

ARTIGO ORIGINAL

Recuperação durante protocolo de fadiga muscular em sujeitos com e sem dor lombar

Recovery during a protocol of muscular fatigue in subjects with and without low back pain

Cláudia Tarragô Candotti¹, Marcelo La Torre², Daniela Carabaja³, Mônica de Oliveira Melo⁴, Matias Noll⁵.

¹Professora Doutora do Curso de Fisioterapia e do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS.

²Professor Doutor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos- UNISINOS.

³Graduada em Educação Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos-UNISINOS.

⁴Professora Doutora da Universidade de Caxias do Sul-UCS.

⁵Professor do Instituto Federal Goiano.

Resumo

Introdução: Sujeitos que sofrem de lombalgia mostram uma função muscular prejudicada e precoce manifestação mioelétrica de fadiga muscular dos músculos extensores do tronco, quando comparadas às pessoas saudáveis. **Objetivo:** Verificar o padrão de recuperação de indivíduos com e sem dor lombar submetido a um protocolo de fadiga muscular localizada por meio da eletromiografia de superfície no domínio da frequência. **Casuística e Métodos:** 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) dos músculos extensores do tronco (músculos longuíssimo do tórax e iliocostal-lombar) 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. Foram calculadas medianas da frequência, normalizadas pela CVM, em janelas de um segundo para obtenção do índice de recuperação (REC). A análise estatística foi realizada no *software* SPSS 20.0. Os dados foram submetidos ao teste *t* para amostras independentes para verificar as diferenças entre os grupos com e sem dor lombar; teste *t* pareado para verificar as diferenças para cada grupo, e análise discriminante para verificar se a variável REC poderia prever a qual grupo os indivíduos pertenciam ($\alpha=0,05$). **Resultados:** A análise discriminante demonstrou que o REC permitiu classificar corretamente 67,3% ($P<0,05$) dos indivíduos dentro de seus respectivos grupos de origem. Verificou-se 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. **Conclusão:** Os resultados demonstraram que o 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.

Descritores: Dor Lombar; Fadiga; Eletromiografia.

Abstract

Introduction: People suffering with low back pain showed impaired muscle function and early myoelectrical manifestations of muscular fatigue from the trunk extensor muscles when compared to healthy people. **Objective:** To verify the pattern of recovery in individuals with and without back pain and muscular fatigue undergoing a muscular fatigue protocol located by frequency domain from surface electromyography. **Patients and Methods:** Individuals with low back pain (n=14) and without low back pain (n=14) were submitted to an induction muscular fatigue test. Trunk extensor muscles (longissimus thoracis and Iliocostalis lumborum) were submitted to an effort at 80% of maximum voluntary contractions (MVC) for 35 seconds. After a 2-minute rest period, the muscles were submitted again to an effort at 80% of maximal voluntary contraction for 10 seconds. Simultaneously, we collected force and electromyography signals. We also calculated the mean frequency equalized by the maximal voluntary contraction in periods of 1 s to obtain the recovery index (REC). The statistical software SPSS version 20.0 was used for all tests. The *t-test* was employed to test independent samples and to verify the differences between groups with and without low back pain; paired test *t* was employed to detect differences within each group; and discriminant analysis was used to check whether the variable “recovery index” could predict which group the individuals belonged to ($\alpha=0,05$). **Results:** Discriminant analysis showed that the recovery index allowed to classify 67.3% ($P<0.05$) of the individuals correctly inside of their respective groups. The results showed that the 2-minute rest period was enough for the muscles to recover from fatigue. It was also possible to evaluate indirectly the level of muscular pain from a protocol of muscular fatigue. **Conclusion:** Our results demonstrated that the recovery index was not able to distinguish completely to which group the patients belonged. The recovery index could not establish a pattern of recovery for individuals with and

Recebido em 04/04/2015

Aceito em 02/06/2015

Não há conflito de interesse

Descriptors: Low Back Pain; Fatigue; Electromyography.

Introdução

A dor é uma sensação subjetiva desagradável que pode assumir contornos de um simples desconforto até uma intensa sensação dolorosa, variando de indivíduo para indivíduo⁽¹⁾. 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 detectar os desequilíbrios ou doenças do corpo humano⁽²⁻³⁾.

