Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico

Muscular fatigue analysis by electromyographyc signal amplitude

Sarah Regina Dias da Silva[1]
Mauro Gonçalves[2]

Resumo

SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. Análise da fadiga muscular pela amplitude do sinal eletromiográfico. **R. bras. Ci e Mov.** 2003; 11(3): 15-20.

O objetivo deste estudo foi interpretar o fenômeno da fadiga muscular pela análise da amplitude do sinal eletromiográfico (RMS) dos músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) do membro inferior dominante de nove voluntários (sexo feminino), durante a extensão isométrica do joelho (90 graus), nos protocolos de exaustão e de 1 minuto. Realizou-se o teste de carga máxima, e as cargas de aproximadamente 20%, 30%, 40% e 50% foram utilizadas, sendo distribuídas aleatoriamente nos quatro dias de coletas. Utilizou-se eletrodos de superfície monopolares passivos (Ag/AgCl); um módulo de aquisição de sinais biológicos (ganho: 1000 vezes, filtro de passa alta: 20Hz, filtro de passa baixa: 500Hz, freqüência de amostragem: 1000Hz), placa A/D e *software* específico. Os valores de RMS foram correlacionados em função do número de coletas de cada protocolo para cada músculo, obtendo-se das retas os valores de correlação (r) e nível de significância (p). Diante dos resultados verifica-se que os músculos VM e VL apresentaram comportamento predominantemente crescente em ambos protocolos; mas somente no protocolo de exaustão houve predomínio de retas significantes ($p < 0,05$); concluindo o protocolo de exaustão é viável para aplicação da eletromiografia de superfície como método de avaliação da fadiga muscular.

PALAVRAS-CHAVE: eletromiografia, amplitude, fadiga muscular, contração isométrica

Abstract

SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. Muscular fatigue analyses by eletromyographic signal amplitude. **R. bras. Ci e Mov.** 2003; 11(3): 15-20.

The objective of this study was to interpret the phenomenon of muscular fatigue through analysis of the electromyographic signal amplitude (RMS) of the vastus medialis (VM) and vastus lateralis (VL) muscles of the dominant lower limb of 9 volunteers (female), during isometric knee extension (90 degrees), in the protocols of exhaustion and 1 minute. A maximum load test was performed, and loads of approximately 20%, 30%, 40%, and 50% were used and distributed in random order in the 4 days of collection. Passive monopolar surface electrodes (Ag/AgCl), a biological signal acquisition module (gain: 1000 times; high-pass filter: 20Hz; low-pass filter: 500Hz; sample frequency: 1000Hz), an A/D plate, and a specific software were used. The values of RMS were correlated according to the number of collections of each protocol for each muscle, from which correlation values (r) and the significance level (p) were obtained. It was verified that the VM and VL muscles showed a predominantly increasing behavior in both protocols, but only in the exhaustion protocol there was predominance of significant straight lines ($p < 0.05$); it was concluded that the exhaustion protocol is viable for the application of surface electromyography as a method of evaluation of muscular fatigue.

KEYWORDS: electromyography, amplitude, muscular fatigue, isometric contraction

[1] Bolsista do CNPq. E-mail: sarah.regina@bol.com.br
[2] Coordenador do Laboratório de Biomecânica – UNESP – Rio Claro Prof. Dr. Mauro Gonçalves Laboratório de Biomecânica – Departamento de Educação Física. E-mail: maurog@rc.unesp.br

Recebido: 18/04/2003
Aceite: 14/05/2003

Introdução

A fadiga muscular humana tem sido definida de muitas maneiras, sendo então uma condição muito conhecida mas não bem definida e entendida, que normalmente descreve o declínio na performance ou na carga associada com atividade repetitiva ou sustentada (12).

Para identificá-la tem sido utilizada uma grande variedade de modelos de exercícios, protocolos e métodos de avaliação (21), o que dificulta a comparação entre os resultados obtidos nos diferentes estudos.

A eletromiografia de superfície, um dos métodos de análise biomecânica, apresenta-se como metodologia não invasiva de análise da fadiga muscular, sendo indicada tanto a análise da amplitude como da freqüência do sinal eletromiográfico para este fim (2, 5, 9, 21). Segundo Hagberg (9) e Maton (13) a fadiga muscular é determinada pela amplitude do sinal eletromiográfico por meio da verificação do aumento desta em função do tempo, durante contrações sustentadas e com carga constante.

