

Artigo Original

Reprodutibilidade e variabilidade de parâmetros de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico dos músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar durante contrações isométricas voluntárias máximas

Adalgiso Coscrato Cardozo ¹
Mauro Gonçalves ²

¹ Departamento de Ciências da Saúde da UNIFESP Santos, SP, Brasil

² Laboratório de Biomecânica do Departamento de Educação Física IB/UNESP Rio Claro, SP, Brasil

Resumo: O presente estudo tem por objetivo analisar o nível de reprodutibilidade e variabilidade dos componentes de amplitude e frequência do sinal eletromiográfico dos músculos longuíssimo do tórax direito e esquerdo durante contrações isométricas voluntárias máximas. Participaram deste estudo 20 voluntários do gênero masculino. Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos dispostos sobre os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente. Os resultados obtidos mostram que foram encontrados valores de reprodutibilidade altos tanto para a célula de carga (0.96), quanto para as variáveis espectrais do músculo longuíssimo do tórax bilateralmente (0.90-0.97). O músculo multífido lombar apresentou uma variação de valores de reprodutibilidade razoável a altos (0.70-0.95). Para a configuração metodológica aqui apresentada para o entendimento da resistência dos músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente esta demonstra fidedigna e confiável devido aos altos valores de reprodutibilidade de todos os parâmetros analisados.

Palavras-chave: Biomecânica. Eletromiografia. Coluna. Reprodutibilidade.

Reliability and variability of the amplitude and frequency parameters of the longuissimus and multifidus muscles electromyographic signal during maximal isometric voluntary contractions

Abstract: The aim of the present study was to analyze the reliability and the variability of the amplitude and frequency of the electromyographic signal of the longuissimus toracis and multifidus muscles of the right and left sides during maximum isometric voluntary contractions. Twenty male subjects have participated of this study. To the EMG signal acquisition it were used bipolares passives electrodes placed over the longuissimus toracis and multifidus muscles. The analysis shows high reliability values to the load cell (0.96), and to the spectral variables to the longuissimus toracis muscle (0.90-0.97). the multifidus muscles have shown reliabilities values between fair to high (0.70-0.95). The methodological design presented to the understanding of the longuissimus toracis and multifidus muscles resistance have shown reliable, due high values of the reliabilities to the variables.

Key Words: Biomechanics. Electromyography. Spine. Reliability.

Introdução

A eletromiografia tem sido utilizada para estudar aspectos fisiológicos da atividade muscular. A reprodutibilidade dos parâmetros espectrais do sinal EMG em músculos lombares tem sido analisada por diferentes autores (BIEDERMAN et al., 1990, BIEDERMAN et al., 1991, DIEËN; HEIJBLUM, 1996, DOLAN et al., 1995, KONDRASKE et al., 1987, MANNION; DOLAN, 1994, MOFFROID et al., 1993, 1994, NG; RICHARDSON, 1996; ROY et al., 1989, THOMPSON; BIEDERMAN, 1993). Esta

reprodutibilidade se refere à consistência na ferramenta de medida utilizada. Um método reprodutível é aquele que possui um erro de medida pequeno (ELFVING et al., 1999). Quando se avaliam diferentes metodologias de exercícios, a reprodutibilidade do experimento é de grande importância, sendo a metodologia de teste e reteste amplamente utilizada para estimar a variabilidade das medidas em testes repetidos (CURRIER, 1990, DEDERING et al., 2000).

Ferramentas comumente utilizadas para a análise da reprodutibilidade são a medida de erro

padrão e o coeficiente de correlação intra classe (CCI), os quais parecem ser complementares (ELFVING et al., 1999). O primeiro pode ser utilizado para verificar o tamanho do erro em relação ao tamanho das mudanças ocorridas nas variáveis estudadas. O segundo pode ser utilizado para considerar o tamanho do erro em relação a diferenças entre medidas (KEATING; MATYAS, 1998).

Um alto CCIC pode estar associado a uma pequena variação intra-sujeito em relação a variação entre sujeitos (BARTKO, 1976). Existem diferentes maneiras de se calcular o CCI dependendo do desenho experimental (BARTKO, 1976, SHROUT; FLEISS, 1979). Além disso, o CCI é dependente da composição do grupo a ser testado (KEATING; MATYAS, 1998, STRATFORD, 1989), devendo, portanto, ter cuidado ao compará-lo em diferentes populações, e ao extrapolá-lo a populações heterogêneas.

Os parâmetros EMG de músculos lombares não são facilmente comparáveis entre estudos de reprodutibilidade, uma vez que a metodologia freqüentemente varia. Em vários estudos (BIEDERMAN et al., 1990, BIEDERMAN, 1991, DIEËN; HEIJBLUM, 1996, DOLAN et al., 1995, KONDRASKE, 1987, MANNION; DOLAN, 1994, MOFFROID, 1993; 1994; NG; RICHARDSON, 1996, ROY; DeLUCA; CASAVANT, 1989, THOMPSON; BIEDERMAN, 1993) o número de participantes varia entre 4 e 28, sendo a maioria do gênero masculino. Diferentes localizações de eletrodos, posições de teste e níveis de contração muscular são utilizados por diferentes autores em testes dos músculos eretores da espinha (ELFVING et al., 1999). O sinal eletromiográfico é geralmente captado em duas localizações variando entre as vértebras T10 e L5. As posições de teste usualmente utilizadas são: em decúbito ventral (BARBOSA; GONÇALVES, 2004, BARBOSA; GONÇALVES, 2005, MANNION; DOLAN, 1994, MOFFROID, 1993, 1994, NG; RICHARDSON, 1996), sentado (CARPENTER; NELSON, 1999, DIEËN; HEIJBLUM, 1996, ELFVING et al., 1999, ELFVING et al., 2003, GRAVES et al., 1990, PEACH et al., 1998, POLLOCK et al., 1989, SMIDT et al., 1983, UDERMANN et al., 1999) e em pé (BIEDERMAN et al., 1990, CARDOZO; GONÇALVES, 2003, CARDOZO et al., 2004, DOLAN et al., 1995, ROY; DeLUCA; CASAVANT, 1989, ROY et al., 1995, THOMPSON;

