
Relato de caso

Efeito do percurso sobre a frequência cardíaca de um ciclista altamente treinado

Effects of course on heart rate response of a highly trained cyclist

Débora Wagner*, Carlos Mota*, Felipe Carpes**

*Universidade Federal de Santa Maria, Laboratório de Biomecânica, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Pesquisa do Exercício

Resumo

O objetivo deste estudo foi descrever a intensidade do exercício de acordo com o percurso no ciclismo *mountain-bike*. Um atleta de destaque, 21 anos, consumo máximo de oxigênio de 75,42 ml/kg/min, frequência cardíaca (FC) máxima de 200 bpm, e posicionado entre os 5 melhores do *ranking* nacional teve uma sessão de treinamento monitorada. O atleta foi avaliado em laboratório para determinação do consumo máximo de oxigênio, FC máxima e limiar anaeróbico. A sessão teve duração de 251 minutos, FC média de 164 batimentos por minuto, correspondente a 82% da FC máxima em laboratório. A maior FC ocorreu no início do treino. O atleta sustentou 9 minutos (4% do tempo total) de exercício em intensidade superior a 90% da FC máxima (esforço anaeróbico). A intensidade entre 80% e 90% da FC máxima, de esforço intenso, foi suportada durante 178 minutos (71% do tempo total do treino). Intensidades abaixo ou muito próximas de 80% da FC máxima totalizaram 63 minutos (25% do tempo da corrida). Estes resultados comprovam a alta intensidade do exercício adotada no treinamento do ciclista *mountain-bike*, sendo que o atleta avaliado foi capaz de sustentar altas intensidades durante um tempo superior àquelas observadas em provas de ciclismo profissional de estrada.

Palavras-chave: treinamento, *mountain bike*, fisiologia do exercício, desempenho humano, ciclo ergômetro.

Abstract

The purpose of this study was to describe profile of exercise intensity related to cycling course for mountain-bike (MTB) cycling. One elite cyclist, 21 years old, maximal oxygen uptake of 75.42 ml/kg/min, maximal heart rate (HR) of 200 bpm, and positioned among the five MTB national top-ranking was evaluated during a training session. The cyclist was tested in laboratory to achieve the maximal oxygen uptake, maximal HR and anaerobic threshold. The training session had duration of 251 minutes and mean HR of 164 bpm, which was corresponding to 82% of HR maximal observed in laboratory. The highest HR was observed at the beginning of the training. The athlete was able to maintain 9 minutes (4% of the total time) at exercise intensity higher than 90% of HR maximal (anaerobic effort). The exercise intensity zone between 80%-90% of HR maximal was maintained during 178 min (71% of the total time). Intensity below 80% of HR maximal summed 63 minutes (25% of the total time). The result indicates the high exercise intensity of MTB cycling. The MTB exercise intensity is higher than observed on the road cycling, and the MTB athlete evaluated was able to support high exercise intensity during prolonged time.

Key-words: training, mountain bike, exercise physiology, human performance, cycle ergometer.

Recebido em 10 de outubro de 2007; aceito em 12 de março de 2008.

Endereço para correspondência: Felipe Pivetta Carpes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física - Laboratório de Pesquisa do Exercício, Rua Felizardo, 750, 90690-200, Porto Alegre RS, Tel: 51-3308-5859, E-mail: felipecarpes@gmail.com

Introdução

A frequência cardíaca (FC) reflete a quantidade de trabalho que o coração realiza para satisfazer as demandas aumentadas do corpo durante uma atividade [1], sendo controlada pela atividade do sistema nervoso autônomo através dos ramos simpático e parassimpático [2]. Seu monitoramento tem sido amplamente utilizado no treinamento esportivo e atualmente o uso de monitores cardíacos por parte dos atletas é comum e altamente funcional. Tudo isso porque o uso destes instrumentos facilita o controle da intensidade do treinamento, principalmente quando se conhece a frequência cardíaca máxima [3].

A cinética da frequência cardíaca (FC) durante o exercício tem sido utilizada para descrever o perfil da intensidade do esforço [4-6]. A sua fácil mensuração facilita a utilização em situações de campo, onde demais medidas fisiológicas se tornam difíceis devido à exigência de tecnologia específica para aquisição e armazenamento de dados que são comuns somente em ambiente laboratorial, como por exemplo, a medida do consumo de oxigênio, que é mais difícil de ser obtida em campo quando comparada a FC. Quando um atleta compete utilizando um analisador de gases portátil, por exemplo, o peso do equipamento e o desconforto acarretam um estresse desnecessário ao atleta.

