

# COMPORTAMENTO DO SINAL EMG NA RECUPERAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE FADIGA MUSCULAR DOS EXTENSORES LOMBARES

Daniela Carabajal<sup>1</sup>, Marcelo La Torre<sup>1</sup>, Mônica de Oliveira Melo<sup>1</sup>, Lucas Dutra Araújo<sup>1</sup>,  
Fabiana de Oliveira Chaise<sup>2</sup>, Cláudia Tarragô Candotti<sup>1,2</sup>

Laboratório de Biomecânica – <sup>1</sup>Curso de Educação Física – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – São Leopoldo .

Laboratório de Biomecânica – <sup>2</sup>Curso de Fisioterapia – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – São Leopoldo .

**Resumo:** Com objetivo de verificar o padrão de recuperação dos músculos extensores lombares, indivíduos com lombalgia (n=14) e sem lombalgia (n=14) foram submetidos a um teste de indução à fadiga, realizando uma contração a 80% da contração voluntária máxima (CVM) com duração de 35 segundos e, após um período de repouso de 2 minutos, outra contração a 80% da CVM com duração de 10 segundos. Foram coletados simultaneamente sinais de força e eletromiográficos. Medianas da frequência em janelas de um segundo foram calculadas para obtenção do índice de recuperação (REC). Uma análise discriminante demonstrou que o REC permitiu classificar corretamente 67,3% ( $p < 0,05$ ) dos indivíduos dentro de seus respectivos grupos de origem. Os resultados indicaram também que 2 minutos de repouso foram suficientes para recuperar os músculos da fadiga, sinalizando que a partir de um protocolo de fadiga muscular é possível avaliar indiretamente o nível de dor muscular.

**Palavras Chave:** lombalgia, eletromiografia, fadiga, recuperação.

**Abstract:** The purpose of this study was to assess the recovery pattern of lower back muscles. Subjects with low back pain (n=14) and without low back pain (n=14) were submitted to a induction muscular fatiguing test, which was constituted of the accomplishment of a test with effort of 80% of maximum voluntary contractions (MVC) with duration of 35 seconds and after a period of rest of 2 minutes; the accomplishment of a test with effort of 80% of MVC with duration of 10 seconds. Simultaneously, force signal and sign EMG were collected. Median frequency were calculated in windows of one second and the recovery index (REC) was obtained. Discriminant analysis showed that REC allowed to classify 67.3% ( $p < 0.05$ ) of the individuals correctly inside of their respective groups. The results indicated that the period of two minutes of rest was enough to recover the muscle of the fatigue and that it is possible to evaluate indirectly the level of muscular pain from a protocol of muscular fatigue.

**Keywords:** low back pain, fatigue, recovery, electromyography.

## INTRODUÇÃO

A dor é uma sensação subjetiva, desagradável, podendo assumir contornos de um simples desconforto até uma intensa sensação dolorosa [1], que pode variar de indivíduo para indivíduo, de uma classe social para outra. Na coluna vertebral a dor se faz presente de forma localizada ou irradiada sendo, na maioria das vezes um mecanismo de defesa, uma vez que a partir dela é possível o conhecimento dos desequilíbrios ou doenças do corpo [2].

A dor lombar é uma das grandes razões de consultas, hospitalizações e incapacitação para o trabalho. Estudos mostram que cerca de 60% da população trabalhadora das nações industrializadas sofrem de dor lombar, a qual pode ter origem no

condicionamento físico inadequado, erro na postura, trabalhos com cargas excessivas ou tarefas repetitivas. Não obstante, todos estes fatores causais acarretam em sobrecarga e fadiga localizada na região lombar, interferindo no desempenho muscular [3].

Tradicionalmente a fadiga muscular tem sido entendida como uma perda temporária da capacidade de desempenho, resultante de desempenhos anteriores, independentemente de como é afetado o desempenho atual [3], caracterizando-se como a ausência de resposta a um estímulo [4]. Entretanto, para estudos de dor que utilizam protocolos de fadiga, a fadiga tem sido entendida como um processo contínuo, que inicia com a atividade

neuromuscular e que pode causar mudanças na atividade elétrica, na propagação elétrica, no acoplamento excitação-contração e nos diversos elementos do processo eletromiográfico. Nesse sentido, indivíduos que sofrem de lombalgia mostram uma função muscular prejudicada e precoce manifestação mioelétricas de fadiga muscular dos músculos extensores do tronco, quando comparadas às pessoas saudáveis [5]. Assim, a eletromiografia de superfície (EMG) tem sido amplamente utilizada para mensurar a fadiga muscular localizada e indiretamente quantificar a dor muscular.

