

---

# EXTENSÃO ISOMÉTRICA DO TRONCO: análise da recuperação de parâmetros eletromiográficos

*Isometric back extension: electromyography parameters recovery*

---

Marcelo Pinto Pereira

Mestrando em Ciências da Motricidade. Especialista em Fisioterapia Desportiva – UNESP. São Paulo – SP.  
e-mail: mppereir@rc.unesp.br

Mauro Gonçalves

Pós-doutorado, Prof. Livre-docente, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP. São Paulo – SP.  
e-mail: maurog@rc.unesp.br

---

## Resumo

O Teste de Sorensen tem sido um dos métodos mais utilizados para a avaliação da musculatura lombar. Entretanto, o conhecimento do tempo necessário para a recuperação dos músculos envolvidos nesse teste, o que é imprescindível para aplicação de protocolos de treinamento e reabilitação, permanece desconhecido na literatura. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a recuperação de parâmetros eletromiográficos (*root mean square* – RMS e frequência mediana – FM) dos músculos multifido e iliocostal lombar nos níveis vertebrais de L4-L5 e L2-L1 respectivamente e avaliar o efeito da lateralidade nessas variáveis. Para isso, 10 voluntárias do sexo feminino (idade de  $22,22 \pm 3,19$  anos) realizaram a extensão isométrica do tronco até a exaustão a 5%, 10%, 15% e 20% da contração isométrica voluntária máxima. Por meio de um módulo de aquisição de sinais biológicos e de um *software* calibrado com frequência de amostragem de 1000 Hz, obtiveram-se os valores de RMS e FM de 8 contrações submáximas com duração de 5 segundos (exercidas antes e 30 segundos; 1,5; 2,5; 3,5; 5; 10; 15 e 20 minutos após o término da contração de exaustão). A análise estatística (Teste de Variância de Friedman) não demonstrou diferenças nos valores de RMS e FM entre as contrações submáximas em nenhuma das porcentagens de tração ( $p > 0,05$ ). Portanto, esses resultados podem ser utilizados como parâmetros do tempo de recuperação de variáveis eletromiográficas em indivíduos normais após contrações isométricas da coluna lombar.

**Palavras-chave:** Recuperação; Coluna lombar; Eletromiografia; Fadiga; Teste de Sorensen.

## Abstract

*The most used test to evaluate the lumbar muscles is the Sorensen Test. Even though the time necessary to fully recover these muscles after this test is essential to prescription of exercises and rehabilitation programs, it has not been studied yet. The aim of this paper is to evaluate the iliocostalis lumborum and multifidus electromyographic parameters (root mean square – RMS and median power frequency – MPF), recovery and the body-side effect on those variables. Ten women (aged  $22,22 \pm 3,19$  years) performed the lumbar isometric contraction until exhaustion with 5%, 10%, 15% and 20% of their maximal isometric contraction and 5 seconds sub-maximal contractions before and 30 seconds, 1.5, 2.5, 3.5, 5, 10, 15 and 20 minutes after the fatiguing contractions. The RMS and MPF values were obtained from the most stable period (1 second) of the sub-maximal contractions. The statistical analyses (Friedman Test) did not show differences between the RMS and MPF values obtained from the sub-maximal contractions in any traction percentages ( $p > 0.05$ ). So, these results can be used as normal subjects normative basis to electromyographic parameters recovery after isometric back extension.*

**Keywords:** Recovery; Lumbar spine; Electromyography; Fatigue; Sorensen test.

## INTRODUÇÃO

As atividades ocupacionais, de vida diária ou esportivas, podem causar sobrecarga na musculatura lombar, sendo responsáveis por dores não-específicas, que trazem desconforto e queda na qualidade de vida (1). Os tecidos não contráteis como a fáscia e discos intervertebrais passam a ser sobrecarregados quando os músculos perdem sua eficiência (2), ou seja, quando entram em fadiga. A fadiga é definida como a incapacidade do sistema musculoesquelético de gerar força ou então de realizar trabalho, sendo um fenômeno tempo-dependente (3). Entretanto, sendo a fadiga um fenômeno tempo-dependente, a avaliação de fatores mecânicos, como a força ou o tempo de resistência, não são capazes de avaliar o desenvolvimento desse fenômeno, mas apenas quando já está instalado.

