

ANÁLISE ESPECTRAL DO MÚSCULO LONGUÍSSIMO DO TÓRAX SUBMETIDO A EXERCÍCIO FATIGANTE

Spectral Analysis of the Longissimus Toracis Muscle during a Fatiguing Test

Adalgiso Coscrato Cardozo¹
Mauro Gonçalves¹

Resumo

O presente estudo tem por objetivo verificar os comportamentos da frequência mediana (FM) e da frequência média (Fmed) do músculo longuíssimo do tórax em duas porcentagens de cargas durante exercício isométrico fatigante. Para tanto, participaram deste estudo oito voluntários do gênero masculino. Eles foram posicionados em pé no aparelho MA ISOSTATION 2001 na posição de 45 graus de flexão do quadril para a execução do exercício fatigante com 30% e 60% da contração isométrica voluntária máxima. Para a análise do exercício foi utilizada a eletromiografia de superfície. Os resultados mostram uma diminuição nos valores da Fmed e da FM com a progressão do exercício isométrico, indicando o aparecimento do processo de fadiga muscular. É apresentado também que os valores de Fmed e FM na carga de 30% são próximos à carga de 60%, não sendo influenciados, portanto, pelo nível de carga imposto. Por fim, nota-se que os lados apresentam comportamento semelhante, o que indica um controle do equipamento durante o exercício proposto.

Palavras-chave: Eletromiografia; Fadiga; Ereter da espinha; Variáveis espectrais.

Abstract

The aim of the present study was to verify the median frequency (MF) and the mean power frequency (MPF) behavior of the longissimus thoracis muscle under two load levels during an exercise accomplished until exhaustion. Eight male subjects have participated of this study. They were positioned in the MA ISONTATION 2001 equipment, with a hip flexion of 45 degrees, to the execution of the fatiguing exercise with 30% and 60% of the maximum voluntary contraction. To the analysis of the exercise it was used the surface electromyography. The results have showed a decrease of the MF and MPF to the two load levels, indicating a fatigue process. The values of the MF and MPF of the load of 30% are very similar to the values of the load of 60%, showing that these variables are not influenced by the load level. It is also possible to note a similarity of the sides, showing that the equipment did not allowed axial rotation.

Keywords: Electromyography; Fatigue; Erector spinae; Spectral variables.

¹ Laboratório de Biomecânica – Departamento de Educação Física – IB - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Av. 24 A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, 13506-900. E-mail: adacar@rc.unesp.br

Introdução

Desordens musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho são de grande preocupação atualmente, particularmente em vista da grande ocorrência de dor lombar entre os trabalhadores. Estudos têm demonstrado que os fatores predominantes causadores de dor lombar são o local de trabalho (1); variáveis mecânicas como mudanças na força muscular (2, 3, 4); inatividade prolongada (1); posturas repetidas durante o levantamento manual de carga e fadiga muscular (5, 6).

Perturbações biomecânicas nestas situações podem ocorrer nos tecidos em função de cargas repentinas ou contrações excêntricas convulsivas, as quais podem exceder a tolerância muscular. Ambos os fenômenos são ocorrências conhecidas quando o músculo se fadiga e para prevenir a ocorrência de dor lombar, acessar a resistência isométrica dos músculos lombares (7) e entender a ocorrência da fadiga muscular é de extrema importância (8).

Com isso, a possibilidade de prevenir estes problemas pode ocorrer a partir do desenvolvimento de testes que permitam identificar as condições da fadiga de músculos lombares, uma vez que esta emerge da repetitividade da tarefa e da sobrecarga imposta, o que é comumente observado em esportes, atividades da vida diária e especialmente no ambiente de trabalho (9, 10, 11).

Muitos pesquisadores têm desenvolvido testes que permitem o acesso ao comportamento muscular em atividades de grande demanda (9, 12). Particularmente o músculo longuíssimo do tórax tem sido alvo de investigações, porém alguns destes estudos se baseiam em medidas de fadiga subjetivas como o teste de Sorensen (7), o qual relata apenas o tempo de resistência isométrica. Já outros pesquisadores se utilizam de parâmetros diretos de monitoramento de fadiga muscular como a eletromiografia (6, 12, 13).

Na eletromiografia, parâmetros espectrais, como a frequência mediana (FM), frequência média (Fmed) (14, 15), têm sido amplamente utilizados pela eletromiografia para acessar músculos lombares.

Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo verificar os comportamentos da FM e Fmed do músculo longuíssimo do tórax em duas porcentagens de carga durante exercício isométrico fatigante.

Materiais e Métodos

Participaram deste estudo oito voluntários do gênero masculino sem antecedentes de doenças musculoesqueléticas, todos universitários e de antropometria semelhante. As médias e desvios padrão da idade, altura e peso são de $28,8 \pm 1,4$ anos, $176 \pm 0,04$ cm e $70,8 \pm 7,2$ kg respectivamente. Antecipadamente ao experimento, os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um termo de consentimento em submeter-se a elas. O projeto de pesquisa deste estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

Para a captação dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos de superfície monopolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3 cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1 cm de diâmetro, dispostos em uma configuração bipolar (3 cm de distância inter-eletrodos) sobre os músculos longuíssimo do tórax direito (LT-D) e esquerdo (LT-E) no nível da vértebra L1 e 3 cm lateralmente (16, 17).

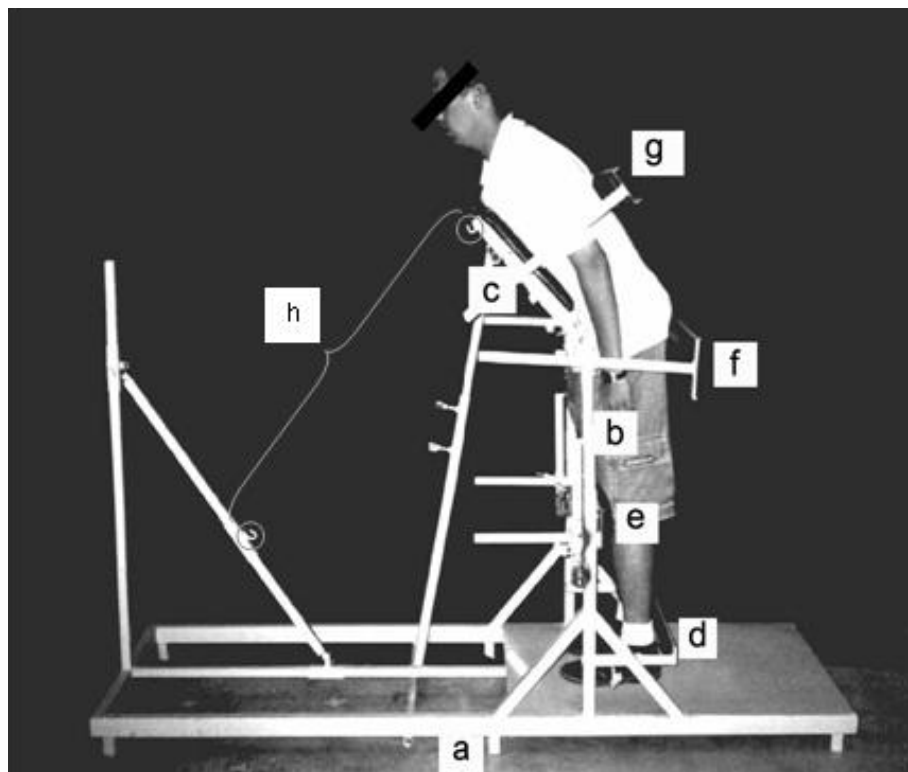
Com o intuito de evitar possíveis interferências na captação do sinal eletromiográfico, realizou-se previamente a colocação dos eletrodos, tricotomia, abrasão com lixa fina e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos estudados bem como na região do punho direito. Para garantir a qualidade do sinal e servir como eletrodo de referência, um fio terra foi colocado no punho direito.

O módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx) foi calibrado com um ganho em 1000 vezes, o filtro de passa alta em 20 Hz e o filtro de passa baixa em 500 Hz. Para a aquisição dos sinais utilizou-se um software específico (Aqdados-Lynx) com uma frequência de amostragem de 1000.

O teste foi realizado no equipamento MA ISOSTATION 2001 (Figura 1), cujas medidas são: 2 m de base (a); 1 m (regulável) do apoio da base do pé até o apoio anterior na espinha ilíaca ântero-superior (b); 0,5 m (regulável) do apoio na espinha ilíaca ântero-superior até o apoio anterior do tronco (c). Este equipamento também proporciona um apoio horizontal na parte posterior dos tornozelos de 0,48 m de comprimento (d), um apoio horizontal na parte anterior dos joelhos de 0,60 m de comprimento (e), um apoio

horizontal na parte posterior dos quadris de 0,67 m de comprimento (f) e um apoio horizontal na parte posterior do tronco de 0,65 m de comprimento (g), local no qual foi aplicada a força do

voluntário para a execução das contrações isométricas. A célula de carga foi acoplada perpendicular ao tronco do voluntário (h).