Um grande número de estudos tem descrito a intensidade do exercício com base na frequência cardíaca durante o ciclismo de estrada [7-13], mas poucos têm o foco no ciclismo *mountain-bike* (MTB) [14-16].

O MTB caracteriza-se por ser um esporte de resistência praticado em trajetos com subidas e descidas em terrenos bastante irregulares e trilhas, onde os atletas suportam alta intensidade de exercício, inclusive superior ao observado no ciclismo de estrada [6]. Considerado esporte olímpico desde 1996 [6], a União Internacional de Ciclismo (UCI) sugere competições com duração de 105 a 135 minutos e calendários anuais incluindo um número máximo de 26 competições, no entanto a maioria dos atletas acaba por superar essas recomendações. Com base no prolongado tempo de exercício no ciclismo MTB, combinado ao terreno irregular enfrentado pelos atletas, este estudo teve por objetivo analisar o comportamento da FC durante uma sessão de treinamento de um atleta de elite com destaque nacional, relacionando a frequência cardíaca ao percurso desenvolvido por um tempo prolongado (mais de 200 minutos).

Relato de caso

Para o desenvolvimento deste estudo de caso, monitorou-se um atleta de elite de ciclismo *mountain bike*, do sexo masculino, com 12 anos de experiência em competições neste esporte, sendo 7 anos de participação como atleta federado em competições nacionais e internacionais, repetidas vezes campeão estadual e nacional, participante de competições a nível internacional

como campeonatos Pan-Americanos e Mundiais, e na oportunidade posicionado em quarto lugar no ranking nacional, tendo sido campeão da Copa Internacional PowerBar Reebok no ano em que os dados foram coletados. Ele não apresentava sintomas de *overtraining* com base em informações sobre suas características de sono e rotina de treinamento. O atleta concordou em participar voluntariamente no estudo e submeteu-se aos procedimentos que foram empregados seguindo os preceitos do Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos da Instituição onde o estudo foi desenvolvido.

O treinamento do ciclista avaliado cobria aproximadamente 400 km semanais realizados em trilhas e asfalto, com intensidade média de 75-90% FC máxima (FC_{máx}) avaliada previamente em laboratório. Suas características físicas e de desempenho estavam de acordo como reportado para ciclistas MTB competitivos de nível internacional [6-15-17], sendo melhor detalhadas em estudo anterior [4].

Avaliação em laboratório

Na semana prévia a avaliação em campo, o ciclista foi avaliado em laboratório para obtenção de algumas características físicas e fisiológicas (Tabela I) que serviram como parâmetro para avaliação do desempenho em campo. Para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) o ciclista foi submetido a um teste progressivo máximo em um ciclo ergômetro SRM com acurácia de $\pm 0,5\%$ reportada pelo fabricante (SRM Science, Welldorf, Alemanha). Durante o teste, o ciclista pedalou com cadência entre 90 e 105 rpm [8-15]. Esta escolha da cadência durante a avaliação é explicada por experiências prévias em nosso laboratório onde este ciclista apresentou uma cadência preferida de 103 rpm durante uma simulação de ciclismo contra-relógio de 40 km e também pelo fato que ciclistas bem treinados preferem altas cadências a fim de minimizar a fadiga neuromuscular [18].

O teste incremental tinha carga inicial de 100W, com incrementos de 50W a cada três minutos. A exaustão foi definida como o ponto onde a manutenção da carga imposta não foi mais possível. O valor de consumo de oxigênio mais alto obtido durante 30 segundos foi considerado o VO₂ de pico. A análise de gases foi feita a cada respiração, através de um ergo espirômetro VMAX 229 Séries (Sensor Medics, Yorba Linda, CA) que foi calibrado antes da sessão seguindo as recomendações do fabricante.