BIEDERMAN, 1993). O tempo entre o teste e o re-teste varia de 5 a 60 minutos em uma comparação intra-dia e de 1 a 6 dias em uma comparação entre dias (ELFVING et al., 1999).

Mesmo os resultados dos estudos variando, eles geralmente indicam boas correlações entre teste e re-teste dos parâmetros EMG. Nestes estudos a RMS, a freqüência mediana (FM) e freqüência média (Fmed) são os parâmetros mais comumente observados, uma vez que sua utilização para verificação de fadiga muscular localizada (DeLUCA, 1984, KUMAR et al., 1998, MERLETTI et al., 1991), para aplicações clínicas (NG; RICHARDSON, 1996, ROY et al., 1995), e para identificação da composição da fibra muscular (BIEDERMANN et al., 1991, ROY et al., 1989, ROY et al., 1990) é bem documentada. Porém outras variáveis como a potência total (PT) e potência pico (PP) do sinal EMG também são utilizadas na literatura (KUMAR et al., 1998), e sua reprodutibilidade ainda não foi estudada.

Outra medida de reprodutibilidade de resultados EMG obtidos intra e intersujeitos é o coeficiente de variação (CV), sendo que os menores valores representam a maior reprodutibilidade (KNUTSON et al., 1994). O CV reflete a dispersão dos dados ao redor da média e é calculado pela raiz quadrada do desvio padrão sobre a média. Os valores altos ou baixos não são considerados bons ou ruins. Algum grau de variabilidade é necessário para demonstrar a reprodutibilidade. Um CV baixo sugere homogeneidade do grupo, o que permite criar um diagnóstico ou modelo que pode ser comparado a outras avaliações realizadas. Esta é a base na qual a média dinâmica da eletromiografia tem sido considerada como valor de normalização quando estudando eventos dinâmicos.

O CV intra-sujeito está mais relacionado à reprodutibilidade do que o CV intersujeito, porque o CV intra-sujeito está baseado nas medidas repetidas no sujeito, estimando assim a magnitude da medida pura do erro. O valor mais baixo do CV intra-sujeito é preferível do que valores altos por que os valores baixos representam um menor erro ou maior consistência entre as medidas repetidas.

Uma vez que a análise eletromiográfica de contrações isométricas têm sido uma alternativa para verificar a capacidade de resistência dos músculos da coluna lombar em função do tempo

de contração (BARBOSA; GONÇALVES, 2005, CARDOZO; GONÇALVES, 2003, CARDOZO et al., 2004, GONÇALVES; BARBOSA, 2005, SOUZA et al., 2004) a reprodutibilidade destas medidas torna-se primordial. Neste sentido o presente estudo tem por objetivo analisar o nível de reprodutibilidade (CCI) e variabilidade (CV) dos componentes de amplitude e frequência do sinal EMG desses músculos durante contrações isométricas voluntárias máximas.

Métodos

Características da amostra

Participaram deste estudo 20 voluntários do gênero masculino sem antecedentes de doenças músculo-esqueléticas, com médias e desvios padrão da idade, altura e peso de 21.35 ± 2.35 anos, 176.30 ± 5.54 cm, e 72.91 ± 9.33 kg respectivamente. Antecipadamente ao experimento os voluntários foram orientados sobre as atividades a serem realizadas e assinaram um termo de consentimento em submeter-se às mesmas. O presente estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

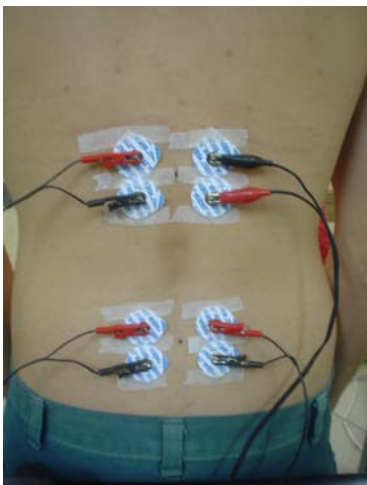


Figura 1. Posição dos eletrodos para captação dos sinais EMG, sobre os músculos longuíssimo do tórax (L1) e multífido lombar (L5) bilateralmente.

Eletrodos e localização para captação dos sinais

Para a captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, de 3cm de diâmetro e com área efetiva de captação de 1cm de diâmetro. Os eletrodos foram

dispostos sobre os músculos longuíssimo do tórax direito (LT-D) e esquerdo (LT-E), no nível da vértebra L1 e 3cm lateralmente (n=20), e sobre os músculos multífido lombar direito (ML-D) e esquerdo (ML-E), no nível da vértebra L5 e 3cm lateralmente (n=10). A distância inter-eletrodos foi de 3cm e sua localização seguiu as indicações de Roy et al. (1989). Os pontos de colocação dos eletrodos foram marcados na pele dos voluntários por uma caneta demográfica de modo que possibilitasse sua recolocação durante os dias de teste.