Diante da necessidade de se determinar protocolos para identificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície, para que no futuro seja possível contribuir tanto para a área de treinamento como para a de reabilitação, o presente estudo tem por objetivo analisar eletromiograficamente os músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) durante a extensão isométrica do joelho nos protocolos de exaustão e de 1 minuto.

Metodologia

Voluntários

Participaram do presente estudo nove voluntários do sexo feminino, estudantes do curso de Educação Física, com idade variando de 18 a 22 anos (19,7 ± 1,3 anos), sem antecedentes de doenças ou lesões músculo-esqueléticas no membro inferior dominante e de antropometria semelhante (161,6 ± 4,1cm de altura, 54,9 ± 3,2Kg de massa corporal, 38,9 ± 1,7cm de comprimento da coxa, e 34,6 ± 1,7cm de comprimento da perna). As medidas perimétricas da coxa do membro inferior dominante foram realizadas a 5cm (40,5 ± 2,3cm), 10cm (45,3 ± 3,2cm) e 15cm (50,1 ± 3,5cm) acima da borda superior da patela. Tanto as medidas antropométricas quanto as perimétricas do membro inferior dominante foram realizadas segundo Lohman *et al*. (11).

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa local e aprovado pelo mesmo; e para sua realização os voluntários foram convidados, sendo orientados sobre as atividades a serem realizadas no momento do experimento, e desta forma, assinaram termo de consentimento concordando em participar das mesmas.

Os voluntários responderam a um questionário, no qual foram avaliados sobre antecedentes de doenças ou lesões músculo-esqueléticas nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, e somente participaram do estudo os que não apresentaram tais antecedentes no membro inferior a ser analisado (dominante). Neste mesmo questionário foram realizadas questões sobre a prática de atividade física e o tempo de duração da mesma; ainda sobre a existência de alergia à lâmina de barbear e a álcool. Os voluntários que participaram do estudo praticavam atividade física no mínimo duas vezes por semana e não tinham alergia.

Equipamentos e exercício

Utilizou-se uma cadeira desenvolvida especificamente para este estudo, com 76 cm de altura, 60 cm de largura e 75 cm de comprimento, a qual possui suporte regulável para o uso de uma célula de carga (Kratosâ – MM100Kgf), que se constitui de componentes sensíveis aos esforços de tração que ocorreram em função da extensão isométrica do joelho.

A célula de carga foi posicionada em um ângulo de 90 graus em relação ao eixo longitudinal da tíbia sendo fixada na articulação do tornozelo, estanda a mesma acoplada ao módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx*) e a um *display* (Kratosâ – IK-14A) posicionado 1,30 m à frente do voluntário.

A postura dos voluntários durante a realização do exercício foi sentada com as mãos apoiadas em suportes localizados nas laterais da cadeira, com o tronco ereto ajustado pelo encosto para permitir o ângulo de 90 graus de flexão da articulação do quadril, sendo que para a manutenção desta postura, tanto o tronco quanto o quadril foram presos por um cinto de segurança de três pontos, e para impedir possíveis movimentos do membro inferior não dominante utilizou-se um limitador ajustado à frente do mesmo; e a articulação do joelho do membro inferior dominante foi posicionada em 90 graus de flexão. Para a verificação dos ângulos articulares um goniômetro manual foi utilizado.

A célula de carga foi calibrada antes do experimento pelo *software* Aqdados (Lynx), obtendo-se correlações maiores ou iguais a 0,98, e as mudanças que ocorreram nos seus sensores foram expressos em quilograma-força (Kgf).

Protocolo do teste

Os voluntários estiveram presentes no laboratório para realização do teste de carga máxima isométrica em dois dias consecutivos (intervalo mínimo de 18h e máximo de 24h), no máximo duas semanas antes do início das coletas.

No primeiro dia determinou-se o membro inferior dominante de cada voluntário, sendo este determinado após o voluntário chutar uma bola parada três vezes com o mesmo membro inferior, em adaptação de PAVLAT *et al*. (17) e EBERSOLE *et al.* (7).

