

# PROTOCOLO PARA A IDENTIFICAÇÃO DA FADIGA DOS MÚSCULOS ERETORES DA ESPINHA POR MEIO DA DINAMOMETRIA E DA ELETROMIOGRAFIA

## *Protocol for the Identification of the Erector Spinae Muscles Fatigue by Means of the Dinamometry and Electromyography*

Fernando Sérgio Silva Barbosa<sup>1</sup>  
Mauro Gonçalves<sup>2</sup>

### *Resumo*

A fadiga dos músculos da coluna vertebral tem demonstrado estar relacionada com a etiologia da dor lombar. Com vistas a futuras intervenções diagnósticas e reabilitativas, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficácia de um protocolo de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) realizadas no início e no final de testes de exaustão realizados contra cargas submáximas na identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha, verificada pelo declínio da força avaliada por meio da dinamometria e da frequência mediana (FM) por meio da eletromiografia. Os resultados demonstraram que ambas as variáveis apresentaram menores valores após o teste de exaustão, sendo capazes desse modo de identificar a fadiga muscular. Contudo, valores significativamente mais baixos foram encontrados apenas para a FM. Desse modo, o protocolo proposto demonstrou ser confiável para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da FM.

**Palavras-chave:** Eletromiografia; Eretores da Espinha; Fadiga Muscular; Análise Espectral.

### *Abstract*

The fatigue of the muscles of the spine has demonstrated to be related with the etiology of low back pain. With the objective of future diagnostics and rehabilitative interventions, the purpose of the present study was to verify the effectiveness of a protocol of maximal isometric voluntary contractions (MIVC) carried through in the beginning and the end of exhaustion tests performed against sub-maximal loads, in the identification of the erector spinae fatigue, verified for the decline of the force evaluated by means of the dynamometry and of the median frequency (MF) by means of the electromyography. The results had demonstrated that both the variables had presented lower values at the end of the exhaustion test, being capable in this way to identify the muscle fatigue. However, significantly lower values had been found only for the MF. In this way, the employed protocol demonstrated to be reliable for the identification of the erector spinae fatigue by means of the MF.

**Keywords:** Electromyography; Erector Spinae; Muscle Fatigue; Spectral Analysis.

<sup>1</sup> Fisioterapeuta, mestrando em Ciências da Motricidade e membro do Laboratório de Biomecânica da UNESP – Rio Claro. Endereço: Universidade Estadual Paulista (UNESP). Câmpus de Rio Claro. Departamento de Educação Física. Laboratório de Biomecânica. Av. 24A, 1515. Bela Vista. Rio Claro, SP. CEP: 13506-900. E-mail: fernandossb@hotmail.com / maurog@rc.unesp.br.

<sup>2</sup> Fisioterapeuta, docente e coordenador do Laboratório de Biomecânica da UNESP – Rio Claro.

## Introdução

Variáveis biomecânicas relacionadas com os músculos eretores da espinha têm sido constantemente estudadas com o objetivo de compreender o comportamento da coluna vertebral em situações de sobrecarga.

Vários estudos, entre eles os realizados por Barbosa e Gonçalves (1); Cardozo e Gonçalves (2) têm mencionado o importante papel dos músculos eretores da espinha na manutenção da integridade física e funcional da coluna vertebral bem como sua relação com a presença de dores nela.

Sparto et al. (3) também têm proposto que possivelmente a etiologia da dor lombar esteja associada com elementos neuromusculares da coluna vertebral, contudo, os mecanismos pelos quais essa associação ocorre ainda permanecem obscuros. Segundo Roy, De Luca; Casavant (4), os tecidos passivos (cápsulas, ligamentos e discos intervertebrais) da coluna vertebral passam a ser sobrecarregados após os elementos ativos (músculos) tornarem-se menos efetivos como consequência por exemplo da fadiga muscular, definida como uma redução na capacidade do sistema neuromuscular em gerar força ou realizar trabalho (5).

Nesse sentido, as técnicas relacionadas com a eletromiografia de superfície têm sido propostas como um instrumento importante de avaliação da função muscular, e em especial da fadiga. Particularmente interessante é a utilização de variáveis derivadas do espectro de frequência do sinal eletromiográfico, entre elas a frequência mediana (FM), menos sensível aos ruídos e mais sensível aos fenômenos fisiológicos relacionados com a fadiga muscular, sendo evidenciado em situação de fadiga um declínio em seus valores (6).

A FM do espectro de força do sinal eletromiográfico também tem demonstrado ser sensível às características relacionadas à composição da fibra muscular (4). Mannion et al. (7) sugeriram que parâmetros obtidos a partir do espectro de força do sinal eletromiográfico podem prever o tipo de fibra muscular de um determinado músculo, visto que uma forte relação é observada entre o tipo de fibra muscular e parâmetros estatísticos do espectro de força obtidos a partir do sinal eletromiográfico de alguns músculos e que são dependentes das característi-

cas fisiológicas e histoquímicas de suas fibras. É esperado que essa relação seja útil na avaliação de pacientes com dor lombar crônica, os quais constantemente demonstram atrofia das fibras musculares e mudanças na distribuição dos diferentes tipos de fibras.

