

COMPARAÇÃO DE PROTOCOLOS DE EXAUSTÃO E DE 30 SEGUNDOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DA FADIGA DOS MÚSCULOS ERETORES DA ESPINHA POR MEIO DA ANÁLISE ESPECTRAL

Cristiane Pereira de Souza
Fernando Sérgio Silva Barbosa
Mauro Gonçalves

Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Campus de Rio Claro
Departamento de Educação Física
Laboratório de Biomecânica

Resumo

Palavras-Chave
Eletromiografia;
Eretores da
espinha; Análise
espectral;
Fadiga
muscular;
Performance
muscular

O objetivo do presente estudo foi verificar a possibilidade de um protocolo de teste isométrico com duração de 30 segundos (T30) prever o comportamento e em especial a fadiga dos músculos eretores da espinha identificada em um teste de exaustão avaliado durante todo o tempo de resistência isométrica (TRI). Participaram do estudo nove voluntários do gênero masculino e saudáveis. Inicialmente foi determinada a carga máxima dos voluntários por meio do teste de contração isométrica voluntária máxima. Para verificação da fadiga os voluntários foram submetidos a um teste de exaustão contra cargas equivalentes a 5%, 10%, 15% e 20% da carga máxima. A fadiga muscular foi identificada por meio da verificação da taxa de declínio da frequência mediana (FM) obtida a partir da eletromiografia de superfície. A taxa de declínio da FM obtida do TRI foi comparada com o T30. Os resultados demonstraram que a fadiga muscular foi identificada predominantemente de forma significativa bilateralmente e em ambos os níveis avaliados, e que não houve diferença estatisticamente significativa na taxa de declínio da FM obtida de ambos os tempos avaliados. Desse modo, recomenda-se para estudos realizados nas mesmas condições experimentais aqui apresentadas e cujo o objetivo é avaliar a fadiga dos músculos eretores da espinha a utilização períodos de tempo sub-máximos (30 segundos) com o objetivo de minimizar o estresse imposto aos voluntários em testes desse tipo.

Abstract

Keywords
Electromyography;
Erector spinae;
Spectral
analysis; Muscle
fatigue; Muscle
performance.

COMPARISON OF PROTOCOLS OF EXHAUSTION AND 30 SECONDS FOR THE IDENTIFICATION OF THE ERECTOR SPINAE MUSCLE FATIGUE BY MEANS OF THE SPECTRAL ANALYSIS

The objective of the present study was to verify the possibility of an isometric test protocol with duration of 30 seconds (T30) to predict the behavior and in special the erector spinae muscle fatigue identified in a exhaustion test evaluated during all the endurance time. Nine male and healthful volunteers had participated of the study. Initially, the volunteer's maximum load was determined by means of a maximal isometric voluntary contraction. For verification of the fatigue the volunteers had been submitted to a exhaustion test against loads equivalents to 5%, 10%, 15% and 20% of the maximum load. The muscle fatigue was identifies by means of the verification of the rate of decline of the median frequency (MF) obtained from the surface electromyography. The rate of decline of the MF in the endurance time was compared with the T30. The results had demonstrated that the muscle fatigue was identified in a significant way bilaterally and in both levels evaluated and that it did not have difference statistically significant in the rate of decline of the MF obtained from both the times evaluated. In this way, one sends regards for studies carried through in the same experimental conditions presented here and whose the objective is to evaluate the fatigue of the erector spinae muscles the use of periods of time sub-maximums (30 seconds) with the objective to minimize the stress that act in the volunteers in this type of test.

Introdução

A postura ereta do homem é sustentada pela ação de importantes músculos antigravitacionários como os eretores da espinha. Para cumprir tal função esses músculos atuam predominantemente por meio de contrações isométricas (JORGENSEN; NICOLAISEN, 1986), o que acaba condicionando a uma postura “fixa e contraída” (JORGENSEN; NICOLAISEN, 1987).

Devido a grande exigência imposta a esses músculos como consequência da realização de atividades da vida diária (AVD), trabalho e esporte um grande número de estudos vêm sendo realizados com o objetivo de melhor compreender o comportamento desses músculos em situação de sobrecarga (MANNION; DOLAN, 1994; SPARTO et al., 1997; KANKAANPÄÄ et al., 1998; CARDOZO; GAUGLITZ; GONÇALVES, 2001a;b; CARDOZO; GONÇALVES, 2002; 2003a;b;c; GAUGLITZ et al., 2001a;b; BARBOSA; GONÇALVES, 2003a;b;c;d; GONÇALVES et al., 2003).