Para evitar possíveis interferências na captação do sinal eletromiográfico, realizou-se, previamente à 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. O eletrodo de referência foi colocado no processo estilóide da ulna. Anteriormente ao início das coletas, os valores de atividade EMG estavam inferiores a 5 μ V.

Módulo de aquisição de sinais biológicos

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx[®]) de quatro canais, no qual foram conectados os eletrodos, configurado com o ganho em 1000 vezes, o filtro de passa alta em 20Hz e o filtro de passa baixa em 500Hz. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de -5 á +5 Volt (CAD 1026-Lynx[®]). Para a aquisição dos sinais foi utilizado um software específico (Aqdados-Lynx[®]) configurado para uma frequência de amostragem de 1000Hz. O sistema possui uma razão de rejeição de modo comum maior que 80dB. Para evitar a interferência da rede local no registro EMG foi utilizado um filtro *notch* de 60Hz.

Equipamento para a realização do teste

O teste foi realizado no equipamento M.A. ISOSTATION 2001 (Figura 2), cujas medidas são: 2m de base (a); 1m (regulável) do apoio da base do pé até o apoio anterior na espinha ílaca ântero-superior (b); 0.5m (regulável) do apoio na espinha ílaca ântero-superior até o apoio anterior do tronco (c). Este equipamento também proporciona um apoio horizontal na parte posterior dos tornozelos de 0.48m de comprimento (d), um apoio horizontal na parte anterior dos joelhos de 0.60m de comprimento (e), um apoio horizontal na parte posterior dos

quadril de 0.67m de comprimento (f) e um apoio horizontal na parte posterior do tronco de 0.65m de comprimento (g), local no qual será aplicada a força do voluntário para a execução das contrações isométricas. Uma célula de carga (Kratos[®]-MM200kgf) foi acoplada perpendicular ao tronco do voluntário (h) e um indicador digital (Kratos[®]-IK-14A) promoveu um retorno visual aos voluntários para que estes pudessem controlar a carga a ser tracionada durante o teste (i).



Figura 2. Equipamento MA ISOSTATION 2001.

Experimento

Inicialmente foram realizadas nove CIVM para cada voluntário. Estas foram realizadas 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 três minutos entre elas. Estas CIVM serviram de familiarização dos voluntários ao ambiente.

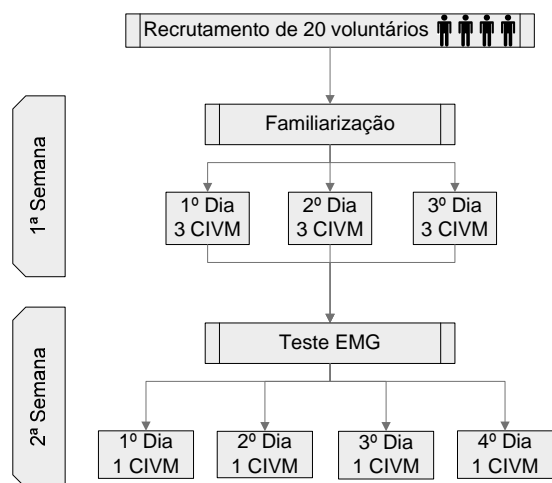


Figura 3. Fluxograma dos procedimentos experimentais.

Os testes EMG foram realizados em quatro dias, sendo estabelecido um intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 36 horas entre cada teste. Em cada dia de teste foi realizada uma CIVM de duração de 5s. A descrição do experimento completo está apresentada na figura 3.

Determinação das variáveis de estudo

Para a análise dos sinais EMG foram utilizadas rotinas específicas em ambiente MatLab (MathWorks[®]). Neste software foram determinados, em uma janela única de 1s, o valor de força máxima da força aplicada na célula de carga, e os valores de RMS, FM, Fmed, PT e PP do sinal.

Antes do cálculo da RMS foi retirada a média do sinal para evitar possíveis erros de interpretação do mesmo. O valor da RMS matematicamente é definido como a raiz quadrada da média dos quadrados dos valores instantâneos do sinal.

$$Valor(RMS) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [x(t)]^2 dt}$$

Onde:
 x(t) - sinal variante no tempo
 T - período de duração do sinal

A FM é a frequência que divide o espectro em duas partes iguais; a Fmed é a média das frequências do sinal; a PT compreende o valor da área total sob o espectro de frequências do sinal; e a PP é o maior valor de potência encontrado. A figura 4 exemplifica a obtenção destas variáveis.

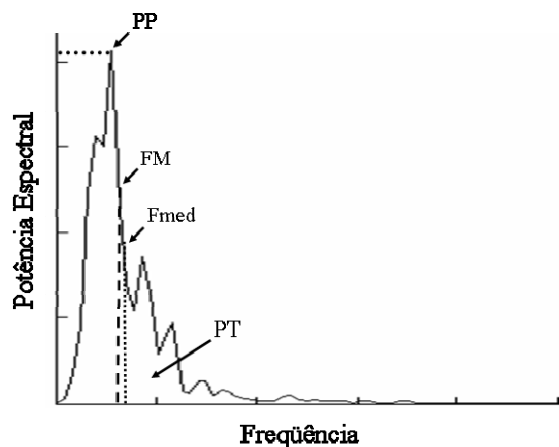


Figura 4. Obtenção das variáveis espectrais.