Neste equipamento, foram acoplados uma célula de carga (Kratos®-MM100kgf) e um indicador digital (Kratos®-IK-14A), os quais promoveram um retorno visual aos voluntários para que estes possam controlar a carga a ser tracionada durante o teste.

Primeiramente foi determinada a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de cada voluntário. Esta foi realizada em três dias de teste com um intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 48 horas entre cada dia. Em cada um dos dias foram realizadas três contrações voluntárias máximas com cinco segundos de duração e com um intervalo de cinco minutos entre elas. A partir dos resultados obtidos foi realizada a média dos nove valores correspondentes à força de tração na célula de carga, sendo esta definida como a CIVM.

O teste de contração isométrica até a exaustão (TCIE), ou seja, realizar a contração isométrica até o momento de incapacidade de manutenção da contração voluntária na carga estipu-

lada (18) consistiu na execução de testes em 2 diferentes níveis de contração voluntária submáxima, a saber: 30% e 60% da CIVM. A ordem das cargas foi apresentada aleatoriamente. Foi estabelecido um intervalo mínimo de 24 horas entre cada teste. Durante cada contração isométrica foram mensurados simultaneamente a atividade eletromiográfica dos músculos selecionados e o valor da força aplicada na célula de carga da MA ISOSTATION 2001. O abaixamento do tronco e a incapacidade de manter as porcentagens da CIVM dentro de um desvio padrão de 1 kg foram os critérios adotados para o encerramento do teste.

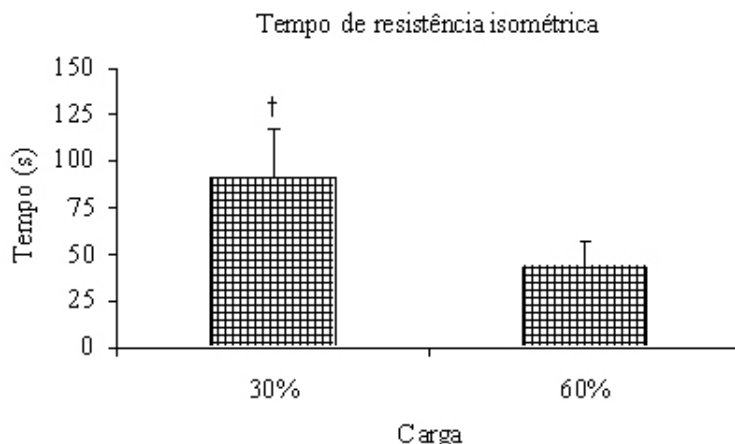
Para a análise dos sinais eletromiográficos foram utilizadas rotinas específicas em ambiente MatLab (MathWorks®), o qual obteve o espectro de frequências da atividade eletromiográfica a cada 0,5 s com uma janela de 1 s de amostragem do sinal (overlap). De cada espectro foi determinado os valores da FM e Fmed do sinal, os quais foram normalizados pelos valores obtidos durante a CIVM.

Os valores de FM e Fmed foram associados com o tempo de exaustão da contração realizada com cada uma das duas porcentagens de carga, permitindo obter, com as retas de regressão linear, os declínios de cada variável.

Para as comparações do tempo de resistência (TRI), dos valores médios e dos slopes de cada variável entre as cargas, e dos valores médios e slopes de cada variável entre os lados, foi utilizado o test t de *Student* para amostras independentes, com nível de significância menor que 0.05.

