times (1 - \exp^{(-\text{tempo}/\tau_{\text{inércia}})}) \quad (\text{Modelo de “Inércia” Aeróbia})$$

Sendo $\tau_{\text{exponencial}}$ e $\tau_{\text{inércia}}$ constantes de tempo das respectivas funções.

Testes preditivos com depleção prévia da CTA (CD)

Novamente, foram realizados 4-5 testes preditivos. No entanto, anteriormente aos testes, foi realizado um exercício prévio com duração de 180 s em uma intensidade que os sujeitos tolerariam 300 s, tendo como objetivo depletar parcialmente a CTA. Essa intensidade foi estimada por meio da equação hiperbólica da potência crítica de dois parâmetros¹⁴. Esse procedimento fez parte de outro estudo¹⁷. Após esse período, foram permitidos 30 s de recuperação passiva no próprio cicloergômetro e, subsequentemente, os sujeitos pedalaram até a exaustão contra as mesmas cargas utilizadas no protocolo SD. Apenas o tempo de tolerância ao esforço após a pausa de 30 s foi registrado para a realização das estimativas CD.

Tratamento estatístico

As estimativas dos parâmetros foram realizadas por meio de regressão não linear, utilizando as equações do modelo exponencial e de “inércia” aeróbia (SPSS 7.5 for Windows). O teste t de Student para amostras pareadas foi utilizado para comparar as estimativas de $CTA_{\text{inércia}}$, P_{max} , $\tau_{\text{inércia}}$ e $\tau_{\text{exponencial}}$ nas situações de testes SD e CD. A correlação produto-momento de Pearson foi utilizada para verificar a relação entre as estimativas de $PC_{\text{exponencial}}$ e $PC_{\text{inércia}}$ geradas nas mesmas situações (SD ou CD), e

entre os pares de variáveis obtidas nas duas situações experimentais. Para a comparação das PC estimadas pelas equações do modelo exponencial e de “inércia” aeróbia nas situações SD e CD, foi utilizada ANOVA two-way, e para a identificação das diferenças foi realizado o teste post hoc de Tukey. O nível de significância adotado foi de $P < 0,05$.

Resultados

Na situação SD, o tempo de tolerância ao esforço mais curto foi de 37 ± 7 s e para o mais longo foi 546 ± 92 s, sendo que em apenas um dos indivíduos o tempo de exaustão ultrapassou o limite superior pré-estabelecido de dez minutos, chegando próximo aos 14 min. Já as maiores e menores cargas utilizadas foram em média de 423 ± 58 W e 169 ± 55 W.

A $PC_{inércia}$ -SD não diferiu significativamente da $PC_{inércia}$ -CD ($P > 0,05$). Da mesma maneira, houve consistência em relação a $PC_{exponencial}$ -SD e a $PC_{exponencial}$ -CD. No entanto, foram verificadas diferenças significativas entre $PC_{inércia}$ -SD e $PC_{exponencial}$ -SD, e também entre $PC_{inércia}$ -CD e $PC_{exponencial}$ -CD, sendo que a $PC_{exponencial}$ foi maior em ambas as situações ($P < 0,01$). Em relação à $CTA_{inércia}$, os valores estimados na situação CD foram menores que em SD em torno de 30% ($P < 0,01$). Já em relação à P_{max} , não foi encontrada nenhuma diferença entre as estimativas ($P > 0,05$). Os valores da constante de tempo, representada pelo símbolo τ , foram menores em ambos os modelos na situação CD em relação à

SD ($P < 0,05$). Todos esses resultados estão apresentados na tabela 1.

A figura 1 demonstra o comportamento das hipérboles e curvas exponenciais nas situações experimentais, CD e SD, de um sujeito representativo da amostra. Verifica-se que tanto no modelo exponencial quanto no modelo de “inércia” aeróbia, houve uma alteração na constante de curvatura em CD das funções, demonstrando que em intensidades supra-PC o tempo de tolerância é significativamente alterado. No entanto, as assíntotas foram as mesmas, tanto no protocolo SD quanto CD, demonstrando a estabilidade das estimativas de PC. Pode-se verificar também que no modelo exponencial, as funções interceptam o mesmo ponto no eixo da potência, sugerindo não alteração da P_{max} .

