



Análise de parâmetros de força e resistência dos músculos eretores da espinha lombar durante a realização de exercício isométrico em diferentes níveis de esforço

Mauro Gonçalves¹ e Fernando Sérgio Silva Barbosa²

RESUMO

A dor lombar tem demonstrado ser um achado comum em atletas e, particularmente, a sobrecarga na coluna lombar em consequência de um comprometimento da força ou resistência isométrica de músculos desse segmento, como resultado da fadiga muscular, tem sido considerada como importante fator etiológico para o seu desenvolvimento. Nesse sentido, destacam-se testes utilizados para a avaliação e treinamento dos músculos eretores da espinha lombares. No presente estudo, a análise de parâmetros de força e resistência isométrica foi utilizada com o objetivo de avaliar as respostas desses músculos durante contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) e submáximas em duas situações: *com fadiga* e *sem fadiga*, induzida por exercício isométrico realizado até a exaustão. Nove voluntários do gênero masculino e saudáveis realizaram CIVM antes e após exercícios de extensão da coluna vertebral sustentando 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM. Em cada uma dessas situações foi registrado o sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos iliocostal e multifido, assim como o nível de força gerado nas CIVM. A fadiga muscular foi identificada pela verificação do declínio dos valores de CIVM e frequência mediana (FM) do sinal EMG obtidos após os exercícios isométricos. Os resultados demonstraram que, enquanto a força não foi capaz de evidenciar a fadiga muscular, a FM demonstrou de forma estatisticamente significativa a fadiga dos músculos iliocostal e multifido, sendo observado neste último maior nível de fadiga muscular. De forma interessante, cargas entre 5% e 20% da CIVM induziram um mesmo nível de fadiga muscular. Assim, embora a força gerada durante a extensão da coluna vertebral após a exaustão induzida por exercício isométrico permaneça inalterada, provavelmente pela ação de músculos acessórios desse movimento, a sobrecarga sobre a coluna vertebral desenvolve-se como consequência do comprometimento da sua estabilidade decorrente da fadiga muscular identificada após exercício isométrico.

Palavras-chave: Coluna vertebral. Fadiga muscular. Dor lombar.

Palabras-clave: Columna vertebral. Fatiga muscular. Dolor lombar.

RESUMEN

Análisis de los parámetros de fuerza y resistencia de los músculos erectores de la columna lumbar durante la realización de ejercicio isométrico en diferentes niveles de esfuerzo

El dolor lumbar es un hallazgo común en los atletas, y particularmente, la sobrecarga de la columna lumbar es consecuencia de un comportamiento de la fuerza o resistencia isométrica de los músculos de este segmento como resultado de la fatiga muscular ha sido considerada como un importante factor etiológico para su desarrollo. En este sentido, se destacan tests utilizados para la evaluación de los músculos erectores de la columna lumbar. En el presente estudio, el análisis de parámetros e fuerza y resistencia isométrica fué utilizada como objetivo de evaluar las respuestas de estos músculos durante las contracciones isométricas voluntarias máximas (CIVM) y sub-máximas en dos situaciones: con fatiga y sin fatiga inducida por el ejercicio isométrico realizado a extenuación. Nueve voluntarios de sexo masculino y saludables realizaron una CIVM antes y después de ejercicios de extensión de la columna vertebral sustentando 5%, 10%, 15% e 20% de la CIVM. En cada una de esas situaciones fué registrado la señal eletromiográfica (EMG) de los músculos iliocostal y multifido, así como el nivel de fuerza generado en las CIVM. La fatiga muscular fué identificada por la verificación del de la caída de los valores de CIVM y frecuencia mediana (FM) de la señal EMG obtenidos después de los ejercicios isométricos. Los resultados demostraron que en cuanto la fuerza no fué capaz de evidenciar la fatiga muscular, la FM demostró de forma estadísticamente significativa la fatiga de los músculos iliocostal e multifido, siendo observado en este último un mayor nivel de fatiga muscular. De forma interesante, las cargas entre 5% y 20% de la CIVM inducirán a un mismo nivel de fatiga muscular. Así, ahora la fuerza generada durante la extensión de la columna vertebral después de la extenuación inducida por el ejercicio isométrico permanezca inalterada, probablemente por la acción de los músculos accesorios de este movimiento, la sobrecarga sobre la columna vertebral se desarrolla como consecuencia del compromiso de la estabilidad de la columna vertebral consecuente de la fatiga muscular identificada después del ejercicio isométrico.

INTRODUÇÃO

O exercício físico como recurso terapêutico para a prevenção e tratamento da dor lombar tem recebido grande atenção nos últimos anos, o que pode ser explicado pelos consistentes relatos de que a fraqueza e a baixa resistência isométrica dos músculos eretores da espinha lombares estão associadas com a etiologia da dor lombar^(1,2).