Para a determinação da concentração de lactato sanguíneo em resposta à carga aplicada, amostras capilares de sangue foram coletadas do lóbulo da orelha direita antes do exercício, quando o ciclista permaneceu em repouso e durante o teste máximo a cada estágio de carga (cada 3 minutos). As amostras foram analisadas após o término do teste através de um analisador de lactato Biosen 5030-L (EKF, Barleben, Alemanha). Os dados do lactato sanguíneo foram usados para determinar a concentração de lactato no repouso, a concentração máxima do lactato e o ponto do limiar anaeróbico individual (LA)

do ciclista [19]. A FC foi monitorada a cada cinco segundos durante o teste máximo empregando-se um monitor de FC Polar Accurex Plus (Polar Electro, Oy, Finland).

Tabela I - Características físicas e de desempenho do ciclista avaliado.

Idade	21 anos
Estatura	1,85 m
Massa corporal	72,1 kg
Percentual de gordura	6,63 %
VO _{2máx}	5,43 L/min
VO _{2máx}	75,3 ml/kg/min
LA _{%VO_{2máx}}	89 %
FC _{LA}	177 bpm
FC de repouso	51 bpm
FCmáx de laboratório	200 bpm
FCmáx no campo	182 bpm
Potência máxima produzida	475 W
Razão Potência/massa	6,59 W/kg
Lactato no repouso	1,24 mmol/L
Lactato máximo	11,06 mmol/L

VO_{2máx}: consumo máximo de oxigênio; LA_{%VO_{2máx}}: limiar anaeróbico relativo ao consumo máximo de oxigênio; FC_{LA}: frequência cardíaca correspondente ao limiar de lactato; FC de repouso: frequência cardíaca de repouso; FCmáx: frequência cardíaca máxima.

Avaliação em campo

O tempo total da prova foi de 4h11min, em um dia ensolarado, sem vento, e com temperatura de aproximadamente 24°C. A coleta de dados em campo foi realizada durante uma sessão de treinamento de ciclismo *mountain-bike* em um terreno que combinava 9 trechos de subidas e 9 trechos de descidas, continuamente, compreendendo aproximadamente 500 metros. A sessão monitorada teve a configuração de ida e volta, logo, os mesmos trechos que representavam subidas na ida, na volta eram descidas, e vice-versa, o que possibilitou a comparação entre as situações. A FC durante o exercício foi monitorada a cada cinco segundos com um Polar S725 (Polar Electro, Oy, Finlândia).

Durante o treino, o ciclista adotou a posição característica do MTB – inclinação do tronco de aproximadamente 70° segurando o guidão com os cotovelos levemente flexionados. A adoção dessa postura minimizou os efeitos do posicionamento sobre a resposta da frequência cardíaca [20]. O comprimento de pé-de-vela utilizado pelo ciclista foi de 172,5 mm em um sistema de pé-de-vela convencional montado com pedais de engate MTB em uma bicicleta Bianchi Carbon MTB do próprio atleta.

Análise estatística

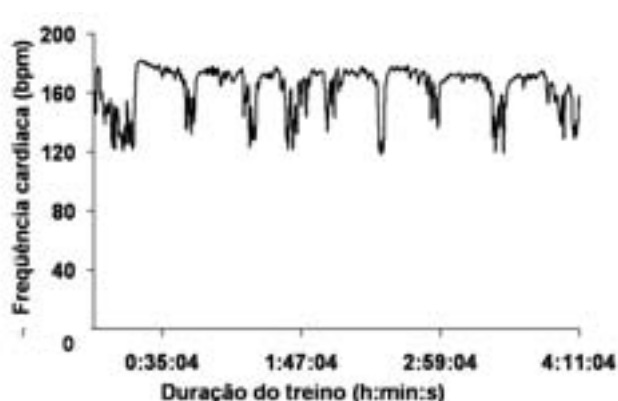
Para a análise da FC mensurada durante o exercício, os dados foram agrupados em média para cada minuto, sendo

analisados em relação ao tempo total de prova. Os valores de FC reportados foram classificados de acordo com zonas de intensidade em percentual da FCmáx [4]. As quatro zonas de intensidade foram > 90% (anaeróbica), 80-90% (aeróbico intenso), 70-80% (aeróbico moderado) e < 70% FCmáx (aeróbico intermediário) [4-7-11-20-21]. O tempo em que o atleta sustentou cada zona de intensidade foi computado, assim como o tempo suportado em intensidade acima do limiar anaeróbico. Devido ao relevo do percurso, as variações da FC em reposta as descidas e subidas foram comparadas através de teste t de *Student*, seguindo um nível de significância de 0,05. O pacote estatístico utilizado foi o Statistica 5.1 (StatSoft Inc., EUA).

