

CONTRARRELÓGIO DE CICLISMO DE MÉDIA DISTÂNCIA: DETERMINAÇÃO E REPRODUTIBILIDADE DE PARÂMETROS DERIVADOS DA DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA

TIME TRIAL IN MIDDLE DISTANCE CYCLING: DETERMINATION AND REPRODUCIBILITY OF PARAMETERS DERIVED FROM THE POWER DISTRIBUTION

Patricia Guimaraes Couto*

Fabiano Tomazini**

Marcos David Silva-Cavalcante*

Carlos Rafael Correia-Oliveira*

Ralmony de Alcantara Santos***

Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss****

RESUMO

A escolha do *pacing* é determinante para o sucesso esportivo, mas a análise de pequenas alterações no *pacing* necessita de mais estudos. O objetivo deste estudo foi determinar parâmetros na curva de desempenho em contrarrelógio de ciclismo para investigar variações do *pacing* e sua reprodutibilidade. A análise por trechos da prova também foi realizada. 19 ciclistas amadores realizaram dois testes de 4-km, no qual foram analisados parâmetros nas curvas de desempenho individuais e a potência média dos trechos da prova. O tempo e a potência média foram similares entre os testes. Não houve diferença entre os parâmetros observados na curva de desempenho comparando o teste 1 e 2, mas estes mostraram alto valor de erro típico da medida. A análise por trechos da prova foi mais consistente, sendo uma opção para analisar o *pacing*. Apesar de um desempenho consistente no contrarrelógio de 4-km, os parâmetros determinados apresentaram grande variação intraindividual.

Palavras-chave: *Pacing*. Exercício. Desempenho.

INTRODUÇÃO

A forma como o atleta distribui o ritmo durante a realização de exercícios com tempo ou distância final previamente definida é denominada *pacing* (FOSTER et al., 1994; ABISS; LAURSEN, 2008). Durante provas contrarrelógio de ciclismo de média duração (entre 5 e 20 minutos), por exemplo, os atletas naturalmente adotam uma saída rápida, seguido de um declínio gradual da potência no meio da prova, e voltam a incrementar a potência ao final da prova, no conhecido *sprint* final. Este padrão de ritmo é considerado um *pacing* parabólico

(ABISS; LAURSEN, 2008; LIMA-SILVA et al., 2013). A escolha do *pacing* é fundamental para o sucesso esportivo, pois os ajustes na potência permitem a regulação do gasto energético e a conclusão da prova no menor tempo possível, sem que ocorram prejuízos irreparáveis aos sistemas fisiológicos prematuramente (FOSTER et al., 1994; ABISS; LAURSEN, 2008).

Embora muitas pesquisas sejam voltadas para o desempenho final da prova (WESTON et al., 1997; ROELS et al., 2007; RABADÁN et al., 2011), a escolha do *pacing* adequado é essencial para o sucesso na prova e merece mais estudos (ABISS; LAURSEN, 2008). A análise dessa

* Mestre. Programa de Pós-graduação da Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.

** Especialista. Grupo de Pesquisa em Ciências do Esporte, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

*** Mestre. Programa de Pós-graduação da Medicina Translacional. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil.

**** Doutora. Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.

variável é fundamental para pesquisadores, técnicos e atletas na busca do desempenho ótimo nas competições. Diversos fatores podem determinar a escolha do *pacing*, entre eles fatores ambientais (TATTERSON et al., 2000), nível de treinamento do atleta (LIMA-SILVA et al., 2010) e manipulação dietética (RAUCH; ST CLAIR GIBSON; LAMBERT, 2005; LIMA-SILVA et al., 2013; SANTOS et al., 2013). Apesar disso, as alterações na potência em pontos específicos de provas de ciclismo, que podem ser determinantes para o desempenho final, nem sempre são detectadas utilizando ferramentas de análise estatística convencionais, como o teste de hipótese (BATTERHAM; HOPKINS, 2006), e não há um método universalmente descrito e aceito para se analisar o *pacing*. Isso ocorre porque quando se analisa o *pacing* de uma forma geral, o padrão da curva de desempenho (potência x distância) nem sempre é alterado. No entanto, em alguns pontos específicos da prova é possível verificar pequenas alterações no ritmo. Essas alterações, que poderiam diminuir o tempo total de prova e definir a classificação final de uma competição, por vezes não são detectadas quando o *pacing* é analisado em sua forma geral, necessitando de métodos de análise que possam aprimorar a qualidade da análise do *pacing*.