O teste de carga máxima foi composto de três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) realizadas durante quatro segundos com intervalo de no mínimo três minutos entre as mesmas. Nos dois dias após a realização do teste, os voluntários fizeram o exercício isométrico nas mesmas condições do experimento, durante o tempo de no máximo 1 minuto, para que no início das coletas estivessem adaptados tanto ao ambiente de coleta quanto ao experimento. Para a adaptação utilizou-se no primeiro dia a carga de aproximadamente 20% da carga máxima, e no segundo dia a carga de aproximadamente 50% da carga máxima.

O critério de exclusão adotado, tanto no teste de adaptação como durante as coletas, foi a verificação da impossibilidade de execução do exercício pelo tempo mínimo de 1 minuto, devido isto inviabilizar a análise do protocolo de 1 minuto.

O valor médio das CIVM realizadas nos dois dias de teste de carga máxima foi utilizado para determinação das quatro porcentagens analisadas neste estudo (20%, 30%, 40% e 50%), as quais foram distribuídas aleatoriamente entre os quatro dias de coletas. Os valores médios de carga máxima foram de 34,27 ± 9,3Kgf no primeiro dia, e de 33,39 ± 8,9Kgf no segundo dia de teste.

As coletas foram realizadas em quatro dias consecutivos (intervalo mínimo de 15h e máximo de 34h), sendo que todas foram compostas de um aquecimento realizado com o próprio exercício durante 1 minuto, com aproximadamente 5% da carga máxima, seguido de um descanso de no mínimo 2 minutos para então iniciar o exercício isométrico, o qual foi realizado até a exaustão.

A exaustão foi determinada por referências do próprio voluntário, e/ou pela verificação da impossibilidade do mesmo manter a carga estipulada dentro da variação de ±10% do valor da mesma.

Eletromiografia

Para captação dos sinais eletromiográficos dos músculos vasto medial (VM) e vasto lateral (VL) do membro inferior dominante utilizou-se eletrodos de superfície monopolares passivos de Ag/AgCl (MediTraceâ), com área de captação de 1cm de diâmetro, e área total de 3cm de largura e 3,3cm de comprimento, sendo os mesmos posicionados aos pares e longitudinalmente em relação à direção das fibras dos músculos em adaptação de Delagi *et al.* (3), com distância entre os eletrodos de 4cm (centro a centro).

Para diminuir possíveis interferências na aquisição do sinal EMG, realizou-se tricotomia e limpeza da pele com lixa fina e álcool no local determinado sobre os músculos a serem analisados, e colocou-se um fio terra no punho do lado correspondente ao lado do membro inferior dominante.

Para a aquisição dos registros eletromiográficos estabeleceu-se a freqüência de amostragem de 1000Hz, e utilizou-se um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynxâ) de quatro canais ao qual foram conectados os eletrodos, calibrado com ganho de 1000 vezes, filtro de passa alta de 20Hz, filtro de passa baixa de 500Hz e filtro de 60Hz para impedir interferências da rede elétrica. Utilizou-se uma placa A/D com faixa de entrada de -5 a +5 Volts (CAD 1026 - Lynx), e um *software* específico (Aqdados - Lynx) para a aquisição e posterior análise dos sinais. As coletas foram realizadas de forma contínua até a exaustão, com duração de 4 segundos cada e com intervalo de 2 segundos entre as mesmas.

Análise dos sinais e análise estatística

No sinal eletromiográfico dos músculos VM e VL calculou-se o valor de RMS (*Root Mean Square*), em microvolts (mV), no intervalo de 0,5 a 3,5s do total de 4s de cada coleta; sendo este valor analisado em todas as coletas de cada porcentagem de carga (20%, 30%, 40% e 50%), permitindo assim obter os resultados do protocolo de exaustão; e pelo *software* Aqdados (Lynx) foi possível obter o número de coletas correspondentes ao protocolo de 1 minuto de cada porcentagem de carga.

Os valores de RMS dos músculos VM e VL foram analisados por regressão linear em função do número de coletas (tempo) em cada porcentagem de carga analisada (4, 5, 14, 16) de cada protocolo (exaustão e 1 minuto), obtendo-se das retas os valores de coeficiente de correlação (r) e nível de significância (p), adotando-se $p < 0,05$.