A dor lombar é uma das grandes razões de consultas, hospitalizações e incapacitação para o trabalho. Inúmeros estudos, publicados em diferentes épocas e por diferentes autores, relatam que de 60 a 80% da população mundial irá, em algum momento de sua vida, sentir os malefícios da dor lombar⁽⁴⁻⁵⁾. Assim, especula-se que a lombalgia esteja associada a vários fatores, como trabalho repetitivo, atividades sedentárias tanto laborais quanto domésticas, ausência da prática regular de exercício físico, permanência por longos períodos na postura incorreta, entre outros. Isto resulta em fadiga da musculatura atuante, assim como em desequilíbrios musculares, os quais remetem a uma má postura, estabelecendo deste modo um círculo vicioso⁽⁴⁻⁸⁾. Indivíduos que sofrem de lombalgia mostram uma função muscular prejudicada e manifestação mioelétrica precoce de fadiga muscular dos músculos extensores do tronco, quando comparados às pessoas saudáveis⁽⁹⁾. Tradicionalmente, a fadiga muscular é entendida como uma diminuição ou perda temporária da capacidade de desempenho resulta de tarefas anteriores⁽⁷⁾, caracterizando-se como a ausência de resposta a um estímulo⁽¹⁰⁾. Entretanto, para estudos de dor que utilizam protocolos de fadiga, tem sido entendida como um processo contínuo, causando mudanças na atividade elétrica, na propagação elétrica e no acoplamento excitação-contração⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

Desse modo, a eletromiografia de superfície (EMG) é utilizada para mensurar a fadiga muscular localizada e, indiretamente, quantificar a dor muscular⁽¹¹⁻¹²⁾. Este estudo pretende verificar o padrão de recuperação de indivíduos com e sem dor lombar, submetidos a um protocolo de fadiga muscular localizada por meio de EMG de superfície no domínio da frequência.

Casuística e Métodos

Participaram do estudo 28 mulheres, entre 20 e 40 anos de idade, não praticantes de atividade física, que foram divididas em dois grupos, com dor lombar (n=14) e sem dor lombar (n=14). Foram incluídas no grupo com dor, as mulheres que relataram pelo menos um episódio de lombalgia não estrutural no último ano. Já no grupo sem dor, participaram as mulheres que relataram ausência de qualquer presença de dor no último ano. Os critérios de exclusão foram cirurgias prévias, sintomas de compressão de raiz nervosa, espondilolistese, estenose espinal, doenças inflamatórias, gravidez e câncer. 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 (03/052).

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. Foram realizadas 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, com o objetivo de normalizar as avaliações a partir da CVM.

O protocolo de indução à fadiga foi composto de um teste com esforço de 80% da CVM, com duração de 35 segundos para induzir a fadiga nos músculos extensores do tronco. Posterior a um período de descanso de 2 minutos, foi realizado um teste com esforço de 80% da 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 Eletronics Ltda, Shanghai). Todos os indivíduos foram avaliados uma única vez, individualmente.

Para a realização da avaliação, os indivíduos foram posicionados em decúbito ventral sobre um apoio, sendo as regiões dos ombros, coxas e tornozelos imobilizadas por faixas com velcro. Na faixa que imobilizava o tórax, foi colocada uma célula de carga fixada ao solo (Figura 1).

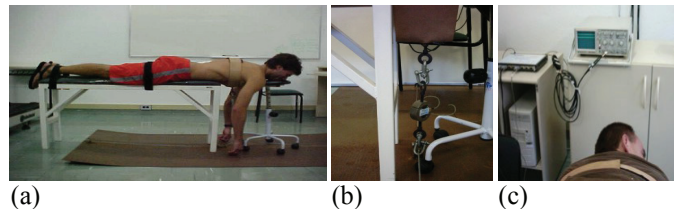


Figura 1. (a) Indivíduo posicionado para realizar uma contração isométrica de extensão lombar, (b) célula de carga presa ao solo e à cinta restritora de postura e (c) osciloscópio para fornecer o *feedback* visual.

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). Para monitorar o nível de força foi utilizada uma célula de carga de 2000 N (Alfa Instrumentos Eletrônicos Ltda, São Paulo). Foi utilizado com o *software* AqDados (Lynx Tecnologia Ltda, São Paulo), em um computador Sony, dotado de um conversor A/D (EMG System do Brasil Ltda, São José dos Campos).