Uma alternativa que vem sendo utilizada é analisar o *pacing* por trechos da prova (HETTINGA et al., 2006; LIMA-SILVA et al., 2010; BERTUZZI et al., 2014). Neste contexto, Hettinga et al. (2006) dividiu o *pacing* de um contrarrelógio de 4-km de ciclismo em dois trechos pela metade da prova, dividindo em 2.000 m iniciais e 2.000 m finais para manipular diferentes padrões de *pacing*. Para analisar o *pacing* parabólico, a divisão em três trechos da prova leva em conta o início, meio e fim (LIMA-SILVA et al., 2010; BERTUZZI et al., 2014).

Tendo em vista as variações observadas na distribuição de potência durante um contrarrelógio de ciclismo, talvez seja possível determinar parâmetros que possam ser usados para essa discriminação de alterações no ritmo do exercício. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar possíveis parâmetros na curva de distribuição da potência que possam caracterizar o *pacing* em um teste de 4-km de

ciclismo. Em complemento, a reprodutibilidade dos parâmetros identificados e da análise por trechos da prova foi verificada.

MÉTODOS

Amostra

Participaram voluntariamente do estudo 19 ciclistas amadores ($33,1 \pm 5,4$ anos, $74,6 \pm 9,7$ kg, $172,7 \pm 6,8$ cm, $11,2 \pm 4,7$ % gordura, P_{pico} $236,3 \pm 19,7$ W, VO_{2pico} $56,0 \pm 6,7$ ml.kg⁻¹.min⁻¹). Antes de iniciar o estudo, os participantes responderam a um questionário referente ao seu estado de saúde e realizaram uma avaliação cardiológica através de um exame de eletrocardiograma (ECG). Os riscos associados ao protocolo do estudo foram informados aos participantes, que em acordo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Alagoas para pesquisas envolvendo seres humanos (Parecer 009376/2010-19).

Procedimentos experimentais

Inicialmente foi realizada uma avaliação antropométrica para caracterização da amostra e um teste incremental máximo para determinar o pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) e a potência de pico (P_{pico}). Nas duas visitas subsequentes, foram realizados testes contrarrelógio de ciclismo de 4-km, com 48 horas de intervalo entre eles, ambos no período da manhã. A altura do banco da bicicleta para cada participante foi registrada na primeira visita ao laboratório e replicada nos testes posteriores. Os participantes foram orientados a não realizarem atividades físicas vigorosas e a não ingerirem substâncias que continham cafeína ou álcool nas 24 horas precedentes aos testes.

Avaliação antropométrica

Foram mensuradas a massa corporal, a estatura e o percentual de gordura, sendo este último calculado a partir das dobras cutâneas do peitoral, abdômen e coxa, através da equação de Jackson e Pollock (1978).

