



REPRODUTIBILIDADE DOS PARÂMETROS DO MODELO DE POTÊNCIA CRÍTICA EM CICLOERGÔMETRO

Fábio Yuzo Nakamura ¹

Nilo Massaru Okuno ¹

Lúcio Flávio Soares Caldeira ¹

Luiz Augusto Buoro Perandini ¹

Daniel Müller Hirai ¹

Patrícia Chimin ¹

¹ Universidade Estadual de Londrina – Brasil

Resumo: O presente estudo verificou indicadores de reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica (PC) em cicloergômetro. Participaram do estudo 20 jovens do sexo masculino. A PC e a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) foram estimadas a partir de quatro testes preditivos (TP-1). Após TP-1, as potências foram aleatoriamente apresentadas (TP-2) para o cálculo de reprodutibilidade. Análise de variância foi utilizada para comparar as medidas. O coeficiente de correlação intraclass (CCI) foi utilizado para verificar a reprodutibilidade dos pares de valores. Não foram encontradas diferenças nas estimativas de PC e CTA em TP-1 e TP-2 ($P > 0,05$). Os valores do CCI mostram que a PC estimada apresenta elevada reprodutibilidade, enquanto que a CTA não apresenta o mesmo comportamento.

Palavras-chave: potência crítica; capacidade de trabalho anaeróbio; reprodutibilidade.

REPRODUTIBILITY OF CRITICAL POWER MODEL PARAMETERS IN CYCLE ERGOMETER

Abstract: The present study verified the reliability indices of critical power model parameters (CP) in cycle ergometer. Twenty male volunteers participated in the study. The CP and anaerobic work capacity (AWC) were estimated from four predictive tests results (PT-1). After PT-1, the same work rates were randomly performed (PT-2) for reliability coefficient indices calculation. Analysis of variance was used to compare the respective estimates. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to verify the reliability of pairs of estimates. There were no significant differences among CP and AWC values when using the same equation in PT-1 and PT-2 ($P > 0.05$). The ICC values showed that the CP estimate presents high reliability, while AWC does not present the same pattern.

Keywords: critical power; anaerobic work capacity; reliability

INTRODUÇÃO

Na literatura, existem muitos métodos descritos para a avaliação da capacidade aeróbia (JONES e CARTER, 2000) e anaeróbia (VANDEWALLE et al., 1987), as quais fornecem suporte energético para a realização de exercícios em diferentes intensidades. No entanto, a maior parte deles envolve procedimentos invasivos e equipamentos de alto custo financeiro. Dessa forma, visando principalmente às aplicações práticas, alguns estudos têm sido conduzidos para que métodos mais simples e de menor custo possam ser implementados.

O modelo de potência crítica, proposto inicialmente para exercícios monoarticulares por Monod e Scherrer (1965), e estendido para o cicloergômetro por Moritani et al. (MORITANI et al., 1981), tem sido amplamente investigado como um método não invasivo. Os estudos têm se concentrado em: (a) elucidar o significado fisiológico dos parâmetros potência crítica (PC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) (NAKAMURA et al., 2005; PAPOTI et al., 2005; SILVA et al., 2006; HAYNE et al., 2006; NAKAMURA et al., 2006), (b) verificar efeitos do treinamento aeróbio e anaeróbio sobre os parâmetros (KOKUBUN, 1996; DENADAI et al., 2003; NAKAMURA et al., 2006), (c) prever o desempenho em modalidades esportivas de média e longa duração (NAKAMURA et al., 2005; PERANDINI et al., 2006; MELLO e FRANCHINI, 2006; BOSQUET et al., 2006; GAMELIN et al., 2006), e (d) bem como utilizar o modelo para aplicações clínicas (NEDER et al., 2000; MALAGUTI et al., 2006).

Porém, estudo de Taylor e Batterham (TAYLOR e BATTERHAM, 2002) apontou indicadores relativamente baixos de reprodutibilidade dos parâmetros PC e CTA, obtidos a partir da relação linear entre potência e o inverso do tempo de exercício até a exaustão (t_{lim}), em cicloergômetro para membros superiores. A baixa reprodutibilidade foi creditada às variações entre teste e reteste das durações dos cinco testes preditivos utilizados para a estimativa dos parâmetros. Esse resultado pode potencialmente comprometer a validade da PC e CTA em determinar os efeitos de diferentes intervenções, sobretudo longitudinais, uma vez que envolvem a repetição dos testes e interpretação das mudanças (por exemplo, suplementação dietética e/ou treinamento).