Alguns desses estudos têm demonstrado uma importante relação entre a resistência isométrica dos músculos eretores da espinha com a manutenção da integridade física e funcional da coluna vertebral, bem como sua relação com a presença de dores na mesma. Segundo Seidel; Beyer; Bräuer (1987); Roy; De Luca; Casavant (1989) uma possível explicação para essa relação, é que os tecidos passivos (cápsulas, ligamentos e discos intervertebrais) da coluna vertebral passam a ser sobrecarregados depois que os elementos ativos (músculos) tornam-se menos efetivos como resultado da fadiga muscular, definida como uma redução na capacidade do sistema neuromuscular em gerar força ou realizar trabalho (BIGLAND-RITCHIE; DONOVAN; ROUSSOS, 1981).

A fadiga muscular pode ser identificada por meio da análise do comportamento da ativação das unidades motoras, componentes funcionais do sistema neuromuscular (PORTNEY, 1993). Essas unidades motoras disparam em diferentes frequências, as quais podem ser representadas em conjunto pelo espectro de frequência (BARBOSA; GONÇALVES, 2002). Desse modo, uma possibilidade para análise da fadiga muscular é a identificação

da frequência mediana (FM), a qual representa o valor que divide a área sob o espectro em duas partes iguais.

Entre as metodologias que empregam essa variável, a taxa de declínio da FM em função do tempo de contração é a que tem sido mais comumente utilizada na identificação da fadiga muscular (SPARTO et al., 1997), o que está fundamentado no fato de que em situação de fadiga ocorre uma diminuição dos componentes de alta frequência e um aumento dos componentes de baixa frequência que compõe o sinal eletromiográfico como consequência da diminuição da velocidade de condução do potencial de ação ao longo da fibra muscular (GONÇALVES, 2000; 2001).

Esse parâmetro tem sido utilizado também na discriminação de pacientes com dor lombar (BIEDERMAN et al., 1991) os quais apresentam uma maior taxa de declínio da FM (ROY; DE LUCA; CASAVANT, 1989), assim como na avaliação de programas de reabilitação (ROY et al., 1995).

Deste modo, o objetivo do presente estudo foi comparar dois protocolos de testes utilizados para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha e mantidos por meio de contração isométricas sustentadas contra cargas sub-máximas, sendo o primeiro realizado até a exaustão e o segundo com duração de 30 segundos.

Materiais e Métodos

Voluntários

Participaram do presente estudo nove voluntários do gênero masculino com idade variando entre 19 e 22 anos ($20,4 \pm 1,3$), sem patologias músculo-esqueléticas na coluna vertebral e que não apresentaram episódio de dor lombar nas quatro semanas que antecederam o estudo (HIDES; RICHARDSON; JULL, 1996). As características antropométricas dos voluntários são apresentadas na **Tabela 1**.

Posicionamento dos Voluntários

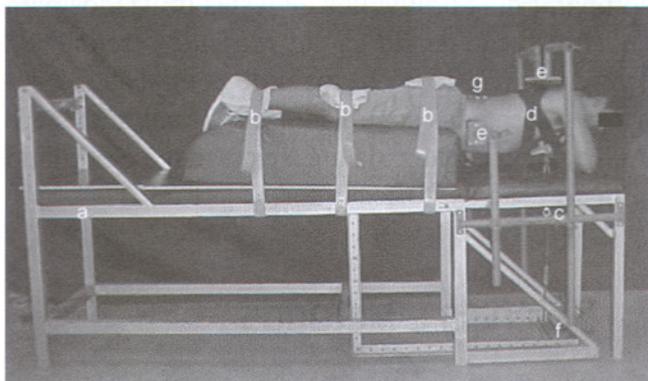
Para o teste de carga máxima assim como para o teste de exaustão os voluntários foram posicio-

Tabela 1

Média e desvio padrão dos valores correspondentes as características antropométricas dos voluntários (n=9).

| | Massa (kg) | Estatura (m) |
|---------------|------------|--------------|
| Média | 68,7 | 1,75 |
| Desvio Padrão | 9,4 | 0,06 |

nados em decúbito ventral sobre uma mesa de teste. Em repouso o tronco era mantido com uma flexão de 35°. A pelve e os membros inferiores foram fixados à mesa de teste por meio da utilização de três cintos de couro posicionados nas articulações dos quadris, joelhos e tornozelos. O movimento a ser realizado em ambos os testes foi a extensão da coluna vertebral contra uma célula de carga (Kratos MM-100 Kgf) fixa à base da mesa de teste em uma extremidade e acoplada a um colete utilizado pelos voluntários na outra. Limitadores de movimento evitaram a rotação e a inclinação lateral da coluna (**Figura 1**).