A função dos músculos da coluna também tem sido avaliada por meio de dinamômetros. Desse modo, outra possibilidade de análise da fadiga muscular está relacionada com a análise da força muscular a partir de dispositivos sensíveis à tração, como as células de carga. Esse tipo de análise tem sido aplicada em estudos direcionados aos músculos da coluna vertebral, avaliados tanto em testes submáximos como em contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), sendo demonstrado em situação de fadiga uma diminuição da força máxima ou CIVM após um teste de exaustão (8).

Contudo, dificuldades na avaliação da função dos músculos lombares são bem conhecidas. Esses músculos possuem múltiplas inserções e cruzam pequenas, complexas e profundas articulações, de modo que mensurações invasivas desses músculos bem como comparações bilaterais não podem ser feitas. Além disso, os níveis de força muscular gerados na coluna vertebral e em especial na coluna lombar são extremamente grandes para que sejam mensurados manualmente além de oferecer pouca especificidade. Ao contrário do que acontece com os músculos do esqueleto apendicular, os quais possibilitam a avaliação manual, além de permitir comparações com o segmento contralateral. Esses músculos podem ainda ser testados separadamente em uma única articulação por meio de testes de força e função muscular específicos, os quais permitem isolar a ação do músculo testado ao se colocar as articulações relacionadas com ele em um posicionamento específico, possibilitando assim uma avaliação mais segura e precisa.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a eficácia de um protocolo para a identificação da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio de variáveis mecânicas obtidas da dinamometria (CIVM) e fisiológicas (FM) obtidas a partir da eletromiografia no início e no final de um teste de exaustão em voluntários saudáveis. Em adição, foi verificado o efeito da intensidade da carga e do nível vertebral sobre a FM em contrações isométricas submáximas.

## **Materiais e métodos**

### **Voluntários**

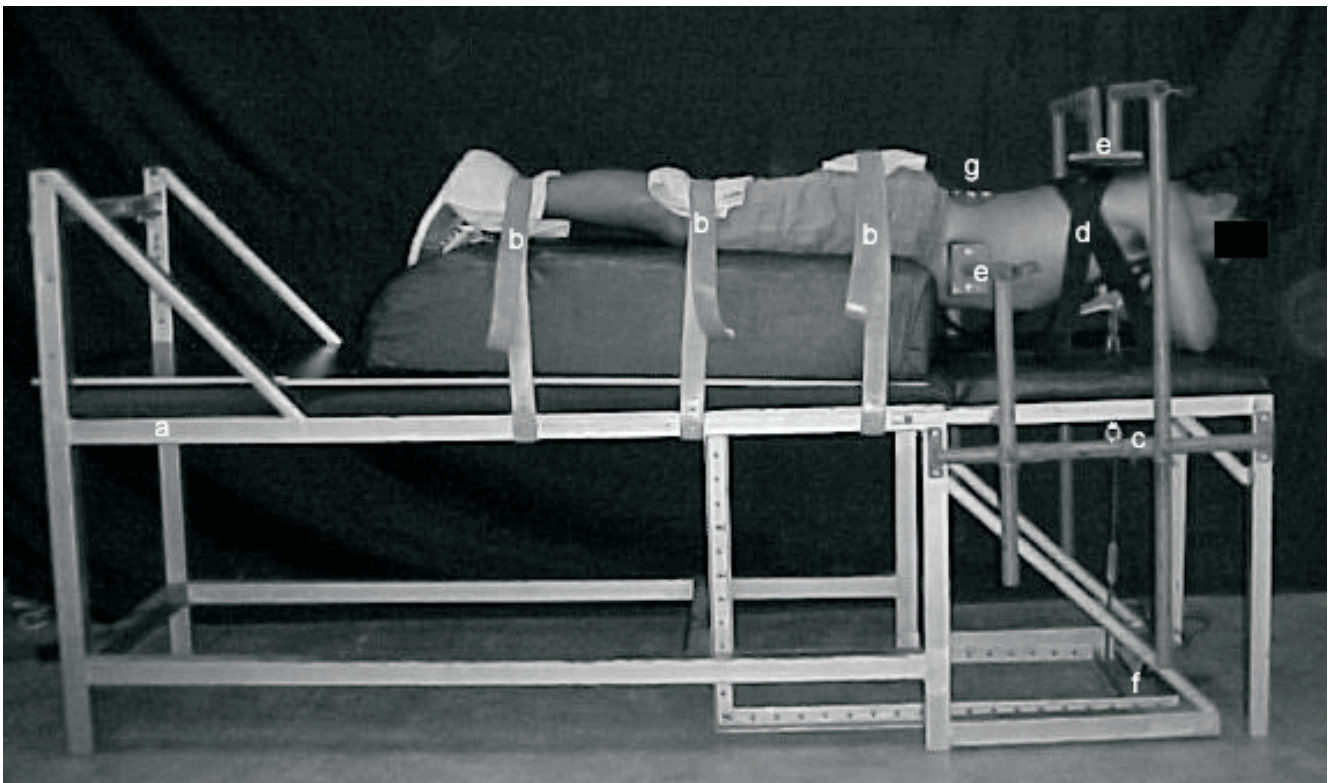
Participaram do presente estudo nove voluntários do gênero masculino, com idade variando entre 19 e 22 anos ( $20,4 \pm 1,3$ ), sem história de patologias musculoesqueléticas na coluna vertebral e que não apresentaram episódio de dor lombar nas quatro semanas que antecederam o estudo (9).