Teste incremental

Em um ciclossimulador modelo TrainerFlow ergo T1680 (Tacx, Wassenaar, Holanda) os voluntários pedalaram a 100 W durante três min para aquecimento. Em seguida, foram aplicados incrementos de 30 W a cada min, mantendo uma cadência de pedalada entre 80-90 rpm, até a exaustão voluntária. Durante todo o teste medidas de trocas respiratórias foram obtidas através de um analisador automático (Quark CPET, Cosmed, Itália), devidamente calibrado segundo as recomendações do fabricante. O teste foi interrompido quando os participantes não conseguiam manter a cadência de pedalada requerida por três avisos consecutivos feitos pelo pesquisador e foi considerado máximo pelos seguintes critérios: 1) aumento inferior a 150 ml min^{-1} no VO_2 após o incremento da carga no último estágio; 2) uma razão de trocas respiratórias (R) $\geq 1,10$ no último estágio do teste. O $\text{VO}_{2\text{pico}}$ foi definido como o valor médio dos últimos 30 s do teste incremental. A Ppico foi determinada como a maior carga que os ciclistas sustentaram durante o último estágio completo. Quando o último estágio não foi completo, a Ppico foi calculada de acordo com a seguinte equação (KUIPERS et al., 1985):

$$\text{Ppico} = \text{PUC} + (t/60)$$

Onde: PUC é a potência no último estágio completo, t é o tempo em segundos sustentado no último estágio incompleto e 60 a duração de cada estágio em segundos.

Teste contrarrelógio de 4-km de ciclismo

Os testes contrarrelógio de 4-km foram realizados também no ciclossimulador. Os participantes foram orientados a permanecer sentados na bicicleta durante todo teste e a ajustarem a marcha e a cadência de pedalada quando desejado com o objetivo de realizarem o teste no menor tempo possível. A distância percorrida foi verbalmente informada a cada 200 m durante o teste. A produção de potência a cada segundo foi mensurada e armazenada para posterior análise utilizando o software do ciclossimulador (TacxTrainer software 3.0, Wassenaar, Holanda).

Análise dos dados

Inicialmente foi analisado o tempo para completar o contrarrelógio de 4-km e a potência

média dos testes. A variabilidade na produção de potência durante cada teste foi determinada pelo coeficiente de variação da potência: desvio padrão da potência/média da potência x 100.

A análise entre os trechos da prova foi realizada de duas maneiras: 1) análise da potência média dos 2 km iniciais da prova e média dos 2 km da metade final da prova; e 2) média dos 200 m do início (0-200 m), média dos 3.600 m do meio (200-3.800 m) e média dos 200 m do final (3.800-4.000 m) do contrarrelógio de 4-km.

Os parâmetros determinados a partir da distribuição de potência durante o contrarrelógio foram baseados na curva da distância e produção de potência em diferentes trechos da prova. Considerando o início da prova, isto é, os 200 m iniciais do contrarrelógio, foram identificados os parâmetros: $\text{MP}_{\text{inicial}}$: maior potência inicial (W); $\text{DistP}_{\text{inicial}}$: distância em que a $\text{MP}_{\text{inicial}}$ foi alcançada (m). O *sprint* final foi considerado como a aceleração final do teste e identificado a partir do último aumento da potência, considerando dois desvios-padrão acima da potência média nos 500 m anteriores, até o final do teste. A partir dessa identificação, foram derivados os parâmetros: PA_{sf} : potência média nos 500 metros anteriores ao *sprint* final (W); P_{sf} : potência média do *sprint* final (W); DistT_{sf} : distância total do *sprint* final (m); MP_{sf} : maior potência alcançada no *Sprint* final (W).

Análise estatística

Para verificar a diferença no desempenho dos testes e dos parâmetros determinados a partir da distribuição de potência no contrarrelógio foi aplicado o teste-t de Student para amostras pareadas, após a normalidade dos dados ser confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SPSS versão 13.0 (IBM, Armonk, New York, USA), considerando-se $\alpha = 0,05$.

A reprodutibilidade dos dados foi analisada através do erro típico da medida (ETM) absoluto, estabelecendo-se a razão entre o desvio padrão das diferenças entre os pares de medidas e a raiz quadrada de dois ($\text{ETM} = \text{DP}/\sqrt{2}$), e do ETM relativo, obtido pela razão entre o ETM absoluto e a média de todas as medidas dos sujeitos, multiplicado por 100 ($[\text{ETM absoluto}/\text{média da amostra}] \times 100$) (HOPIKNS, 2000).

