

EFEITOS DO EXERCÍCIO AERÓBIO PRÉVIO REALIZADO EM DIFERENTES CADÊNCIAS DE PEDALADA SOBRE A FORÇA MUSCULAR

VINICIUS DANIEL DE ARAÚJO RUAS
TIAGO REZENDE FIGUEIRA
BENEDITO SÉRGIO DENADAI
CAMILA COELHO GRECO

Running read. exercício aeróbio e força muscular
Laboratório de Avaliação da Performance Humana –
Universidade Estadual Paulista (Unesp – Rio Claro)
E-mail: greco@rc.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do exercício aeróbio prévio no ciclismo a 50 e 100rev.min⁻¹ na força muscular. Dez indivíduos ativos do gênero masculino participaram das condições de controle (C) e experimentais a 50 (R50) e 100rev.min⁻¹ (R100). Na condição C foram realizadas três séries de repetições máximas (RM) no legpress 45°, com a carga correspondente a 10RM. Nas condições R50 e R100 essas séries foram realizadas após 30 minutos de exercício no limiar anaeróbio (3,5mM de lactato sanguíneo). O número de repetições na condição R100 (21,9 ± 6,29) foi significativamente menor do que nas condições R50 (27,80 ± 3,19) e C (30,0 ± 1,05). Portanto, os efeitos do exercício aeróbio realizado no ciclismo na força muscular subsequente podem ser dependentes da cadência de pedalada.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclismo; limiar anaeróbio; força isotônica.

INTRODUÇÃO

Em algumas modalidades esportivas, o calendário competitivo faz com que os atletas tenham de treinar vários componentes do rendimento (resistência aeróbia e anaeróbia, força, velocidade, flexibilidade) em uma única sessão ou período de treinamento. Da mesma forma, a restrição de tempo exige freqüentemente que indivíduos que buscam a melhora da aptidão física e/ou da composição corporal tenham de realizar exercícios aeróbios e de força na mesma sessão de treino.

Estudos que compararam os efeitos dos treinamentos aeróbio e de força realizados isoladamente ou de forma concomitante (treinamento concorrente) mostram que, em geral, o treinamento de força não interfere na melhora de índices aeróbios como o consumo máximo de oxigênio (MCCARTHY et al., 1995). Porém, o treinamento concorrente parece interferir negativamente no aumento da força muscular (HICKSON, 1980; NELSON et al., 1990; HENNESSY; WATSON, 1994). Alguns autores propõem que essa interferência ocorreria pela geração de demandas de adaptações diferentes para um mesmo local (músculo esquelético) (DOCHERTY; SPORER, 2000). Outros, entretanto, sugerem que a realização do exercício aeróbio pode comprometer o volume do treino de força que é realizado subsequente, em função da fadiga muscular que é gerada agudamente (CRAIG et al., 1991; LEVERITT et al., 1999). Entre os possíveis mecanismos que ajudariam explicar a fadiga muscular, estão o aumento do Ca^{++} e de metabólitos como o lactato, íons hidrogênio e a amônia, a depleção de substratos (glicogênio e creatina fosfato), a hipoglicemia, a redução do *input* neural (excitabilidade, freqüência de disparos e transmissão dos impulsos elétricos) e os danos estruturais nas fibras musculares (WENGER; REED, 1976; GREEN, 1990; EDMAN, 1992; LEVERITT; MACLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000).

No entanto, alguns aspectos como a intensidade, a duração e o tipo de exercício (corrida, ciclismo, esqui etc.) potencialmente modulam o tipo e local da fadiga, podendo contribuir diferentemente para os efeitos negativos (agudos e crônicos) do exercício aeróbio sobre a força muscular. Nesse sentido, há consenso em relação à influência negativa na força muscular do exercício aeróbio realizado na corrida, enquanto para o exercício realizado previamente no ciclismo os dados ainda são contraditórios (LEVERITT; MACLAUGHLIN; ABERNETHY, 2000).