### **Determinação da CIVM e Teste de Exaustão**

Para a determinação da CIVM bem como para o teste de exaustão, os voluntários foram posicionados em decúbito ventral sobre uma plataforma apoiada sobre uma mesa de teste.

O movimento a ser realizado em ambos os testes foi a extensão isométrica da coluna vertebral contra uma célula de carga (Kratos MM 100 Kgf) fixa em uma extremidade a um colete utilizado pelos voluntários e a base da mesa de teste na outra. A célula de carga foi acoplada a um indicador digital (Kratos IK-14A), o qual permitiu aos voluntários controlar a intensidade da carga tracionada durante o teste de exaustão. Com o objetivo de oferecer maior estabilidade para a realização do movimento de teste, três cintos de couro foram posicionados sobre a região dos quadris, joelhos e tornozelos. Para evitar possíveis movimentos compensatórios, limitadores de movimentos posicionados sobre as escápulas e lateralmente no tronco controlavam movimentos de rotação e inclinação lateral da coluna vertebral respectivamente (Figura 1).

**Figura 1 - Postura e equipamentos utilizados para os testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e de exaustão. a: mesa de teste, b: cintos de couro, c: célula de carga, d: colete, e: limitadores de movimento, f: indicador digital, g: eletrodos.**



Inicialmente, foi determinada a CIVM de cada voluntário por meio de um teste CIVM. O teste foi realizado em três dias com um intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 48 horas entre cada dia. Em cada dia de teste foram realizadas três repetições com duração de cinco segundos e um intervalo de cinco minutos entre cada contração. A CIVM de cada voluntário foi determinada por meio da média dos nove valores obtidos.

Como metodologia de indução à fadiga, os voluntários foram submetidos a um teste de exaustão realizado por meio de contrações isométricas sustentadas contra cargas equivalentes a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM distribuídas de forma aleatória em uma razão de duas cargas por dia. Esse teste foi realizado em dois dias com um intervalo mínimo de 24 horas e máximo de 48 horas entre cada dia de teste, e com um intervalo mínimo de uma hora entre cada porcentagem de carga.

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

### *Identificação da Fadiga Muscular*

A fadiga muscular foi identificada por meio da verificação da diminuição dos valores correspondentes a FM de cada músculo e da CIVM obtidos no início (FMI, CIVMI) e no final (FMF, CIVMF) do teste de exaustão. Entre a CIVMI e o teste de exaustão foi estabelecido um intervalo de cinco minutos para que não houvesse influência desta sobre o teste de exaustão, enquanto que a CIVMF foi realizada imediatamente após o teste de exaustão com o objetivo de não permitir a recuperação do voluntário. Para a obtenção dos valores da FM e CIVM, foram utilizadas rotinas específicas desenvolvidas dentro do ambiente MATLAB. Esses valores foram obtidos dos cinco segundos de coleta realizadas antes e após o teste de exaustão durante a realização da contração muscular.

Em adição para verificar o efeito da carga sobre a FM, foram avaliados os valores da FM obtidos da primeira (FM1) e da última (FM2) coleta realizada no teste de exaustão em cada porcentagem de carga. Essas coletas também tiveram a duração de cinco segundos.

### *Instrumentação*

Para a captação dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos de superfície monopolares passivos de Ag/AgCl da marca MEDITRACE, com área de captação de 1 cm e uma distância intereletrodos de 4 cm. Os eletrodos foram posicionados segundo De Foa; Forrest; Biedermann (10); Tsuboi et al. (11) bilateralmente sobre os músculos ileocostal a 6 cm do espaço intervertebral de L2-L3 e multífido a 3 cm do espaço intervertebral de L4-L5, sendo a identificação dos pontos de referência feita conforme recomendação de Hoppenfield (12). Para evitar possíveis interferências na captação do sinal eletromiográfico, realizou-se previamente a 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, local onde foi colocado um fio terra com o objetivo de atuar como eletrodo de referência assim como para garantir a qualidade do sinal.

A aquisição dos sinais eletromiográficos foi realizada por um módulo de aquisição de sinais biológicos (Lynx) de quatro canais ao quais foram conectados os eletrodos. A frequência de amostragem foi de 1000 Hz, o filtro passa alta de 10 Hz, o filtro passa baixa de 500 Hz e o ganho de 1000 vezes. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa analógica digital (A/D) com faixa de entrada de -5 a +5 volts (CAD 1026-Lynx) e com resolução de 10 bits. Para a aquisição dos sinais eletromiográficos também foi utilizado um *software* específico (Aqdados-Lynx).

### *Tratamento Estatístico*

Para a comparação entre os valores iniciais e finais da CIVM (CIVMI e CIVMF) e da FM (FMI e FMF; FM1 e FM2) foi utilizado o teste t de Student para amostras dependentes. Com o objetivo de identificar possíveis diferenças no comportamento das variáveis relacionadas com a CIVM e com a FM como consequência da intensidade da carga tracionada durante o teste de exaustão foi realizada separadamente a análise de variância (ANOVA) dos valores iniciais e finais dessas variáveis.