Nesse sentido, a eletromiografia (EMG) tem tido um importante papel na avaliação da musculatura lombar, logo que é capaz de avaliar os fenômenos musculares localizados durante o seu desenvolvimento (4), por meio da análise de variáveis no domínio do tempo como a *Root Mean Square* (RMS), ou no domínio das frequências como a frequência mediana (FM) (5). Ainda, o uso da EMG, por possibilitar o estudo mais localizado do processo de fadiga, permite a avaliação simultânea de diferentes músculos no decorrer desse processo. Entretanto, um aspecto pouco abordado pela literatura é o efeito da lateralidade corporal sobre a EMG (6, 7), sobretudo no que diz respeito à avaliação de músculos da coluna lombar.

O tempo de recuperação de variáveis eletromiográficas já foi apontado como indicador da predisposição para o desenvolvimento de dor lombar (8) e sendo a fadiga muscular outro fator predisponente desta dor, a recuperação destes parâmetros também tem sido alvo de diversas pesquisas (4, 9, 10). Estes estudos também se justificam pela incompreensão do tempo necessário para que se garanta a total recuperação da musculatura em protocolos que envolvem contrações consecutivas, sendo que em alguns casos períodos de recuperação de até 24 horas foram necessários (11, 12).

Existe certa divergência entre os autores quanto ao tempo de recuperação da musculatura esquelética, que encontraram a restituição de parâmetros EMGs após períodos que variam entre 1 (13) a 10 minutos (4) após contrações isométricas.

O teste mais utilizado no estudo da resistência isométrica da musculatura lombar tem sido o Teste de Sorensen (11), onde o voluntário, em decúbito ventral, com os membros inferiores fixados e o quadril alinhado com a borda da maca, deve manter o tronco na posição horizontal (14), que foi desenvolvido primariamente para se estudar variáveis mecânicas como o tempo de resistência isométrico

(TRI) (14). Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos que tenham avaliado a recuperação de parâmetros EMGs após a exaustão se utilizando do Teste de Sorensen ou a recuperação desse parâmetros frente a diferentes percentuais de carga.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a recuperação de parâmetros de amplitude e de frequência do sinal EMG após a contração isométrica fatigante de extensão do tronco homo e bilateralmente durante o Teste de Sorensen.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionadas 10 voluntárias do sexo feminino, com idade de  $22,22 \pm 3,19$  anos, com peso de  $58,93 \pm 7,03$  kg e altura de  $163,17 \pm 7,55$  cm, não praticantes de atividade física regular, saudáveis e sem história de dor lombar nas quatro semanas que antecederem o estudo. As voluntárias assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética local.

Para a determinação da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) assim como para as contrações submáximas, as voluntárias foram posicionadas na postura do Teste de Sorensen (Figura 1), com os membros inferiores fixados por cintos (Figura 1B), evitando, dessa forma, a utilização de músculos extensores do quadril. Também foram utilizados limitadores de movimento para evitar movimentos compensatórios (Figura 1A). Ainda foi utilizado um aparato 12 cm menor que a mesa de teste para que as voluntárias pudessem apoiar o tronco durante o período de repouso (Figura 1D).