No ciclismo, a cadência de pedalada pode interferir em variáveis como o gasto energético (VO_2) (BONING; GONEN; MAASSEN, 1984; MARSH; MARTIN, 1997), o momento muscular (REDFIELD; HULL, 1986), o nível de estresse e de fadiga muscular (HULL; GONZALEZ; REDFIELD, 1988; TAKAISHI et al., 1996), a eficiência mecânica (WIDRICK; FREEDSON; HAMILL, 1992) e o recrutamento de diferentes tipos de fibras musculares (AHLQUIST et al., 1992; COYLE et al., 1992). No entanto, as diferentes condições

metodológicas empregadas nesses estudos, como, por exemplo, músculos analisados, velocidade de contração, força gerada, gasto energético e nível de habilidade dos indivíduos, dificultam o entendimento dos mecanismos de fadiga envolvidos em diferentes condições de cadência e de potência geradas.

Farina et al. (2004) analisaram a velocidade de condução do impulso nervoso da unidade motora em diferentes condições de potência externa, cadência de pedalada e força muscular. Nesse estudo, os autores verificaram que, quando analisados na mesma intensidade (50 ou 100% do limiar de lactato), na qual as condições de concentração de lactato e gasto energético são similares, a velocidade de condução do impulso aumentou com o aumento da cadência. Como a velocidade de condução do impulso nervoso parece obedecer também ao princípio do tamanho (HENNEMAN, 1957), o aumento da cadência de pedalada pode estar associado a um aumento no recrutamento de fibras musculares tipo II.

Portanto, as diferentes cadências de pedalada, quando analisadas nas mesmas condições metabólicas (concentração de lactato e consumo de oxigênio), parecem determinar um recrutamento diferente das fibras musculares. Com isso, é possível hipotetizar que a cadência de pedalada possa modular diferentemente a fadiga neuromuscular que é gerada pelo exercício aeróbio e, desse modo, os efeitos na força muscular subsequente. Com isso, o objetivo desse estudo foi verificar os efeitos do exercício aeróbio prévio realizado em diferentes cadências de pedalada na força muscular subsequente.

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 10 indivíduos ativos do gênero masculino ($21,86 \pm 3,18$ anos, $74,86 \pm 9,42$ kg, $178,28 \pm 4,92$ cm, $13,26 \pm 2,85\%$ de gordura corporal), com pelo menos 6 meses de experiência com o treinamento de força. Eles foram informados sobre os procedimentos do experimento e suas implicações, tendo assinado um termo de consentimento livre e esclarecido para participar deste estudo. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição onde o experimento foi realizado.

Procedimentos experimentais

Inicialmente, foi determinada a carga correspondente a 10 repetições máximas (10RM), sendo realizada uma tentativa por dia. Posteriormente, foram realizados também em diferentes dias e em ordem aleatória os testes incrementais a 50 e

100rev.min⁻¹ para a determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio (LAn). Na condição controle, os indivíduos realizaram três séries de repetições máximas no *legpress* 45°, com a carga correspondente a 10RM e um intervalo de 3 minutos de recuperação entre cada série. Na condição experimental, os indivíduos realizaram dois exercícios de carga constante na intensidade correspondente ao LAn com 30min de duração, nas cadências de 50 e 100rev.min⁻¹. Imediatamente após a realização do exercício aeróbio, os indivíduos realizaram as três séries de repetições máximas no *legpress* 45°, com a carga correspondente a 10RM. As condições controle e experimentais foram realizadas em ordem aleatória. Para cada indivíduo, os testes foram feitos no mesmo horário do dia com um intervalo mínimo de 72 horas entre cada sessão de teste. Os indivíduos foram orientados a comparecer aos testes descansados, alimentados e hidratados.

Determinação da carga correspondente a 10 repetições máximas

Os indivíduos realizaram tentativas para a determinação da carga correspondente a 10RM em um aparelho *legpress* 45° (LC 303, Vittafisio, São José do Rio Preto, Brasil). A carga inicial foi escolhida baseada na experiência prévia do indivíduo. Quando o indivíduo conseguiu realizar dez repetições, a carga foi aumentada em 10kg, até que ele não conseguisse realizar dez repetições completas. Todos os indivíduos conseguiram atingir a carga de 10RM em no máximo cinco tentativas. A velocidade de execução foi controlada por um metrônomo e mantida em 1s na fase concêntrica e 1s na fase excêntrica. A amplitude de movimento realizada foi de 90° de flexão do joelho na fase excêntrica e a extensão completa na fase concêntrica. O intervalo entre cada tentativa foi de pelo menos 24 horas.

Determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio

Os indivíduos realizaram os testes incrementais em uma bicicleta ergométrica (Cefise, Nova Odessa, Brasil) a 50 e 100rev.min⁻¹ com uma carga inicial de 75W e incrementos de 25W a cada 3 minutos até a exaustão voluntária. A frequência cardíaca (FC) foi anotada ao final de cada estágio e as amostras de sangue foram coletadas nos 20 segundos finais de cada estágio. A potência máxima (P_{MAX}) foi definida como a maior intensidade mantida por pelo menos 1 minuto. O LAn foi determinado por interpolação linear utilizando a concentração fixa de 3,5mM de lactato sanguíneo (DENADAI et al., 2004). Foram coletados 25ml de sangue arterializado do lóbulo da orelha, sem hiperemia, para a determinação do lactato sanguíneo. O sangue foi imediatamente transferido para tubos de polietileno (Eppendorf) contendo 50ml de NaF

1%. As amostras de sangue foram analisadas eletroquimicamente (YSL 2300 Stat, Yellow Springs, Ohio, Estados Unidos) e a FC foi continuamente monitorada por um freqüencímetro (S410, Polar, Kempele, Finlândia).

Exercício de carga constante

Após a determinação do LAn, foram realizadas em três dias diferentes, em ordem randômica, a condição controle (C), a condição experimental 50rev.min⁻¹ (R50), e a condição experimental 100rev.min⁻¹ (R100). Nas condições R50 e R100 os indivíduos realizaram um exercício de 30min de duração, nas cadências de 50 e 100rev.min⁻¹, respectivamente, na intensidade correspondente ao LAn. No 10^o e no 3^o minutos foram coletados 25ml de sangue para a dosagem do lactato sanguíneo e mensurada a FC. Embora os efeitos da cadência de pedalada nas respostas fisiológicas sejam dependentes da intensidade (%P_{MAX} ou %VO_{2max}), esta não influencia nas relações entre VO₂ e lactato sanguíneo (CHAVARREN; CALBET, 1999), VO₂ e FC (idem) e entre FC e lactato sanguíneo (DENADAI; FIGUEIRA; RUAS, 2005). Desse modo, pode-se assumir que os gastos energéticos entre os exercícios realizados nas diferentes cadências tenham sido semelhantes.

Análise estatística

Os dados estão expressos como média \pm desvio-padrão (DP). Os valores de lactato sanguíneo e FC obtidos durante os exercícios de carga constante realizados a 50 e 100rev.min⁻¹ foram comparados pelo teste *t* de *student* para dados repetidos. Para comparar as condições C, R50 e R100 foi utilizada a nova *one-way*, complementada pelo teste de Tukey. O nível de significância foi mantido em $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os valores médios \pm DP da potência máxima (P_{MAX}), FC máxima (FC_{MAX}), concentração máxima de lactato (LAC_{MAX}), da intensidade correspondente ao LAn em valores absoluto (W) e relativo à potência máxima (% P_{MAX}) e da FC correspondente ao LAn (FC_{LAn}), obtidos no teste incremental nas cadências de 50 e 100rev.min⁻¹ estão expressos na Tabela 1. O LAn expresso em valores absoluto e relativo a P_{MAX} e a FC_{LAn} foram significativamente menores na cadência de 100rev.min⁻¹ ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa na P_{MAX}, FC_{MAX} e LAC_{MAX} ($p > 0,05$).

TABELA 1 – VALORES MÉDIOS \pm DP DA INTENSIDADE MÁXIMA (P_{MAX}), FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA (FC_{MAX}), CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE LACTATO (LAC_{MAX}), DA INTENSIDADE CORRESPONDENTE AO LIMIAR ANAERÓBIO (LAN) EM VALORES ABSOLUTO (W) E RELATIVO À POTÊNCIA MÁXIMA ($\%P_{MAX}$) E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA CORRESPONDENTE AO LAN (FC_{LAN}), OBTIDOS NO TESTE INCREMENTAL NAS CADÊNCIAS DE 50 E 100REV.MIN⁻¹. N = 10

	50rev.min ⁻¹	100rev.min ⁻¹
P_{MAX} (W)	241,66 \pm 35,78	240,83 \pm 37,97
FC_{MAX} (bpm)	182,00 \pm 5,35	182,00 \pm 8,56
LAC_{MAX} (mM)	7,79 \pm 1,60	9,38 \pm 3,17
LAN (W)	196,84 \pm 43,66	169,45 \pm 44,94*
LAN ($\%P_{MAX}$)	80,86 \pm 8,34	69,69 \pm 11,60*
FC_{LAN} (bpm)	160,59 \pm 11,27	152,71 \pm 10,34*

* $p < 0,05$ em relação à cadência de 50 rev.min⁻¹.