**Figura 1**

Postura e equipamentos utilizados para os testes de carga máxima e de exaustão. a: mesa de teste, b: cintos de couro, c: célula de carga, d: colete, e: limitadores de movimento, f: indicador digital, g: eletrodos.

Teste de Contração Isométrica Voluntária Máxima e Determinação da Carga Máxima

Para a determinação da carga máxima de cada voluntário foi utilizado o teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM). O teste foi realizado em três dias com um intervalo mínimo de 24

horas e máximo de 48 horas entre cada dia de teste. Em cada um dos dias foram realizadas três CIVM com cinco segundos de duração e com um intervalo de cinco minutos entre cada uma delas.

A partir dos resultados obtidos, foi realizada para cada voluntário a média dos nove valores correspondentes à força de tração na célula de carga durante a CIVM, sendo o resultado definido como a carga máxima.

Teste de Exaustão

O teste de exaustão foi realizado contra cargas equivalentes a aproximadamente 5%, 10%, 15% e 20% da carga máxima, distribuídas de forma aleatória em uma razão de duas cargas por dia. Entre cada dia de teste foi estabelecido o intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 48 horas, e entre cada carga realizada dentro do mesmo dia de teste, o intervalo mínimo de uma hora.

Para que os voluntários pudessem controlar a intensidade da força de tração exercida sobre a célula de carga durante esse teste, um indicador digital (Kratos IK-14A) foi posicionado no solo abaixo dos voluntários.

O abaixamento do tronco e a incapacidade de manter as porcentagens da carga máxima dentro de um desvio padrão de 1 Kg foram os critérios adotados para o encerramento do teste.

Instrumentação

Foram utilizados um módulo de aquisição de sinais biológicos de quatro canais (Lynx) aos quais foram conectados os cabos e eletrodos, e uma placa conversora analógica-digital (A/D) (CAD 1026 - Lynx) com faixa de entrada de -5 a +5 volts, sendo o ganho calibrado em 1000 vezes, o filtro passa alta em 10 Hz, o filtro passa baixa em 500 Hz e a frequência de amostragem em 1000 Hz. Para a aquisição dos sinais também foi utilizado um software específico (Aqdados-Lynx).

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície monopolares passivos de Ag/AgCl (MEDI TRACE) com 3 cm de diâmetro e área efetiva de captação

de 1cm. Os eletrodos foram posicionados bilateralmente segundo De Foa; Forrest; Biedermann (1989); Tsuboi et al. (1994) sobre os músculos ileocostal a 6 cm do espaço interespinal de L2-L3 e multífido a 3 cm do espaço interespinal de L4-L5 com uma distância intereletrodos de 4 cm. A identificação das estruturas ósseas adotadas como referência para a colocação dos eletrodos foi realizada segundo Hoppenfield (1997).

Um fio terra foi posicionado no punho direito dos voluntários com o objetivo de atuar como eletrodo de referência bem como para assegurar a qualidade do sinal.

Para diminuir possíveis interferências na captação do sinal eletromiográfico, realizou-se previamente à colocação dos eletrodos tricotomia, abrasão e limpeza da pele com álcool no nível dos músculos que foram estudados assim como na região do punho direito.

Determinação da Fadiga Muscular e Análise Estatística

Os valores de FM foram obtidos de coletas com duração de cinco segundos realizadas de forma sucessiva e sem intervalo durante todo o teste de exaustão. Esses valores foram correlacionadas em função do tempo de resistência isométrica (TRI) utilizando-se a correlação linear de Pearson, cuja reta de regressão linear interceptou no eixo "y" permitindo assim estimar o grau de inclinação dessa reta ou o coeficiente angular, valor indicativo da taxa de declínio da FM e portanto do nível de fadiga dos músculos avaliados (**Figura 2**). Esse procedimento foi repetido na análise dos valores de FM obtidos até o tempo de 30 segundos (T30) do TRI. Em ambas as análises as correlações foram consideradas significantes com um $p < 0,05$.

Os coeficientes angulares obtidos das análises do TRI e do T30 foram comparados por meio do teste t para amostras independentes, sendo que estes valores foram considerados significantemente diferentes com $p < 0,05$.