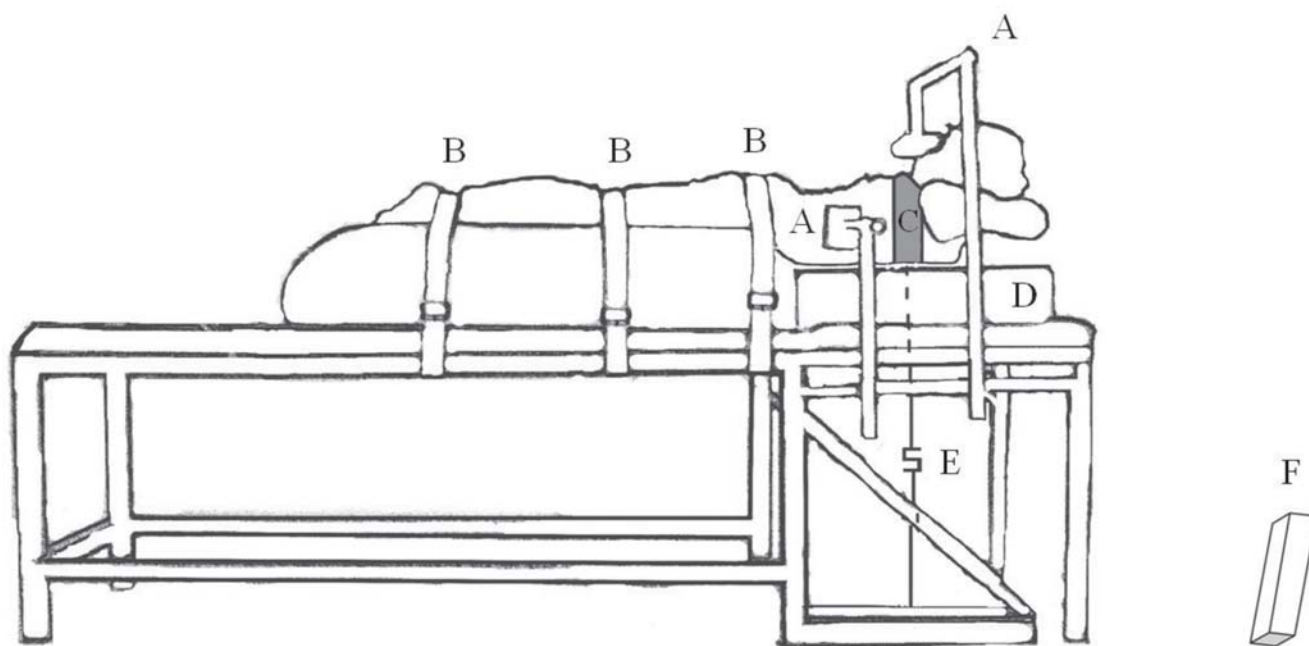


FIGURA 1 - Posicionamento para a realização do teste: (A) Limitadores de movimento; (B) Cintos estabilizadores; (C) Colete; (D) Aparato para repouso; (E) Célula de carga; (F) Indicador digital

O teste constituiu na extensão isométrica da coluna vertebral tracionando uma célula de carga (Figura 1C - Kratos Dinamômetros LTDA<sup>®</sup>) fixada a um colete utilizado pelos voluntários (Figura 1E). A célula de carga foi acoplada a um indicador digital (Figura 1F - Kratos Dinamômetros LTDA<sup>®</sup>), o qual permitiu aos voluntários controlarem a intensidade da contração no momento dos esforços submáximos.

A CIVM de cada voluntário foi determinada no primeiro dia de teste, sendo esse distante de no máximo uma semana dos dias seguintes. Nesse dia, na postura padronizada para o estudo, as voluntárias realizaram três CIVMs, com duração de cinco segundos e intervalo de no mínimo cinco minutos entre cada uma delas, sendo determinada como a tentativa em que foi atingida a maior tração na célula de carga.

Em outros quatro dias de teste, com intervalo de no mínimo 24 e no máximo de 48 horas entre cada um, foram realizadas contrações isométricas submáximas de extensão do tronco até a exaustão a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM (11), em ordem randômica.

Em outros 4 dias de teste (aplicação de cada percentagem de carga), inicialmente, foi realizada uma nova contração isométrica voluntária máxima (CIVM), para normalização dos dados eletromiográficos. Uma contração submáxima de 5 segundos, chamada de Referência (REF), com a mesma intensidade da contração até a exaustão, foi realizada após um período de 5 minutos da CIVM, com o objetivo de se determinar a condição muscular em repouso. Após 3 minutos da REF, foram realizadas as contrações até exaustão, definida como o abaixamento voluntário do tronco pela impossibilidade de continuar mantendo a postura padronizada ou a variação da carga a ser sustentada maior do que 1 kg, mesmo após 3 comandos verbais.

Após a realização da contração até exaustão, foram realizadas 8 contrações isométricas submáximas, com duração de 5 segundos cada uma, nas mesmas intensidades de carga utilizadas na contração de exaustão após 30 segundos (C1), 1,5min (C2), 2,5min (C3), 3,5min (C4), 5min (C5), 10min (C6), 15min (C7) e 20min (C8) do seu término.