Estudos prévios (GAESSER e WILSON, 1988; GULLET et al., 1988; SMITH e HILL, 1993) sobre a reprodutibilidade da PC e CTA em cicloergômetro de membros inferiores têm, assim como o estudo de Taylor e Batterham (2002), investigado isoladamente apenas uma das três equações do modelo de potência crítica. Isso faz com que os resultados não possam ser diretamente comparados. Além disso, há desconhecimento sobre qual equação apresenta melhores indicadores de reprodutibilidade quando da estimativa dos parâmetros.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi verificar os indicadores de reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica em cicloergômetro para membros inferiores, uma vez que a maioria dos estudos na literatura e em nosso laboratório tem sido conduzida com essa forma de exercício. Este estudo difere de trabalhos anteriormente descritos sobre o tema (TAYLOR e BATTERHAM, 2002; GAESSER e WILSON, 1988; GULLET et al., 1988; SMITH e HILL, 1993) em função dos procedimentos estatísticos utilizados para investigar a reprodutibilidade da PC e CTA, e pelo fato das três equações terem sido testadas simultaneamente.

MÉTODOS

SUJEITOS

Fizeram parte da amostra 20 indivíduos jovens, não atletas, do sexo masculino (idade: $22,9 \pm 3,5$ anos; massa corporal: $77,2 \pm 11,0$ kg; estatura: $176,5 \pm 5,6$ cm). Após serem informados sobre os riscos e benefícios associados à participação no estudo, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Os procedimentos utilizados foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, em acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

FAMILIARIZAÇÃO

Foi utilizado para as sessões de familiarização e para os testes preditivos um cicloergômetro com resistência mecânica (Monark 814E). A altura do selim foi ajustada individualmente para permitir que os joelhos atingissem extensão quase completa durante cada revolução do pedal. Essa configuração foi registrada para que pudesse ser reproduzida durante todo o estudo. Os pés dos sujeitos foram fixados ao pedal. Em dias diferentes, os participantes realizaram duas sessões de exercício com potência fixa até a exaustão. O intervalo mínimo entre elas era de 24 horas. As intensidades foram escolhidas empiricamente de modo que a exaustão ocorresse em menos de 15 minutos. As sessões de familiarização foram precedidas por aquecimento sem carga seguido de recuperação passiva, ambos com duração de cinco minutos.

O objetivo das sessões de familiarização era permitir que os participantes se habituassem com o esforço severo a ser realizado durante os testes preditivos. Além disso, seus resultados foram utilizados para orientar a escolha das potências dos testes preditivos. Portanto, os resultados obtidos nessa fase do estudo não foram aproveitados diretamente para as análises.

TESTES PREDITIVOS

Foram realizados quatro testes preditivos para a estimativa da PC e CTA (TP-1), em dias diferentes, com no mínimo 24 horas de intervalo entre eles. As cargas impostas deveriam induzir o indivíduo à exaustão entre 1-15 min. Após o término de TP-1, as mesmas potências foram aleatoriamente apresentadas em uma segunda seqüência de testes preditivos (TP-2), novamente em dias diferentes, para que os indicadores de reprodutibilidade pudessem ser calculados. Todos os testes foram precedidos por aquecimento sem carga seguido de recuperação passiva, ambos com duração de cinco minutos. Foi solicitado que os participantes não realizassem esforços vigorosos nas 24 horas que antecediam cada teste. Eles foram instruídos a se manterem em jejum por três horas antes dos testes, e a não ingerirem bebidas alcoólicas nas últimas 24 horas. Os testes ocorreram aproximadamente no mesmo horário do dia, para evitar as influências das variações circadianas sobre o desempenho físico. Todos os procedimentos deste estudo foram conduzidos em período inferior a quatro semanas, para cada participante.

A velocidade de rotação do pedal foi fixada em $\sim 28 \text{ km.h}^{-1}$ ($\sim 78 \text{ rpm}$). A exaustão foi considerada como incapacidade de manutenção da velocidade-alvo por período superior a cinco segundos, a despeito do incentivo verbal por parte dos avaliadores. O tempo até a exaustão (t_{lim}) foi registrado com precisão de segundos.

Os participantes não foram informados acerca da potência contra a qual eles pedalavam, tampouco com relação à duração esperada de cada teste preditivo. Os resultados de potência, t_{lim} e trabalho mecânico de cada participante em TP-1 e TP-2 foram ajustados às seguintes equações:

$T_{lim} = CTA / (P - PC)$	(Não-linear P-t)
Trabalho = $CTA + PC * t_{lim}$	(Linear T-t)
Potência = $PC + CTA / t_{lim}$	(Linear P-I/t)