Para verificar o efeito da carga sobre o nível de fadiga em ambos os tempos do teste de exaustão bem como para verificar possíveis diferenças no

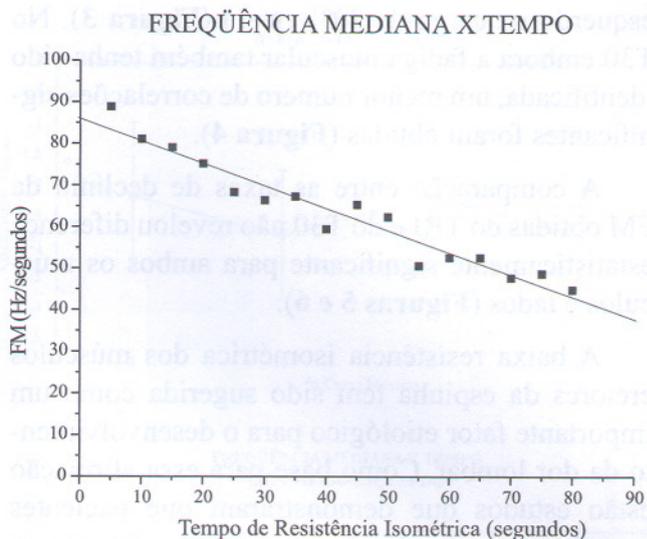


Figura 2

Reta representativa do modelo de regressão linear utilizado para a identificação da fadiga.

TRI obtido de diferentes porcentagens de carga foi realizada a análise de variância (ANOVA) com o nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

O valor médio e desvio padrão da carga máxima dos nove voluntários foi de $40,62 \pm 9,63$ Kg.

A média e desvio padrão do TRI foi de 134 ± 42 segundos na carga de 5%, 82 ± 27 segundos na carga de 10%, 72 ± 2 segundos na carga de 15% e 62 ± 28 segundos na carga de 20%, evidenciando-se assim uma relação inversa entre a intensidade da carga e o TRI, entretanto diferença estatisticamente significativa foi revelada apenas na comparação do tempo obtido na carga de 5% em relação às outras cargas.

Nenhum efeito da porcentagem da carga máxima sobre o declínio da FM tanto no TRI como no T30 foi observado.

No TRI a fadiga muscular foi identificada de forma significativa em todas as porções do músculo eretor da espinha, exceto no ileocostal direito na carga de 15% (n=1) e de 20% (n=3), e no multífido

esquerdo na carga de 20% (n=1) (**Figura 3**). No T30 embora a fadiga muscular também tenha sido identificada, um menor número de correlações significantes foram obtidas (**Figura 4**).

A comparação entre as taxas de declínio da FM obtidas do TRI e do T30 não revelou diferença estatisticamente significativa para ambos os músculos e lados (**Figuras 5 e 6**).

A baixa resistência isométrica dos músculos eretores da espinha tem sido sugerida como um importante fator etiológico para o desenvolvimento da dor lombar. Como base para essa afirmação estão estudos que demonstraram que pacientes portadores de dor lombar apresentam um menor TRI do que voluntários saudáveis em um mesmo tipo de exercício e intensidade de carga (JORGENSEN; NICOLAISEN, 1987; HULTMAN et al., 1993; LUOTO et al., 1995; LATIMER et al., 1999), ao contrário da força muscular, a qual tem demonstrado uma baixa relação com a prevenção

de distúrbios na coluna lombar (JORGENSEN; NICOLAISEN, 1987). Embora os estudos tenham evidenciado essa importante indicação para os exercícios de resistência isométrica, esse tipo de variável é avaliada e aplicada em programas de treinamento e reabilitação com menor frequência do que aquelas direcionadas ao ganho de força.

Esse tipo de treinamento tem demonstrado influenciar não só o aumento de parâmetros mecânicos relacionados com a resistência isométrica como o TRI, mas também parâmetros fisiológicos como a FM obtida a partir da eletromiografia. Essa última variável em particular, assume um papel ainda mais importante por permitir a obtenção de índices fidedignos e próprios de um músculo ou grupo muscular sinérgico na realização de um determinado tipo de movimento, uma vez que o TRI pode ser influenciado por aspectos subjetivos como a ansiedade e a concentração.