Resultados e discussão

Os tempos de exaustão, em segundos, obtidos na cargas de 20% (483 ± 417s), 30% (249 ± 163s), 40% (159 ± 82s) e 50% (98 ± 26s) apresentaram-se decrescentes em função do aumento da carga, o que ocorre devido a maior produção de substratos metabólicos nas maiores cargas, as quais dependem principalmente das fibras de contração rápida (12).

As Figuras 1 e 2 apresentam os valores dos coeficientes de correlação (r) obtidos da regressão linear entre os valores de RMS e o número de coletas (tempo) para os músculos VM e VL, respectivamente, em ambos os protocolos do exercício isométrico (exaustão e 1 minuto), e em cada porcentagem de carga analisada (20%, 30%, 40% e 50%) para os nove voluntários.

Em cada protocolo analisado (exaustão e 1 minuto) verifica-se que houve predomínio de comportamento positivo das retas para ambos músculos (VM e VL), sendo que o número de retas positivas para o músculo VM no protocolo de exaustão foram nove na carga de 20%, e oito nas cargas de 30%, 40% e 50%; enquanto no protocolo de 1 minuto foram seis na carga de 20%, oito na carga de 30% e nove nas cargas de 40% e 50%. Para o músculo VL o número de retas positivas no protocolo de exaustão foram nove nas cargas de 20%, 30% e 40%, e oito retas na carga de 50%; e no protocolo de 1 minuto foram de oito nas cargas de 20% e 50%, e nove nas cargas de 30% e 40%.

FIGURA 1 - GRÁFICOS DOS VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) OBTIDOS ENTRE OS VALORES DE RMS E O NÚMERO DE COLETAS DO MÚSCULO VM DURANTE O EXERCÍCIO ISOMÉTRICO, REALIZADO NOS PROTOCOLOS DE EXAUSTÃO (ISOM – E) E DE 1 MINUTO (ISOM – 1), NAS CARGAS DE 20%, 30%, 40% E 50% DA CARGA MÁXIMA INDIVIDUAL (N=9)

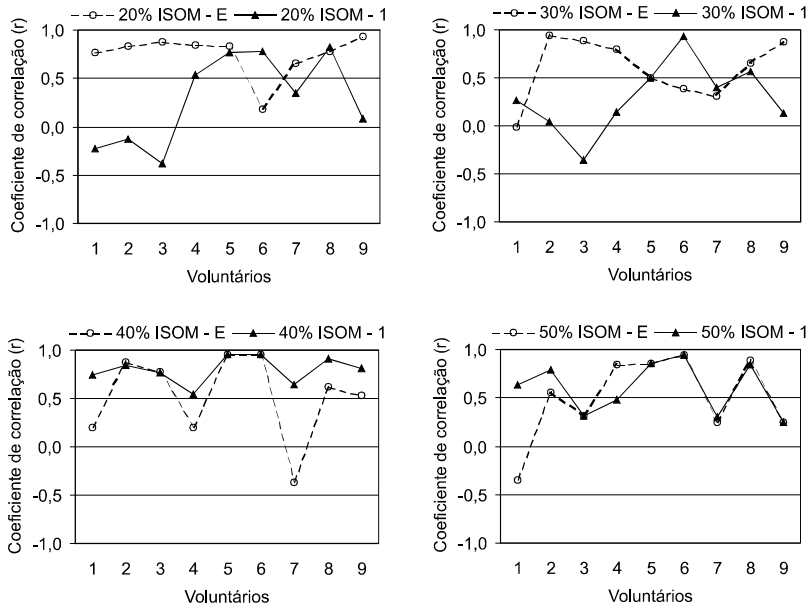
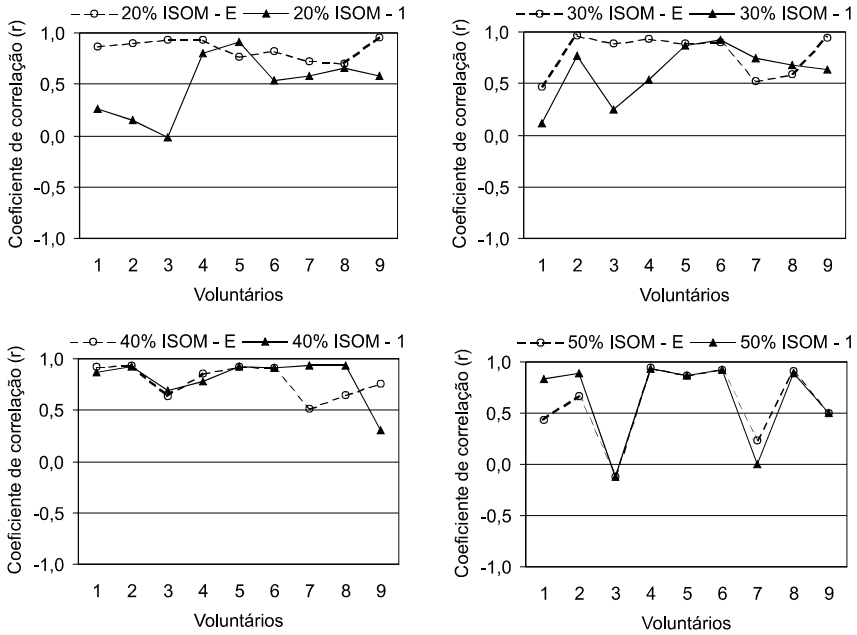