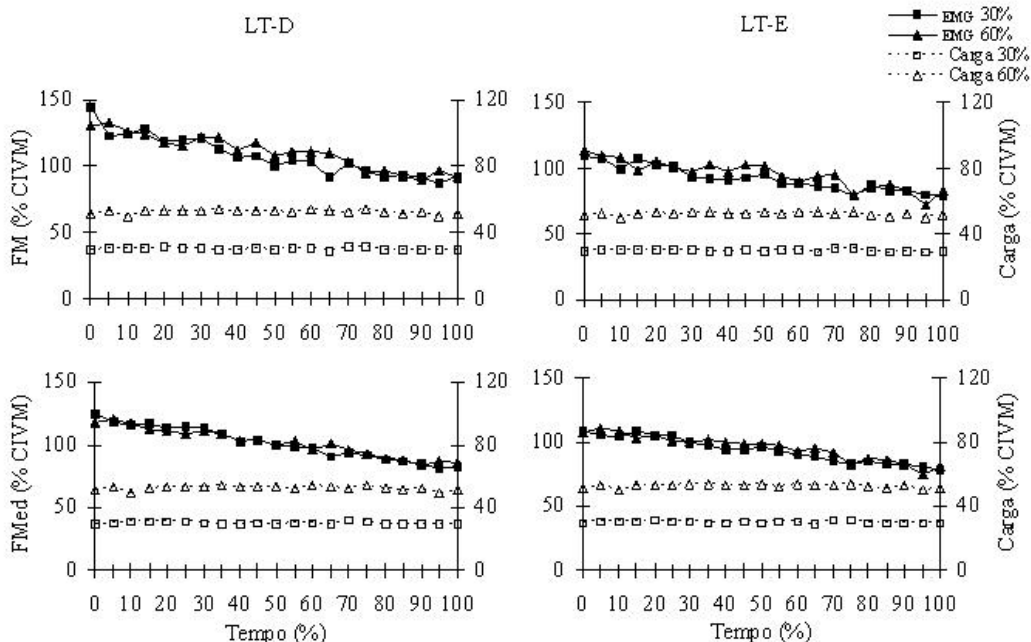
Resultados

O TRI foi estatisticamente diferente entre as cargas com maior tempo para a carga de 30% comparada com a carga de 60% da CIVM. Os valores das médias e desvios padrão dos voluntários foram $90.63 \pm 24.79s$ e $42.92 \pm 14.52s$ para as cargas de 30% e 60% respectivamente (Figura 2).



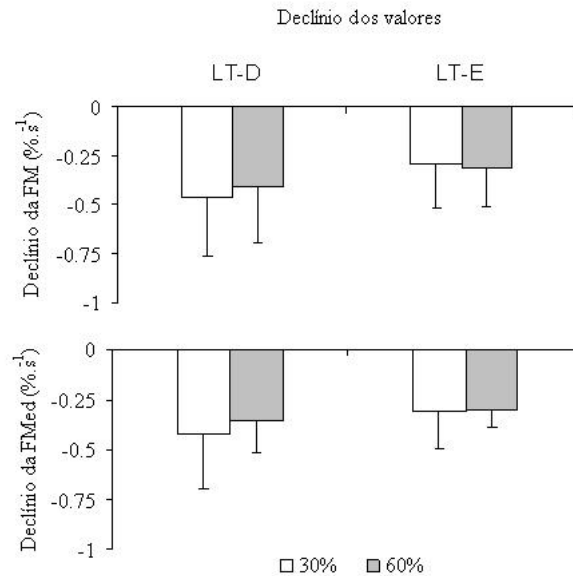
Os valores médios da FM e da Fmed durante a realização TCIE nas duas porcentagens de carga estão apresentados na Figura 3. Foi encontrado um declínio significativo da FM e da Fmed

para as duas cargas e nos dois lados com a progressão do tempo. Nota-se um comportamento semelhante da FM de 30% com a FM de 60%, e da Fmed de 30% com a Fmed de 60% dos dois lados.



Nenhuma diferença estatística foi encontrada quando comparados os declínios da carga

de 30% com a carga de 60% e quando comparados os declínios dos lados para as duas variáveis (Figura 4).



Discussão

A contração isométrica pode contribuir para avaliar a capacidade muscular em manter atividades ao longo do tempo.

No presente estudo o TRI foi maior para a carga menor (19, 20), caracterizando um comportamento típico de um músculo com predominância de fibras do tipo I (21, 22).

É possível notar pelos gráficos que a carga foi mantida inalterada durante o exercício, o que mostra que mudanças nos valores espectrais do sinal eletromiográfico durante o TCIE estão relacionadas exclusivamente ao processo de fadiga muscular (17, 23, 24, 25, 26, 27), não tendo interferência de mudanças na força de contração, o que, de acordo com vários autores (4, 17, 28, 29, 30, 31), pode mudar os parâmetros espectrais.