Forma de análise dos resultados

Para comparação dos valores de cada variável entre os dias foi utilizada a análise de variância (ANOVA). O teste de reprodutibilidade foi realizado por meio do CCI, e a variabilidade entre os dias foi obtida pelo CV pela seguinte fórmula:

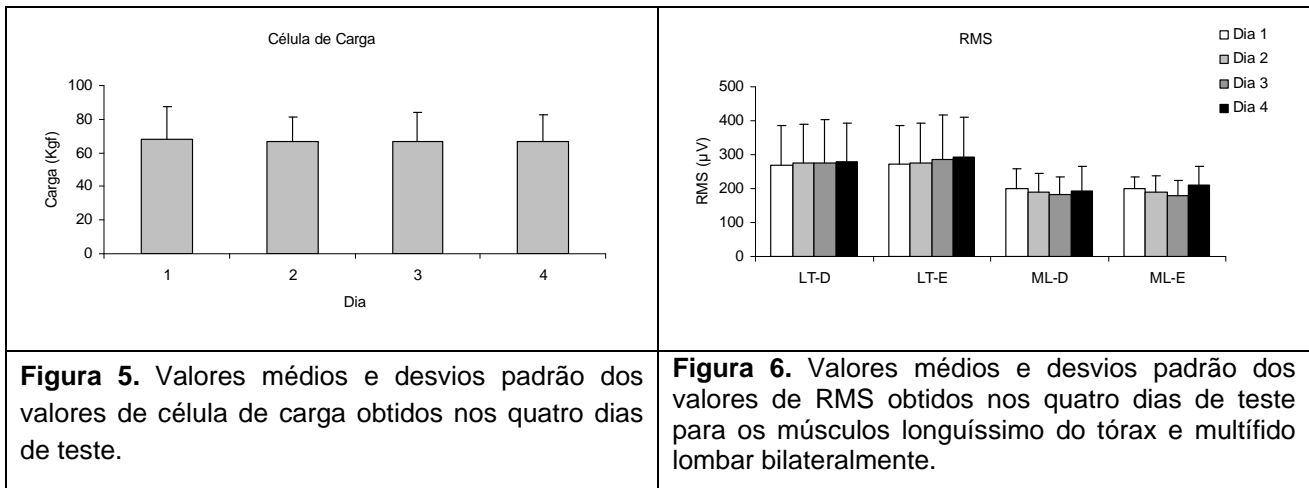
$$\frac{DP}{\bar{X}} \times 100$$

Onde:
 $\frac{DP}{\bar{X}}$ é o desvio padrão dos valores.
 \bar{X} é a média dos valores.

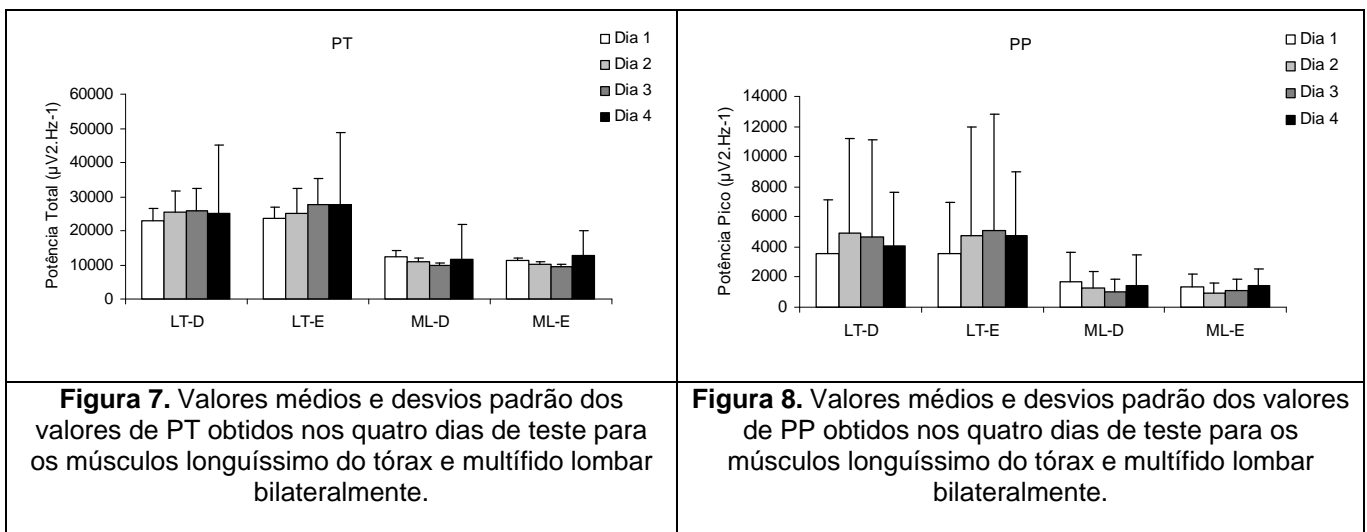
Para a verificação dos CCI foi utilizado o esquema sugerido por Currier (1990): 0.90-0.99= alta reprodutibilidade, 0.80-0.89= boa reprodutibilidade, 0.70-0.79= reprodutibilidade razoável, e <0.69= reprodutibilidade fraca.

Resultados

Os resultados obtidos pela tração da célula de carga em cada dia de teste não apresentaram diferenças significativas (Figura 5).



Ao analisar a RMS, PT, PP, FM e Fmed entre os quatro dias de teste para os dois músculos bilateralmente, verifica-se a ausência de diferença significativa (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10).