## Resultados

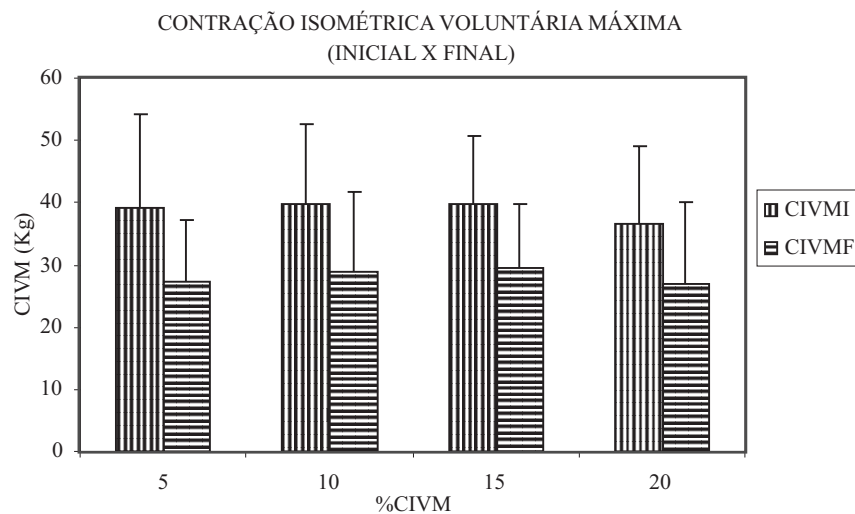
O valor médio e desvio padrão da carga máxima dos nove voluntários foi de  $40,62 \pm 9,63$  kg.

A média e desvio padrão do tempo de resistência isométrica (TRI) do teste de exaustão foi de  $134 \pm 42$  segundos na carga de 5%;  $82 \pm 27$  segundos na carga de 10%;  $72 \pm 27$  segundos na carga de 15% e  $62 \pm 28$  segundos na carga de 20%.

indicando uma relação inversa entre a intensidade da carga e o TRI.

No tocante à força de tração na célula de carga, a comparação entre os valores da CIVMI e CIVMF não revelou diferença significativa ( $p > 0,05$ ), embora a força tenha diminuído em todas as porcentagens de carga (Gráfico 1), demonstrando a menor sensibilidade desta variável para a predição da fadiga muscular.

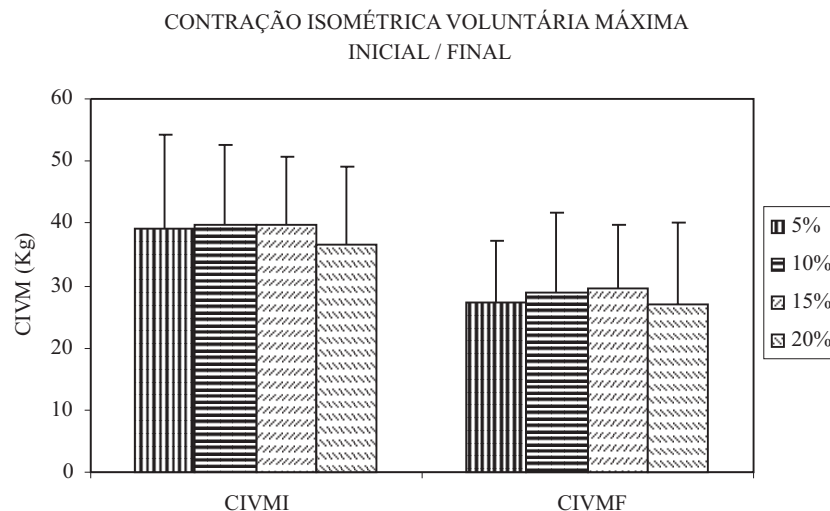
**Gráfico 1 – Comparação entre os valores médios das CIVMI e CIVMF obtidas no início e no final de um teste de exaustão realizado contra cargas equivalentes a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM.**



A comparação dos valores de CIVMI e CIVMF obtidos antes e após o teste de exaustão

em cada percentual de carga não revelou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (Gráfico 2).

**Gráfico 2 – Comparação dos valores de CIVMI e CIVMF obtidos no início e no final de um teste de exaustão realizados contra cargas submáximas.**