RESULTADOS

Desempenho e pacing

Não houve diferença significativa no tempo para completar o contrarrelógio de 4-km (420 ± 14 e 421 ± 16 s para os testes 1 e 2, respectivamente; $t = -0,17$, $p = 0,87$) e nem na potência média desempenhada (176 ± 22 W e 172 ± 19 W para os testes 1 e 2, respectivamente; $t = 0,61$, $p = 0,55$). O ETM absoluto para o tempo para completar os 4-km foi 12 s e o relativo foi 2,9%. Para a potência média o ETM absoluto foi de 18 W e o relativo 10,4%. Por uma análise macro da distribuição de potência durante os 4-km, observamos um *pacing* parabólico em ambos os testes, com um padrão similar na curva de distribuição de potência do teste 1 e 2 (Figura 1). A produção de potência durante o contrarrelógio de 4-km variou 21 ± 10 % no teste 1 e 21 ± 12 % no teste 2.

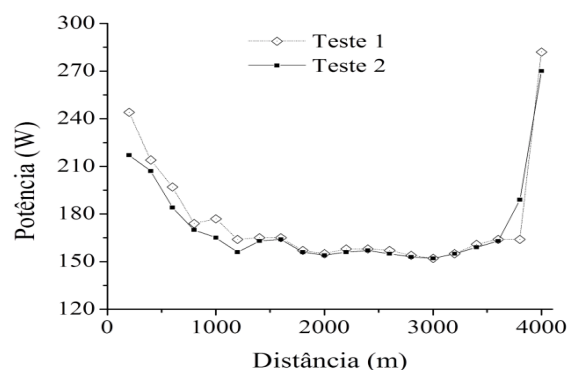


Figura 1- Potência média nos testes 1 e 2 a cada 200 m percorridos de um contrarrelógio de 4-km de ciclismo.

Fonte: Os autores.

Trechos da prova

Comparando os trechos pela metade inicial e metade final, verificamos uma potência média de 187 ± 24 W nos 2 km iniciais e 162 ± 15 W nos 2 km finais para o teste 1 e 176 ± 24 W nos 2 km iniciais e 169 ± 23 W nos 2 km finais para o teste 2. A potência média da primeira metade foi significativamente maior no teste 1 comparado ao teste 2 ($t = 2,35$, $p = 0,03$).

Quando a comparação foi realizada entre 3 trechos da prova, a potência média nos 200 m do início foi 245 ± 80 W para o teste 1 e $209 \pm$

64 W para o teste 2, nos 3.600 m do meio 169 ± 14 W no teste 1 e 167 ± 16 W no teste 2 e nos 200 m do final foi 204 ± 55 e 243 ± 115 W para os testes 1 e 2, respectivamente. Da mesma forma, a potência média nos 200 m do início foi significativamente maior no teste 1 comparado ao teste 2 ($t = 2,36$, $p = 0,03$). O valor do ETM para a análise por trechos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Erro típico da medida (ETM) absoluto e relativo da potência por trechos no contrarrelógio de 4 km.

	ETM	
	Absoluto (W)	Relativo (%)
2 km iniciais	13	7,4
2 km finais	22	13,1
200 m do início	43	18,9
3.600 m do meio	14	8,4
200 m do final	85	38,1

Fonte: Os autores.

Parâmetros da distribuição de potência nos 4-km de ciclismo

Os parâmetros da distribuição de potência identificados estão apresentados na Tabela 2. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os testes 1 e 2 ($p > 0,05$). No entanto, quando a reprodutibilidade dos testes foi avaliada através do ETM absoluto e relativo, observamos uma grande variação intraindividual entre esses parâmetros (Tabela 3).

Tabela 2 - Média e desvio padrão dos parâmetros da distribuição de potência nos testes contrarrelógio de 4 km.