O declínio da FM pode ser explicado pelo acú-

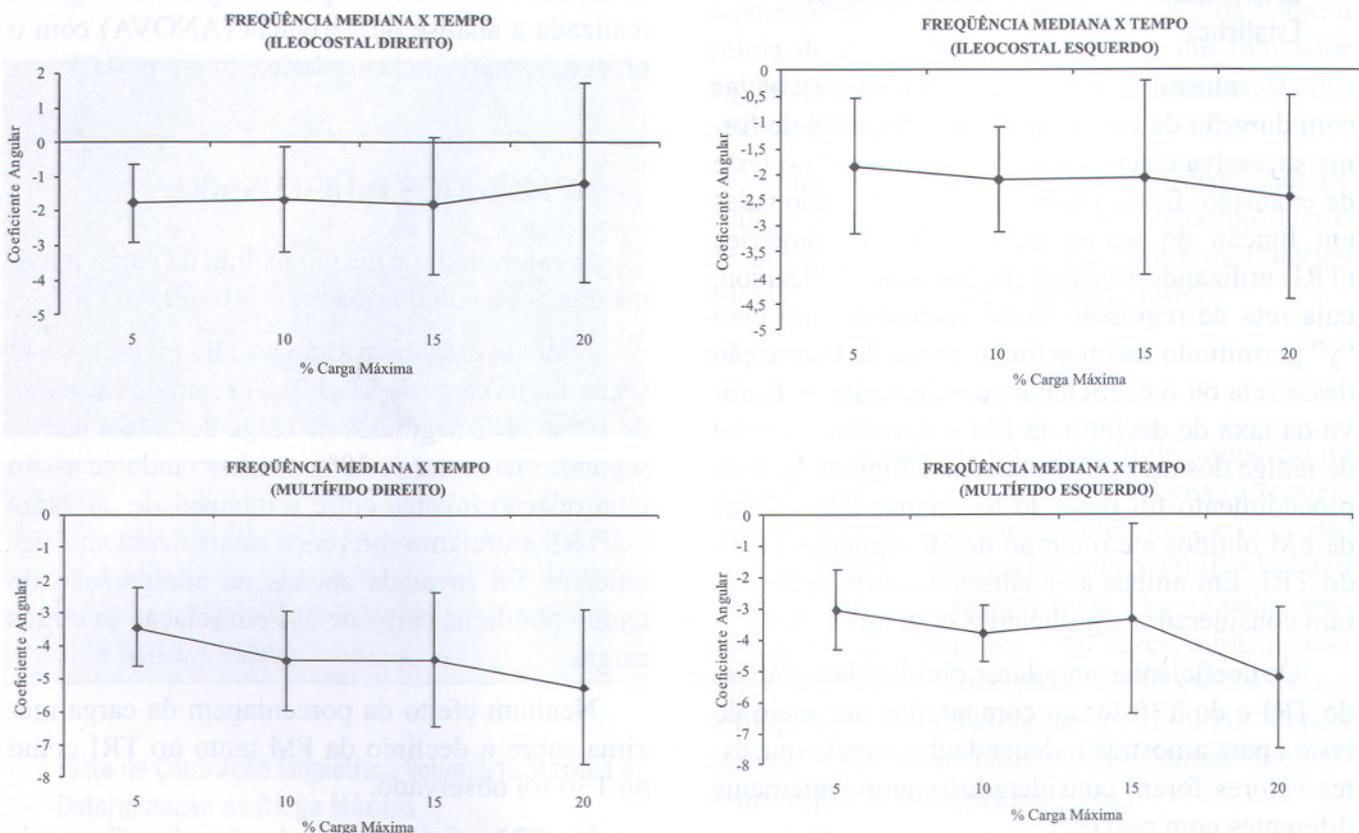


Figura 3

Média dos coeficientes angulares resultantes da correlação entre a FM e o TRI nas quatro porcentagens da carga máxima.