Onde P refere-se à potência mecânica dos testes preditivos. As estimativas de PC e CTA foram realizadas por meio de regressões lineares e não lineares.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão, a não ser quando se especificou outra análise descritiva. Análise de variância foi utilizada para comparar as seis medidas de PC e de CTA, bem como os coeficientes de determinação (R^2) associados ao ajuste dos desempenhos às equações do modelo de potência crítica, obtidos em TP-1 e TP-2. Foi aplicado o teste de esfericidade de Mauchly e, quando violado, foram realizadas as correções por meio do teste de Greenhouse-Geisser. Caso o valor de F fosse significativo, a análise era complementada por meio do teste de Bonferroni para identificação das diferenças. Para verificar a reprodutibilidade dos pares de valores de PC e CTA obtidos a partir da mesma equação foi utilizado coeficiente de correlação intraclassa (CCI 95% IC). Além disso, foram calculados também os valores absolutos e relativos do viés e limites de concordância (BLAND e ALTMAN, 1986) das comparações entre os pares de valores de PC e CTA. O nível de significância das análises foi fixado em 5%. Os dados foram tratados utilizando-se o programa SPSS for Windows, versão 13.0, e MedCalc, versão 9.2.1.0.

RESULTADOS

As potências médias dos testes mais longo e mais curto para a estimativa da PC e CTA durante TP-1 e TP-2 foram de 229 ± 30 W e 329 ± 31 W, respectivamente. As durações foram de 558 ± 100 s e 142 ± 36 s. Em TP-2, as respectivas durações dos testes mais longo e mais curto foram de 614 ± 125 s e 147 ± 29 s.

Na tabela 1, estão listadas as médias das estimativas de PC e CTA, bem como o R^2 , tanto em TP-1 quanto em TP-2. Foram observadas diferenças significantes entre algumas das estimativas de PC obtidas a partir de diferentes equações ($P < 0,05$). No entanto, utilizando-se a mesma equação em TP-1 e TP-2, nenhuma diferença foi encontrada ($P > 0,05$). Não foram detectadas diferenças entre quaisquer das estimativas de CTA ($P > 0,05$). Em relação ao R^2 , optamos por discriminar na tabela apenas possíveis diferenças entre TP-1 e TP-2, utilizando-se a mesma equação. A equação linear P-I/t mostrou-se mais bem ajustada aos resultados dos testes em TP-2 quando comparada a TP-1 ($P < 0,05$).

TABELA I

Média ± desvio padrão das estimativas de PC e CTA, e coeficiente de determinação (R^2) associado ao ajuste das equações aos resultados dos testes preditivos, estimados a partir das equações não linear P-t, e lineares T-t e P-I/t, em TP-1 e TP-2.

	TP-1	TP-2
$PC_{\text{não linear P-t}}$ (W)	189 ± 33 *	194 ± 36
$PC_{\text{linear T-t}}$ (W)	196 ± 26 [#]	197 ± 33
$PC_{\text{linear P-I/t}}$ (W)	203 ± 20	199 ± 31
$CTA_{\text{não linear P-t}}$ (J)	22896 ± 5161	21366 ± 5802
$CTA_{\text{linear T-t}}$ (J)	20139 ± 4886	20201 ± 3792
$CTA_{\text{linear P-I/t}}$ (J)	18356 ± 6094	19356 ± 4086
$R^2_{\text{não linear P-t}}$	0,961 ± 0,033	0,980 ± 0,020
$R^2_{\text{linear T-t}}$	0,992 ± 0,087	0,997 ± 0,043
$R^2_{\text{linear P-I/t}}$	0,948 ± 0,333 ^{&}	0,972 ± 0,254

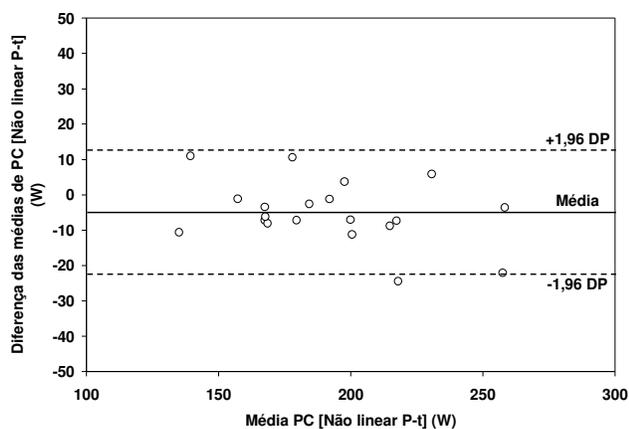
* diferente de $PC_{\text{linear T-t}}$ obtidos em TP-1 e TP-2 e $PC_{\text{linear P-I/t}}$ obtido em TP-1 ($P < 0,05$).

[#] diferente de e $PC_{\text{linear P-I/t}}$ obtido em TP-1 ($P < 0,05$).