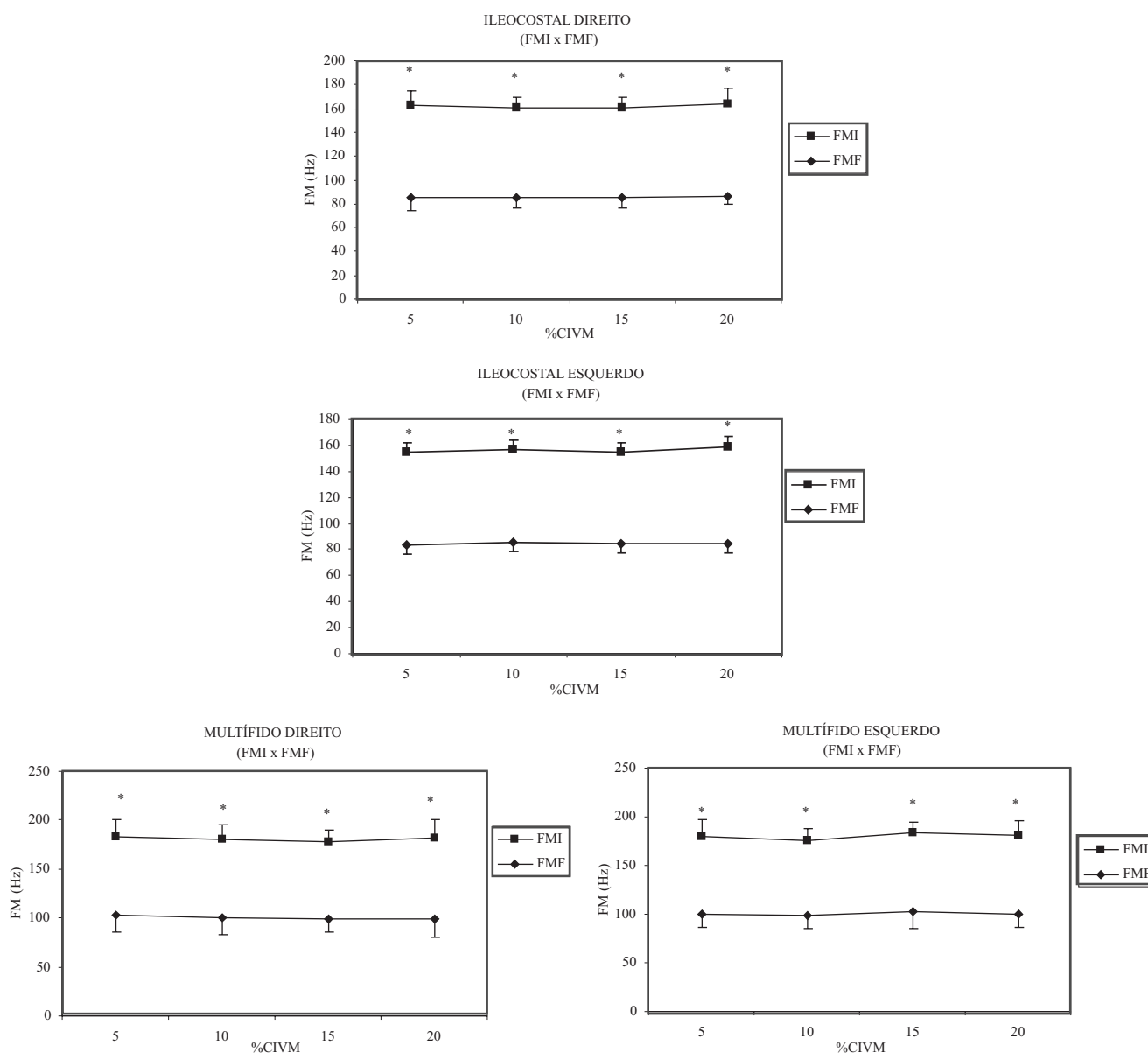


Quando a variável analisada foi a FM, a fadiga muscular foi identificada de forma significativa em todos os músculos avaliados, evidenciando assim um decréscimo nos valores da FMF em relação a FMI (Gráfico 3), bem como dos valores da FM2 em relação a FM1 (Gráfico 4)

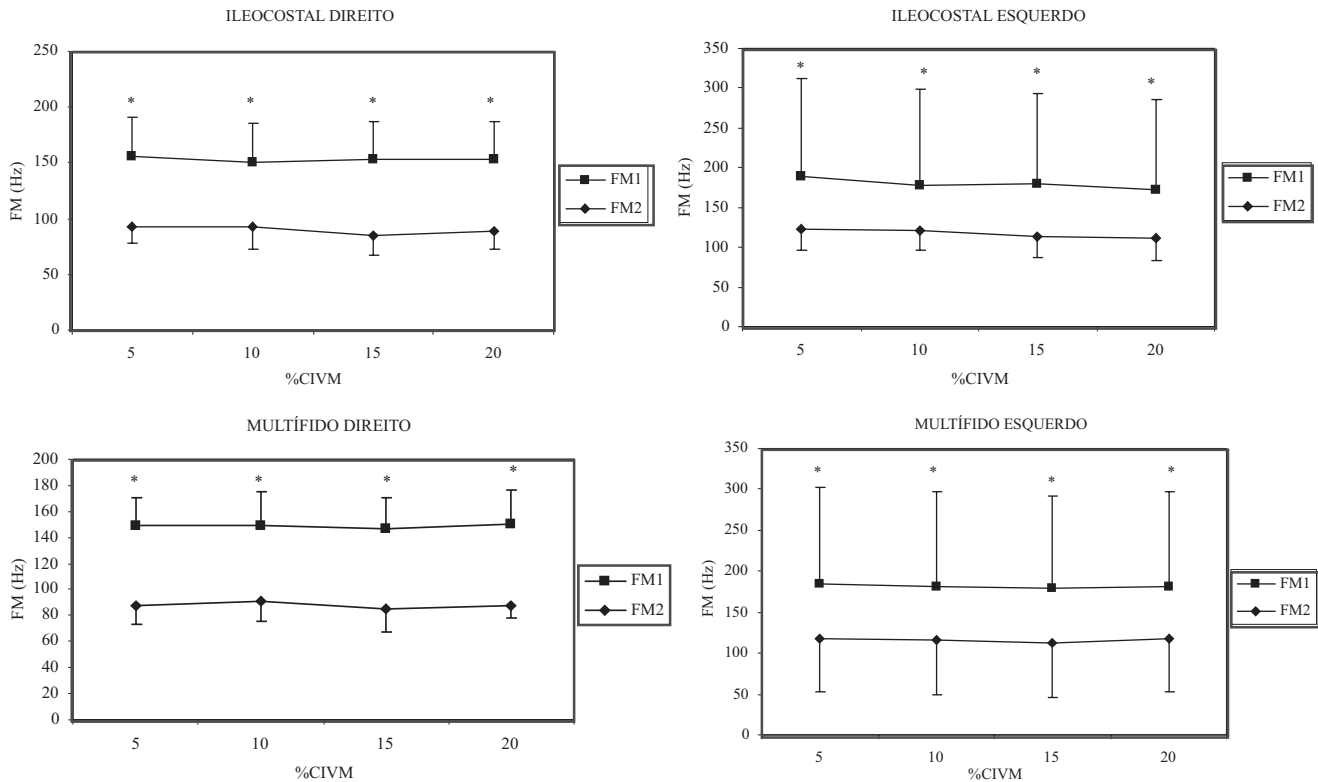
ao contrário dos resultados obtidos por meio da análise da força muscular. Destacam-se, nos resultados relacionados com a FM, os baixos valores de desvio padrão da FMI e FMF, o que não foi observado nos resultados relacionados com a FM1 e FM2.