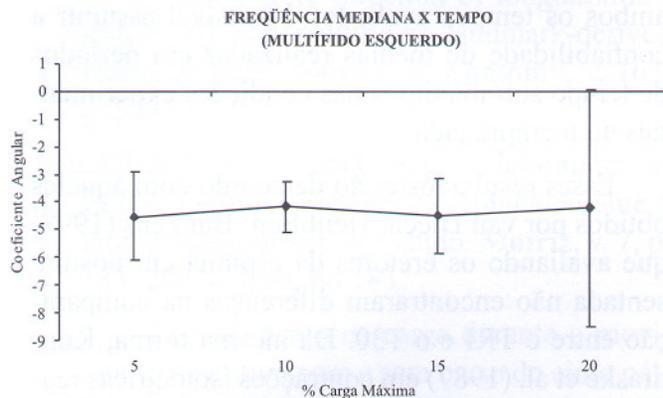
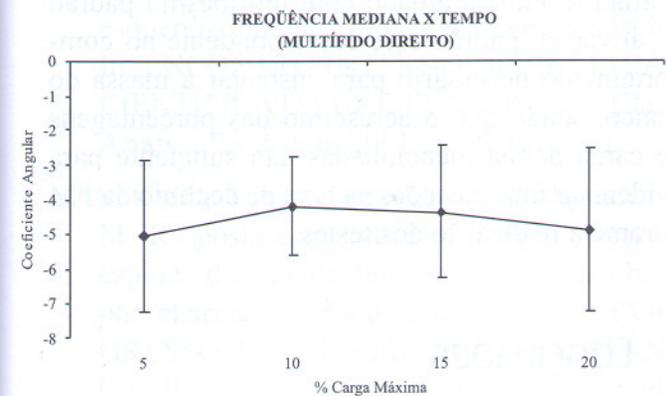
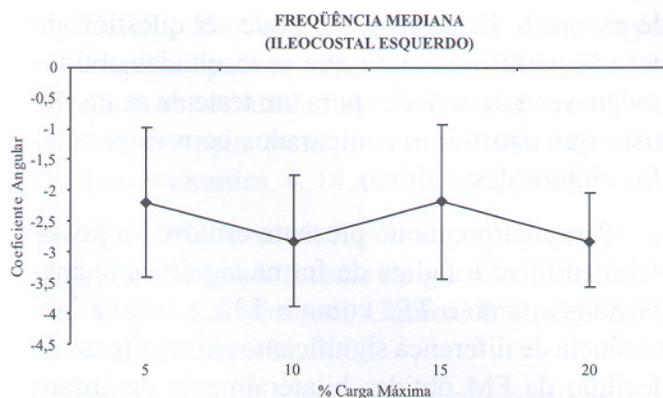
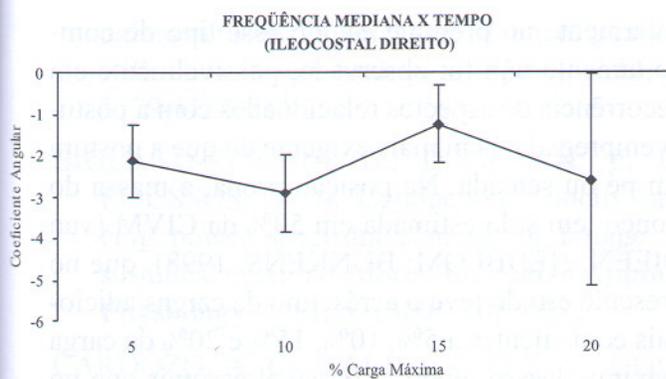


Figura 4

Média dos coeficientes angulares resultantes da correlação entre a FM e o T30 nas quatro porcentagens da carga máxima.

mulo de metabólitos bem como pela alteração das concentrações de íons responsáveis pela despolarização da fibra muscular resultando em uma diminuição da velocidade de condução do potencial de ação ao longo da membrana da fibra muscular (LAURENT et al., 1993). Essas alterações fisiológicas das fibras musculares são especialmente evidentes em contração isométricas, uma vez que esse tipo de contração induz a oclusão de capilares responsáveis tanto pela nutrição como pela remoção de metabólitos (NICOLAISEN; JORGENSEN, 1985).

Entretanto, mesmo a FM quando obtida a partir de testes de exaustão, passa a ter sua confiabilidade questionada quando aplicada a pacientes portadores de dor lombar, visto que a FM também pode ser influenciada ainda que indiretamente por fatores não relacionados com a fadiga muscular como medo, motivação e dor, os quais podem ser responsáveis por alterações do TRI e da força mus-

cular capaz de ser gerada, e deste modo, consequentemente, da FM (van DIEËN; HEIJBLON; BUNKENS, 1998; DEDERING; NÉMETH; HARMS-RINGDAHL, 1999).

Uma possibilidade de adequação desse tipo de metodologia a essa população, é a utilização períodos de tempo sub-máximos.

A viabilidade da avaliação dos músculos da coluna vertebral baseado na eletromiografia de superfície tem sido demonstrada por vários autores os quais utilizam-se da análise de mudanças nos componentes de frequência do sinal eletromiográfico até mesmo para discriminar voluntários saudáveis daqueles portadores de dor lombar (ROY; DE LUCA; CASAVANT, 1989; BIEDERMANN, 1991). Contudo, nesses estudos as contrações não foram sustentadas até a exaustão, e sim por um período arbitrário preestabelecido. Esse método tem a vantagem óbvia de evitar ou pelo menos minimizar os fatores subjetivos que advém com o teste

de exaustão. Entretanto, ele pode ser questionado por não permitir assumir que os resultados obtidos podem ser extrapolados para um teste de exaustão, visto que não foram comparados com os resultados obtidos deste último.

Particularmente no presente estudo, foi possível identificar a fadiga de forma significativa analisando-se tanto o TRI como o T30, e visto a inexistência de diferença significativa entre as taxas de declínio da FM obtidas bilateralmente de ambos os níveis e porcentagens da carga máxima para ambos os tempos avaliados é possível assumir a confiabilidade de médias realizadas em períodos de tempo sub-máximos nas condições experimentais aqui empregadas.

Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por van Dieën; Heijblom; Bunkens (1998) que avaliando os eretores da espinha em postura sentada não encontraram diferenças na comparação entre o TRI e o T30. Da mesma forma, Kondraske et al. (1987) em contrações isométricas realizadas na posição em pé e contra carga equivalente a 50% CIVM obtiveram correlações moderadas (0,78) entre as taxas de declínio da FM obtidas a partir do TRI e de contrações com duração de 20 segundos.

Contudo, nesses estudos e em outros (TSUBOI et al., 1994; DEDERING et al., 1999; DEDERING et al., 2002) a intensidade da carga tem demonstrado influenciar a taxa de declínio da FM. Parti-

cularmente no presente estudo esse tipo de comportamento não foi observado, possivelmente em decorrência de aspectos relacionados com a postura empregada, bem mais exigente do que a postura em pé ou sentada. Na posição prona, a massa do tronco tem sido estimada em 50% da CIVM (van DIEËN; HEIJBLOM; BUNKENS, 1998), que no presente estudo teve o acréscimo de cargas adicionais equivalentes a 5%, 10%, 15% e 20% da carga máxima. Desse modo, é possível assumir que no protocolo utilizado no presente estudo os músculos avaliados tenham atuado com um mesmo padrão de ativação, padrão este correspondente ao comportamento necessário para sustentar a massa do tronco, sendo que o acréscimo das porcentagens de carga acima mencionadas não suficiente para evidenciar modificações na taxa de declínio da FM durante a realização dos testes.

Conclusões

Os resultados obtidos com o presente estudo demonstram que foi possível estimar o comportamento e em especial a fadiga dos músculos eretores da espinha seja no teste de exaustão ou no teste com duração de 30 segundos. Em estudos futuros direcionados a pacientes portadores de dor lombar utilizar-se-á períodos de tempo sub-máximos com objetivo de minimizar o estresse característico de testes realizados até a exaustão.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Análise do coeficiente de variação do sinal eletromiográfico dos músculos peitoral maior, deltóide fibras anteriores e tríceps do braço cabeça longa no desenvolvimento em banco fechado. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 10, p. 37-42, 2002.

_____. Interpretação do sinal eletromiográfico obtido em um teste de sorensen modificado. **Motriz**, v. 9, n. 1, p. 75, 2003a. Resumo 75

_____. Interpretação eletromiográfica da fadiga dos músculos eretores da espinha através da

análise espectral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10., 2003b, Ouro Preto. **Anais...** Belo Horizonte: Imprensa Universitária UFMG, 2003. v. 2, p. 141-145.

_____. Análise eletromiográfica da fadiga dos músculos da coluna vertebral submetida a sobrecarga. **Revista Ensaios e Ciência**, v. 7, p. 219-226, 2003c.

_____. Identificação da fadiga muscular através da eletromiografia e da dinamometria. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, p. 250, 2003d. Resumo 59.

BIEDERMANN, H. J. et al. Power spectrum analyses of electromyographic activity: discrimi-

- nators in the differential assessment of patients with chronic low-back pain. **Spine**, v. 16, p. 1179-1184, 1991.
- BIGLAND-RITCHIE, B.; DONOVAN, E. F.; ROUSSOS, C. S. Conduction velocity and emg power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. **Journal of Applied Physiology**, v. 51, p. 1300-1305, 1981.
- CARDOZO, A. C.; BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Comportamento eletromiográfico dos músculos eretores da espinha (direito e esquerdo) durante exercício isotônico resistido. In: ENCONTRO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 4., 2001, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro, 2001. p. 19. Resumo.
- CARDOZO, A.; GAUGLITZ, A.; GONÇALVES, M. Resposta espectral do músculo eretor da espinha durante contrações isométricas obtida por eletromiografia de superfície. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9., 2001a, Gramado. **Anais...** Gramado: Gráfica UFRGS, 2001. v. 1, p. 348a-348f.
- _____. Análise de um protocolo para identificação de fadiga do músculo eretor da espinha durante contrações isotônicas resistidas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, p. 91, 2001b. Resumo 94.
- CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M. Comportamento do sinal eletromiográfico (análise espectral) durante exercício isométrico em duas diferentes cargas. **Motriz**, v. 9, p. 72, 2003a. Resumo 72.
- _____. Determinação do limiar de fadiga eletromiográfico dos músculos eretores da espinha através da combinação de quatro porcentagens de carga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 10., 2003b, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Imprensa Universitária UFMG, 2003. v. 2, p. 310-313.
- _____. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, v. 43, p. 377-380, 2003c.
- DEDERING, A.; NÉMETH, G.; HARMS-RING-DAHL, K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. **Clinical Biomechanics**, v. 14, p. 103-111, 1999.
- DEDERING, A. et al. Electromyography and ratings of lumbar muscle fatigue using a four-level staircase protocol. **Clinical Biomechanics**, v. 17, p. 171-176, 2002.
- DE FOA, J. L.; FORREST, W.; BIEDERMANN, H. J. Muscle fibre direction of longuissimus, iliocostalis and multifidus: landmark-derived reference lines. **Journal of Anatomy**, v. 163, p. 243-247, 1989.
- GAUGLITZ, A. C. F. et al. Análise eletromiográfica dos músculos eretores da espinha durante o movimento isotônico resistido. **Motriz**, v. 7, p. 183, 2001a. Resumo 183.
- _____. Levantamento de carga durante o movimento repetitivo com e sem o uso do cinto pélvico: uma análise eletromiográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9., 2001b, Gramado. **Anais...** Gramado: Gráfica UFRGS, 2001. v. 1, p. 332-337.
- GONÇALVES, M. Limiar de fadiga eletromiográfica. In: DENADAI, B. S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motriz, 2000. cap. 7, p. 129-154.
- _____. Análise da fadiga muscular por indicadores biomecânicos. Rio Claro, 2001. Tese (Livre Docência) – **Instituto de Biociências**, Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista.
- GONÇALVES, M.; SILVA, S. R. D. da. O efeito do uso do cinto pélvico em teste para determinação do limiar de fadiga eletromiográfico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA. IX. 2001. Gramado. **Anais...** Gramado: Sociedade Brasileira de Biomecânica, 2001. p. 311-316.
- GONÇALVES et al. Protocolo biomecânico para identificação da fadiga do músculo eretor da espinha. **Motriz**, v. 8, n. 3, p. 29-34, 2003.
- HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A.; JULL, G.