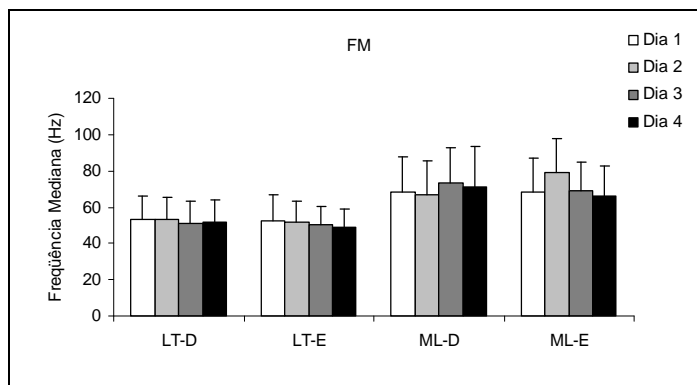


Figura 9. Valores médios e desvios padrão dos valores de FM obtidos nos quatro dias de teste para os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente.

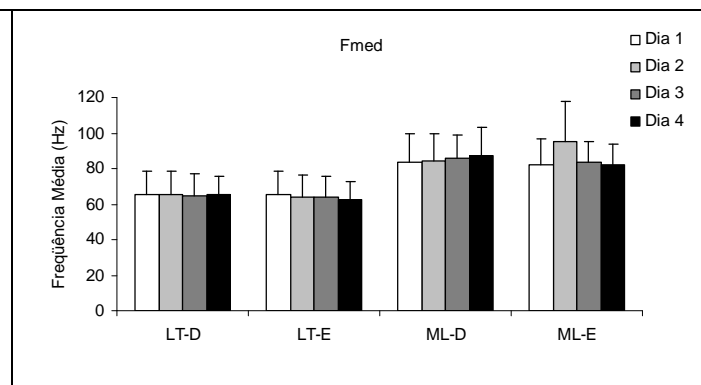


Figura 10. Valores médios e desvios padrão dos valores de Fmed obtidos nos quatro dias de teste para os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente.

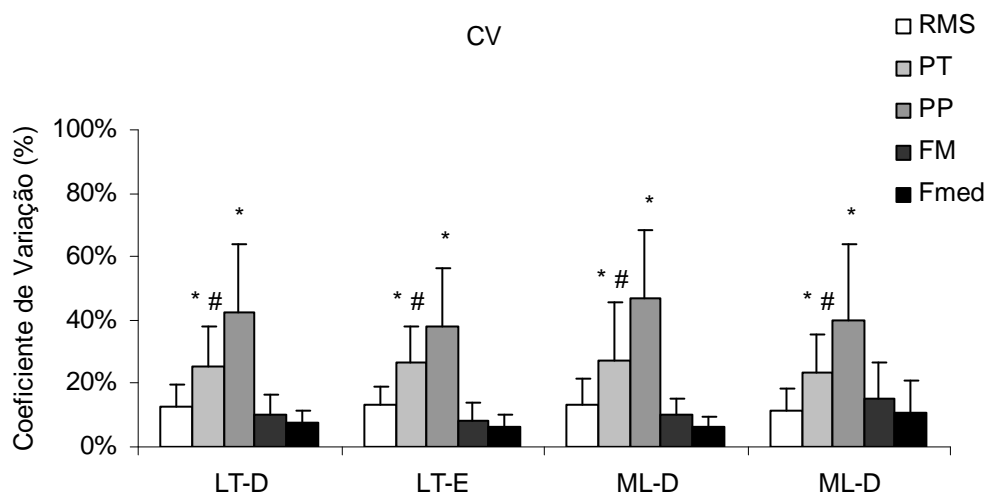
Quanto ao CCI foram encontrados valores de reprodutibilidade altos tanto para a célula de carga (0.96), quanto para as variáveis espectrais do músculo longuíssimo do tórax bilateralmente (0.90-0.97). O músculo multífido lombar apresentou uma variação de valores de reprodutibilidade razoável a altos (0.70-0.95) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores de CCI e intervalos de confiança para a célula de carga e para as variáveis EMG dos músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente.

Músculo	Variável	CCI	Intervalo de Confiança (95%)		
			Limite Inferior	Limite Superior	
LT	Direito	Célula	0.96	0.93	0.98
		RMS	0.97	0.94	0.99
		PT	0.95	0.91	0.98
		PP	0.90	0.81	0.96
		FM	0.91	0.83	0.96
	Esquerdo	Fmed	0.95	0.89	0.98
		RMS	0.97	0.93	0.99
		PT	0.94	0.88	0.97
		PP	0.92	0.85	0.97
		FM	0.93	0.86	0.97
ML	Direito	Fmed	0.95	0.90	0.98
		RMS	0.92	0.79	0.98
		PT	0.89	0.73	0.97
		PP	0.83	0.57	0.95
		FM	0.95	0.87	0.99
	Esquerdo	Fmed	0.95	0.88	0.99
		RMS	0.90	0.75	0.97
		PT	0.88	0.69	0.97
		PP	0.70	0.23	0.92
		FM	0.78	0.43	0.94
Fmed	0.70	0.22	0.92		

O CV apresentou diferenças significantes entre a variável PT e as variáveis RMS, PP, FM e Fmed e entre a variável PP e as variáveis RMS, FM e Fmed. Sua análise mostrou maiores valores

para a variável PP seguido da variável PT (Figura 11).