O sinal eletromiográfico foi obtido se utilizando de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl (MediTrace<sup>®</sup>) posicionados sobre o músculo multifido direito (MuD) e esquerdo (MuE) no nível de L4-L5 deslocados 3 cm lateralmente e sobre o iliocostal lombar direito (IcD) e esquerdo (IcE) no nível de L2-L1 deslocados 6 cm lateralmente (11, 12) Para a captação da atividade EMG dos músculos avaliados, foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx<sup>®</sup>), calibrado com um ganho de 1000 vezes, filtro passa alta de 10 Hz, passa baixa de 500 Hz e filtro *notch* de 60 Hz, além de um *software* específico calibrado com uma frequência de amostragem de 1000 Hz (Aqdados-Lynx<sup>®</sup>).

A RMS e a FM de cada CIVM e de cada contração submáxima foram obtidos do segundo mais estável. Esse período foi determinado por meio da visualização do comportamento da célula de carga e analisado por meio de rotinas específicas desenvolvidas em ambiente MATLAB 6.5 (The Math Works Inc<sup>®</sup>), as quais possibilitaram a obtenção dos parâmetros EMGs avaliados: RMS e FM. Os sinais EMGs das contrações submáximas foram normalizados pelos valores obtidos na CIVM e, portanto, estão expressos em %CIVM.

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e, em consideração aos resultados obtidos, optou-se pela utilização de testes estatísticos não-paramétricos. A influência do tempo de recuperação (REF x C1 x C2 x C3 x C4 x C5 x C6 x C7 x C8) e da lateralidade sobre os valores de RMS e FM foram avaliados utilizando-se o Teste de Variância de Friedman. Todos os valores estão expressos pela média ( $\pm$  desvio padrão). Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

O valor de tração na célula de carga durante a determinação da CIVM foi de  $5,48 \pm 1,35$  Nm e portanto durante as contrações submáximas as voluntárias mantiveram um torque de tração de  $0,27 \pm 0,06$  Nm,  $0,54 \pm 0,13$  Nm,  $0,81 \pm 0,20$  Nm, e  $1,08 \pm 0,26$  Nm até a exaustão, correspondendo às cargas de 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM, respectivamente. Os tempos de resistência isométrica foram de  $163,44 \pm 77,39$  seg,  $110,89 \pm 48,59$  seg,  $101,33 \pm 49,13$  seg e  $81,44 \pm 41,64$  seg para as intensidades de contração de 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM, respectivamente.

Não foram encontradas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) entre os valores de RMS e FM em nenhuma porcentagem de tração da célula de carga em nenhum dos músculos avaliados. Apesar de haver tendência de valores de RMS maiores no IcD em comparação com o IcE nas maiores porcentagens de tração (Figura 3) e maiores valores de FM no lado esquerdo em ambos os músculos (Figuras 4 e 5), em todas as porcentagens de tração (exceto para IC a 15% e 20% CIMV) também não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os lados em nenhuma situação.