- A. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. **Spine**, v. 21, p. 2763-2769, 1996.
- HOPPENFIELD, S. **Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades**. São Paulo: Atheneu, p. 251-255, 1997.
- JORGENSEN K.; NICOLAISEN T. Two methods for determining trunk extensor endurance: a comparative study. **European Journal of Applied Physiology**, v. 55, p. 639-644, 1986.
- _____. Trunk extensor endurance: determination and relation to low back trouble. **Ergonomics**, v. 30, p. 259-267, 1987.
- KANKAANPÄÄ, M. et al. Age, sex and body mass index as determinants of back and hip extensor fatigue in the isometric sorensen back endurance test. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 79, p. 1069-1075, 1998.
- KONDRASKE, G. V. et al. Myoelectric spectral analysis and strategies for quantifying trunk muscular fatigue. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 68, p. 103-110, 1987.
- LAURENT, D. et al. Electromyogram spectrum changes during sustained contraction related to proton and diprotonated inorganic phosphate accumulation: A ³¹P nuclear magnetic resonance study on human calf muscles. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, p. 263-268, 1993.
- MANNION, A. F.; DOLAN, P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. **Spine**, v. 19, p. 1223-1229, 1994.
- NICOLAISEN, T.; JORGENSEN, K. Trunk strength, back endurance and low back trouble. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 17, p. 121-127, 1985.
- PORTNEY, L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In O' SULLIVAN, S. B.; SCHIMITZ, T. J. **Fisioterapia: avaliação e tratamento**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993. p. 183-223.
- ROY, S. H.; DE LUCA, C. J.; CASAVANT, D. A. Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. **Spine**, v. 14, n. 9, p. 992-1001, 1989.
- _____. et al. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation. **Spine**, v.20, n.1, p.38-48, 1995.
- SEIDEL, H.; BEYER, H.; BRÄUER, D. Electromyographic evaluation of back muscle fatigue with repeated sustained contractions of different strengths. **European Journal of Applied Physiology**, v. 56, p. 592-602, 1987.
- SPARTO, P. J. et al. Spectral and temporal responses of trunk extensor electromyography to an isometric endurance test. **Spine**, v. 22, p. 418-426, 1997.
- TSUBOI T. et al. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 69, p. 361-366, 1994.
- VAN DIEEN, J. H. et al. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 66, p. 388-396, 1993.
- van DIEËN, J. H.; HEIJBLON, P.; BUNKENS, H. Extrapolation of time series of emg power spectrum parameters in isometric endurance tests of trunk extensor muscles. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 8, p. 35-44, 1998.
- VLEEMING, A. et al. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: its function in load transfer from spine to legs. **Spine**, v.20, p.753-758, 1995.

Endereço

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Campus de Rio Claro - Departamento de Educação Física

Laboratório de Biomecânica

Av. 24A, 1515 - Bela Vista

CEP 13506-900 - Rio Claro, SP

Telefone: (19) 3526-4345

e-mails: cpsouza@rc.unesp.br /

fenandossb@hotmail.com / maurog@rc.unesp.br