FIGURA 2 - GRÁFICOS DOS VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) OBTIDOS ENTRE OS VALORES DE RMS E O NÚMERO DE COLETAS DO MÚSCULO VL DURANTE O EXERCÍCIO ISOMÉTRICO, REALIZADO NOS PROTOCOLOS DE EXAUSTÃO (ISOM–E) E DE 1 MINUTO (ISOM–1), NAS CARGAS DE 20%, 30%, 40% E 50% DA CARGA MÁXIMA INDIVIDUAL (N=9)



O comportamento positivo das retas mostra que a amplitude do sinal eletromiográfico aumentou em função do tempo, o que corresponde ao desenvolvimento da fadiga muscular localizada (2, 5, 15).

Os resultados obtidos do músculo VL evidenciam que este músculo apresenta o comportamento eletromiográfico esperado durante uma contração realizada até a fadiga; concordando com os estudos de Miyashita *et al.* (15); DeVries *et al.* (5); Matsumoto *et al.* (14); Pavlat *et al.* (17); Taylor e Bronks (20) e Housh *et al.* (10) que utilizaram o músculo VL para verificação da fadiga; no entanto, no presente estudo o músculo VM também apresentou o comportamento esperado em função do desenvolvimento da fadiga.

Segundo Tarkka (19), durante a realização de exercício isométrico com carga constante até a fadiga ocorre um aumento tempo-dependente no sinal eletromiográfico, o que confere fidedignidade aos protocolos deste estudo sendo que este aumento pode ocorrer devido ao aumento da amplitude do potencial de ação, a mudanças na ordem de recrutamento das unidades motoras após os primeiros segundos de contração, ao aumento do recrutamento de unidades motoras ou ao aumento das taxas de disparo do neurônio motor (5, 6, 8, 16, 19); sendo estes fatores utilizados como estratégia de compensação da perda da função motora (4).