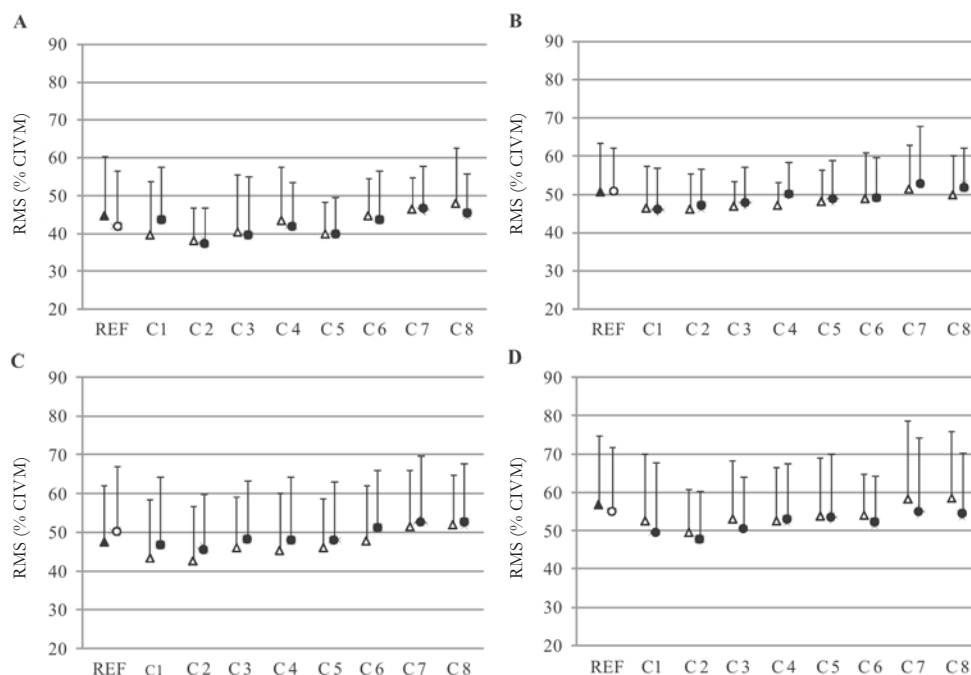


FIGURA 2 - Valores de RMS do MuD (multifido direito) e do MuE (multifido esquerdo) obtidos na REF (▲ - MuD; ○ - MuE) e em C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 (Δ - MuD; ● - MuE) nas porcentagens de tração de 5% (A), 10% (B), 15% (C) e 20% CIVM (D)

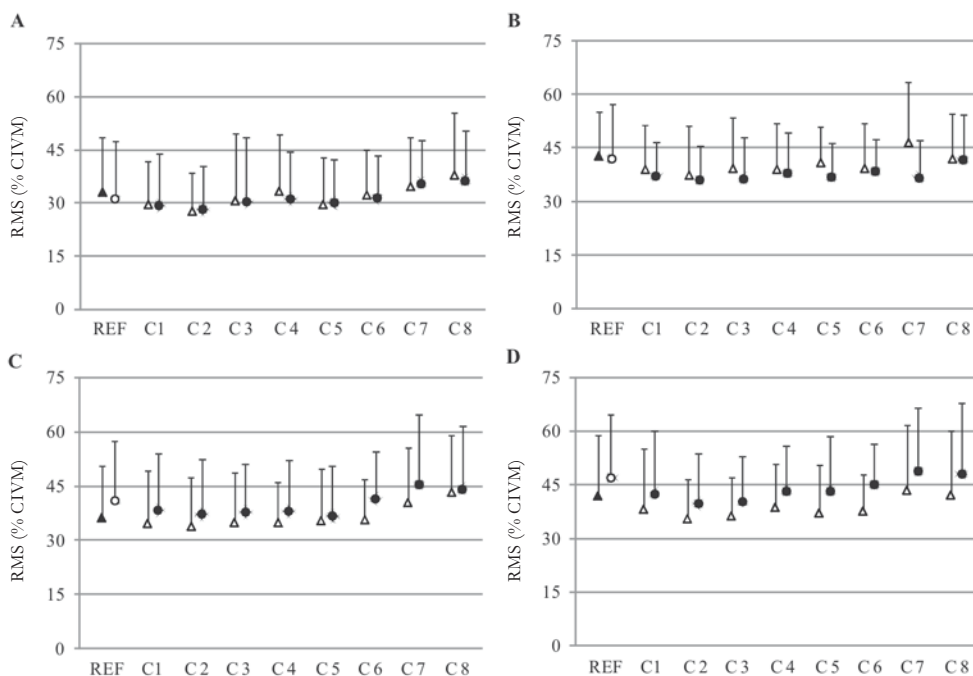


FIGURA 3 - Valores de RMS do IcD (iliocostal lombar direito) e do IcE (multifido iliocostal esquerdo) obtidos na REF (▲ - IcD; ○ - IcE) e em C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 (Δ - IcD; ● - IcE) nas porcentagens de tração de 5% (A), 10% (B), 15% (C) e 20% CIVM (D)