* diferença significativa em relação a RMS, FM e Fmed.

diferença significativa em relação a PP.

Figura 11. Valores médios e desvios padrão dos valores de CV obtidos das variáveis RMS, PT, PP, FM e Fmed para os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente.

Discussão

Este estudo foi conduzido no intuito de verificar a reprodutibilidade dos parâmetros de amplitude e frequência do sinal EMG em um protocolo para músculos lombares durante CIVMs realizadas em quatro dias de teste. Acessar a reprodutibilidade de um protocolo de teste tanto pelo CCI quanto pelo CV é de extrema importância para clínicos e pesquisadores, uma vez que os mesmos têm por objetivo serem capazes de dizerem se as diferenças encontradas entre duas medidas do mesmo sujeito ocorreram em função de uma intervenção intencional, ou se as mesmas ocorreram em função da variabilidade da medida.

É sabido que um alto CCI está relacionado com uma pequena variação intra-sujeitos (BARTKO, 1976), e que esta se refere à consistência na ferramenta de medida utilizada, uma vez que um método reprodutível possui um erro de medida pequeno (ELFVING et al., 1999). Usualmente são utilizados dois dias de teste em estudos de reprodutibilidade, porém, como no presente estudo, alguns utilizaram três ou mais dias (ELFVING et al., 1999, MORELAND et al., 1997).

A ANOVA apresentou valores sem diferenças significativas entre os dias de teste, indicando

uma consistência no sinal EMG quando as condições de teste são as mesmas e quando o protocolo é padronizado (DOLAN et al., 1995). Estes resultados se devem à recolocação dos eletrodos entre os dias, os quais se basearam na marcação, que permaneceu durante os quatro dias de teste, realizada pela caneta demográfica.

O CCI depende da homogeneidade do grupo (KEATING; MATYAS, 1998, STRATFORD; LETTER, 1989). Vários estudos sobre reprodutibilidade investigaram mudanças nos parâmetros de frequência do sinal EMG durante o processo de fadiga muscular localizada (BIEDERMAN et al., 1990, DEDERING et al., 2000, DIEËN; HEIJBLON, 1996, ELFVING et al., 1999, KONDRASKE et al., 1987, KOUMANTAKIS et al., 2001, LARIVIÈRE et al., 2003, MANNION; DOLAN, 1994, MANNION et al., 1997, MOFFROID et al., 1993, 1994, NARGOL et al., 1999, NG; RICHARDSON, 1996, OLIVER et al., 1996, PEACH et al., 1998, ROY et al., 1989, THOMPSON; BIEDERMANN, 1993). Entretanto a reprodutibilidade de diversos parâmetros EMG durante contrações não fatigantes não foi amplamente investigada. No presente estudo foram encontrados alguns valores de CCI de reprodutibilidades razoáveis e boas, e predominantemente valores de reprodutibilidade altas para os parâmetros EMG (DANNEELS et

al., 2001, NG et al., 2003), e valor de reprodutibilidade alto para a carga (DIEËN; HEIJBOLM, 1996, SMIDT et al., 1983).

Uma possibilidade deste comportamento de boa reprodutibilidade pode ser atribuído à característica da amostra que era constituída por voluntários fisicamente ativos embora não treinados (DEDERING et al., 2000) podendo assim serem parâmetros de comparação para populações semelhantes como obtido por Dieën e Heijblom (1996), os quais demonstraram altos valores de reprodutibilidade durante CIVMs em célula de carga para população não treinada, e valores baixos para população treinada. O CV encontrado no presente estudo apresentou baixos valores para as variáveis RMS, FM e Fmed, mostrando baixa variabilidade para estes parâmetros para os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente (DEDERING et al., 2000, DIEËN; HEIJBLOM, 1996, ELFVING et al., 1999, KEATING; MATYAS, 1998, MORELAND et al., 1997, NG; RICHARDSON, 1996, STRATFORD; LETTER, 1989).

Quanto às variáveis PT e PP estas apresentam valores absolutos semelhantes, entretanto ao se avaliar sua variabilidade em relação aos dias de teste, altos valores de CV para os músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente foram encontrados, os quais podem ocorrer em função destas variáveis estarem relacionadas à área do espectro do registro EMG que pode ser alterada entre uma contração e outra. Embora as variáveis PT e PP sejam utilizadas em estudos EMG (DOLAN et al., 1995, FINSTERER, 2001, KUMAR et al., 1998 KUMAR et al., 2003) sua reprodutibilidade ainda não foi amplamente analisada. No presente estudo as variáveis PT e PP apresentaram altos valores de CCI para o músculo longuíssimo do tórax e valores razoáveis e bons para o músculo multífido lombar, porém altos valores de CV, indicando que mais estudos devem ser conduzidos para um melhor entendimento destas variáveis.

Conclusão

Analisar a reprodutibilidade de diversos parâmetros do sinal EMG de músculos lombares pode nos informar sobre quais variáveis se modificam em função de intervenções e quais são modificadas pelo acaso.

Para a configuração metodológica aqui apresentada para o entendimento da resistência dos músculos longuíssimo do tórax e multífido lombar bilateralmente esta demonstra fidedigna e confiável devido aos altos valores de CCI de todos os parâmetros analisados. Já os altos valores de CV encontrados para as variáveis PT e PP não acompanham o comportamento das outras variáveis.

Estes achados permitem que a presente metodologia seja utilizada como base para obtenção de indicadores de fadiga a qual encontra-se como uma das mais importantes causas da dor lombar.