Os valores médios \pm DP da concentração de lactato sanguíneo e da FC obtidos durante os exercícios de carga constante realizados a 50 a 100rev.min⁻¹ e após o exercício no *leg press* estão expressos na Tabela 2. Não houve diferença estatisticamente significativa na concentração de lactato sanguíneo em nenhuma das condições analisadas ($p > 0,05$). Do mesmo modo, a FC não foi estatisticamente diferente em nenhuma das condições analisadas ($p > 0,05$).

TABELA 2 – VALORES MÉDIOS \pm DP DA CONCENTRAÇÃO DE LACTATO SANGUÍNEO E DA FREQUÊNCIA CARDÍACA OBTIDOS DURANTE OS EXERCÍCIOS DE CARGA CONSTANTE REALIZADOS A 50 A 100REV.MIN⁻¹ E APÓS O EXERCÍCIO NO *LEG PRESS*. N = 10

	50rev.min ⁻¹	100rev.min ⁻¹
Lac10 (mM)	4,12 \pm 1,07	4,62 \pm 0,92
Lac30 (mM)	4,32 \pm 1,49	4,44 \pm 1,12
Lac _{médio} (mM)	4,22 \pm 1,11	4,53 \pm 0,86
Lac _{pós} (mM)	8,08 \pm 2,03	7,56 \pm 1,28
FC10 (bpm)	155,20 \pm 7,59	159,80 \pm 11,17
FC30 (bpm)	164,40 \pm 7,26	170,20 \pm 11,82
FC _{média} (bpm)	159,80 \pm 7,00	165,00 \pm 11,27
FC _{pós} (bpm)	159,85 \pm 12,13	150,57 \pm 7,41

O número total de repetições realizado no *leg press* 45° nas condições C, R50 e R100 estão expressos na Figura 1. Houve queda significativa no número total de repetições realizado na condição R100 (21,90 \pm 6,29) em relação à condição C

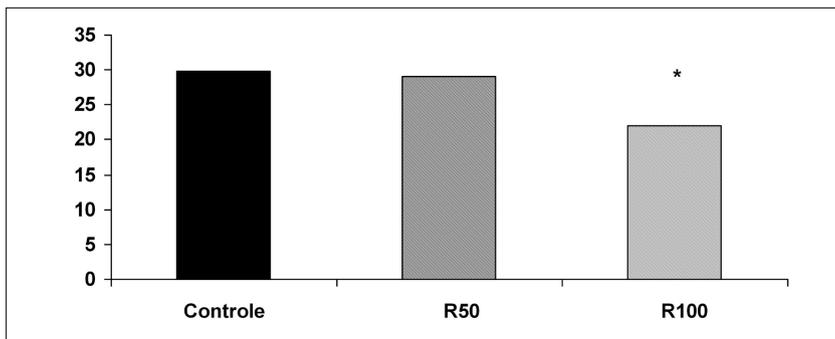


Figura 1: Número total de repetições realizado no *leg press* 45° nas condições controle (C), experimental a 50 (R50) e a 100rev.min⁻¹ (R100). N = 10

* p < 0,05 em relação ao controle e à cadência de 50rev.min⁻¹.

(30,00 ± 1,05) (p < 0,05). Na condição R50 (27,80 ± 3,19) o número de repetições realizados foi similar à condição C (p > 0,05).

DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do exercício aeróbio prévio realizado em diferentes cadências de pedalada na força muscular. Nosso principal achado foi que a influência negativa sobre a força ocorreu apenas após o exercício aeróbio realizado na maior cadência (100rev.min⁻¹), sugerindo que a velocidade de contração muscular no exercício aeróbio feito no ciclismo pode ser um fator importante na diminuição do volume do treino de força subsequente.