O objetivo deste estudo foi verificar o padrão de recuperação de indivíduos com e sem dor lombar submetidos a um protocolo de fadiga muscular localizada através de EMG de superfície no domínio da frequência.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Amostra**

Vinte e oito indivíduos divididos igualmente em dois grupos: com dor lombar e sem dor lombar foram avaliados. Para integrar o grupo com dor, os indivíduos deveriam referir pelo menos um episódio de lombalgia não estrutural, no último semestre, ou de recidiva que tenha interferido nas suas atividades da vida diária. Todos os indivíduos foram informados dos procedimentos da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da realização da avaliação. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade.

### **Procedimento de aquisição**

Os procedimentos consistiram em avaliações simultâneas e sincronizadas de dinamometria e eletromiografia durante a execução de um

protocolo de fadiga muscular para os músculos extensores do tronco.

O teste de indução à fadiga muscular localizada consistiu em: realização de três contrações voluntárias máximas (CVM) com duração de aproximadamente 5 segundos e com intervalo de 2 minutos entre elas, sendo adotado o resultado de maior valor; realização de um teste com esforço de 80% da maior CVM com duração de 35 segundos, para induzir a fadiga nos músculos extensores do tronco; após um período de repouso de 2 minutos, realização de um teste com esforço de 80% da maior CVM com duração de 10 segundos, para monitorar a recuperação à fadiga.

Para a realização do teste de indução à fadiga foi proporcionado, aos indivíduos, um feedback visual do nível de força muscular produzido durante o teste, utilizando-se um osciloscópio (Minipa MO, model 1225, Minipa Electronics Co.Ltda, Shanghai). Todos os indivíduos foram avaliados uma única vez, individualmente.

Para a realização desta avaliação, os sujeitos foram posicionados em decúbito ventral sobre um apoio, sendo as regiões das axilas, das coxas e dos tornozelos fixadas ao apoio por faixas com velcro. Na faixa das axilas estava presa uma célula de carga, que era fixada ao solo (Figura 1).

A aquisição dos sinais de força e de eletromiografia foi realizada com um eletromiógrafo de 16 canais (EMG System do Brasil Ltda, São José dos Campos) e com o *software* AqDados (Lynx Tecnologia Ltda, São Paulo), utilizando-se um computador do tipo Pentium 200 MHz com 64 MB RAM, dotado de um conversor A/D (EMG System do Brasil Ltda, São José dos Campos).

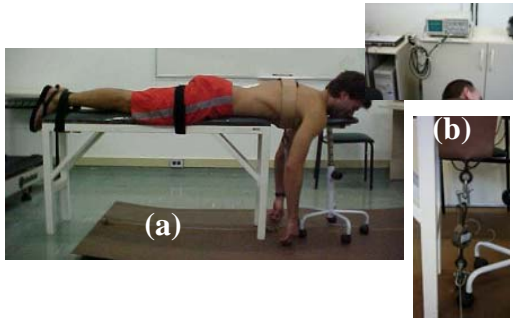


Figura 1 - (a) indivíduo posicionado para realizar uma contração isométrica de extensão lombar. No canto superior direito nota-se o feedback visual através do osciloscópio e (b) célula de carga presa ao solo e à cinta restritora de postura.

Para monitorar o nível de força foi utilizada uma célula de carga de 2000 N (Alfa Instrumentos Eletrônicos Ltda, São Paulo) também conectada ao mesmo conversor A/D. Os músculos monitorados foram longuíssimos do tórax e iliocostal-lombar, ambos nos lados direito e esquerdo. Para isso, foram utilizados pares de eletrodos de superfície (Ag/AcCl; com diâmetro de 2,2 cm; com adesivo de fixação), na configuração bipolar, para cada músculo. O eletrodo de referência foi colocado no punho sobre o processo estilóide do rádio.

O processamento dos sinais de força e do sinal EMG foi realizado utilizando-se um sistema de aquisição de dados SAD32 (version 2.61.07, www.ufrgs.br/lmm). Os sinais foram submetidos a procedimentos de filtragem digital, sendo utilizados os filtros passa baixa (com frequência de corte de 10 Hz) e passa alta (com frequência de corte de 20 Hz) para os sinais de força e EMG, respectivamente. A partir da Transformada Rápida de Fourier (FFT), medianas da frequência (MF) em janelas fixas de um segundo (janelamento Hamming) foram calculadas. O sinal EMG foi normalizado em relação aos maiores valores obtidos na CVM.

Para a análise do sinal obtido durante o período de trinta e cinco segundos do protocolo de indução à fadiga, foram desprezados dois segundos do início e três segundos do final do teste, resultando em trinta segundos de sinal. Assim, foram obtidas trinta janelas de MF. Esse procedimento permitiu avaliar o comportamento da MF, ao longo do teste de indução à fadiga.