Referências

- BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Proposta de protocolo eletromiográfico para a identificação de sobrecarga na coluna vertebral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABERGO, 2004.
- BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Comparação de protocolos eletromiográficos utilizados para a identificação de sobrecarga na coluna vertebral. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v. 6, n. 10, p. 27-33, 2005.
- BARTKO, J. J. On various intra class correlation reliability coefficients. **Psychological Bulletin**, Washington, v. 83, p. 762-765, 1976.
- BIEDERMANN, H. J.; SHANKS, G. L.; INGLIS, J. Power spectrum analyses of electromyographic activity: discriminators in the differential assessment of patients with chronic low back pain. **Spine**, Hagerstown, v. 16, p. 1179-1184, 1991.
- BIEDERMAN, H. J.; SHANKS, G. L.; FORREST, W. J.; INGLIS, J. Median frequency estimates of paraspinal muscles: reliability analysis. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, Louvain, v. 30, p. 83-88, 1990.
- CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by muscular endurance test in health men. **Electromyography and Clinical Neurophysiology**, Louvain, v. 43, n. 6, p. 377-380, 2003.
- CARDOZO, A. C.; GONÇALVES, M.; GAUGLITZ, A. C. F. Spectral analysis of the electromyograph of erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. **Brazilian**

Journal of Medical and Biological Research, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1081-1085, 2004.

CARPENTER, D. M.; NELSON, B. W. Low back strengthening for the prevention and treatment of low back pain. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 31, p. 18-24, 1999.

CURRIER, D. P. **Elements of research in physical therapy**. Baltimore: Williams and Wilkins, 1990.

DANNEELS, L. A.; CAGNIE, B. J.; COOLS, A. M.; VANDERSTRAETEN, G. G.; CAMBIER, D. C.; WITVROUW, E. E.; DE CUYPER, H. J. Intra-operator and inter-operator reliability of surface electromyography in the clinical evaluation of back muscles. **Manual therapy**, Oxford, v. 6, p.145-153, 2001.

DeLUCA, C. J. Myoelectrical manifestation of localized muscular fatigue in humans. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**, New York, v. 11, n. 4, p. 251-279, 1984.

DEDERING, A.; ROOS, A. F.; HJELMSATER, M.; ELFVING, B.; HARMS-RINGDAHL, K.; NEMETH, G. Between-days reliability of subjective and objective assessments of back extensor muscle fatigue in subjects without lower-back pain. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 10, p. 151-158, 2000.

DIEËN, J. H. van; HEIJBLUM, P. Reproducibility of isometric trunk extension torque trunk extensor endurance and related electromyographic parameters in the context of their clinical applicability. **Journal of Orthopaedic Research**, New York, v. 14, n. 1, p. 139-143, 1996.

DOLAN, P.; MANNION, A. F.; ADAMS, M. A. Fatigue of the erector spinae muscles. A quantitative assessment using "frequency banding" of the surface electromyography signal. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 20, n. 2, p. 149-159, 1995.

ELFVING, B.; DEDERING, A.; NEMETH, G. Lumbar muscle fatigue and recovery in patients with long-term low-back trouble--electromyography and health-related factors. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 18, n. 7, p. 619-630, 2003.

ELFVING, B.; NEMETH, G.; ARVIDSSON, I.; LAMONTAGNE, M.. Reliability of emg spectral parameters in repeated measurements of back muscle fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 9, p. 235-243, 1999.

FINSTERER, J. EMG-interference pattern analysis, **Journal of Journal of**

Electromyography and Kinesiology, New York, v. 11, p. 231-246, 2001.

GONÇALVES, M.; BARBOSA, F. S. S. Análise de parâmetros de força e resistência dos músculos eretores da espinha lombar durante a realização de exercício isométrico em diferentes níveis de esforço. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 11, n. 2, p. 109-114, 2005.

GRAVES, J. E.; POLLOCK, M. L.; CARPENTER, D. M.; LEGGETT, S. H.; JONES, A.; MacMILLAN, M.; FULTON, M. Quantitative assessment of full range of motion isometric lumbar extension strength. **Spine**, Hagerstown, v. 15, p. 289-294, 1990.

KEATING, J. L.; MATYAS, T. A. Unreliable inferences from reliable measurements. **The Australian Journal of Physiotherapy**, Sydney, v. 44, p. 5-10, 1998.

KNUSTON, L. M.; SODERBERG, G. L.; BALLANTYNE, B. T.; CLARKE, W. R. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 4, p. 47-59, 1994.

KONDRASKE, G.V.; DEIVANAYAGAM, S.; CARMICHAEL, T.; MAYER, T. G.; MOONEY, V. Myoelectric spectral analysis and strategies for quantifying trunk muscular fatigue. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 68, n. 2, p. 103-110, 1987.

KOUMANTAKIS, G. A.; ARNALL, F.; COOPER, R. G.; OLDDHAM, J. A. Paraspinal muscles emg fatigue testing with two methods in healthy volunteers. reliability in context of clinical application. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 16, n. 3, p. 263-266, 2001.

KUMAR, S.; NARAYAN, Y.; GARAND, D. An electromyographic study of isokinetic axial rotation in young adults. **The Spine Journal**, New York, n. 3, p. 46-54, 2003.

KUMAR, S.; NARAYAN, Y.; ZEDKA, M. Trunk strength in combine motions of rotation and flexion extension in normal adults. **Ergonomics**, London, v. 41, n. 6, p. 835-852, 1998.