Um aspecto que deveria ser analisado inicialmente é a similaridade ou não dos exercícios aeróbios que foram realizados previamente, particularmente em relação ao gasto energético e às respostas metabólicas. Em nosso estudo o gasto energético não foi determinado diretamente. Porém, as relações entre VO₂ e lactato sanguíneo (CHAVARREN; CALBET, 1999), VO₂ e FC (idem) e entre FC e lactato sanguíneo (DENADAI; FIGUEIRA; RUAS, 2005) parecem não ser influenciadas pela cadência de pedalada. Esse comportamento também foi verificado em nosso estudo, pois a FC e o lactato sanguíneo foram bem semelhantes entre as cadências, embora a potência referente ao LAn tenha sido menor a 100rev.min⁻¹. Desse modo, os diferentes efeitos da cadência pedalada sobre a força muscular não parecem ter sido influenciados pelo gasto energético e/ou pelos eventuais efeitos negativos do lactato. Como alguns estudos verificaram efeito da cadência de pedalada no recrutamento das unidades motoras (AHLQUIST et al., 1992; COYLE et al., 1992) e na velocidade de condução do impulso (FARINA et al., 2004), esses fatores neuromusculares podem

auxiliar a explicar a influência do exercício aeróbio realizado em diferentes cadências de pedalada na força muscular.

A queda significativa da força muscular verificada no presente estudo concorda com o obtido em outros estudos que utilizaram o ciclismo como forma de exercício aeróbio (ABERNETHY, 1993; LEVERITT; ABERNETHY, 1999; LEVERITT et al., 1999). Leveritt e Abernethy (1999) verificaram queda na força muscular medida tanto pelo número máximo de repetições em um exercício de agachamento como em um dinamômetro isocinético em diferentes velocidades de contração. Nesse estudo os autores utilizaram um exercício intermitente com duração total de 25min e intensidade que variou de 40 a 100% VO_2 pico. Destaca-se apenas que não há informações sobre a cadência de pedalada utilizada.

Já no estudo realizado por Sporer e Wenger (2003), foram utilizados um exercício realizado de forma intermitente, com duração total de 46min e intensidades entre 40 e 100% P_{MAX} (18min a 95-100% P_{MAX}) e um exercício contínuo com duração de 46min e intensidade correspondente a 70% P_{MAX} (36min a 70% P_{MAX}). A cadência de pedalada utilizada foi entre 70 e 80rev.min⁻¹. Nesse estudo verificou-se que a intensidade do exercício aeróbio não parece ser um aspecto importante na queda da força muscular subsequente, pelo menos quando as condições de gasto energético são similares. Os autores sugerem que apesar de o recrutamento das fibras musculares ter sido provavelmente diferente em função da intensidade do exercício, esse aspecto não modificou a influência do exercício aeróbio na força muscular subsequente. No entanto, a cadência de pedalada foi similar nas duas condições.

A fadiga pode ser gerada por fatores centrais (KENT-BRAUN, 1999) e periféricos (FITTS, 1994; WESTERBLAD et al., 1998; GIANNESINI; COZZONE; BENDAHAN, 2003), e estes últimos parecem ter uma participação maior do que os centrais (WESTERBLAD et al., 1991; ALLEN; WESTERBLAD, 2001; KENT-BRAUN, 1999). As características do exercício influenciam na participação desses fatores (GIANNESINI; COZZONE; BENDAHAN, 2003). Quando o músculo se encontra em condição de fadiga, há um aumento no recrutamento das unidades motoras e/ou na sua sincronização, a fim de compensar a redução na capacidade de gerar força (POTVIN, 1997; SPORER; WENGER, 2003). Nessa condição, geralmente há uma redução na velocidade de condução do impulso nervoso (POTVIN, 1997; SPORER; WENGER, 2003). Após a realização de exercícios aeróbios, alguns estudos verificaram que essa capacidade de recrutamento das unidades motoras é reduzida (LEPERS et al., 2000; MILLET; LEPERS, 2004; NICOL; KOMI; MARCONNET, 1991; PAAVOLAINEN et al., 1999). Segundo esses estudos, há uma redução do *input* neural aos músculos, reduzindo a capacidade de recrutamento das unidades motoras e conseqüentemente a força máxima. De acordo com Farina et al. (2004), nas cadências de pedalada mais elevadas existe uma maior velocidade de

condução do impulso nervoso, podendo este, portanto, ser um aspecto importante na diferenciação da fadiga que é gerada nas diferentes cadências utilizadas no exercício aeróbio e conseqüentemente na força muscular subseqüente.