**Gráfico 3 – Comparação entre as médias dos valores de FM obtidos no início (FMI) e no final (FMF) de um teste de exaustão realizado contra equivalentes a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM.**

*\*Diferença significativa (p<0,05).*



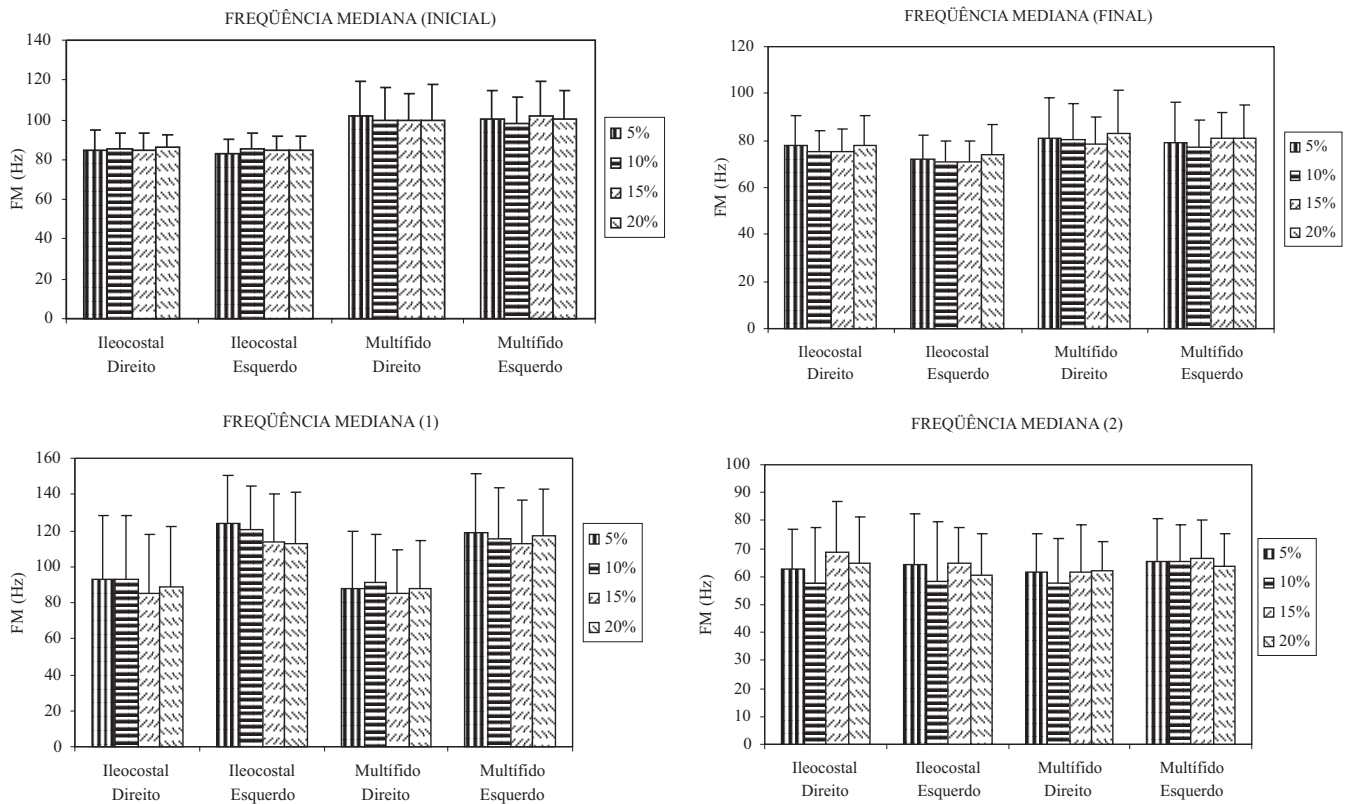
**Gráfico 4 – Comparação entre as médias dos valores de FM obtidos da primeira (FM1) e da última (FM2) coleta do teste de exaustão realizado contra cargas equivalente a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM.**  
 \*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ).