Foram monitorados os músculos longuíssimo do tórax e iliocostal do lombo, sendo os eletrodos posicionados nos lados direito e esquerdo do tronco. Para avaliação da atividade neuromuscular do músculo longuíssimo do tórax, os eletrodos foram posicionados a dois dedos laterais ao processo espinhoso da vértebra

L1. Para avaliar o músculo iliocostal do lombo, os eletrodos foram posicionados no nível de L2, a um dedo medial à linha traçada a partir do ponto da espinha íliaca Espinha íliaca posterossuperior e ao ponto mais baixo da parte inferior da última costela. O eletrodo de referência foi colocado no pulso sobre o processo estilóide do rádio. Foram realizados os procedimentos adequados para o registro do sinal EMG, como a depilação e limpeza da pele com álcool, colocação dos eletrodos e verificação da impedância (aceita quando inferior a $5K\Omega$). 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, conforme sugerido na literatura⁽¹³⁾ e recomendado pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia⁽¹⁴⁾.

O processamento dos sinais de força e do sinal EMG foi realizado utilizando-se um sistema de aquisição de dados SAD32 (versão 2.61.07). Os sinais foram submetidos a procedimentos de filtragem digital, sendo utilizado o filtro 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 a partir dos valores máximos obtidos na CVM. Para a análise do sinal obtido durante o período de 35s do protocolo de indução à fadiga, foram desprezados dois segundos do início e três segundos do final do teste⁽¹¹⁾, 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⁽¹¹⁾, 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), um índice adimensional, foram utilizados os valores das primeiras e últimas janelas de MF normalizada do teste de 35 segundos e o valor da maior janela de MF normalizada, 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 20.0.

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_p , MF_f e MF_R) e o REC foram submetidos aos seguintes testes estatísticos: teste *t* para amostras independentes para verificar as diferenças dessas 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

As participantes apresentaram médias de idade, massa corporal e estatura de $27,9 \pm 2,7$ anos, $57,8 \pm 2,5$ kg e $164,5 \pm 2,2$ cm, respectivamente, sendo divididas em dois grupos, com dor lombar ($n=14$) e sem dor lombar ($n=14$), não havendo diferenças entre esses grupos, para idade, massa corporal e estatura ($P > 0,05$). Os resultados do presente estudo demonstraram diferenças ($P < 0,05$) entre os grupos com dor e sem dor apenas para as variáveis mediana do início do teste (MF_i) e para o cálculo do índice de recuperação (REC) (Tabela 1).

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

	Grupo com Dor	Grupo sem Dor	Valor de P
Força (N)	620±230	780±230	0,078
MF_i (%CVM)	94,2±12,8	102,5±15,8	0,004*
MF_f (%CVM)	66,8±14,2	71,6±16,5	0,113
MF_R (%CVM)	106,8±18,8	108,0±18,4	0,738
REC	199,9±219,7	92,5±213,3	0,013*

* Diferença significativa ($P < 0,05$)

Foram encontradas, para ambos os grupos, diferenças significativas ($P < 0,05$) 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). Observa-se que a MF_R foi sempre maior que a MF_p , independente da presença ou ausência de dor lombar. Indivíduos com dor apresentaram tendência a menores valores de MF_R , quando comparados a indivíduos sem dor. No entanto, no presente estudo, não houve diferença significativa para valores de MF_R no período de recuperação entre os indivíduos com e sem dor (Tabela 2).

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

	Grupo com Dor	Grupo sem Dor
MF_i x MF_R	0,000*	0,004*
MF_f x MF_R	0,000*	0,000*

* Diferença significativa ($P < 0,05$)

Os resultados da análise discriminante indicaram que o REC permitiu classificar corretamente 67,3% dos indivíduos dentro de seus respectivos grupos. Este baixo poder de predição foi obtido a partir da correlação baixa e significativa entre a dor e o REC ($r=0,267$; $P=0,013$).

Discussão

Este estudo foi conduzido com o objetivo de 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⁽¹¹⁾.