O acúmulo de K^+ extracelular também tem sido freqüentemente apontado como um importante mecanismo indutor de fadiga, particularmente nos exercícios de curta duração (SEJERSTED; SJOGAARD, 2000), já que ele parece estar associado à redução no potencial de ação, na excitação do sarcolema e dos túbulos T e da liberação da Ca^{++} no citoplasma (MCKENNA, 1992; SEJERSTED; SJOGAARD, 2000). Zoladz et al. (2002) verificaram que para uma mesma potência externa gerada, a concentração extracelular de K^+ foi maior na cadência de $120\text{rev}\cdot\text{min}^{-1}$ em relação a $60\text{rev}\cdot\text{min}^{-1}$. Apesar de a condição desse estudo (mesma potência externa) ser diferente da realizada em nosso estudo (mesma intensidade, i.e., LAN), é possível hipotetizar que os diferentes acúmulos de K^+ extracelular gerados pelo exercício aeróbio possam explicar em parte os diferentes níveis de fadiga na força muscular subseqüente observados em nosso estudo.

É interessante destacar que independente da normalização que se faça para as comparações das cadências de pedalada (mesma potência externa ou intensidade de exercício, i.e., $\%VO_2\text{max}$ e LAN), o nível de força aplicado nos pedais é maior nas menores cadências. Portanto, sugere-se que no ciclismo, quando as condições de intensidade ou potência externa realizada são similares, a velocidade de contração muscular parece ser proporcionalmente mais importante do que o nível de força aplicado, no desenvolvimento da fadiga muscular analisada pelo número máximo de repetições no *leg press* realizado imediatamente após o exercício aeróbio.

Com base nesses dados pode-se concluir que a cadência de pedalada utilizada em um exercício aeróbio prévio realizado no ciclismo pode gerar diferentes respostas na força muscular subseqüente, analisada pelo número máximo de repetições no *leg press*. Esse aspecto pode contribuir para a melhor elaboração dos protocolos de treinamento concorrente (aeróbio + força), presentes em muitos programas de condicionamento físico, a fim de evitar ou diminuir a interferência do exercício aeróbio prévio na força muscular subseqüente. Nesse sentido, nossos dados sugerem a utilização de baixas cadências de pedalada no exercício aeróbio de ciclismo, quando este é realizado previamente ao exercício de força.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação para o Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista (Fundunesp) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Effects of previous aerobic exercise performed at different pedal cadences on muscular strength

ABSTRACT: The objective of this study was to verify the effects of previous aerobic cycling exercise at 50 and 100rev.min⁻¹ on the muscular strength. Ten active males participated of the conditions control (C) and experimental at 50 (R50) and 100rev.min⁻¹ (R100). In the C condition it was performed three series of maximal repetitions in the legpress 45°, with the workload corresponding to 10RM. In the conditions R50 and R100 these series were performed after 30 minutes of exercise at anaerobic threshold (3.5mM of blood lactate). The number of repetitions at the condition R100 (21.9 ± 6.29) was significantly lower than at R50 (27.80 ± 3.19) and C (30.0 ± 1.05) conditions. Thus, the effects of aerobic exercise performed in cycling on the subsequent muscular strength can be dependent on the pedal cadence.

KEY WORDS: Cycling; anaerobic threshold; isotonic strength.

Efectos del ejercicio aerobio previo realizado en diversas cadencias de pedaleo sobre la fuerza muscular

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue verificar el efecto del ejercicio aerobio previo en el ciclismo a 50 y 100rev.min⁻¹ en la fuerza muscular. Diez hombres activos participaron de las condiciones de control (C) y experimentales a 50 (R50) y 100rev.min⁻¹ (R100). Se buscaba verificar los efectos del ejercicio que completaba un ciclo aerobio anterior en 50 y 100 rev.min⁻¹ en la fuerza muscular. Siete varones activos participaron del control de las condiciones (c) y experimental en 50 (R50) y 100 rev.min⁻¹ (R100). En la condición de C fue realizado três series de repeticiones máximas en pierna-presiona 45°, con carga de trabajo correspondiendo a 10RM. En las condiciones R50 y R100 esas series fueron realizadas después de 30 minutos del ejercicio en el umbral anaerobio (3.5 milímetros del lactato de la sangre). El número de repeticiones en la condición R100 (21.9 + 6.29) era perceptiblemente más bajo que en las condiciones de R50 (27.80 + 3.19) y de C (30.0 + 1.05). Así, los efectos del ejercicio aerobio realizado en el ciclismo en la fuerza muscular subsiguiente pueden ser dependientes de la cadencia del pedaleo.