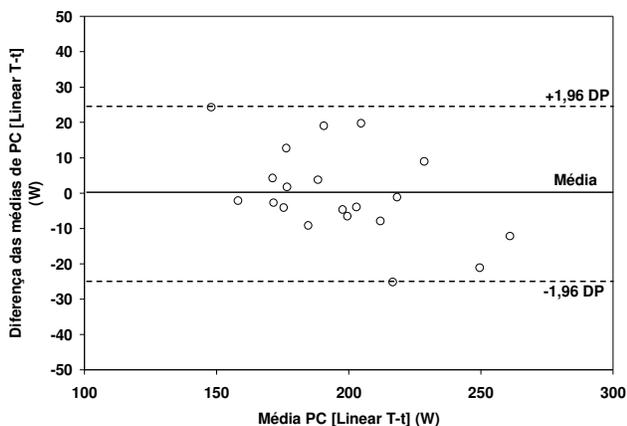
[&] diferença entre TP-1 e TP-2 ($P < 0,05$).

Na figura 1, estão apresentados os valores absolutos de viés e limites de concordância (IC 95%) das estimativas de PC, obtidas a partir de TP-1 e TP-2, utilizando-se a mesma equação nos dois momentos.

IA



IB



IC

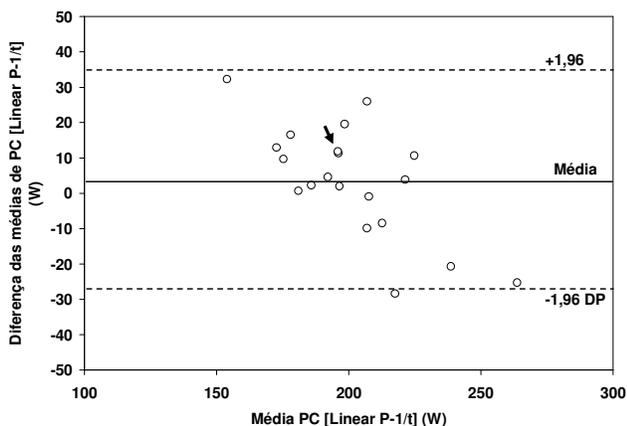
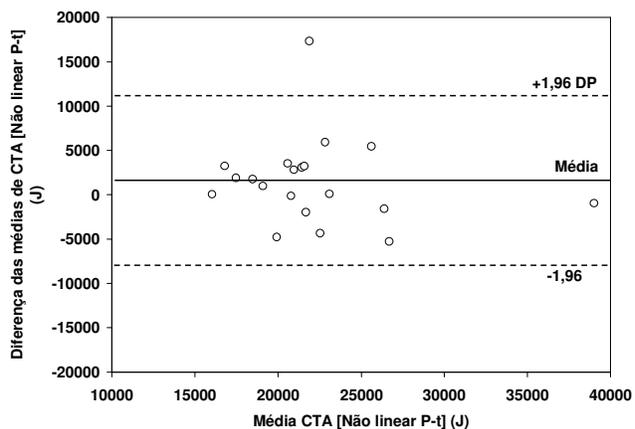


Figura 1 – Plotagem do viés (média das diferenças) e limites de concordância ($\pm 1,96$ IC95%) entre as estimativas de PC obtidas pelas equações não linear P-t (IA), linear T-t (IB), e linear P-1/t (IC), de acordo com os procedimentos de Bland e Altman.

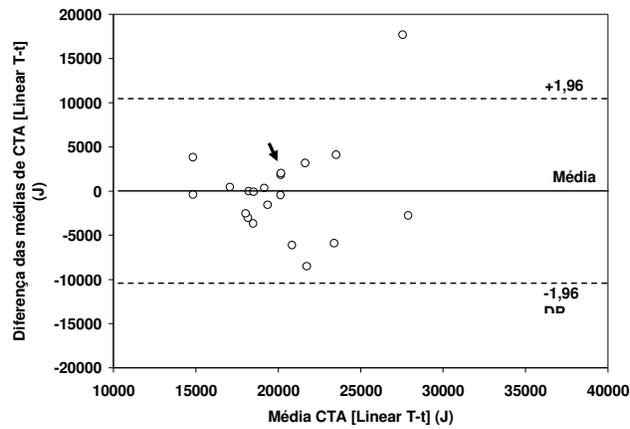
Nota: A seta representa sobreposição de dois sujeitos.

Já na figura 2, estão apresentados os valores absolutos de viés e limites de concordância (IC 95%) das estimativas de CTA, obtidas a partir de TP-1 e TP-2, utilizando-se a mesma equação nos dois momentos.

2



21



21

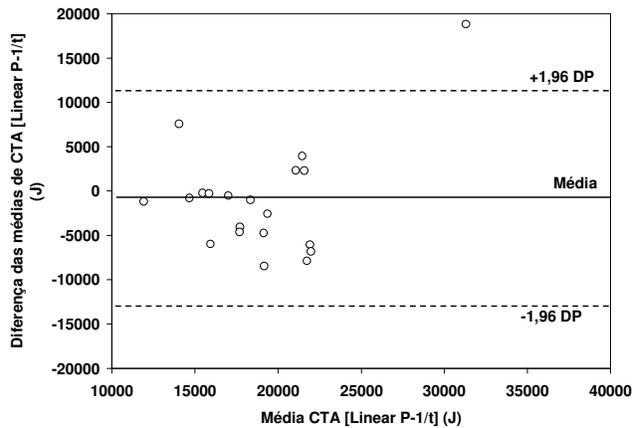


Figura 2 – Plotagem do viés (média das diferenças) e limites de concordância ($\pm 1,96$ IC95%) entre as estimativas de CTA obtidas pelas equações não linear P-t (2A), linear T-t (2B), e linear P-1/t (2C), de acordo com os procedimentos de Bland e Altman.