A comparação separada dos valores correspondentes FMI, FMF, FM1 e FM2 obtidos em relação às diferentes porcentagens de carga utilizadas

não revelou diferença significativa ( $p > 0,05$ ), demonstrando que a intensidade da carga não influenciou as variáveis relacionadas com a FM (Gráfico 5).

**Gráfico 5 – Comparação entre as médias dos valores de FMI, FMF, FM1 e FM2 para cada músculo obtidos no início (CIVMI) e no final (CIVMF) do teste de exaustão.**



### Discussão

O teste desenvolvido por Biering-Sorensen baseava-se originalmente apenas na medida do tempo de resistência isométrica (TRI). Segundo Biering-Sorensen (13), essa variável tem demonstrado estar relacionada com a ocorrência de dor lombar visto que o TRI de voluntários portadores de dor lombar demonstrou ser significativamente menor que o de voluntários saudáveis (14).

Outra variável relacionada com a etiologia de distúrbios na coluna lombar é a força muscular. De Vries (15) relatou que quando o músculo não se encontra fadigado, a medida da CIVM por meio da tração em uma célula de carga está inquestionavelmente relacionada com o seu estado funcional, enquanto que em situação de fadiga observa-se uma redução dos valores de CIVM obtidos após um teste de exaustão em relação aos valores obtidos antes de sua realização.

Contudo, a utilização de parâmetros mecânicos como o TRI e CIVM pode resultar em falsas interpretações a respeito da fadiga muscular e em especial dos músculos eretores da espinha, uma vez que a CIVM em particular representa uma medida da força de tração sobre a célula de carga de um conjunto de músculos que atuam como sinergistas para realização de um movimento, mesmo que seja observada uma diminuição dessa variável após um teste de exaustão como no caso dos resultados obtidos no presente estudo, no qual embora as CIVMF tenham diminuído após os testes de exaustão essas diferenças não alcançaram significância estatística, o que permite inferir a idéia de que durante a CIVM os músculos da coluna atuem de um modo inconsistente, bem como a possibilidade da existência de transferência de momentos para outros músculos da coluna nesse tipo de contração, como relatado por Mannion e Dolan (16) com base em resultados obtidos em um teste similar, ou mesmo para músculos dos membros inferiores (17).



Outra observação que pode ser realizada com respeito ao uso desse tipo de metodologia está relacionada com o fato de variáveis mecânicas como a CIVM e o TRI obtidas de testes de exaustão serem passíveis de manipulação por fatores subjetivos como motivação e concentração.

Por outro lado, isso não ocorre com variáveis fisiológicas como a FM utilizada no presente estudo, a qual demonstrou redução após o teste de exaustão para todos os músculos estudados e em relação a todas as porcentagens de carga.

A diminuição da FM como conseqüência da fadiga pode estar relacionada com o tipo de fibra muscular recrutada nos músculos avaliados durante a realização de um determinado exercício. Roy; De Luca; Casavant (4) sugeriram que a diminuição da FM pode ser explicada pelo fato de fibras musculares com menor tamanho serem recrutadas em intensidades de carga mais altas ou em situação de fadiga. Essas observações são consistentes com resultados obtidos de autópsias e análises histológicas que relatam que as fibras musculares do tipo II, recrutadas por último conforme o princípio de recrutamento e no caso do presente estudo também como conseqüência da fadiga das fibras do tipo I recrutadas inicialmente, apresentam menor diâmetro e são inervadas por neurônios motores menores, resultando, desse modo, em uma menor velocidade de condução e conseqüentemente em um desvio do espectro de frequência do sinal eletromiográfico em direção às baixas frequências (18, 19).

Outra possível explicação para o declínio da FM pode ser o acúmulo de metabólitos assim como a alteração das concentrações de íons responsáveis pela despolarização da fibra muscular, resultando em uma diminuição da velocidade de condução do potencial de ação ao longo da membrana da fibra muscular (20). Essas alterações fisiológicas das fibras têm na contração isométrica e em especial na CIVM um fator causal bastante importante, uma vez que esse tipo de contração induz a oclusão de capilares responsáveis tanto pela nutrição como pela remoção de metabólitos (14).

Os valores de CIVMI bem como de FMI sem diferença significativa quando comparados separadamente entre si em relação as diferentes porcentagens de carga utilizadas para o teste de exaustão podem ser interpretados como uma garantia de que previamente na realização

destes testes os músculos avaliados encontravam-se uma mesma condição, o que permite afirmar que os intervalos estabelecidos entre os dias de realização deste teste bem como entre os testes propriamente ditos dentro de cada dia foram adequados.

Ao contrário dos resultados obtidos na maioria dos estudos nos quais verificou-se que com aumento da porcentagem da CIVM ocorre uma diminuição nos valores da FM como resultado do recrutamento de um maior número de fibras do tipo II, no presente estudo de Roy, De Luca e Casavant (4) e Mannion e Dolan (21), os pesquisadores relatam que nenhum efeito da intensidade da carga sobre a FM1 e FM2 foi observado, sugerindo que esses músculos, nas presentes condições experimentais, apresentem um padrão de ativação independente da intensidade da carga.