Uma possível explicação para essa importante relação entre força e resistência isométrica dos músculos eretores da espinha lom-

1. Professor Doutor do Departamento de Educação Física. Coordenador do Laboratório de Biomecânica da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Rio Claro.

2. Fisioterapeuta. Mestrando em Ciências da Motricidade. Membro do Laboratório de Biomecânica da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Rio Claro.

Recebido em 2/11/04. 2ª versão recebida em 1/2/05. Aceito em 4/2/05.

Endereço para correspondência: Mauro Gonçalves, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Rio Claro. Departamento de Educação Física. Laboratório de Biomecânica. Av. 24A, 1.515, Bela Vista – 13506-900 – Rio Claro, SP. Tel.: (19) 3526-4308. Fax: (19) 3526-4321. E-mail: maurog@rc.unesp.br

bares com a manutenção da integridade física e funcional da coluna vertebral é que, com a fadiga muscular, definida como redução na capacidade do sistema neuromuscular em gerar força ou realizar trabalho⁽³⁾, ocorre sobrecarga sobre os elementos passivos (cápsulas, ligamentos e discos intervertebrais) responsáveis pela estabilidade da coluna vertebral durante a execução de padrões de movimento específicos de determinados esportes, resultando em danos a estruturas sensíveis à distensão e produzindo dor⁽⁴⁾.

Dados obtidos de uma população de indivíduos jovens sugerem que a incidência de dor lombar é menor em indivíduos ativos⁽⁵⁾. Em adição, também tem sido relatado que, em uma população de atletas, a incidência de dor lombar é maior em atletas de elite⁽⁶⁾. Em termos biomecânicos, dependendo do tipo de esporte, atletas frequentemente tendem a absorver carga repetitiva de baixa magnitude ou impactos únicos de alta magnitude com maior frequência do que indivíduos ativos não atletas⁽⁷⁾; contudo, tem sido demonstrado que a força e a resistência isométrica de músculos da coluna vertebral de atletas não diferem significativamente na comparação com não atletas⁽⁸⁾.

Esses resultados demonstram que, possivelmente, o tipo de esporte bem como a frequência e a intensidade com a qual o mesmo é praticado podem ser determinantes para o desenvolvimento da dor lombar.

Alguns estudos demonstraram que após um episódio de dor lombar ocorre rápida atrofia dos músculos eretores da espinha lombares e que essa atrofia persiste mesmo após a regressão dos sintomas^(9,10). Com exercícios de força e resistência isométrica direcionados a esses músculos, a atrofia é reversível e a recorrência da dor lombar é reduzida⁽¹⁰⁾.

Destaca-se nesse sentido a proposta de protocolos destinados a avaliar a força e resistência isométrica dos músculos eretores da espinha, possibilitando intervir de forma mais precisa em programas de treinamento visando à prevenção ou reabilitação da dor lombar em atletas.

OBJETIVOS

Considerando as informações acima apresentadas e que destacam a importância do controle da fadiga de músculos da coluna vertebral, o objetivo do presente estudo foi verificar a possibilidade de identificar esse fenômeno neuromuscular por meio da análise de parâmetros de força e resistência isométrica obtidos a partir da dinamometria e eletromiografia de superfície. Adicionalmente, foram investigadas diferenças relacionadas com a fadigabilidade dos músculos eretores da espinha lombares localizados em diferentes níveis vertebrais, bem como os efeitos de contrações isométricas submáximas realizadas em diferentes níveis de esforço sobre o nível de fadiga destes músculos.

MÉTODOS

Descrição da amostra

Participaram do presente estudo nove voluntários saudáveis, sem história de patologias músculo-esqueléticas na coluna vertebral e que não apresentaram episódio de dor lombar nas quatro semanas que o antecederam⁽¹⁰⁾. As características demográficas da amostra selecionada são apresentadas na tabela 1.

TABELA 1
Dados demográficos da amostra experimental

Voluntários	Estatística	Idade (anos)	IMC (kg/m ²)	Altura (cm)	CIVM (N)	Dominância
n = 9	Média	20,4	22,4	175	393,5	Destro
	dp	± 1,3	± 3,6	± 0,06	97,9	
	Mínimo	19	17,2	167	212,3	
	Máximo	22	27,4	182	552,1	

Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde contendo informações relacionadas com os testes aos quais seriam submetidos e assegurando também a sua privacidade. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local.

Determinação da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e teste de exaustão

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

O movimento a ser realizado em ambos os testes foi a extensão isométrica da coluna vertebral tendo como resistência uma célula de carga (*Kratos 980 N* – Kratos Dinamômetros Ltda., São Paulo, SP) fixa a um colete utilizado pelos voluntários e à base da mesa de teste na outra. A célula de carga foi acoplada a um indicador digital (*Kratos IK 14A* – Kratos Dinamômetros Ltda., São Paulo, SP), o qual permitiu aos voluntários controlarem a intensidade da carga traçada durante o teste de exaustão.