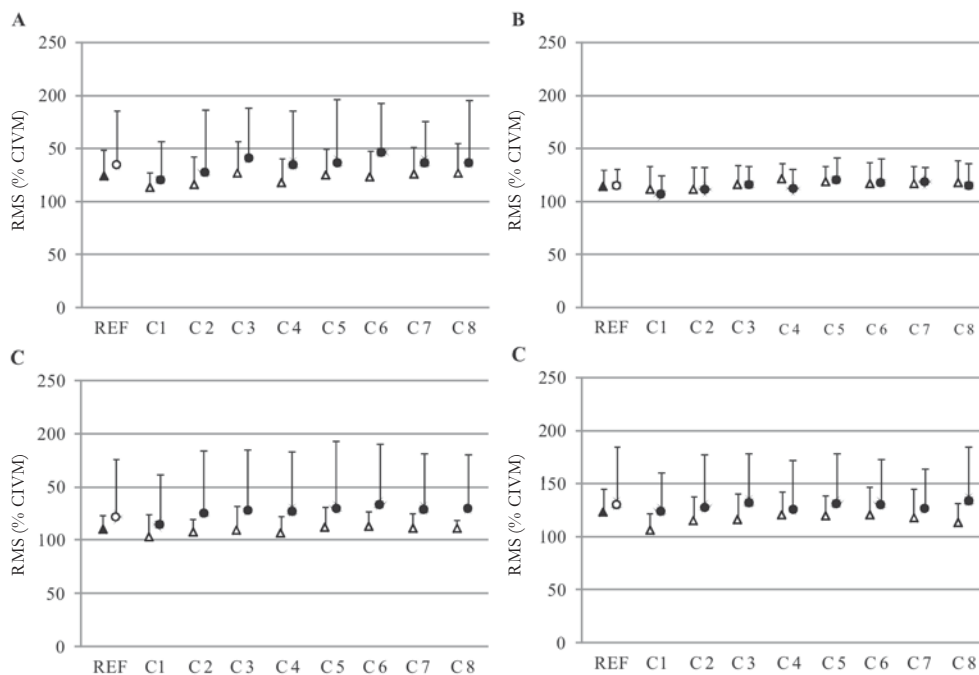


FIGURA 4 - Valores de FM do MuD (multifido direito) e do MuE (multifido esquerdo) obtidos na REF (▲ - MuD; ○ - MuE) e em C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 (Δ - MuD; ● - MuE) nas porcentagens de tração de 5% (A), 10% (B), 15% (C) e 20% CIVM (D)

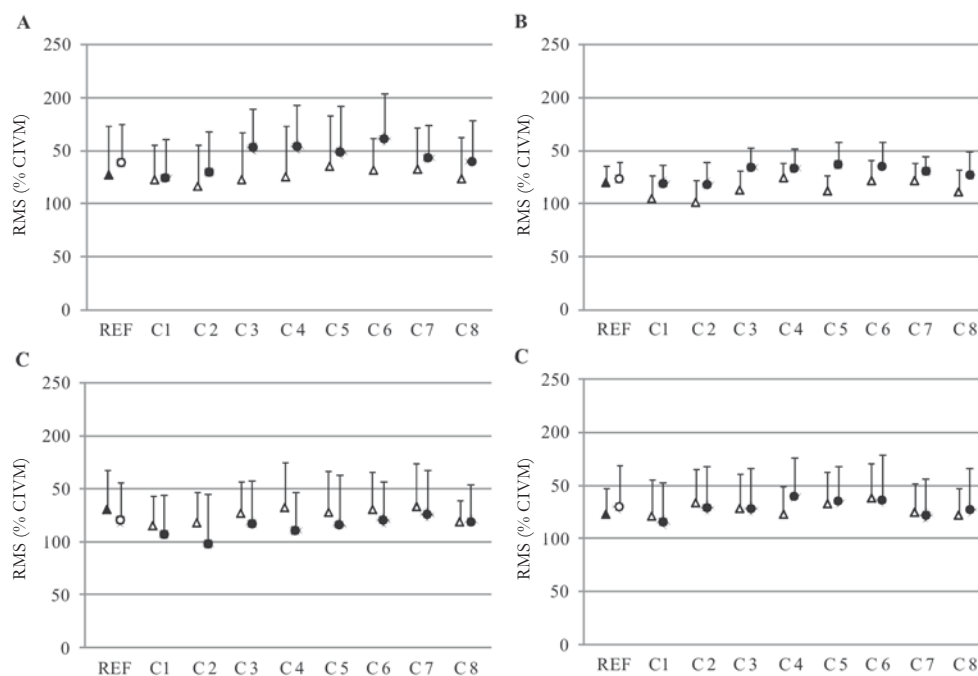


FIGURA 5 - Valores de FM do MuD (multifido direito) e do MuE (multifido esquerdo) obtidos na REF (▲ - IcD; ○ - IcE) e em C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 e C8 (Δ - IcD; ● - IcE) nas porcentagens de tração de 5% (A), 10% (B), 15% (C) e 20% CIVM (D)