Para a análise do sinal obtido durante o período de dez segundos, correspondentes à recuperação do protocolo de indução à fadiga, foram desprezados dois segundos do início e dois segundos do final do teste, resultando em seis segundos de sinal. Assim, foram obtidas seis janelas de MF, sendo considerada a mediana da recuperação a janela de maior valor.

Para o cálculo do índice de recuperação (REC), foram utilizados os valores da primeira e última janelas de MF do teste de 35 segundos e o valor da maior janela do período de recuperação (equação 1). Assim, indivíduos que apresentassem valores de  $MF_R$  menores que valores de  $MF_f$  apresentariam um REC negativo, sinalizando que não foram capazes de recuperar-se do protocolo de fadiga. Do mesmo modo, indivíduos que apresentassem valores de  $MF_R$  maiores que valores de  $MF_f$  apresentariam um REC positivo, indicando que foram hábeis para recuperar-se da fadiga.

$$REC = \frac{MF_R - MF_f}{MF_i - MF_f} \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

onde:

$MF_R$  = mediana da frequência do período de recuperação;

$MF_i$  = mediana da frequência da primeira janela;

$MF_f$  = mediana da frequência da última janela.

Para a análise estatística foi utilizado o software SPSS 10.0. Inicialmente foi verificada e confirmada a equivalência das variâncias (teste de Levene) e normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). O valor da força obtida durante a CVM, os três valores de MF ( $MF_i$ ,  $MF_f$  e  $MF_R$ ) e o REC foram submetidos aos seguintes testes estatísticos: teste t para amostras independentes para verificar as diferenças destas variáveis entre os grupos com e sem dor lombar; teste t pareado para verificar as diferenças entre as variáveis  $MF_i$  e  $MF_R$  e entre  $MF_f$  e  $MF_R$ , para cada grupo e análise discriminante para verificar se a variável REC poderia prever a que grupo os indivíduos pertenciam. O nível de significância foi de 0,05.

## RESULTADOS

Diferenças significativas entre a mediana obtida no período de recuperação ( $MF_R$ ) e a mediana do início do teste ( $MF_i$ ), bem como entre a  $MF_R$  e mediana da frequência final do teste ( $MF_f$ ) foram encontradas para os ambos os grupos (Tabela 1). Observa-se que a  $MF_R$  foi sempre maior que a  $MF_i$ , independente da presença ou ausência de dor lombar.

Tabela 1: Comparação entre os grupos com e sem dor lombar: valores de média e desvio padrão da força (N), das medianas da frequência normalizadas ( $MF_i$ ,  $MF_f$ ,  $MF_R$ ) e do índice de recuperação (REC) e resultados do teste t para amostras independentes.

|                          | Grupo c/ dor  | Grupo s/ dor | Sig.   |
|--------------------------|---------------|--------------|--------|
| <b>Força</b>             | 620 ± 230     | 780 ± 230    | 0,078  |
| <b><math>MF_i</math></b> | 94,2 ± 12,8   | 102,5 ± 15,8 | 0,004* |
| <b><math>MF_f</math></b> | 66,8 ± 14,2   | 71,6 ± 16,5  | 0,113  |
| <b><math>MF_R</math></b> | 106,8 ± 18,3  | 108,0 ± 18,4 | 0,738  |
| <b>REC</b>               | 199,9 ± 219,7 | 92,5 ± 213,3 | 0,013* |

\*diferença significativa  $p < 0,05$  entre os grupos.

Indivíduos com dor apresentaram tendência a menores valores de  $MF_R$ , quando comparados a indivíduos sem dor. No entanto, não houve diferença significativa para valores de MF no período de recuperação entre os indivíduos com e sem dor (Tabela 1).

Independente do grupo, com ou sem dor, a  $MF_R$  foi diferente significativamente da  $MF_i$  ou  $MF_f$  (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados do teste t pareado, para os grupos com e sem dor, entre as variáveis  $MF_i - MF_R$  e  $MF_f - MF_R$ .

|                                 | Grupo c/ dor | Grupo s/ dor |
|---------------------------------|--------------|--------------|
| <b><math>MF_i - MF_R</math></b> | 0,000 *      | 0,004 *      |
| <b><math>MF_f - MF_R</math></b> | 0,000 *      | 0,000 *      |

\*diferença significativa  $p < 0,05$  dentro de cada grupo.