Nota: A seta representa sobreposição de dois sujeitos.

Na tabela 2, encontram-se os CCI das estimativas de PC e CTA, a partir dos resultados obtidos em TP-1 e TP-2. Pode-se observar que esses índices são maiores para a PC do que para a CTA, e que para ambos os parâmetros há uma tendência de não linear P-t > linear T-t e linear P-1/t. A plotagem de Bland-Altman confirmou essas observações, uma vez que as diferenças médias entre TP-1 e TP-2 em termos relativos tenderam a ser menores para PC do que para CTA, e os limites de concordância foram claramente mais estreitos para PC em comparação com CTA.

TABELA 2

Coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e parâmetros fornecidos pela plotagem de Bland-Altman em valores relativos para a PC e CTA estimadas a partir das equações não linear P-t, e lineares T-t e P-I/t, entre TP-1 e TP-2.

	CCI (95% IC)	Média das diferenças (95% IC) em valores relativos	Limites de concordância (95% IC) em valores relativos
PC _{não linear P-t}	0,96 (0,90-0,98)	0,98 (0,96 < DR < 1,00)	0,89 < DR < 1,07
PC _{linear T-t}	0,91 (0,79-0,96)	1,00 (0,97 < DR < 1,04)	0,87 < DR < 1,14
PC _{linear P-I/t}	0,81 (0,59-0,92)	1,03 (0,99 < DR < 1,07)	0,86 < DR < 1,19
CTA _{não linear P-t}	0,59 (0,22-0,81)	1,11 (0,96 < DR < 1,26)	0,49 < DR < 1,74
CTA _{linear T-t}	0,27 (-0,17-0,63)	1,02 (0,89 < DR < 1,14)	0,49 < DR < 1,54
CTA _{linear P-I/t}	0,29 (-0,16-0,64)	0,98 (0,82 < DR < 1,13)	0,34 < DR < 1,61

DR – diferença real

DISCUSSÃO

Estudos anteriores já haviam sido conduzidos com o objetivo de determinar a reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica em cicloergômetro de membros inferiores. No estudo de Gaesser e Wilson (1988), foram reportados os valores de R^2 , como forma de quantificar o índice de reprodutibilidade teste-reteste, para a PC (0,92) e CTA (0,62). A equação utilizada para estimar os parâmetros foi a linear P-I/t. Já nos estudos de Nebelsick-Gullet et al. (1988) e Smith e Hill (1993), foram reportados os valores de correlação bivariada (Pearson) entre as condições de teste e reteste. Para Nebelsick-Gullet et al. (1988), o índice de reprodutibilidade da PC foi de 0,94 e da CTA foi de 0,87, não sendo encontradas diferenças significantes entre as estimativas dos parâmetros fornecidas pelas baterias de testes. Nebelsick-Gullet et al. (1988) adotaram a equação linear T-t. Já para Smith e Hill (1993), que adotaram a equação não linear P-t, as correlações entre as estimativas de PC para mulheres e homens foram de 0,90 e 0,92, respectivamente. Por outro lado, a reprodutibilidade da CTA foi relativamente baixa entre as mulheres ($r = 0,64$) e moderada entre os homens ($r = 0,80$). Além disso, a PC foi 5-6% maior na segunda bateria de testes, quando comparada à primeira, em ambos os gêneros. Essa diferença foi significativa ($P = 0,002$). Taylor e Batterham (2002) reportaram valores de $R^2 = 0,88$ e $R^2 = 0,358$, para a PC e CTA, utilizando a equação linear P-I/t em desempenhos repetidos em cicloergômetro de membros superiores. Em adição, foi adotada também a plotagem de Bland-Altman para verificação da dispersão das diferenças entre as baterias de testes preditivos.

Constata-se que as equações vêm sendo utilizadas indistintamente nas investigações que incluem os índices de reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica, e que não há uniformidade no tratamento estatístico utilizado. Em uma revisão sobre os procedimentos estatísticos utilizados na literatura, Atkinson e Nevill (1998) recomendaram a utilização dos limites de concordância de Bland-Altman nos estudos de reprodutibilidade de medidas de desempenho na área de Medicina do Esporte.