## DISCUSSÃO

Na análise da ação muscular lombar bilateralmente, os valores de RMS e FM não apresentaram diferenças estatisticamente significante entre lados em nenhum dos músculos, em nenhuma das porcentagens de tração. Estes aspectos têm sido pouco relatados na literatura (7) e mais especificamente sobre músculos lombares (6). Alguns trabalhos têm apresentado resultados semelhantes aos obtidos neste estudo quanto ao comportamento da FM bilateralmente antes e após o levantamento manual de carga (15), assim como na análise do comportamento da RMS em função do tempo no Teste de Sorensen (16).

Tem-se afirmado que variáveis eletromiográficas tanto do domínio do tempo como das frequências sofrem uma recuperação mais rápida que variáveis mecânicas como a força ou o TRI (9), pois frente a uma restituição do fluxo sanguíneo, há uma rápida restauração da quantidade de hemoglobinas e mioglobinas, além de uma eliminação dos metabólitos acumulados (17). Em contrações isométricas, a fadiga é principalmente causada pela hipóxia, resultado da compressão dos vasos sanguíneos, ao contrário do que ocorre nas contrações isotônicas, que se dá pelo acúmulo de metabólitos (18). O decréscimo da oxigenação durante o Teste de Sorensen tem, dessa forma, sido atribuído a um aumento da pressão intramuscular, reduzindo o suprimento sanguíneo (17).

Esses aspectos acabam, portanto, ocasionando uma recuperação mais rápida da musculatura após contrações isométricas em comparação com a recuperação após contrações isotônicas (19). De fato, alguns estudos têm demonstrado que a recuperação muscular após exercícios isotônicos exige períodos de até 48 horas (20).

Em nosso estudo, nenhuma das variáveis EMGs demonstraram diferenças entre os valores de REF e de C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 ou C8, demonstrando total recuperação dos músculos MU e IC frente a contrações isométricas mantidas até a exaustão em todas as cargas ainda nos primeiros 30 segundos (Figuras 2 a 5).

Os nossos resultados se encontram, dessa forma, de acordo com a literatura. A análise de homens normais após três contrações fatigantes de 30 segundos com 75% da CIVM sugere que os músculos multífido, iliocostal e longuíssimo do tórax na altura de L5, L3 e L1 respectivamente já estavam recuperados em pelo menos 10 minutos (9). Já segundo Németh, Eriksson e Ask (13), em indivíduos treinados, utilizando a mesma postura com contrações de duração de 45 segundos com intensidade correspondente a 80% da CIVM, encontraram nos níveis L1-L2 e L5-S1 que os valores de FM haviam retornado aos seus valores iniciais em todos os indivíduos ainda no primeiro minuto. Em 66% dos voluntários, um período de 32-39 segundos foi suficiente para que a musculatura tivesse atingido metade de sua recuperação total e em 24% dos casos esse período foi inferior a 2,5 segundos (10). Avaliando indivíduos com dor lombar, utilizando desse mesmo protocolo, outro estudo encontrou que metade da recuperação ocorreu a 55 segundos para multífido e de 90 segundos para o iliocostal (18).

Mesmo o Teste de Sorensen sendo o mais utilizado na avaliação da condição muscular dos músculos extensores lombares, não havia até então na literatura estudos que avaliassem a recuperação desses músculos após contrações isométricas mantidas até a exaustão nessa postura. Ao término deste estudo, pode-se concluir que os parâmetros de amplitude e de frequência do sinal EMG se recuperaram logo nos primeiros 30 segundos após a extensão isométrica dos músculos lombares até a exaustão e que estes músculos extensores lombares tanto do lado direito como esquerdo se comportam de forma semelhante bilateralmente. Estes resultados podem, portanto, ser utilizados como parâmetros do tempo de recuperação das variáveis eletromiográficas dos músculos lombares em indivíduos normais, permitindo a realização de protocolos com o intuito de desenvolvimento de resistência muscular localizada que envolvam contrações isométricas consecutivas dessa musculatura.