As correlações entre as estimativas de PC estão ilustradas na figura 2. Foi verificada uma correlação significativa e alta quando analisada a relação entre a $PC_{inércia}$ -SD e $PC_{inércia}$ -CD ($r = 0,978$; $P < 0,01$). De maneira semelhante, foi observada em relação à $PC_{exponencial}$ -SD e $PC_{exponencial}$ -CD uma alta correlação ($r = 0,951$; $P < 0,01$). Apesar de terem sido encontradas diferenças significativas entre os valores estimados de $PC_{inércia}$ e $PC_{exponencial}$, foi observado que há também uma alta correlação entre estimativas realizadas a partir dos diferentes modelos, sendo que a correlação entre $PC_{inércia}$ -SD e $PC_{exponencial}$ -SD foi de $r = 0,989$ ($P < 0,01$), e entre $PC_{inércia}$ -CD e $PC_{exponencial}$ -CD o valor de r foi de $0,981$ ($P < 0,01$).

Tabela 1 – Valores de média $\pm$ desvio padrão para os parâmetros estimados pelos modelos de inércia e exponencial com seus respectivos erros padrões de estimativa (EPE) e coeficiente de determinação (R^2).

	$inércia$ -SD	$inércia$ -CD	$exponencial$ -SD	$exponencial$ -CD
PC (W)	$125,3 \pm 47,9$	$126,1 \pm 46,9$	$158,1 \pm 46,7^a$	$164,6 \pm 52,7^a$
EPE (W)	$29,3 \pm 24,1$	$36,6 \pm 35,5$	$7,0 \pm 5,8$	$16,4 \pm 22,5$
CTA (J)	24257 ± 6447	16586 ± 4243^b	-	-
EPE (J)	16333 ± 12800	13926 ± 12370	-	-
P_{max} (W)	-	-	$511,9 \pm 43,3$	$527,9 \pm 57,7$
EPE (W)	-	-	$11,3 \pm 9,2$	$31,6 \pm 36,4$
τ (s)	$84,5 \pm 50,4$	$66,6 \pm 41,8^c$	$144,4 \pm 55,0$	$86,6 \pm 28,8^d$
EPE (s)	$262,5 \pm 170,6$	$212,1 \pm 177,9$	$12,0 \pm 10,9$	$18,5 \pm 26,0$
R^2	$0,990 \pm 0,007$	$0,989 \pm 0,011$	$0,998 \pm 0,001$	$0,993 \pm 0,011$

^a Diferença significativa na estimativa da PC em relação ao modelo de “inércia” aeróbia ($P < 0,01$)

^b Diferença significativa na estimativa da CTA-SD com a CTA-CD ($P < 0,01$)

^c Diferença significativa na estimativa do $\tau_{inércia}$ -SD em relação ao $\tau_{inércia}$ -CD ($P < 0,05$)

^d Diferença significativa na estimativa do $\tau_{exponencial}$ -SD em relação ao $\tau_{exponencial}$ -CD ($P < 0,01$)

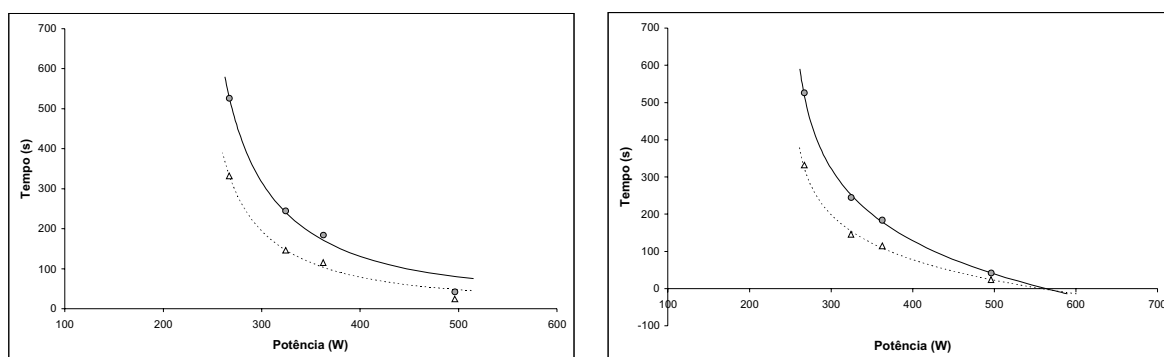


Figura 1 – Comportamento das curvas referentes ao modelo de inércia (esquerda) e exponencial (direita) nos protocolos SD (linha contínua e círculo) e CD (linha tracejada e triângulo).