PALABRAS CLAVES: Ciclismo; umbral anaerobio; fuerza isotónica.

REFERÊNCIAS

ABERNETHY, P. J. Influence of acute endurance activity on isokinetic strength. *J Strength Cond Res*, v. 7, p. 141-146, 1993.

ABERNETHY, P. J.; QUIGLEY, B. M. Concurrent strength and endurance training of the elbow flexors. *J Strength Cond Res*, v. 7, p. 234-240, 1993.

AHLQUIST, L. E.; BASSETT, D. R. Jr.; SUFIT, R.; NAGLE, F. J.; THOMAS, D. P. The effect of pedaling frequency on glycogen depletion rates in type I and type II quadriceps muscle fibers

during submaximal cycling exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 65, p. 360-364, 1992.

ALLEN, D. G.; WESTERBLAD, H. Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *J Physiol*, v. 536, p. 657-665, 2001.

BONING, D.; GONEN, Y.; MAASSEN, N. Relationship between work load, pedal frequency, and physical fitness. *Int J Sports Med*, v. 5, p. 92-97, 1984.

CHAVARREN, J.; CALBET, J. A. Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 80, p. 555-563, 1999.

COYLE, E. F.; SIDOSSIS, L. S.; HOROWITZ, J. F.; BELTZ, J. D. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc*, v. 24, p. 782-788, 1992.

CRAIG, B. W.; LUCAS, J.; POHLMAN, R.; STELING, H. Effects of running, weightlifting and a combination of both on growth hormone release. *J Appl Sport Sci Res*, v. 5, p. 198-203, 1991.

DENADAI, B. S.; FIGUERA, T. R.; FAVARO, O. R.; GONÇALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Braz J Med Biol Res*, v. 37, p. 1.551-1.556, 2004.

DENADAI, B. S.; FIGUEIRA, T. R.; RUAS, V. D. A. Efeito da cadência de pedalada sobre a relação entre a frequência cardíaca e a resposta de lactato sanguíneo durante o exercício incremental e de carga constante em indivíduos ativos. *Rev Bras Med Esporte*, v. 11, p. 286-290, 2005.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med*, v. 30, p. 385-394, 2000.

EDMAN, K. A. P. Contractile performance of skeletal muscle fibers. In: KOMI, P. (Ed.). *Strength and power in Sports*. The Encyclopaedia of Sports Medicine. Oxford, England: Blackwell, 1992. p. 96-114

FARINA, D.; MACALUSO, A.; FERGUSON, R. A.; DE VITO, G. Effect of power, pedal rate, and force on average muscle fiber conduction velocity during cycling. *J Appl Physiol*, v. 97, p. 2.035-2.041, 2004.

FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*, v. 74, p. 49-94, 1994.

GIANNESINI, B.; COZZONE, P. J.; BENDAHAN, D. Non-invasive investigations of muscular fatigue: metabolic and electromyographic components. *Biochimie*, v. 85, p. 873-883, 2003.

GREEN, H. J. Manifestations and sites of neuromuscular fatigue. In: TAYLOR, A. W.; GOLLNICK, P. D.; GREEN, H. J.; IANUZZO, C. D.; NOBLE, E. G.; METVIER, G.;

SUTTON, J. R. (Eds.). *Biochemistry of exercise VII (v. 21)*. Champaign: Human Kinetics, 1990.

HENNEMAN, E. Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*, v. 126, p. 1.345-1.347, 1957.

HENNESSY, L. C.; WATSON, A. W. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J Strength Cond Res*, v. 8, p. 12-19, 1994.

HICKSON, R. C. Interference of strength development by simultaneous training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol*, v. 45, p. 255-263, 1980.

HULL, M. L.; GONZALEZ, H. K.; REDFIELD, R. Optimization of pedaling rate in cycling using a muscle stress-based objective function. *Int J Sports Biomech*, v. 4, p. 1-20, 1988.