Os maiores valores de desvio padrão obtidos com a FM1 e FM2 em comparação com aqueles obtidos com a FMI e FMF pode expressar uma relação voluntário-dependente da FM. Assim, aspectos inerentes a cada voluntário acabam sendo responsáveis por padrões de comportamento de unidades motoras como conseqüência de alterações neurais, estruturais ou metabólicas próprias de cada voluntário, refletindo assim em uma maior variabilidade dos valores da FM.

Segundo Van Dieen et al. (22), os músculos da coluna são compostos de vários fascículos que atuam sinergicamente durante os mais variados movimentos passíveis de serem realizados por este segmento. Sempre que um esforço em extensão do tronco é mantido de maneira constante durante uma tarefa fadigante, ocorre uma distribuição de carga entre esses músculos sinergistas. De acordo com Roy; De Luca; Casavant (4); Mannion e Dolan, (16) e Sparto et al. (3), essa distribuição de carga entre os músculos eretores da espinhas e o fato de alguns músculos serem mais fadigáveis que outros faz com que seja recomendada a captação do sinal eletromiográfico de um maior número de locais com o objetivo de ter uma medida mais fidedigna do comportamento dos músculos da coluna (22, 23). Na busca pela confiabilidade e validade de protocolos biomecânicos e índices eletromiográficos, essa natureza altamente sinérgica dos músculos da coluna precisa definitivamente ser considerada.

## Conclusão

Assim, por meio dos resultados obtidos no presente estudo, é possível afirmar que nas condições experimentais aqui utilizadas, o protocolo empregado foi eficaz para a identificação da fadiga muscular.

## Referências

1. Barbosa FSS, Gonçalves M. identificação da fadiga muscular através da eletromiografia e da dinamometria. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento** 2003b;(Edição Especial):250-250.
2. Cardozo AC, Gonçalves M. Eletromyographic fatigue threshold of erector spinae muscle induced by a muscular endurance test in health men. **Electromyography and Clinical Neurophysiology** 2003;43:377-380.
3. Sparto PJ et al. Neuromuscular trunk performance and spinal loading during a fatiguing isometric trunk extension with varying torque requirements. **Journal of Spinal Disorders** 1997;10:145-156.
4. Roy SH, De Luca CJ, Casavant DA. Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. **Spine** 1989;14:992-1001.
5. Bigland-Ritchie B, Donovan EF, Roussos CS. Conduction velocity and emg power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. **Journal of Applied Physiology** 1981;51:1300-1305.
6. Gonçalves M. Limiar de fadiga eletromiográfica. In: Denadai BS. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motriz; 2000. P. 129-154.
7. Mannion AF. et al. Fibre type characteristics of the lumbar paraspinal muscles in normal healthy subjects and in patients with low back pain. **Journal of Orthopaedic Research** 1997;15:881-887.
8. Barbosa FSS, Gonçalves M. Interpretação eletromiográfica da fadiga dos músculos eretores da espinha através da análise spectral. Anais do 10. Congresso Brasileiro de Biomecânica. Ouro Preto. Belo Horizonte: Imprensa Universitária UFMG; 2003b. v. 2, P. 141-145.
9. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. **Spine** 1996;21:2763-2769.
10. De Foa JL, Forrest W, Biedermann HJ. Muscle fibre direction of longuissimus, iliocostalis and multifidus: landmark-derived reference lines. **Journal of Anatomy** 1989;163:243-247.
11. Tsuboi T et al. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. **European Journal of Applied Physiology** 1994;69:361-366.
12. Hoppenfield S. **Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades**. São Paulo: Atheneu; 1997.
13. Biering-Sorensen, F. Physical measurements as risk indicators for low back trouble over a one year period. **Spine** 1984;9:106-119.
14. Nicolaisen T, Jorgensen, K. Trunk strength, back endurance and low back trouble. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine** 1985;17:121-127.
15. De Vries HA. Efficiency of electrical activity as a physiological measure of the functional state of muscle tissue. **American Journal of Physical Medicine** 1968;47:10-22.
16. Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors fatigue. **Spine** 1994;19:1223-1229.
17. Vleeming A et al. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: its function in load transfer from spine to legs. **Spine** 1995;20(7):753-758.
18. Bagnall KM et al. The histochemical composition of human vertebral muscle. **Spine** 1984;9:470-473.
19. Sirca A, Kostevc V. The fibre type composition of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man. **Journal of Anatomy** 1985;141:131-137.

20. Laurent D et al. Electromyogram spectrum changes during sustained contraction related to proton and diprotonated inorganic phosphate accumulation: A <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance study on human calf muscles. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology** 1993; 66: 263-268.
21. Mannion AF, Dolan P. The effects of muscle length and force output on the emg power spectrum of the erector spinae. **Journal of Electromyography and Kinesiology** 1996;6:159-168.
22. Van Dieën JH et al. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. **European Journal of Applied Physiology** 1993;66:388-396.
23. Roy SH et al. Fatigue, recovery and low back pain in varsity rowers. **Medicine and Science in Sports and Exercises** 1990;22:463-469.

Recebido em: 09/02/2004

Aprovado em: 14/10/2005