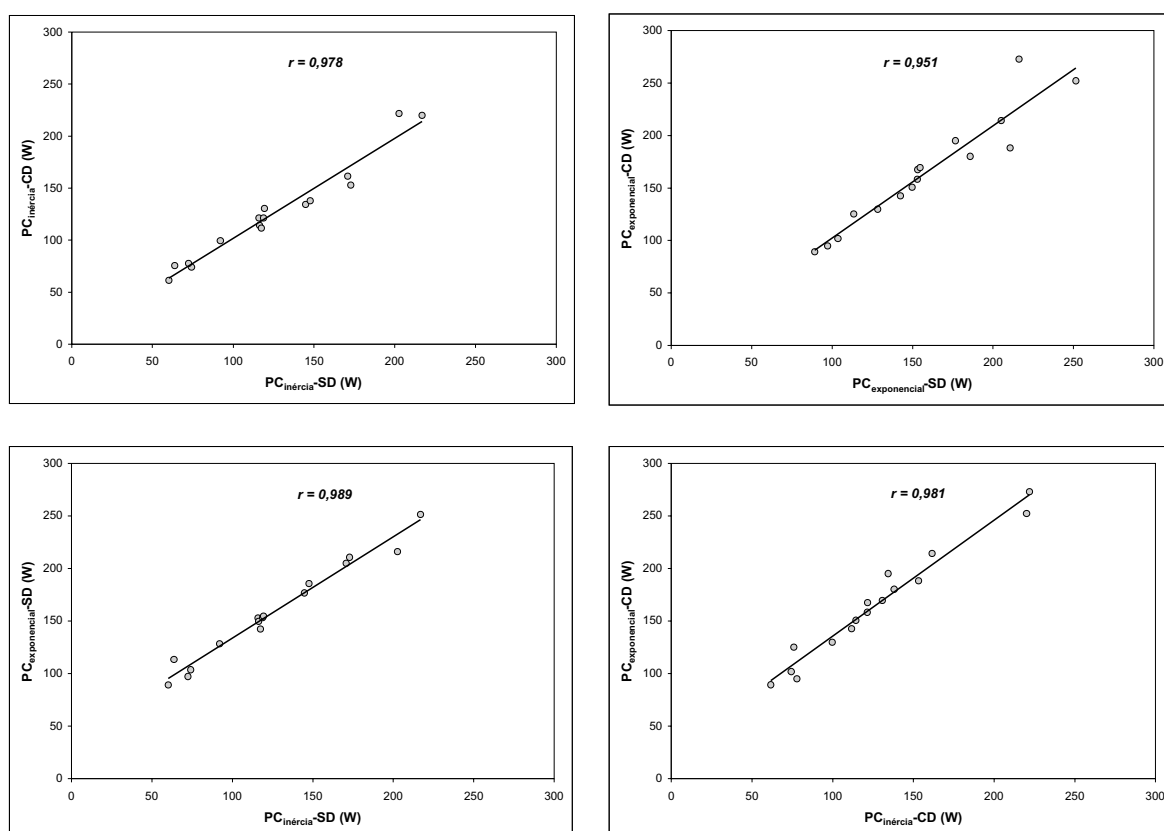


Figura 2 – Correlação entre as estimativas nos protocolos CD e SD da $PC_{inércia}$ e $PC_{exponencial}$ (quadros superiores), e entre a $PC_{inércia}$ e $PC_{exponencial}$ estimadas nas mesmas situações (quadros inferiores).