Resultados

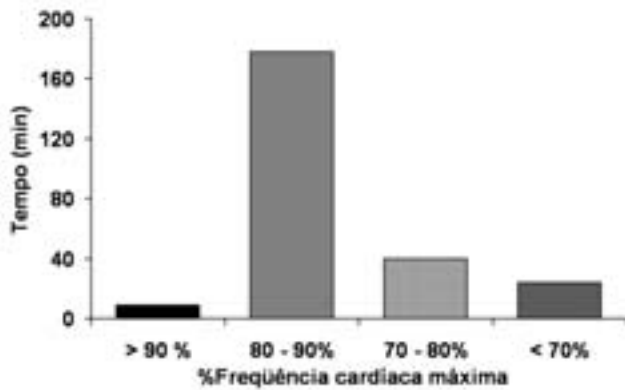
O ciclista avaliado suportou uma intensidade média de exercício correspondente a 82% da FCmáx observada previamente em laboratório, confirmando a expectativa de alta intensidade esperada para um evento como o estudado. A FC foi monitorada do início ao fim do exercício, sendo que a FC máxima foi de 182 bpm, alcançada logo no início do percurso, durante o primeiro aclave observado. A FC mínima foi de 119 bpm, reportada durante uma das descidas. A média da FCmáx e FCmin observada durante o percurso de ida foi de 175 bpm e 138 bpm, respectivamente, enquanto que a média da FCmáx e FCmin avaliada durante o trajeto de volta foi de 172 bpm e 136 bpm, respectivamente. Na Figura I o comportamento da FC ao longo do percurso é apresentado.

Figura I - Comportamento da frequência cardíaca ao longo do tempo da sessão de treinamento.



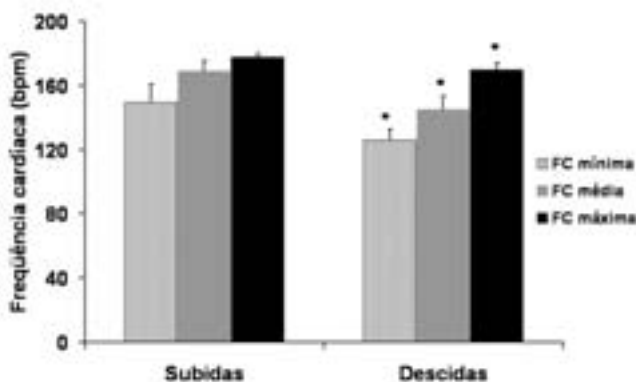
Foi observado que o atleta permaneceu 4% do tempo total do exercício em intensidade considerada como anaeróbica. Na Figura II é ilustrado o tempo em que o atleta manteve o exercício sob cada uma das zonas de intensidade utilizadas para a análise dos resultados.

Figura II - Tempo de exercício sustentado para cada uma das zonas de intensidade avaliadas.



A comparação da FC entre as subidas e descidas mostrou diferença estatisticamente significativa para a FC mínima, FC média e FC máxima ($p < 0,05$), sendo sempre a menor FC observada nas descidas (Figura III). A frequência cardíaca média nas descidas apresentou diferença de aproximadamente 24 bpm abaixo do observado para subidas. Para os máximos e mínimos valores observados em subidas e descidas a diferença foi de 8 bpm e 23 bpm, respectivamente.

Figura III - Frequência cardíaca mínima, média e máxima observada para subidas e descidas ao longo do percurso. Valores médios. * $p < 0,05$ (diferença estatisticamente significativa em relação aos valores observados para subidas).



Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento da frequência cardíaca de um ciclista MTB de elite durante uma sessão de treinamento. As respostas específicas para subidas e descidas também foram analisadas. Os resultados indicam que o atleta de elite avaliado apresentou uma alta capacidade aeróbica, sendo capaz de suportar 71% do tempo total de exercício com intensidade correspondente a 80-90% FCmáx. Para as descidas, a FC foi sempre menor, seja ela a máxima, mínima ou média, comparada à subida. A capacidade do atleta avaliado em suportar alta intensidade de exercício pode estar relacionada ao tempo de treinamento, cerca de 12 anos, e o fato do referido atleta ter iniciado a

participação em eventos competitivos em idade precoce, o que pode ter lhe rendido uma capacidade diferenciada de adaptação ao esforço [22].