KENT-BRAUN, J. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *Eur J Appl Physiol*, v. 80, p. 57-63, 1999.

LEPERS, R.; HAUSSWIRTH, C.; MAFFIULETTI, N.; BRISSWALTER, J.; VAN HOECKE, J. Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc*, v. 32, p. 1.880-1.886, 2000.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. J. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res*, v. 13, p. 47-51, 1999.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P. J.; BARRY, B. K.; LOGAN, P. A. Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Med*, v. 28, p. 413-427, 1999.

LEVERITT, M.; MACLAUGHLIN, H.; ABERNETHY, P. J. Changes in leg strength 8 and 32 h after endurance exercise. *J Sports Sci*, v. 18, p. 865-871, 2000.

MARSH, A. P.; MARTIN, P. E. Effect of cycling experience, aerobic power, and power output on preferred and most economical cycling cadences. *Med Sci Sports Exerc*, v. 29, p. 1.225-1.232, 1997.

MCCARTHY, J. P.; AGRE, J. C.; GRAF, B. K.; POZNIAK, M. A.; VAILAS, A. C. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, v. 27, p. 429-436, 1995.

MCKENNA, M. J. The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. *Sports Med*, v. 13, p. 134-145, 1992.

MILLET, G. Y.; LEPERS, R. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Med*, v. 34, p. 105-116, 2004.

NELSON, A. G.; ARNALL, D. A.; LOY, S. F.; SILVESTER, L. J.; CONLEE, R. K. Consequence of combining strength and endurance training regimens. *Phys Ther*, v. 70, p. 287-294, 1990.

NICOL, C.; KOMI, P.; MARCONNET, P. Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance, II – Changes in force, integrated electromyography activity and endurance capacity. *Scand J Med Sci Sports*, v. 1, p. 18-24, 1991.

PAAVOLAINEN, L.; NUMMELA, A.; RUSKO, H.; HAKKINEN, K. Neuromuscular characteristics and fatigue during 10km running. *Int J Sports Med*, v. 20, p. 516-521, 1999.

POTVIN, J. Effects of kinematics on surface EMG amplitude and frequency during fatiguing dynamic contractions. *J Appl Physiol*, v. 82, p. 144-151, 1997.

REDFIELD, R.; HULL, M. L. On the relation between joint moments and pedalling rates at constant power in bicycling. *J Biomech*, v. 19, p. 317-329, 1986.

SEJERSTED, O. M.; SJOGAARD, G. Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiol Rev*, v. 80, p. 1.411-1.481, 2000.

SPORER, B. C.; WENGER, H. A. Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery. *J Strength Cond Res*, v. 17, p. 638-644, 2003.

TAKAISHI, T.; YASUDA, Y.; ONO, T.; MORITANI, T. Optimal pedaling rate estimated from neuromuscular fatigue for cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, v. 28, p. 1.492-1.497, 1996.

WEIR, J.; LLYOD, B.; TUSSING, A.; GREEN, M.; ROBEL, J. Reliability of electromyographic fatigue curves. *J Exerc Physiol on line*, v. 1, 1998.

WENGER, H. A.; REED, A. T. Metabolic factors associated with muscular fatigue during aerobic and anaerobic work. *Can J Appl Sport Sci*, v. 1, p. 43-47, 1976.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D. G.; BRUTON, J. D.; ANDRADE, F. H.; LANNERGREN, J. Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiol Scand*, v. 162, p. 253-260, 1998.

WESTERBLAD, H.; LEE, J. A.; LANNERGREN, J.; ALLEN, D. G. Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol*, v. 261, C195-C209, 1991.

WIDRICK, J. J.; FREEDSON, P. S.; HAMILL, J. Effect of internal work on the calculation of optimal pedaling rates. *Med Sci Sports Exerc*, v. 24, p. 376-382, 1992.

ZOLADZ, J. A.; DUDA, K.; MAJERCZAK, J.; THOR, P. Effect of different cycling frequencies during incremental exercise on the venous plasma potassium concentration in humans. *Physiol Res*, v. 51, p. 581-586, 2002.

Recebido: 2 out. 2006
Aprovado: 23 abr. 2007

Endereço para correspondência
Camila Coelho Greco
Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Unesp
Av. 24 A, 1.515 – Bela Vista
Rio Claro-SP
CEP 13506-900