A relação da $CTA_{inércia}$ e da P_{max} em SD, quando verificados com os seus pares na situação CD, foi apenas moderada. Para a $CTA_{inércia}$ o valor de r foi de 0,768 ($P < 0,01$), e para a P_{max} foi de $r = 0,523$ ($P < 0,05$). Semelhantes correlações foram encontradas entre os valores de τ , sendo que para o modelo de “inércia” aeróbia a correlação foi de $r = 0,763$ ($P < 0,01$), e para o modelo exponencial de $r = 0,592$ ($P < 0,05$).

Discussão

No presente estudo, demonstrou-se estabilidade das medidas de PC provenientes do modelo exponencial⁹ e de “inércia” aeróbia¹⁶, em reposta a exercício prévio realizado no domínio severo (ou seja, supra-PC)⁴. Acreditamos que esse desenho experimental pode fornecer informações relevantes quanto à validade dos parâmetros

de modelos matemáticos similares ao de Monod e Scherrer¹⁴ (dois parâmetros), pois testa a coerência interna dos construtos após manipulação isolada da reserva anaeróbia. Em trabalho anterior¹⁷, demonstrou-se que o modelo de dois parâmetros respondeu de forma adequada a esse desenho.

A $PC_{\text{exponencial}}$ foi significativamente maior que $PC_{\text{inércia}}$, tanto na situação SD quanto em CD. Trabalhos têm demonstrado que a $PC_{\text{exponencial}}$ é maior^{1,2,3,8}, e a $PC_{\text{inércia}}$ menor¹⁶ que a $PC_{2\text{parametros}}$. Assim, assume-se que essas intensidades demarcam diferentes faixas de demanda fisiológica. Mesmo diferentes, pôde-se verificar uma alta correlação entre as estimativas de PC produzidas pelos modelos testados, tanto na situação SD ($r = 0,989$) quanto em CD ($r = 0,981$), demonstrando que ambos os modelos apresentam potencial para discriminação da capacidade aeróbia dos indivíduos.

De acordo com as expectativas iniciais, a $CTA_{\text{inércia}}$ na situação CD foi menor em relação a SD, sugerindo que o exercício prévio foi efetivo na indução de depleção parcial da $CTA_{\text{inércia}}$, mesmo permitindo-se os 30 s de pausa passiva. A correlação entre $CTA_{\text{inércia}}\text{-SD}$ e $CTA_{\text{inércia}}\text{-CD}$ foi apenas moderada ($r = 0,768$), provavelmente pela variação inter-individual na taxa de reposição da $CTA_{\text{inércia}}$ durante o período de 30 s.

Em trabalho recente de Heubert et al.⁷, testou-se a validade do modelo de potência crítica de dois parâmetros sob condições semelhantes às do presente estudo. Os autores verificaram que, após a imposição de um “tiro” prévio com duração de 7 s de alta intensidade, sem pausa, a estimativa da $PC_{2\text{parametros}}$ não era alterada, mesmo com redução do desempenho desencadeada pela utilização parcial da $CTA_{2\text{parametros}}$. Miura et al.¹³ realizaram um estudo com o propósito de verificar o efeito da depleção prévia de glicogênio muscular sobre a relação potência-tempo, evidenciando que a $PC_{2\text{parametros}}$ não era modificada, ao passo que a $CTA_{2\text{parametros}}$ sofria redução significativa. Esses achados são compatíveis com resultados encontrados neste estudo com a adoção dos modelos exponencial e de “inércia” aeróbia.

A variável $\tau_{\text{inércia}}\text{-SD}$ foi maior que $\tau_{\text{inércia}}\text{-CD}$ ($P < 0,05$). Estudos de Gurd et al.⁶ e Tordi et al.¹⁸ suportam a noção de que a cinética de VO_2 é mais rápida após