Neste estudo, não foram detectados vieses significantes (pela ANOVA) entre as estimativas fornecidas pela aplicação do modelo de potência crítica, para PC e CTA, em uma situação de teste-reteste, em jovens testados em cicloergômetro de membros inferiores. Em adição, corroborando a literatura já citada, o índice de reprodutibilidade da PC pelo CCI foi alto para a estimativa feita a partir da equação não linear P-t (0,96) e linear T-t (0,91), e boa para a equação linear P-l/t (0,81). Esses resultados mostram que a reprodutibilidade da estimativa de PC depende da equação utilizada. Isso ocorre porque os procedimentos matemáticos de regressão (linear e não linear) utilizados atribuem diferentes “pesos” para os resultados de cada teste, dependendo de sua duração e também de quais variáveis (potência, trabalho ou tempo) são inseridas, e de suas respectivas alocações como variáveis dependentes ou independentes nas três equações adotadas neste estudo.

Em termos relativos, a variação da PC estimada a partir da equação não linear P-t sugere que para 95% dos casos de sujeitos testados, as diferenças individuais entre as estimativas repetidas podem variar entre 0,89 (-22,53 W) e 1,07 (12,49 W) vez em torno da média. Já para as equações lineares, essa variação está compreendida entre 0,87 (-25,31 W) e 1,14 (24,71 W), e 0,86 (-27,78 W) e 1,19 (34,88 W), para T-t e P-l/t, respectivamente. Dessa forma, não só os valores de CCI são menores para as estimativas de PC derivadas das equações lineares, como também os intervalos de possíveis diferenças individuais pela plotagem de Bland-Altman são maiores. Das equações lineares, a P-l/t é a que apresenta piores indicadores de reprodutibilidade. Dessa forma, a partir dos resultados deste estudo, recomenda-se a utilização da equação não linear P-t em trabalhos realizados em cicloergômetro, seja para determinação da reprodutibilidade, como também de respostas da PC frente a intervenções como treinamento, suplementação dietética, entre outras.

Taylor e Batterham (2002), que encontraram níveis relativamente baixos de reprodutibilidade da PC para membros superiores, a partir da plotagem de Bland-Altman, utilizaram-se da equação linear P-l/t. Os limites de concordância dos resultados entre duas baterias de testes foram compreendidos entre -15 W e 17 W, para uma PC média de 95 W. É provável que se os autores tivessem optado pelas outras equações, os resultados poderiam ter sido mais favoráveis. Infelizmente, esses dados não foram apresentados. Taylor e Batterham (2002) atribuem seus resultados à variabilidade relativamente grande nos desempenhos durante os testes preditivos.

De fato, acredita-se que essa seja a maior fonte de variação entre duas ou mais baterias de testes consecutivos. Ao investigarem a reprodutibilidade do tempo na intensidade de $VO_{2,max}$ em ciclistas treinados, Laursen et al. (2003) mostraram que a variação absoluta do tempo (pelos limites de concordância) era de aproximadamente -40 s a 60 s, para uma duração média de teste de 241 s. Ou seja, os desempenhos poderiam variar entre 201 s até 301 s. Além disso, o desempenho no segundo teste (245 s) era significativamente maior ($P = 0,047$) do que no primeiro (237 s). Esses resultados mostram o potencial efeito da variação de desempenho entre testes com mesma intensidade sobre modelos teóricos que dependem da relação entre intensidade e duração máxima de esforço, como é o caso do modelo de potência crítica.

Existem evidências de que tarefas fechadas (com trabalho ou tempo fixos, por exemplo) podem resultar em menores níveis de variação de desempenho, quando comparadas a tarefas abertas (testes com medida de tempo até a exaustão) (HOPKINS et al., 2001). Se isso se confirmar em estudos futuros, os testes preditivos do modelo de potência crítica deveriam ser padronizados para terem meta fixa, e estratégia de potência variável. No entanto, são poucos os ergômetros no momento que permitem essa opção. Porém, testes de pista para corredores, com distâncias fixas, podem mostrar-se atrativos com relação à reprodutibilidade dos desempenhos e na estimativa dos parâmetros. Além disso, a familiarização parece ser importante para que os sujeitos apresentem de fato o desempenho máximo nos testes preditivos. Isso pode evitar diferenças sistemáticas nos parâmetros entre as baterias, conforme ocorreu no estudo de Smith e Hill (1993), por exemplo.

No formato de tarefas abertas, os testes preditivos TP-1 e TP-2 resultaram em medidas com baixa reprodutibilidade da CTA. A partir do CCI, todas as estimativas de CTA apresentaram índices inaceitáveis (0,27-0,59). Além disso, as variações

entre teste e reteste estimadas a partir dos limites de concordância da plotagem de Bland-Altman foram muito altas, tanto para a CTA obtida pela equação não linear P-t, que foi de 0,49 (-8059 J) a 1,74 (11118 J) vez em torno da média, quanto para as equações lineares, variando entre 0,49 (-10567 J) a 1,54 (10441 J) para T-t, e 0,34 (-13237) e 1,61 (11238 J) para P-l/t.