LARIVIERE, C.; GRAVEL, D.; ARSENAULT, A. B.; GAGNON, D.; LOISEL, P. Muscle recovery from a short fatigue test and consequence on the reliability of EMG indices of fatigue. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 89, n. 2, p. 171-176, 2003.

MANNION, A. F.; DOLAN P. Electromyographic median frequency changes during isometric

- contraction of the back extensors to fatigue. **Spine**, Hagerstown, v. 19, p. 1223-1229, 1994.
- MANNION, A. F.; CONNOLLY, B.; WOOD, K.; DOLAN, P. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, Washington, v. 34, p. 427-439, 1997.
- MERLETTI, R.; LOCONTE, L. R.; ORIZIO, C. Indices of muscle fatigue. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 1, p. 20-33, 1991.
- MOFFROID, M. T.; HAUGH, L. D.; HAIG, A. J.; HENRY, S. M.; POPE, M. H. Endurance training of extensor muscles. **Physical Therapy**, Albany, v. 73, n. 1, p. 10-17, 1993.
- MOFFROID, M.; REID, S.; HENRY, S. M.; HAUGH, L. D.; RICAMATO, A. Some endurance measures in persons with chronic low back pain. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Washington, v. 29, p. 81-87, 1994.
- MORELAND, J.; FINCH, E.; STRATFORD, P.; BALSOR, B.; GILL, C. Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Washington, v. 26, p. 200-208, 1997.
- NARGOL, A. V.; JONES, A. P.; KELLY, P. J.; GREENOUGH, C. G. Factors in the reproducibility of electromyographic power spectrum analysis of lumbar paraspinal muscle fatigue. **Spine**, Hagerstown, v. 24, p. 883-888, 1999.
- NG, J. K-F.; RICHARDSON, C. A. Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 77, n. 3, p. 259-264, 1996.
- NG, J. K.; PARNIANPOUR, M.; RICHARDSON, C. A.; KIPPERS, V. Effect of fatigue on torque output and electromyographic measures of trunk muscles during isometric axial rotation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 84, 374-381, 2003.
- OLIVER, C. W.; TILLOTSON, K. M.; JONES, A. P.; ROYAL, R. A.; GREENOUGH, C. G. Reproducibility of lumbar paraspinal surface electromyogram power spectra. **Clinical Biomechanics**, Bristol, v. 11, p. 317-321, 1996.
- PEACH, J. P.; GUNNING, J.; MCGILL, S. M. Reliability of spectral EMG parameters of health back extensors during submaximum isometric fatiguing contractions and recovery. **Spine**, Hagerstown, v. 8, n. 6, p. 403-410, 1998.
- POLLOCK, M. L.; LEGGETT, S. H.; GRAVES, J. E.; JONES, A.; FULTON, M.; CIRULLI, J. Effect of resistance training on lumbar extension strength. **The American Journal of Sports Medicine**, Baltimore, v. 17, n. 5, p. 624-629, 1989.
- ROY, S. H.; DeLUCA, C.; CASAVANT, D. Lumbar muscle fatigue and chronic low back pain. **Spine**, Hagerstown, v. 14, n. 9, p. 992-1001, 1989.
- ROY, S. H.; DeLUCA, C. J.; EMLEY, M.; BUIJS, R. J. Spectral electromyographic assessment of back muscles in patients with low back pain undergoing rehabilitation. **Spine**, Hagerstown, v. 20, n. 1, p. 38-48, 1995.
- ROY, S. H.; DeLUCA, C. J.; SNYDER-MACKLER, L.; EMLEY, M. S.; CRENSHAW, R. L.; LYONS, J. P. Fatigue, recovery and low back pain in varsity rowers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 22, n. 4, p. 463-469, 1990.
- SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intra class correlations: uses in assessing rater reliability. **Psychological Bulletin**, Washington, v. 86, p. 420-428, 1979.
- SMIDT, G.; HERRING, T.; AMUNDSEN, L. Assessment of abdominal and back extensor function: a quantitative approach and results for chronic low back pain. **Spine**, Hagerstown, v. 8, p. 211-219, 1983.
- SOUZA, C. P.; BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Comparação de protocolos de exaustão e de 30 Segundos para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da análise espectral. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, 2004.
- STRATFORD, P. Letter: Reliability: consistency or differentiating among subjects? **Physical Therapy**, Albany, v. 69, p. 299-300, 1989.
- THOMPSON, D. A.; BIEDERMANN, H. J. Electromyographic power spectrum analysis of the paraspinal muscles. Long-term reliability. **Spine**, Hagerstown, v. 18, n. 15, p. 2310-2313, 1993.
- UDERMANN, B. E.; GRAVES, J. E.; DONELSON, R. G.; PLOUTZ-SNYDER, L.; BOUCHER, J. P.; IRISO, J. H. Pelvic restraint effect on lumbar gluteal and hamstring muscle electromyographic activation. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v. 80, p. 428-311, 1999.

Agradecimentos:

Fundunesp – Fundação para o Desenvolvimento da UNESP (Processos 076/90-DFP e 384/90-DPE).

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

Endereço:

Mauro Gonçalves

Laboratório de Biomecânica – Departamento de

Educação Física – IB - UNESP Rio Claro

Avenida 24 A, 1515 Bela Vista

Rio Claro SP Brasil

13506-900

Tel. 19-3526-4345 fax 19-3534-0009.

e-mail: maurog@rc.unesp.br

Recebido em: 15 de setembro de 2008.

Aceito em: 10 de novembro de 2008.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)