	Teste 1	Teste 2
MP _{inicial} (W)	279 $\pm$ 99	247 $\pm$ 83
DistP _{inicial} (m)	77 $\pm$ 65	99 $\pm$ 98
PA _{sf} (W)	156 $\pm$ 12	160 $\pm$ 16
P _{sf} (W)	227 $\pm$ 51	253 $\pm$ 71
DistT _{sf} (m)	270 $\pm$ 170	266 $\pm$ 139
MP _{sf} (W)	353 $\pm$ 240	336 $\pm$ 169

MP_{inicial}: maior potência inicial; DistP_{inicial}: distância em que a MP_{inicial} foi alcançada (m); PA_{sf}: potência média nos 500 metros anteriores ao *sprint* final; P_{sf}: potência média do *sprint* final (W); DistT_{sf}: distância total do *sprint* final (m); MP_{sf}: maior potência alcançada no *sprint* final (W).

Fonte: Os autores.

Tabela 3- Reprodutibilidade dos parâmetros da distribuição da potência nos testes contrarrelógio de 4 km pelo erro típico da medida (ETM) absoluto e relativo.

	ETM	
	Absoluto	Relativo
MP _{inicial}	71 W	27,1 %
DistP _{inicial}	64 m	72,5 %
PA _{sf}	60 W	37,9 %
P _{sf}	96 W	40,2 %
DistT _{sf}	181 m	67,7 %
MP _{sf}	231 W	67,0 %

Fonte: Os autores.

DISCUSSÃO

Neste estudo foram determinados parâmetros a partir da distribuição de potência durante a simulação de um contrarrelógio de 4-km de ciclismo que caracterizassem o *pacing*. Quando dois testes foram comparados, houve uma semelhança no formato da curva de distribuição de potência, apresentando um *pacing* parabólico. No entanto, os parâmetros determinados com base na distância e produção de potência no decorrer do contrarrelógio de 4-km de ciclismo não mostraram boa consistência entre os testes. A reprodutibilidade da distribuição da potência por trechos da prova também foi analisada, sendo verificado menor ETM em relação à análise dos parâmetros identificados.

Uma vez que as atuais análises estatísticas são pouco sensíveis para detectar pequenas alterações no *pacing*, analisar a curva mais precisamente seria uma boa opção para encontrar novas formas de análise. Hopkins (2000, 2004) sugere que o ETM é uma forma simples e adaptável de análise da reprodutibilidade da medida. Neste contexto, reais alterações nas medidas investigadas ou efeito de alguma manipulação deveria ser aceito somente quando a diferença entre os testes 1 e 2, ou pré e pós, forem maiores que o ETM, pois assim seria possível julgar se a alteração observada é decorrente da intervenção ou apenas do erro natural da medida.

O tempo para completar os 4-km foi similar e apresentou baixo ETM. Esse achado corrobora com estudos prévios que utilizaram testes

contrarrelógio em ciclistas e demonstraram boa reprodutibilidade do desempenho (SMITH et al. 2001; LAURSEN; SHING; JENKINS, 2003; SPORER; MCKENZIE, 2007; ZAVORSKY et al., 2007; ANSLEY et al., 2004; STONE et al., 2011). Dessa forma, o teste contrarrelógio de ciclismo se mostra como um teste de consistente desempenho. Em ambos os contrarrelógios de 4-km o *pacing* adotado foi o parabólico. Este perfil de distribuição da potência parece refletir um contínuo monitoramento da distância restante para completar o teste, das reservas anaeróbias e da potência empregada durante todo o teste (FOSTER et al., 2004). A partir dessas informações, o sistema nervoso central atua como um regulador do *pacing*, aumentando ou diminuindo o recrutamento motor nas diferentes fases do exercício, permitindo um ajuste constante na intensidade do exercício. Dessa forma, o atleta pode completar o exercício no menor tempo possível sem que os sistemas fisiológicos sejam perturbados prematuramente (ULMER, 1996; NOAKES; ST CLAIR GIBSON; LAMBERT, 2005).