Os valores de FM e Fmed encontrados neste estudo estão dentro da taxa reportada para homens saudáveis (17, 26, 32). Nota-se uma queda destes parâmetros em função do tempo para as duas cargas analisadas e para todos os voluntários do estudo, comumente descrita na literatura como uma característica do desenvolvimento do

processo de fadiga muscular (17, 23, 24, 25, 26, 27), o qual ocorre por um decréscimo na velocidade de condução da fibra muscular (13, 23, 33, 34, 35, 36).

Tanto os valores de FM e Fmed, quanto os valores dos seus declínios não sofreram influência do nível de carga utilizado no estudo (37, 38, 39, 40), uma vez que os valores de 30% não diferem significativamente dos valores de 60%.

A similaridade na atividade dos dois lados pode estar relacionada à presença de apoios no equipamento MA ISOSTATION 2001, o que permitiu estabilizar a postura dos voluntários. Esta estabilização promoveu um movimento de extensão pura do tronco, evitando atividades predominantes em outras direções (21).

Conclusão

O presente estudo pode concluir que a manutenção de uma postura fatigante do músculo longuíssimo do tórax promove uma queda nos valores espectrais do sinal eletromiográfico e que esta queda não é influenciada pelos níveis de car-

ga utilizados. Conclui-se também que neste exercício, caracterizado por uma extensão pura do tronco, o músculo longuíssimo do tórax apresenta um comportamento semelhante em ambos os lados.

Agradecimentos

Laboratório de Biomecânica – UNESP/Rio Claro.

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo–FAPESP (# 04/01070-3).

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES (# 2627-03-5).

Fundação para o Desenvolvimento da UNESP–FUNDUNESP (# 076/90-DFP – # 384/90-DPE).

Referências

- 1- Baldwin ML. Reducing the costs of work-related musculoskeletal disorders: targeting strategies to chronic disability cases. **J Electromyogr Kinesio** 2004;14:33-41.
- 2- Chaffin DB, Park KS. A longitudinal study of low-back pain as associated with occupational weight lifting factors. **Am Ind Hyg Ass J** 1973;34:513-525.
- 3- Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB, Armstrong TJ, Foss ML. Establishing an industrial strength testing program. **Am Ind Hyg Ass J** 1980;41:730-736.
- 4- Kumar S, Zedka M, Narayan Y. EMG power spectra of trunk muscles during graded maximal voluntary isometric contraction in flexion rotation and extension-rotation. **Eur J Appl Physiol** 1999;80:527-541.
- 5- Amell T, Kumar S. Work-related musculoskeletal disorders: design as a prevention strategy. A review. **J Occup Rehabil** 2001;11:255-265.
- 6- Kumar S. Selected theories of musculoskeletal injury causation. **Biomech Ergonom** 1999; 2-24.
- 7- Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicators for low back trouble over a one year period. **Spine** 1984;9:106-119.
- 8- Kumar S, Narayan Y, Stein RB. Muscle fatigue in axial rotation of the trunk. **Int J Ind Ergonom** 2001;28:113-125.
- 9- Gonçalves M. Variáveis biomecânicas analisadas durante o levantamento manual de carga. **Motriz** 1998;4:85-88.
- 10- Kumar S. Cumulative load as a risk factor for low-back pain. **Spine** 1990;15:1311-1316.
- 11- Kumar S. The epidemiology and functional evaluation of low back pain: a literature review. **Eur J Phys Med Rehab** 1994; 4:15-27.
- 12- Roy SH, De Luca CJ, Emley M, Buijs RJ. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation. **Spine** 1995; 20:38-48.
- 13- Cardozo AC, Gonçalves M, Gauglitz ACF. Spectral analysis of the electromyograph of erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. **Braz J Med Biol Res** 2004;37:1081-1085.
- 14- DeLuca CJ. Myoelectric manifestation of localized muscular fatigue in humans. **Crit Rev Biomed Eng** 1984;11:251-279.
- 15- Kumar S, Narayan Y, Zedka M. Trunk strength in combine motions of rotation and flexion extension in normal adults. **Ergonomics** 1998;41:835-852.
- 16- van Dieën JH, Boke B, Oosterhuis W, Toussaint HM. The influence of torque and velocity on erector spinae muscle fatigue and its relationship to changes of electromyogram spectrum density. **Eur J Appl Physiol** 1996;72:310-315.
- 17- Roy SH, DeLuca C, Casavant D. Lumbar muscle fatigue and chronic low back pain. **Spine** 1989;14:992-1001.
- 18- Edwards RH. Human muscle function and fatigue. **Ciba Found Symp** 1981;82:1-18.
- 19- van Dieën JH, Heijblom P, Bunkens H. Extrapolation of time series of EMG power spectrum parameters in isometric endurance tests of trunk extensor muscles. **J Electromyogr Kinesio** 1998;8:35-44.
- 20- Nagata S, Arsenault AB, Gagnon D, Smyth G, Mathieu PA. EMG power spectrum as a measure of muscular fatigue at different levels of contraction. **Med Biol Eng Comput** 1990;28:374-378.