Existem explicações matemáticas para essa diferença entre PC e CTA. Simulações mostram que variações relativamente grandes no desempenho de um ou mais testes preditivos levam a modificações muito sensíveis na PC (KACHOURI et al., 1996). Em alguns casos, se as variações forem sistemáticas (por exemplo: alteração de - 15 s do tlim para todos os testes na segunda bateria), a PC permanece invariável, ao passo que a CTA se altera de forma significativa. Esses artefatos fazem com que a CTA apresente maiores problemas de estabilidade em testes seguidos.

A baixa reprodutibilidade da CTA talvez explique em parte as correlações apenas moderadas entre esse parâmetro e outros indicadores de capacidade anaeróbia, como o desempenho em teste de Wingate (VANDEWALLE et al., 1989) e, em alguns casos, com o máximo déficit acumulado de oxigênio (MIURA et al., 2002). Dessa forma, a partir dos resultados do presente estudo, nenhuma das equações do modelo de potência crítica é recomendada para a estimativa confiável da CTA, dada a sua baixa consistência de uma sessão para outra de testes. Essa baixa reprodutibilidade não pode ser creditada aos ajustes dos dados experimentais às equações, pois os R^2 foram todos bastante elevados. Houve uma tendência de que em TP-2 o R^2 fosse maior, tendo diferença significativa somente para a equação linear P-l/t. Dessa forma, parece que os participantes apresentam desempenhos mais próximos às curvas de melhor ajuste das equações na segunda bateria de testes. Isso pode ser creditado à maior familiarização aos testes preditivos, mesmo na ausência de alteração do valor médio dos parâmetros.

Este estudo teve como participantes apenas indivíduos jovens do sexo masculino, o que limita a generalização dos resultados para outras populações. Dessa forma, a reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica deve ainda ser estabelecida para idosos, crianças, mulheres, saudáveis ou não, entre outros. Além disso, outras formas de exercício, como a corrida em esteira e em pista, também não foram avaliadas neste estudo. Elas merecem, portanto, trabalhos futuros, sobretudo por permitirem a comparação entre tarefas fechadas e abertas.

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo demonstram que a PC estimada em duas baterias de testes preditivos apresenta elevada reprodutibilidade, pois não apresenta diferença média significativa (viés), apresenta alto CCI (0,81-0,96), e os intervalos de confiança das diferenças individuais pela plotagem de Bland-Altman sugerem que a variabilidade é relativamente baixa. No entanto, a reprodutibilidade da PC é dependente da equação adotada e, ordenadas de forma decrescente, podem ser expressas da seguinte forma: não linear P-t > linear T-t > linear P-l/t. Os indicadores de reprodutibilidade da CTA mostraram-se precários. Portanto, esse parâmetro deve ser utilizado com cautela em estudos de intervenção, uma vez que as interpretações de possíveis mudanças, associadas ao treinamento, por exemplo, podem estar comprometidas pela baixa estabilidade da medida.

REFERÊNCIAS

- ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, n. 26, p. 217-238, 1998.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, v. 8, n. 1, p. 307-310, 1986.