Com o objetivo de fornecer maior estabilidade aos voluntários, três cintos de couro foram posicionados ao redor das articulações dos quadris, joelhos e tornozelos fixando a pelve e os membros inferiores à mesa de teste. Para evitar possíveis movimentos compensatórios, limitadores de movimento foram posicionados sobre as escápulas e lateralmente no tronco para controlar a rotação e inclinação lateral da coluna vertebral, respectivamente (figura 1).

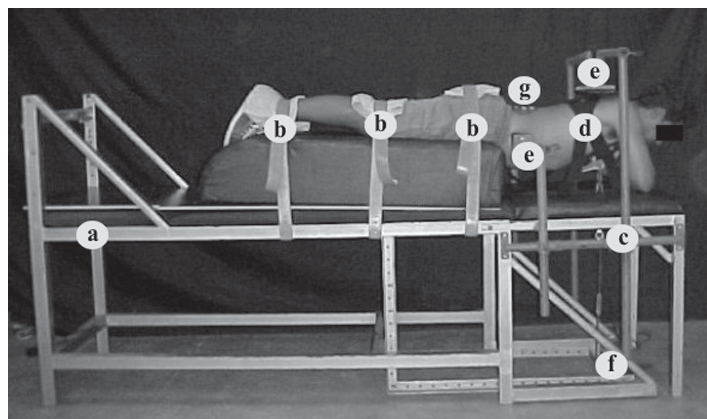


Fig. 1 – Postura e equipamentos utilizados para os testes de contração isométrica voluntária máxima e de exaustão. **a:** mesa de teste; **b:** cintos de couro; **c:** célula de carga; **d:** colete; **e:** limitadores de movimento; **f:** indicador digital; **g:** eletrodos.

Inicialmente, foi realizado um teste de CIVM durante 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 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 dos músculos eretores da espinha, os voluntários foram submetidos a um teste de exaustão. Esse teste consistiu de exercícios isométricos de extensão da coluna vertebral mantida em posição neutra. Foram realizadas contrações isométricas sustentadas a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM distribuídas de forma randômica na razão de duas cargas por dia, 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 sustentada em um mesmo dia.

O abaixamento do tronco e a incapacidade de manter as porcentagens da CIVM dentro de um desvio-padrão de 9,8 newtons (N) foram os critérios adotados para o encerramento do exercício.

Eletromiografia

Para a captação dos sinais eletromiográficos (EMG) foram utilizados eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl (*Meditrace 100* – Kendall, Chicopee, MA) com área de captação de 1cm e distância intereletrodos de 4cm. Os eletrodos foram posicionados bilateralmente sobre os músculos iliocostal a 6cm do espaço intervertebral de L2-L3 e multífido a 3cm do espaço intervertebral de L4-L5⁽¹¹⁻¹³⁾.

Para evitar possíveis interferências na captação do sinal EMG, 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, 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 EMG foi realizada por um eletromiógrafo equipado com um módulo de aquisição de sinais biológicos de quatro canais (*Lynx* – Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda., São Paulo, SP), ao qual foram conectados os eletrodos. O ganho foi calibrado em 1.000 vezes, o filtro passa alta em 10Hz, o filtro passa baixa em 500Hz e modo comum de rejeição de 80dB. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa analógico-digital (A/D) com faixa de entrada de -5 a +5 volts, resolução de 10 bits e frequência de amostragem de 1.000Hz (*CAD 1026* – Lynx Tecnologia Ltda., São Paulo, SP). Para a aquisição dos sinais EMG também foi utilizado um *software* específico (*Aqdados 4* – Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda., São Paulo, SP).

Em repouso, a atividade EMG dos músculos estudados foi mantida em < 5µV.

Identificação da fadiga muscular

A fadiga muscular foi identificada por meio da verificação da diminuição dos valores correspondentes à CIVM assim como da FM de cada músculo, ambos obtidos previamente à realização do teste de exaustão (FM Inicial = FMI/CIVM Inicial = CIVMI) e após o término do mesmo teste (FM Final = FMF/CIVM Final = CIVMF).

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.

Foram avaliados os valores de FM obtidos da primeira (FM1) e da última (FM2) coleta realizada no teste de exaustão em cada percentagem da carga com o objetivo de verificar o efeito das contrações submáximas no comportamento deste parâmetro EMG.

Análise estatística

Todos os valores de CIVM e FM foram obtidos de coletas com duração de cinco segundos analisadas por rotinas específicas desenvolvidas em ambiente MATLAB.

Para a comparação entre os valores da CIVMI-CIVMF/FMI-FMF/FM1-FM2 foi utilizado o teste *t* de Student para amostras dependentes.