exercício severo prévio. No entanto, ainda não há possibilidade de se estabelecer relações simétricas entre $\tau_{\text{inércia}}$ e o τ dos ajustes cinéticos da curva de VO_2 . Em relação à $\tau_{\text{exponencial}}$, verificou-se que na situação SD essa variável foi maior do que em CD, devido ao fato do exercício prévio promover uma diminuição no tempo de tolerância ao exercício acima da intensidade da $PC_{\text{exponencial}}$, alterando conseqüentemente a curvatura da função exponencial. Esse achado reforça a afirmação de Gaesser et al.³, de que o $\tau_{\text{exponencial}}$ pode estar relacionado com a quantidade e/ou a taxa de depleção dos estoques anaeróbios. Apesar do τ representar uma constante de tempo em ambas equações, não foram realizadas comparações entre o $\tau_{\text{inércia}}$ e $\tau_{\text{exponencial}}$ por eles terem funções distintas de parametrização dentro das equações. Na equação do modelo de “inércia” aeróbia, o τ representa a constante de tempo para a estabilização do componente aeróbio ($PC_{\text{inércia}}$), e na equação do modelo exponencial representa a constante de tempo da curva formada entre $PC_{\text{exponencial}}$ e P_{max} .

Os valores da P_{max} não foram alterados na situação CD em relação à SD. No entanto, a correlação entre as situações foi apenas moderada. Esse resultado contrastou com nossa expectativa inicial. Nos estudos de Ledford e Branch¹¹, e McKenna et al.¹² foi observado que a potência de pico em “tiros” subseqüentes no cicloergômetro decresce ao longo da realização dos mesmos. Em adição, apesar dos achados de Hopkins et al.⁹ mostrarem correlação alta entre P_{max} e a potência pico no teste de Wingate, no estudo de Chatagnon et al.² não foi verificada relação significativa entre a P_{max} e a maior potência estimada pela relação força-velocidade.

Em nosso estudo, a maioria das cargas utilizadas induziu os sujeitos à exaustão em períodos de tempo superiores aos do estudo original de Hopkins et al.⁹. Em outras investigações, os períodos de tempo até a exaustão para estimativa dos parâmetros do modelo exponencial foram semelhantes, ou até superiores aos nossos^{1,2,3,8}. Apesar disso, Hopkins et al.⁹ admitem que não foram realizados testes com durações superiores a 180 s pelo fato dos sujeitos já terem realizado todos os outros testes, com durações inferiores, no mesmo dia. Além disso, foi sugerida a necessidade de estudos adicionais procurando estender as durações dos testes,

realizando-os em vários dias, buscando obter melhores ajustes aos pontos experimentais, por minimizar a fadiga residual decorrente de esforços acumulados no mesmo dia.

Há escassez de literatura relacionada ao modelo de “inércia” aeróbia e exponencial. Existe apenas um estudo na literatura sobre o modelo de potência crítica “inercial”¹⁶. Ainda não há trabalhos de validação dos parâmetros gerados pela equação; no entanto, foi verificado que o modelo provê estimativas de contribuição percentual aeróbia no exercício, compatíveis com a ampla faixa de durações apresentada por Gatin⁵. Quanto ao modelo exponencial, a maioria dos estudos tem se restringido a comparar as estimativas dos parâmetros produzidos com as de outros modelos^{1,8,10}. Outros estudos, como de Chatagnon et al.², demonstraram que a $PC_{\text{exponencial}}$ não é diferente ($P > 0,05$), e se correlaciona significativamente com o limiar ventilatório ($r = 0,86$). Em contraste com Chatagnon et al.², Gaesser et al.³ verificaram que a $PC_{\text{exponencial}}$ superestima a intensidade em que a ventilação-minuto não é alterada entre os 20 e 40 minutos de um teste retangular (limiar ventilatório de longo prazo), apesar se correlacionar moderadamente com esta intensidade ($r = 0,73$). Hill⁸ afirma que $PC_{\text{exponencial}}$ parece estar relacionada com a aptidão para atividades de média duração.

Dessa maneira, mais estudos devem ser realizados procurando verificar a validade e o significado fisiológico dos parâmetros estimados pelo modelo exponencial e de “inércia” aeróbia. Além disso, padronizações para a realização das estimativas devem ser estabelecidas. A validação destes índices pode levar à sua utilização em situações mais aplicadas de avaliação funcional e prescrição de exercícios.