O início do exercício acarretou grande variação na FC, o que pode ser explicado pelo fato da FC aumentar de acordo com o aumento na intensidade do exercício [1], e também porque é justamente no começo do treino ou competição que o atleta vai buscar a intensidade adequada para o seu ritmo durante o percurso. No início de uma competição MTB os atletas buscam uma largada mais rápida a fim de assumir a frente do pelotão, o que facilitará a entrada sozinho em trilhas e percursos mais difíceis [6], acarretando elevação abrupta na FC. A intensidade média suportada pelo atleta confirmou o reportado pela literatura [10], sobre a capacidade dos ciclistas de estrada em manter o exercício em intensidades elevadas, o que também é reportado para ciclistas *mountain-bike* [4-6].

Embora o treino avaliado tenha um predomínio de vias aeróbicas, durante uma parcela do exercício foi suportada uma intensidade anaeróbica, o que confere ao atleta a capacidade de suportar aumentos abruptos na intensidade em resposta a *escapadas*, onde o atleta se distancia do pelotão repentinamente na busca de uma melhor posição, ou *sprints*, realizados geralmente no final da prova. Em dados coletados durante uma competição na mesma temporada deste estudo, este mesmo atleta foi capaz de suportar uma intensidade acima do seu limiar anaeróbico durante um tempo superior a 60 minutos [4].

Uma alta intensidade de exercício também foi reportada em 14 ciclistas amadores [21] durante uma competição de cicloturismo. Os autores utilizaram metodologia semelhante à empregada no presente estudo para avaliar a intensidade de exercício com base na FC. A intensidade média mantida durante o trajeto de 230 km foi correspondente a 77% FCmáx.

Os resultados demonstraram que durante 18,5% do tempo total da competição (10h14min) o exercício foi mantido sob intensidade abaixo de 70% FCmáx, 28% do tempo total sob uma intensidade classificada como aeróbica moderada, 39,5% do tempo total em intensidade considerada como aeróbica intensa e 14% em intensidade considerada anaeróbica. O atleta avaliado no presente estudo sustentou 71% do tempo total de exercício sob intensidade correspondente a 80-90% FCmáx. No presente estudo, o fato do exercício ter uma duração substancialmente menor que a reportada para os 14 ciclistas [21] pode explicar as diferenças nas intensidades e no tempo para cada zona de intensidade avaliada.

Nos trechos de subidas e descidas o comportamento da FC foi similar. A maior FC durante o percurso foi observada durante um trecho de subida. Embora a FC continuasse alta durante toda a prova, a FC máxima, mínima e média nas descidas foi menor do que nas subidas ($p < 0,05$), refletindo assim, a diminuição da intensidade

do esforço durante a descida, o que ocorre pela baixa necessidade de produzir altas magnitudes de força, devido a aceleração da gravidade que favorece o ciclista em trajetos descendentes [24].

O fato de que os ciclistas comumente pedalam em pé para vencer uma subida pode influenciar a FC de maneira significativa, embora não afete a eficiência muscular quando comparadas a pedalada em pé com a sentada ou no ciclo ergômetro [25]. A FC observada para o atleta avaliado na subida foi semelhante ao relatado na literatura [26] para 14 ciclistas que mantiveram uma FC de $169,71 \pm 7,64$ bpm ao adotar uma baixa cadência e $170,79 \pm 5,73$ bpm quando uma alta cadência era mantida durante as subidas. As mudanças nas demandas fisiológicas dependem da reposta cardíaca [27] e isso faz com que durante a subida sejam observados os maiores valores de FC devido às mudanças na carga de trabalho.

A FC tende a diminuir ao longo do tempo de exercício [6]. No entanto, isto não foi observado na sessão de treino do atleta avaliado, onde a FC apresentou sempre uma resposta similar, talvez pelo fato do trajeto envolver subidas, onde a FC aumentava, e descidas, onde a FC apresentava valores menores. Este é um resultado que também contraria o reportado por outros autores [21-28], os quais afirmam ocorrer diminuição da FC durante o percurso da corrida, baseados na hipótese de depleção do glicogênio durante atividades de duração prolongada.