**REFERÊNCIAS**

1. Cardozo AC, Gonçalves M. Electromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 2003 Sept.; 43(6):377-380.
2. Roy SH, De Luca CJ, Casavant DA. Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. *Spine*. 1989 Sept.; 14(9):992-1001.
3. Bigland-Ritchie B, Donovan EF, Roussos CS. Conduction velocity and EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. *J Appl Physiol*. 1981 Nov.; 51(5):1300-1305.
4. Dederich A, Nemeth G, Harms-Ringdahl K. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clin Biomech*. 1999 Feb.; 14(2):103-111.
5. Ng JK, Richardson CA, Jull GA. Electromyographic amplitude and frequency changes in the iliocostalis lumborum and multifidus muscles during a trunk holding test. *Physical Therapy*. 1997 Sept.; 77(9):954-961.
6. Merletti R, De Luca CJ, Sathyan D. Electrically evoked myoelectric signals in back muscles: effect of side dominance. *J Appl Physiol*. 1994 Nov.; 77(5):2104-2114.
7. Williams DM, Sharma S, Bilodeau M. Neuromuscular fatigue of elbow flexor muscles of dominant and non-dominant arms in healthy humans. *J Electromyogr Kinesiol*. 2002 Nov.; 12(4):287-294.
8. Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors to fatigue. *Spine*. 1994 June; 19(11):1223-1229.
9. Lariviere C, Gravel D, Arsenault AB, Gagnon D, Loisel P. Muscle recovery from a short fatigue test and consequence on the reliability of EMG indices of fatigue. *Eur J Appl Physiol*. 2003 Apr.; 89(2):171-176.
10. Elfving B, Liljequist D, Dederich A, Nemeth G. Recovery of electromyography median frequency after lumbar muscle fatigue analysed using an exponential time dependence model. *Eur J Appl Physiol*. 2002 Nov.; 88(1-2):85-93.
11. Pereira MP, Gonçalves M. Efeito do gênero sobre fatigabilidade da musculatura lombar. *Motriz*. 2006 Jan.; 12(1):43-50.
12. Barbosa FSS, Gonçalves M. Comparação de Protocolos eletromiográficos utilizados para a identificação de sobrecarga na coluna lombar. *Braz J Biomech*. 2005; 6(10):27-33.
13. Nemeth G, Eriksson K, Ask N. Fatigue and recovery in lumbar during sustained isometric contraction. An EMG study. *J Biomech*. 1992 July; 25(7):753.
14. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*. 2006 Jan.; 73(1):43-50.
15. Cardozo AC, Gonçalves M, Gauglitz AC. Spectral analysis of the electromyograph of the erector spinae muscle before and after a dynamic manual load-lifting test. *Braz J Med Biol Res*. 2004 July; 37(7):1081-1085.
16. Barbosa FSS, Gonçalves M. Comparação entre protocolos de exaustão e de 30 segundos utilizados na avaliação da fadiga eletromiográfica dos músculos eretores da espinha. *Rev Bras Fisioter*. 2005; 9(1):77-83.



17. Kell RT, Bhambhani Y. Relationship between erector spinae static endurance and muscle oxygenation-blood volume changes in healthy and low back pain subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Feb.; 96(3):241-248.
18. Lariviere C, Gravel D, Arsenault AB, Gagnon D, Loisel P. Muscle recovery from a short fatigue test and consequence on the reliability of EMG indices of fatigue. *Eur J Appl Physiol.* 2003 Apr.; 89(2):171-176.
19. Fitts RH, Balog EM. Effect of intracellular and extracellular ion changes on E-C coupling and skeletal muscle fatigue. *Acta Physiol Scand.* 1996 Mar.; 156(3):169-181.
20. Kroon GW, Naeije M. Recovery following exhaustive dynamic exercise in the human biceps muscle. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1988; 58(3):228-232.

Recebido em: 09/03/2007

*Received in:* 03/09/2007

Aprovado em: 08/09/2007

*Approved in:* 09/08/2007