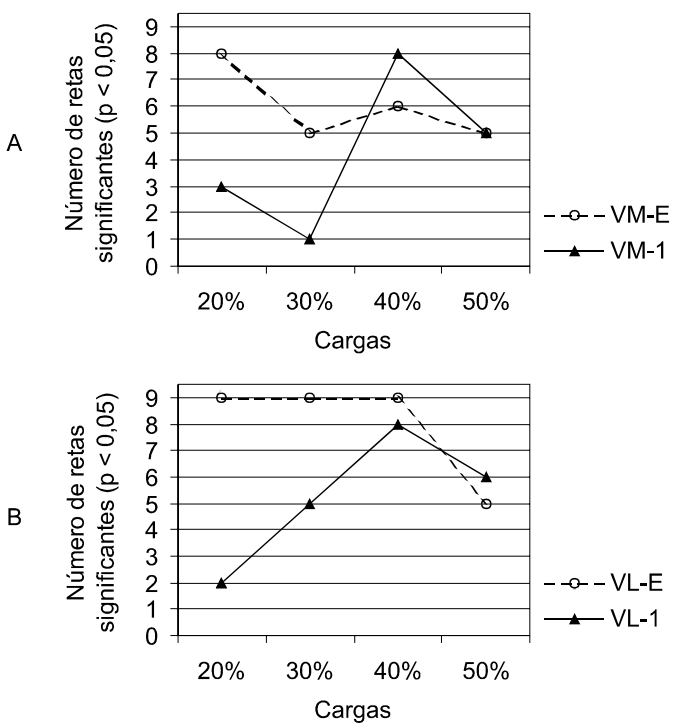
As retas com comportamento decrescente podem ser justificadas pelas conclusões de Sadoyama e Miyamo (18), que avaliando o músculo reto da coxa demonstraram uma diminuição da atividade eletromiográfica devido à diminuição da velocidade de condução do potencial de ação das fibras musculares utilizadas; assim como pela diminuição do recrutamento de fibras e da ativação de unidades motoras (1); ou pelo fato da porcentagem de carga não ter sido suficiente para promover o processo de fadiga (10).

Na comparação entre os protocolos, verifica-se que para ambos os músculos (VM e VL), nas cargas de 20% e 30% os valores de correlação apresentaram-se predominantemente maiores no protocolo de exaustão, enquanto nas cargas de 40% e 50% os mesmos apresentaram-se maiores no protocolo de 1 minuto ou semelhantes em ambos os protocolos, sendo que esta semelhança se deve ao fato de alguns dos voluntários atingirem seus tempos de exaustão em 1 minuto nas cargas de 40% (voluntários 5 e 6) e 50% (voluntários 3, 5, 6 e 9).

Esta verificação nos mostra que no protocolo de 1 minuto as cargas de 20% e 30% não foram suficientes para apresentar o processo de fadiga por meio do sinal eletromiográfico, o que está de acordo com Housh *et al.* (10); sugerindo-se então que cargas maiores do que 30% da CIVM sejam utilizadas para aplicação deste protocolo, concordando com os relatos de DeVries (4) e Maton (13).

Quanto ao nível de significância da retas (p), a Figura 3 apresenta o número de retas significantes ($p < 0,05$) de ambos os músculos (VM e VL) em cada porcentagem de

FIGURA 3 - NÚMERO DE RETAS SIGNIFICANTES ($P < 0,05$) OBTIDAS DA REGRESSÃO LINEAR ENTRE O RMS DOS MÚSCULOS VM (A) E VL (B) E O NÚMERO DE COLETAS NOS PROTOCOLOS DE EXAUSTÃO (E) E 1 MINUTO (1), NAS CARGAS DE APROXIMADAMENTE 20%, 30%, 40% E 50% DA CARGA MÁXIMA



carga de cada protocolo; sendo observado que os músculos VM e VL apresentaram predomínio de retas significantes em todas as cargas no protocolo de exaustão, enquanto no protocolo de 1 minuto somente houve predomínio nas cargas de 40% e 50% para o VM, e nas cargas de 30%, 40% e 50% para o VL.

Do total de 36 retas analisadas nos protocolos de exaustão e de 1 minuto, o músculo VL apresentou 32 e 21 retas significantes, enquanto o músculo VM apresentou 24 e 17 retas significantes, respectivamente.

Comparando-se o número de retas significantes entre os protocolos, verifica-se que para ambos os músculos houve maior número de retas significantes no protocolo de exaustão, com o músculo VL apresentando as 9 retas significantes (100%) nas cargas de 20%, 30% e 40% neste protocolo.

No protocolo de 1 minuto, em comparação ao de exaustão, houve uma diminuição na quantidade de retas significantes, demonstrando assim a necessidade de análise de fatores como o número da amostra, e, principalmente, a escolha da concentração da carga a ser testada.