## DISCUSSÃO

Este estudo foi conduzido para verificar o padrão de recuperação à fadiga dos músculos extensores lombares. Os resultados demonstraram que o período de dois minutos de repouso é suficiente para recuperar o músculo da fadiga, independente do indivíduo apresentar ou não dor lombar (Tabela 1). Para compreensão desse resultado é preciso analisar o processo bioquímico que ocorre no tecido muscular durante o processo de fadiga, o qual resulta na formação de metabólitos, como o ácido láctico que ao alterar o pH intramuscular, diminui a velocidade de condução do potencial de ação ao longo da membrana da fibra muscular. Tem sido referido que essa diminuição da velocidade de condução pode estar associada com a compressão do espectro da MF em direção a baixa frequência do sinal EMG [5, 6]. Nesse estudo, é especulado que no período de dois minutos de repouso a eficiência

fisiológica de remoção dos metabólicos tenha levado a um deslocamento do espectro em direção a altas frequências do sinal EMG. Acredita-se que o processo de recuperação fisiológico dos músculos fadigados caracteriza-se como sendo o oposto daquele que leva a fadiga [7]. Dessa forma, o repouso do músculo esquelético que foi sobrecarregado é importante para a recuperação da contração muscular [8].

O grupo com dor lombar apresentou maiores valores de  $MF_R$ , contrariando as expectativas iniciais do presente estudo. Supõe-se que este resultado tenha sido influenciado pelo menor nível de força exercido durante a CVM pelo grupo com dor. Estudos têm sinalizado que indivíduos com dor tendem a não realizar sua máxima força durante a CVM, provavelmente devido a algum tipo de mecanismo de proteção à dor [9, 10], o que poderia prejudicar a capacidade de predição da dor por testes de fadiga, baseados em protocolos que utilizam a CVM [11].

Com a intenção de classificar corretamente os indivíduos com e sem dor lombar dentro dos respectivos grupos, a partir do índice de recuperação (REC) foi realizada uma análise discriminante. Os resultados indicaram que o REC permitiu classificar corretamente 67,3% dos indivíduos dentro de seus respectivos grupos, pois houve uma fraca e significativa correlação entre a dor e o REC ( $r=0,267$ ;  $p=0,013$ ). Esses achados corroboram parcialmente com a literatura, que sinaliza uma capacidade de 100% de precisão na classificação de indivíduos atletas com dor lombar [12].

## CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que a  $MF_R$  foi uma variável capaz de avaliar a capacidade de recuperação dos músculos extensores lombares de indivíduos com e sem dor lombar e que a partir de um protocolo de fadiga muscular é possível avaliar indiretamente o nível de dor muscular.

Os resultados demonstraram que o índice de recuperação (REC) não foi capaz de discriminar integralmente a que grupo os indivíduos pertenciam, não permitindo estabelecer um padrão de recuperação para indivíduos com e sem dor lombar. Nesse sentido, estudos que visem validar a EMG como uma ferramenta capaz de identificar indivíduos com dor lombar faz-se necessário.

## REFERÊNCIAS

- [1] Porto C., Dantas A M., Tarantino A B., Ostermayer A L., Medeiros A S. *Semiologia Médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- [2] Quintanilha A. *Coluna Vertebral: segredos e mistérios da dor*. Porto Alegre, 2002.
- [3] Cailliet R. *Síndrome da Dor Lombar*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2001.
- [4] Knoplich J. *Enfermidades da Coluna Vertebral*. São Paulo: Panamed Editorial Ltda., 1986.
- [5] De Luca C. J. Use of the Surface EMG Signal for Performance Evaluation of Back Muscles. *Muscle & Nerve*. 1993; 16: 210-216.
- [6] Candotti, C.T.; Castro F. A. S.; Scheeren, E. M.; Pressi, A M. S.; Loss, J.F.; Vaz, M.A. & Guimarães, A C.S. EMG signal behavior in human vastus lateralis, tibialis anterior and soleus muscles during fatigue. *Revista Brasileira de Biomecânica- Brazilian Journal of Biomechanics*. 2004; 9:15-19.

- [7] Elfving, B., Liljequist, D.; Dederling, A.; Németh, G. Recovery of electromyography median frequency after lumbar muscle fatigue analysed using an exponential time dependence model. *Eur. J. Appl Physiol.* 2002; 88:85-93.
- [8] Hamill J & Knutzen, K. *Bases Biomecânicas do Movimento Humano*. São Paulo: Editora Manole, 1999.
- [9] Marcks V., La torre M., Aguiar T., Breyer M., Melo M.O., Candotti C. Analysis of fatigue in the upper trapezius muscle through the electromyographic in subjects with and without pain. *Bulletin FIEP*. 2005; 75(1): 579-582.
- [10] Machado, A. *Neuroanatomia Funcional*. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.
- [11] Dieën J.H, Vrieling H.E, Housheer A F., Lötters F.B, Toussaint H.M. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1993; 66:388-396.
- [12] Roy S.H., De luca C.J., Snyder-mackler L., Emley M.S., Crenshaw R.L., Lyons J.P. Fatigue, recovery, and low back pain in varsity rowers. *Med Sci.Sports Exerc.* 1990; 22(4): 463-469.

E-mail:

[candotti@unisin.br](mailto:candotti@unisin.br)

[fabianachaise@gmail.com.br](mailto:fabianachaise@gmail.com.br)