Existem relatos de que essa diminuição da velocidade de condução está associada com a compressão do espectro da MF em direção a baixa frequência do sinal EMG^(9,15). Neste estudo, especula-se que no período de dois minutos de repouso a eficiência fisiológica de remoção dos metabólitos 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⁽¹⁶⁾. Dessa forma, o repouso do músculo esquelético que foi sobrecarregado é importante para a recuperação da contração muscular⁽¹⁷⁻¹⁸⁾.

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, demonstrando que o REC permitiu classificar corretamente 67,3% dos indivíduos dentro de seus respectivos grupos. Esses achados corroboram parcialmente a literatura⁽¹⁹⁾, que sinaliza uma capacidade de até 100% de precisão na classificação em que foram avaliados indivíduos atletas com dor lombar. Nesse sentido, ainda se faz necessário estudos que visem validar a EMG, em protocolos de fadiga e recuperação, como uma ferramenta capaz de identificar indivíduos não atletas com dor lombar.

Conclusão

Os resultados demonstram que a MF_R foi uma variável capaz de avaliar a capacidade de recuperação dos músculos extensores lombares, tanto para indivíduos com dor quanto 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.

Referências

1. Dieën JH, Selen LPJ, Cholewichi J. Trunk muscle activation in low-back pain patients: an analysis of the literature. *J Elec-*

tromyogr Kinesiol. 2003;13(4):333-51.

2. Farina D, Gazzoni M, Merletti R. Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis: methodological aspects. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):319-32.

3. Negrini S, Fusco C, Atanasio S, Romano M, Zaina F. Low back pain: state of art. *Eur J Pain.* 2008;2(Suppl):52-6.

4. Limon S, Valinsky, Shalom YB. Risk factors for low back pain in the elementary school environment. *Spine.* 2004;29(6):697-702.

5. Ribeiro CC, Gomez-Conesa A. Low back pain: prevalence and preventive programs in childhood and adolescence. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol.* 2008;11(1):32-8.

6. Toscano JJ, Egypto EP. A influência do sedentarismo na prevalência de lombalgia. *Rev Bras Med Esporte.* 2001;7(4):132-7.

7. Hoy D, Brooks P, Blyth, Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2010;24(6):769-81.

8. Karahan A, Bayraktar N. Determination of the usage of body mechanics in clinical settings and the occurrence of low back pain in nurses. *Int J Nurs Stud.* 2004;41(1):67-75.

9. Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve.* 1993;16(2):210-6.

10. Dederling A, Németh G, Ringdahl KH. Correlation between electromyographic spectral changes and subjective assessment of lumbar muscle fatigue in subjects without pain from the lower back. *Clin Biomech.* 1999;14(2):103-11.

11. Candotti CT, Loss JF, Pressi AM, Castro FA, La Torre M, Melo MO, et al. Electromyography for assessment of pain in low back muscles. *Phys Ther.* 2008;88(9):1061-7.

12. Candotti CT, Loss JF, La Torre M, Melo MO, Araújo LD, Marcks W. Use of electromyography to assess pain in the upper trapezius and lower back muscles within a fatigue protocol. *Rev Bras Fisioter.* 2008;13(2):144-51.

13. Merletti R. Standards for reporting EMG data. *J Electromyogr Kinesiol.* 1997;7:1-2.

14. Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther.* 2000;80(5):485-98.

15. Candotti CT, Castro FA, Scheeren EM, Pressi MAS, Loss JF, Vaz MA, et al. EMG signal behavior in human vastus lateralis, tibialis anterior and soleus muscles during fatigue. *Rev Bras Biomec.* 2004;5(9):15-9.

16. 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(1):85-93.

17. Marcks V, La Torre M, Aguiar T, Dreyer M, Melo MO, Candotti CT. Analysis of fatigue in the upper trapezius muscle through the electromyographic in subjects with and without pain. *Bulletin FIEP.* 2005;75(1):579-82.

18. Dieën JH, Vrieling HE, Housheer AF, Lötters FB, Toussaint HM. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(5):388-96.

19. Roy SH, De Luca CJ, Snyder-Mackler L, Emley M, Crenshaw RL, Lyons JP. Fatigue, recovery, and low back pain in

varsity rowers. Med Sci Sports Exerc. 1990;22(4):463-9.

Endereço para correspondência: Instituto Federal Goiano-Rua 88, nº 310, Setor Sul, CEP 74085-010, Goiânia-GO. *E-mail:* claudia.candotti@ufrgs.br