Com o objetivo de analisar a fadiga muscular em contrações isométricas pelo comportamento do sinal eletromiográfico em função do tempo, os músculos VM e VL podem ser escolhidos por representar esta relação; no entanto, para aplicação do protocolo de 1 minuto, este poderá apresentar melhores resultados com a utilização de cargas acima de 30% da carga máxima; sendo esta verificação útil, pois este protocolo apresentará vantagens em relação ao de exaustão, o qual segundo Matsumoto *et al*. (14), embora seja útil, requer que o sujeito se exercite até a exaustão, o que pode ser limitado por fatores psicológicos, sendo então importante desenvolver um método, como por exemplo, o protocolo de 1 minuto para que tais fatores não interfiram.

Conclusão

Conclui-se, diante dos resultados obtidos, que no protocolo de exaustão os músculos analisados apresentaram melhores evidências do processo de fadiga muscular; sendo que para a utilização do protocolo de 1 minuto cargas maiores que 30% da carga máxima devem ser analisadas.

Referências Bibliográficas

1. ARENDT-NIELSEN, L.; MILLS, K.R. The relationship between mean power frequency of the EMG spectrum and muscle fibre conduction velocity. **Electroenceph. Clin. Neurophysiol**. 1985; 60(2):130-134.
2. CHRISTENSEN, H. *et al*. Intramuscular and surface EMG power spectrum from dynamic and static contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol**. 1995; 5(1):27-36.
3. DELAGI, E.F. *et al*. **Anatomic guide for the electromyographer:** the limbs. Illinois: Charles C. Thomas, 1981.
4. DeVRIES, H.A. Method for evaluation of muscle fatigue and endurance from electromyographic fatigue curves. **Am. J. Phys. Med.** 1968; 47(3):125-135.
5. DeVRIES, H.A. et al. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. **Ergonomics**. 1982; 25(9): 783-791.
6. EASON, R.G. Electromyographic study of local and generalized muscular impairment. **J. Appl. Physiol.** 1960; 15(3): 479-482.
7. EBERSOLE, K.T. et al. MMG e EMG responses of the superficial quadriceps femoris muscles. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 1999; 9(3):219-227.
8. EDWARDS, R.G.; LIPPOLD, O.C. The relation between force and integrated electrical activity in fatigued muscle. **J. Physiol.** 1956; 132(3): 677-681.
9. HAGBERG, M. The amplitude distribution of surface EMG in static and intermittent static muscular performance. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1979; 40(4):265-272.
10. HOUSH, T.J. *et al*. Electromyographic fatigue thresholds of the superficial muscles of the quadriceps femoris. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1979; 71(2/3):131-136.
11. LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual.** Illinois: Human Kinetics Books, 1988.
12. MANNION, A.F.; DOLAN, P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1996; 74(5):411-419.
13. MATON, B. Human motor unit activity during the onset of muscle fatigue in submaximal isometric isotonic contraction. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1981; 46(3):271-281.
14. MATSUMOTO, T.; ITO, K.; MORITANI, T. The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1991; 63(1):1-5.
15. MIYASHITA, M.; KANEHISA, H.; NEMOTO, I. EMG related to anaerobic threshold. **J. Sports Med. Phys. Fit.** 1981; 21(3):209-217.
16. MORITANI, T.; NAGATA, A.; MURO, M. Electromyographic manifestations of muscular fatigue. **Med. Sci. Sports Exerc.** 1982; 14(3):198-202.
17. PAVLAT, D.J. *et al*. An examination of the electromyographic fatigue threshold test. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1993; 67(4):305-308.
18. SADOYAMA, T.; MIYANO, H. Frequency analysis of surface EMG to evaluation of muscle fatigue. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1981; 47(3):239-246.
19. TARKKA, I.M. Power spectrum of electromyography in arm and leg muscles during isometric contractions and fatigue. **J. Sports Med. Phys. Fit.** 1984; 24(3):189-194.
20. TAYLOR, A.D.; BRONKS, R. Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.** 1994; 69(6):508-515.
21. VAELLESTAD, N.K. Measurement of human muscle fatigue. **J. Neurosci. Methods.** 1997; 74(2):219-227.

Trabalho apresentado como tema livre no XXV Simpósio Internacional de Ciências do Esporte: Novas Fronteiras para o Movimento, 2002.

Agradecimentos
CNPq (Bolsa: Processo 130029/2001-7)
*Fundunesp (Processos 076/90-DFP e 384/90-DPE)