- 21- Elfving B, Dederling A, Németh G. Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble – electromyography and health-related factors. **Clin Biomech** 2003;18:619-630.
- 22- Mannion AF, Weber BR, Dvorak J, Grob D, Muntener M. Fibre type characteristics of the lumbar paraspinal muscles in normal healthy subjects and in patients with low back pain. **J Orthopaed Res** 1997;15:881-887.
- 23- van Dieën JH, Oude Vrielink HH, Housheer AF, Lotters FB, Toussaint HM. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** 1993;66:388-396.
- 24- Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, Hanninen O, Airaksinen O. Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. **Arch Phys Med Rehabil** 1998;79:412-417.
- 25- Klein AB, Snyder-Mackler L, Roy SH, DeLuca CJ. Comparison of spinal mobility and isometric trunk extensor forces with electromyographic spectral analysis in identifying low back pain. **Phys Ther** 1991;71:445-454.
- 26- Sparto PJ, Parniapor M. Estimation of trunk muscle forces and spinal loads during fatiguing repetitive trunk exertion. **Spine** 1998;23:2563-2573.
- 27- Tsuboi T, Satou T, Egawa K, Izumi Y, Miyazaki M. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. **Eur J Appl Physiol Occup Physio** 1994;69:361-366.
- 28- Agarwal GC, Gottlieb GL. Mathematical modeling and simulation of the postural control loop. **Crit Rev Biomed Eng** 1982;8:93-134.
- 29- Freund HJ. Motor unit and muscle activity in voluntary motor control. **Physiol Rev** 1983;63:1089-1098.
- 30- Mannion AF, Dolan P. The effects of muscle length and force output on the EMG power spectrum of the erector spinae. **J Electromyogr Kinesiol** 1996;6:159-168.
- 31- Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, D'Ambrosia RD. The EMG-force model of electrically stimulated muscle: dependence on control strategy and predominant fiber composition. **IEEE Trans Biomed Eng** 1987;34:692-703.
- 32- Sparto PJ et al. Spectral and temporal responses of trunk extensor electromyography to an isometric endurance test. **Spine** 1997;22:418-426.
- 33- Basmajian JV, DeLuca CJ. **Muscle alive: their functions revealed by electromyography**. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985.
- 34- Dolan P, Mannion AF, Adams MA. Fatigue of the erector spinae muscles: a quantitative assessment using „frequency banding“ of the surface electromyography signal. **J Biomech** 1995;20:149-159.
- 35- Gergle B, Tugll-Meyer AR. Is the mean power frequency shift on the EMG a selective indicator of fatigue of the fast twitch motor units? **Acta Physiol Scand** 1992; 145:129-138.
- 36- Kim SH, Chung MK. Effects of posture, weight and frequency on trunk muscular activity and fatigue during repetitive lifting tasks. **Ergonomics** 1995;38:853-863.
- 37- Petrofsky JS, Lind AR. Frequency analysis of the surface electromyogram during sustained isometric contractions. **Eur J Appl Physiol** 1980;43:173-182.
- 38- Petrofsky JS, Glaser RM, Phillips CA, Lind AR, Williams C. Evaluation of the amplitude and frequency components of the surface EMG as an index of muscle fatigue. **Ergonomics** 1982;25:213-223.
- 39- Tarkka IM. Power spectrum of electromyography in arm and leg muscles during isometric contractions and fatigue. **J Sports Méd** 1984;24:189-194.
- 40- Viitsalo JHT, Komi PV. Inter-relationships of EMG signal characteristics at different levels of muscle tension during fatigue. **Electromyogr Clin Neurophysiol** 1978;18:167-178.

Recebido em: 06/06/2005

Received in: 06/06/2005

Aprovado em: 08/02/2006

Approved in: 02/08/2006