- BOSQUET, L.; DUCHENE, A.; LECOT, F.; DUPONT, G.; LEGER, L. Vmax estimate from three-parameter critical velocity models: validity and impact on 800 m running performance prediction. *European Journal of Applied Physiology*, n. 97, p. 34-42, 2006.
- DENADAI, B. S.; ORTIZ, M. J.; STELLA, S.; MELLO, M. T. Validade da velocidade crítica para a determinação dos efeitos do treinamento no limiar anaeróbio em corredores de endurance. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, n. 3, p. 16-23, 2003.
- GAESSER, G.A.; WILSON, L. A. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, n. 9, p. 417-421, 1988.
- GAMELIN, F. X.; COQUART, J. M.; FERRARI, N.; VODOUGNON, H.; MATRAN, R.; LEGER, L., BOSQUET, L. Prediction of one-hour running performance using constant duration tests. *Journal of Strength Conditioning Research*, n. 20, p. 735-739, 2006.
- HOPKINS, W. G.; SCHABORT, E. J.; HAWLEY, J. A. Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, v. 31, n. 3, p. 211-234, 2001.
- HYANE, W. C.; SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G. Velocidade crítica como um método não invasivo para estimar a velocidade de lactato mínimo no ciclismo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, n. 12, p. 381-385, 2006.
- JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, n. 29, p. 373-386, 2000.
- KACHOURI, M.; VANDEWALLE, H.; BILLAT, V.; HUET, M.; THOMAIDIS, M.; JOUSSELIN, E. Critical velocity of continuous and intermittent running exercise. An example of the limits of the critical power concept. *European Journal of Applied Physiology*, n. 73, p. 484-487, 1996.
- KOKUBUN, E. Velocidade crítica com estimador do limiar anaeróbio na natação. *Revista Paulista de Educação Física*, n.10, p.5-20, 1996.
- LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; JENKINS, D. G. Reproducibility of the cycling time to exhaustion at VO_2 peak in highly trained cyclists. *Canadian Journal of Applied Physiology*, n. 28, p. 605-615, 2003.
- MALAGUTI, C.; NERY, L. E.; DAL CORSO, S.; DE FUCCIO, M. B.; LERARIO, M. C.; CENDON, S. Alternative strategies for exercise critical power estimation in patients with COPD. *European Journal of Applied Physiology*, n. 96, p. 56-65, 2006.
- MELLO, F. C.; FRANCHINI, E. Velocidade crítica, concentração de lactato sanguíneo e desempenho no remo. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, n. 7, p. 14-19, 2006.
- MIURA, A.; ENDO, M.; SATO, H.; SATO, H.; BARSTOW, T. J.; FUKUBA, Y. Relationship between the curvature constant parameter of the power-duration curve and muscle cross-sectional area of the thigh for cycle ergometry in humans. *European Journal of Applied Physiology*, n. 87, p. 238-244, 2002.
- MORITANI, T.; NAGATA, A.; DEVIRE, H. A.; MURO, M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, n. 24, p. 339-350, 1981.
- MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, n. 8, p. 329-338, 1965.
- NAKAMURA F. Y.; BORGES, T. O.; BRUNETTO, A. F.; FRANCHINI, E. Correlação entre os parâmetros do modelo de potência crítica no cicloergômetro de membros superiores e no caiaque. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, n. 13, p. 41-48, 2005.
- NAKAMURA, F.Y.; BRUNETTO, A. F.; HIRAI, D. M.; ROSEGUINI, B. T.; KOKUBUN, E. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, n. 11, p.197-202, 2005.

NAKAMURA, F. Y.; CYRINO, E. S.; BORGES, T. O.; OKANO, A. H.; MELO, J. C.; FONTES, E. B. Variação dos parâmetros do modelo de potência crítica em resposta a treinamento de canoagem. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, n. 8, p. 5-12, 2006.

NAKAMURA, F.Y.; BORGES, T.O.; VOLTARELLI, F. A.; GOBBO, L. A., KOSLOWISKI, A. A.; MELLO, M. A. R. Perfil fisiológico de canoístas do sexo feminino de alto nível competitivo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, n. 6, p. 329-335, 2006.

NEBELSICK-GULLET, L. J.; HOUSH, T. J.; JOHNSON, G. O.; BAUGE, S. M. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics*, n. 31, p. 1413-1419, 1988.

NEDER, J. A.; JONES, P. W.; NERY, L. E.; WHIPP, B. J. Determinants of the exercise endurance capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. The power duration relationship. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, n. 2, p. 497-504, 2000.

PAPOTI, M.; ZAGATTO, A. M.; FREITAS JÚNIOR, P. B.; CUNHA, S. A.; MARTINS, L. E. B.; GOBATTO, C. A. Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, n. 11, p. 126-130, 2005.

PERANDINI, L. A. B.; OKUNO, N. M.; KOKUBUN, E.; NAKAMURA, F. Y. Correlação entre a força crítica e a velocidade crítica e suas respectivas frequências de braçada na natação. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, n. 8, p. 56-65, 2006.

SILVA, L. A.; NAKAMUNRA, F. Y.; de-OLIVEIRA, F. R.; LIMA-SILVA, A. E. Comparação entre velocidade crítica e limiar anaeróbio em corrida aquática. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, n. 8, p. 56-66, 2006.

SMITH, J. C.; HILL, D. W. Stability of parameter estimates derived from the power/time relationship. *Canadian Journal of Applied Physiology*, n. 18, p.43-47, 1993.

TAYLOR, S. A.; BATTERHAM, A. M. The reproducibility of estimates of critical power and anaerobic work capacity in upper-body exercise. *European Journal of Applied Physiology*, n. 87, p. 43-49, 2002.

VANDEWALLE, H.; PERES, G.; MONOD, H. Standard anaerobic exercise tests. *Sports Medicine*, n. 4, p. 268-289, 1987.

VANDEWALLE, H.; KAPITANIAK, B.; GRUN, S.; RAVENEAU, S.; MONOD, H. Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupation Physiology*, n. 58, p. 375-381, 1989.

Contatos

Universidade Estadual de Londrina

Fone: não fornecido pelo autor

Endereço: Rod. Celso Garcia Cid, km 380, Campus Universitário CEP 86051-990

E-mail: fabioy_nakamura@yahoo.com.br

Tramitação

Recebido em: 01/12/07

Aceito em: 13/03/08