Conclusões

Os resultados do presente estudo demonstraram que o exercício prévio no domínio severo⁴ foi efetivo na indução de depleção parcial da CTA, uma vez que a $CTA_{\text{inércia}}\text{-CD}$ foi menor que $CTA_{\text{inércia}}\text{-SD}$. Isso ocorreu a despeito da pausa de 30 s entre os esforços. Tanto $PC_{\text{inércia}}$ quanto $PC_{\text{exponencial}}$ permaneceram estáveis após depleção parcial prévia da CTA, sendo demonstrada uma alta correlação entre os pares de variáveis ($r = 0,978$ e $0,951$). Esses resultados mostram que os parâmetros aeróbios de ambos os modelos respondem de forma coerente ao desenho experimental proposto, na medida em que uma alteração na função aeróbia não era esperada após manipulação do componente anaeróbio. Com isso, novos elementos de validade aos modelos exponencial e de “inércia” aeróbia foram acrescentados.

Referências Bibliográficas

1. Bull AJ, Housh TJ, Johnson GO, Perry SR. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32:526-530.
2. Chatagnon M, Pouilly J-P, Thomas V, Busso T. Comparison between maximal power in the power-endurance relationship and maximal instantaneous power. *European Journal of Applied Physiology*. 2005; 94:711-717.
3. Gaesser GA, Carnevale TJ, Garfinkel A, Walter DO, Womack CJ. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1995; 27:1430-1438.
4. Gaesser GA, Poole D. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Sciences Review*. 1996; 24: 35-70.
5. Gatin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*. 2001; 31:725-241
6. Gurd BJ, Scheuermann BW, Paterson DH, Kowalchuk JM. Prior heavy-intensity exercise speeds $\dot{V}O_2$ kinetics during moderate-intensity exercise in young adults. *Journal of Applied Physiology*. 2005; 98:1371-1378.
7. Heubert RAP, Billat VL, Chassaing P, Bocquet V, Morton RH, Koralsztejn JP, di Prampero PE. Effect of a previous sprint on the parameters of work-time to exhaustion relationship in high intensity cycling. *International Journal of Sports Medicine*. 2005; 26:583-592.
8. Hill DW. The relationship between power and time to fatigue in cycle ergometer exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2004; 25:357-361.

9. Hopkins WG, Edmond IM, Hamilton BH, Macfarlane DJ, Ross BH. Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics*. 1989; 32:1565-1571.
10. Housh TJ, Cramer JT, Bull AJ, Johnson GO, Housh DJ. The effect of mathematical modeling on critical velocity. *European Journal of Applied Physiology*. 2001; 84: 469-475.
11. Ledford A, Branch JH. Creatine supplementation does not increase peak power production and work capacity during repetitive wingate testing in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 1999; 13:394-399.
12. McKenna MJ, Morton J, Selig SE, Snow RJ. Creatine supplementation increases muscle total creatine but not maximal intermittent exercise performance. *Journal of Applied Physiology*. 1999; 87:2244-2252.
13. Miura A, Sato H, Sato H, Whipp BJ, Fukuba Y. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. *Ergonomics*. 2000; 46:133-141.
14. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*. 1965; 8: 329-338.
15. Morton RH, Hodgson DJ. The relationship between power output and endurance: a brief review. *European Journal of Applied Physiology*. 1996; 73: 491-502
16. Nakamura FY, Borges TO, Voltarelli FA, Gobbo LA, Koslowiski AA, Pereira PCF, Kokubun E. Inclusão de termo de “inércia” aeróbia no modelo de velocidade crítica aplicado à canoagem. *Revista da Educação Física/UEM*. 2005; 16:13-19.
17. Okuno NM. *Estimativa da potência crítica com a utilização prévia parcial da capacidade de trabalho anaeróbio*. Londrina; 2005. [Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Londrina].
18. Tordi N, Perrey S, Harvey A, Hughson RL. Oxygen uptake kinetics during two bouts of heavy cycling separated by fatiguing sprint exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2003; 94:533-541.
19. Vandewalle H, Vautier JF, Kachouri M, Le Chevalier JM, Monod H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept. A critical review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1997; 37:89-102.