Conclusão

A intensidade registrada durante a sessão de treinamento mostrou que o atleta avaliado sustentou um exercício intenso ao longo de mais de 4 horas de atividade, o que corrobora o reportado pela literatura quanto à alta intensidade observada no ciclismo MTB. O atleta avaliado demonstrou um desempenho de alto nível competitivo ao sustentar uma intensidade de exercício classificada como de moderada a alta (80-90% FC_{máx}) durante 71% do tempo total de exercício.

A capacidade física do atleta se deve a um treinamento de alta intensidade, podendo estar ligada também ao fato do atleta ter começado a participar em eventos competitivos em uma idade bastante precoce.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a disponibilidade do atleta avaliado ao longo da temporada competitiva em que foi monitorado e também a Polar Eletro Oy da Finlândia e Proximus Tecnologia do Brasil pelo suporte ao estudo.

Referências

- Almeida MB, Araújo CGS. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Rev Bras Med Esp* 2003;9(2):104-12.
- Baron R. Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1387-93.
- Branco FC, Lima JRP, Vianna JM. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. *Rev Bras Ciênc Mov* 2004;12(2):75-79.
- Carpes FP, Mota CB, Faria IE (2007). Heart rate response during a mountain-bike event: a case report. *J Exerc Physiol* 2007;10(1):12-20.
- Coyle EF. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *J Appl Physiol* 2005;98:2191-96.
- Fernández-García B, Perez-Landaluce J, Rodriguez-Alonso M, Terrados N. Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1002-06.
- Gilman MB. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Int J Sports Med* 1996;21:73-79.
- Gilman MB, Wells CL. The use of heart rate to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *Int J Sports Med* 1993;14:339-344.
- Green JM, Mclester JR, Grews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Lomax RG. RPE association with lactate and heart rate during high-intensity interval cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:167-72.
- Impellizzeri F, Sassi A, Rodrigues-Alonso M, Mognoni P, Marcora S. Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1808-13.
- Jeukendrup A, Van Diemen A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci* 1998;16:91-99.
- Lucía A, Hoyos J, Carvajal A, Chicharro JL. Heart rate response to professional road cycling: the Tour de France. *Int J Sports Med* 1999;20:167-172.
- Lucía A, Hoyos J, Perez M, Chicharro JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1777-82.
- Lucía A, Pardo J, Durántez A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int J Sports Med* 1998;19:342-48.
- Macrae HS-H, Hise KJ, Allen PJ. Effects of front and dual suspension mountain-bike systems on uphill cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1276-80.
- Millet GP, Tronche C, Fuster N, Candau R. Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing position. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1645-52.
- Neumayr G, Gänzer H, Sturm W, Pfister R, Mitterbauer G, Hoertngl H. Physiological effects of an ultra cycle ride in an amateur athlete – A case report. *J Sports Sci Med* 2002;1:20-26.
- Neumayr G, Pfister R, Mitterbauer G, Gaenger H, Sturm W, Eibl G, Hoertnagl H. Exercise intensity of cycle-touring events. *Int J Sports Med* 2002;23:505-9.
- Padilla S, Mujika I, Cuesta G, Goirienea JJ. Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:878-85.
- Padilla S, Mujika I, Orbañanos J, Angulo F. Exercise intensity during competition time trials in professional road cycling. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:850-56.
- Palmer GS, Hawley JA, Dennis SC, Noakes TD (1994). Heart rate responses during a 4-d cycle race. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:1278-83.

22. Pfeiffer RP, Harden BP, Landis D, Harper K, Barber D. Correlating indices of aerobic capacity with performance in elite women road cyclists. *J Strength Cond Res* 1993;7:201-05.
 23. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-65.
 24. Swain DP, Wilcox JP. Effect of cadence on the economy of uphill cycling. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:1123-27.
 25. Takaishi T, Yasuda Y, Takaishi O, Moritani T. Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1492-7.
 26. Turner BM, Lim AC, Sweeney LR, Byrnes WC. The influence of pedaling cadence on uphill cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(5): S26.
 27. Wilber RL, Zawadzki KM, Kearney JT, Shannon MP, Disalvo D. Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:1090-94.
 28. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. São Paulo: Manole; 2001.
-