A análise por trechos da prova em duas metades apresentou menor ETM relativo, embora a análise em trechos do início, meio e fim representem melhor o que é demonstrado graficamente na curva de distribuição da potência, o *pacing* parabólico. Apesar do mesmo perfil de *pacing* parabólico adotado em ambos os testes, quando a distribuição de potência foi analisada pelos parâmetros identificados durante o contrarrelógio, observamos uma grande variação tanto inter quanto intraindividual. O ETM apresentou valores altos entre os parâmetros determinados, o que sugere que não podemos assumir boa efetividade para analisar mais qualitativamente o *pacing* através destes parâmetros. Embora o mesmo padrão de *pacing* tenha sido observado, pequenos ajustes na distribuição de potência foram realizados para que o desempenho fosse o melhor possível em cada um dos testes. A variação nesses parâmetros pode ser atribuída em parte pela relação entre variáveis fisiológicas e psicológicas com o ritmo empregado durante uma prova, que pode ter representado um estresse distinto de uma sessão de exercício para outra, mesmo sendo o mesmo participante se exercitando (CARMO et al., 2012). Somado a isso, observamos que a produção de potência

variou aproximadamente 21% nos testes, mas o tempo para completar os 4-km e a potência média não diferiram entre os testes. Esses achados corroboram com a hipótese de que o sistema nervoso central parece regular o *pacing* a fim de que o desempenho seja maximizado e que não haja falhas nos sistemas fisiológicos, preservando uma reserva fisiológica fundamental para a manutenção da homeostase (FOSTER et al., 1993; ULMER, 1996; NOAKES; ST CLAIR GIBSON; LAMBERT, 2005).

Tendo em vista que o nível de aptidão física é um fator determinante para o *pacing* (LIMA-SILVA et al., 2010) e que atletas de alto nível apresentam menores variações no ritmo da prova durante diferentes eventos competitivos (HOPKINS, 2004), a grande variação intraindividual verificada no presente estudo pode ter ocorrido devido a amostra ser composta por ciclistas amadores. Por isso, outros parâmetros devem ser propostos com a finalidade de determinar métodos de análise que possam ser úteis e confiáveis para a análise do

pacing para esta população e seria interessante também analisar estes e outros parâmetros em atletas com maior nível de aptidão física.

CONCLUSÃO

Apesar do objetivo de propor parâmetros que pudessem ser utilizados para distinguir e caracterizar alterações no *pacing* durante contrarrelógio de ciclismo de 4-km, uma grande variação intraindividual foi observada nos parâmetros aqui determinados e estes não foram então suficientes para aprimorar a análise do *pacing*. No entanto, os ajustes na potência parecem ter sido importantes na regulação do *pacing* e a variação desses parâmetros possibilitou a manutenção do desempenho no contrarrelógio de 4-km de ciclismo. A utilização da análise por trechos da prova em início, meio e fim parece ser uma abordagem interessante na análise do *pacing*, por representar melhor o padrão de distribuição de potência durante o teste.

TIME TRIAL IN MIDDLE DISTANCE CYCLING: DETERMINATION AND REPRODUCIBILITY OF PARAMETERS DERIVED FROM THE POWER DISTRIBUTION

ABSTRACT

The selection of pacing is determinant for the sport success, but the analysis of modest variations in pacing requires further studies. The purpose of this study was to determine parameters in the performance curve on cycling time trial to investigate pacing variations and reproducibility. The test sections analysis was also performed. 19 amateur cyclists performed two tests of 4-km, in which parameters were analyzed in the individual performance curves and the average power of the test sections. The time and the average power were similar between tests. There was no difference between the parameters observed in the performance curve comparing the test 1 and 2, but these showed a high value of typical error. The test portions analysis was more consistent, with an alternative to analyze pacing. Despite consistent performance in time trial 4-km, the parameters determined varied widely between individuals.

Keywords: Pacing. Exercise. Performance.

REFERÊNCIAS

- ABISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Medicine**, Auckland, v. 38, p. 239-252, 2008.
- ANSLEY, L. et al. Regulation of pacing strategies during successive 4-km time trials. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianapolis, v. 36, no. 10, p. 1819-1825, 2004.
- BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Champaign, v. 1, p. 50-57, 2006.
- BERTUZZI, R. et al. Pacing strategy determinants during a 10-km running time trial: contributions of perceived effort, physiological, and muscular parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 28, no. 6, p. 1688-1696, 2014.
- CARMO, E. C. do et al. Estratégia de corrida em média e longa distância: como ocorrem os ajustem de velocidade ao longo da prova? **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 351-363, 2012.
- FOSTER, C. et al. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianapolis, v. 25, no. 3, p. 383-388, 1993.
- FOSTER, C. et al. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Medicine**, Auckland, v. 17, no. 2, p. 77-85, 1994.

- FOSTER, C. F. et al. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 25, p. 198-204, 2004.
- HETTINGA, F. J. et al. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianapolis, v. 38, no. 8, p. 1484-1491, 2006.
- HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, Auckland, v. 30, p. 1-15, 2000.
- HOPKINS, W. G. How to interpret changes in an athletic performance test. **Sportscience**, Champaign, v. 8, p. 1-7, 2004.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 40, p. 497-504, 1978.
- KUIPERS, H. et al. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 6, no. 4, p. 197-201, 1985.
- LAURSEN, P. B.; SHING, C. M.; JENKINS, D. G. Reproducibility of a laboratory-based 40-km cycle time-trial on a stationary wind trainer in highly trained cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 24, no. 7, p. 481-485, 2003.
- LIMA-SILVA, A. E. et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 108, p. 1045-1053, 2010.
- LIMA-SILVA, A. E. et al. Prior exercise reduces fast-start duration and end-spurt magnitude during cycling time-trial. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 34, p. 736-741, 2013.
- NOAKES, T. D.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British Journal Sports Medicine**, London, v. 39, p. 120-124, 2005.
- RABADÁN, M. et al. Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, p. 975-982, 2011.
- RAUCH, H. G.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, E. V. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 39, p. 34-38, 2005.
- ROELS, B. et al. Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 101, no. 3, p. 359-368, 2007.
- SANTOS, R. A. et al. Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 8, no. 9, p. 1-10, 2013.
- SMITH, M. F. et al. Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 22, no. 4, p. 270-274, 2001.
- SPORER, B. C.; MCKENZIE, D. C. Reproducibility of a laboratory based 20-km time trial evaluation in competitive cyclists using the velotron pro ergometer. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 28, no. 11, p. 940-944, 2007.
- STONE, et al. Consistency of perceptual and metabolic responses to a laboratory-based simulated 4,000-m cycling time trial. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 111, no. 8, p. 1807-1813, 2011.
- TATTERSON, A. J. et al. Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 3, p. 186-93, 2000.
- ULMER, H. V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Experientia**, Basel, v. 52, p. 416-420, 1996.
- WESTON, A. R. et al. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v. 75, p. 7-13, 1997.
- ZAVORSKY, G. S. et al. Laboratory 20-km cycle time trial reproducibility. **International Journal of Sports Medicine**, New York, v. 28, no. 9, p. 743-748, 2007.

Recebido em 14/08/2014

Revisado em 04/05/2015

Aceito em 04/05/2015

Endereço para correspondência: Patricia Guimaraes Couto, Avenida Prof^o Mello de Moraes, 65, Butantã – Escola de Educação Física e Esporte, Cidade Universitária (USP), São Paulo/SP. CEP: 05508-030. E-mail: patriciacouto@usp.br.