Com objetivo de verificar possíveis diferenças nas variáveis relacionadas com a FM obtidas dos diferentes níveis vertebrais avaliados, assim como para a comparação entre os músculos localizados no lado direito e no lado esquerdo da coluna vertebral (efeito da lateralidade), foi realizado o teste *t* de Student para amostras independentes.

Para identificar possíveis diferenças no comportamento das variáveis relacionadas com a FM em consequência da intensidade da carga tracionada durante o teste de exaustão, foi realizada separadamente a análise de variância (ANOVA) dos valores iniciais e finais dessa variável. Esse mesmo teste estatístico foi utilizado também para comparar os valores iniciais de CIVM, assim como os valores finais de CIVM obtidos antes e após cada teste de exaustão, respectivamente.

Em todas as análises estatísticas realizadas, o nível de significância foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

O valor médio (\pm desvio-padrão) da CIVM utilizada como referência para a obtenção das cargas submáximas no teste de exaustão foi de $398,07 \pm 94,37N$. Quando os valores de força obtidos antes e após o teste de exaustão foram comparados, não se constataram diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$), embora a força tenha diminuído em todas as percentagens de carga. A comparação entre os valores de CIVMI obtidos previamente à realização de cada teste de exaustão, assim como a comparação entre os valores CIVMF obtidos após cada teste de exaustão também não revelou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

No tocante às variáveis EMG, quando a variável analisada foi a FM, a fadiga muscular foi identificada de forma significativa em todos os músculos avaliados ($p < 0,05$) evidenciando assim um decréscimo nos valores da FMF em relação à FMI assim como dos valores da FM2 em relação à FM1 (figura 2).

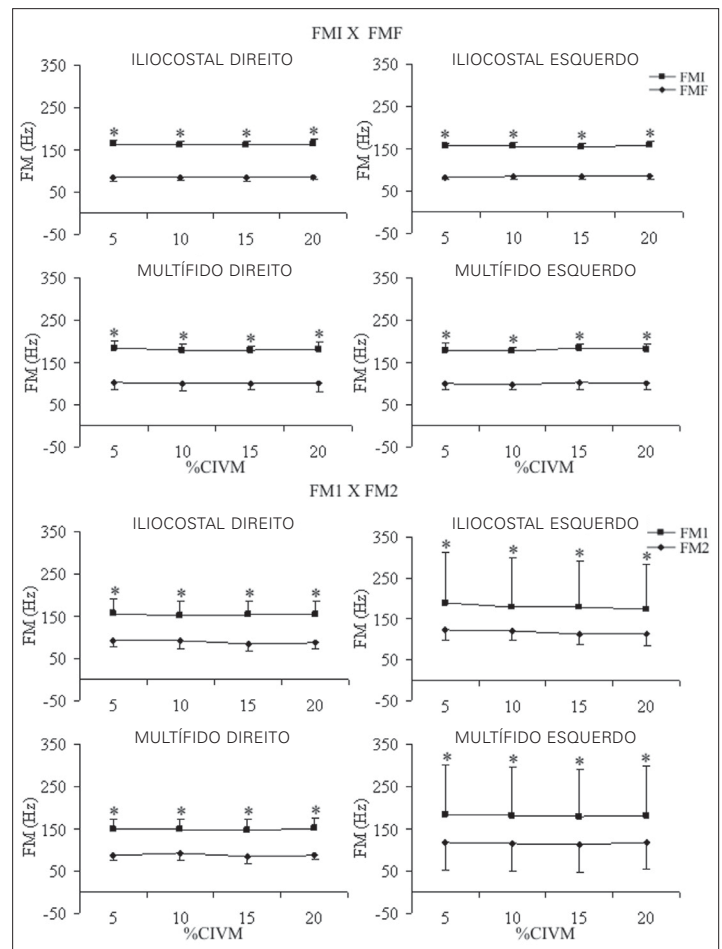


Fig. 2 – Comparação entre valores médios de FM obtidos no início (FMI) e no final (FMF) e da primeira (FM1) e última (FM2) coleta de sinal EMG durante exercícios isométricos de extensão da coluna vertebral realizados até a exaustão a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM. *Diferença significativa em relação à FMF e FM2 ($p < 0,05$).

A comparação dos valores correspondentes a FMI, FMF, FM1 e FM2 obtidos em relação às diferentes percentagens de carga utilizadas não revelou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$), demonstrando que a intensidade da carga não influenciou as variáveis relacionadas com a FM.

Interessantemente, na comparação do comportamento dos diferentes níveis vertebrais, diferenças estatisticamente significantes entre os músculos iliocostais e multífidos estiveram presentes bilateralmente de forma predominante ($p < 0,05$) apenas quando a variável analisada foi a FMI (figura 3).

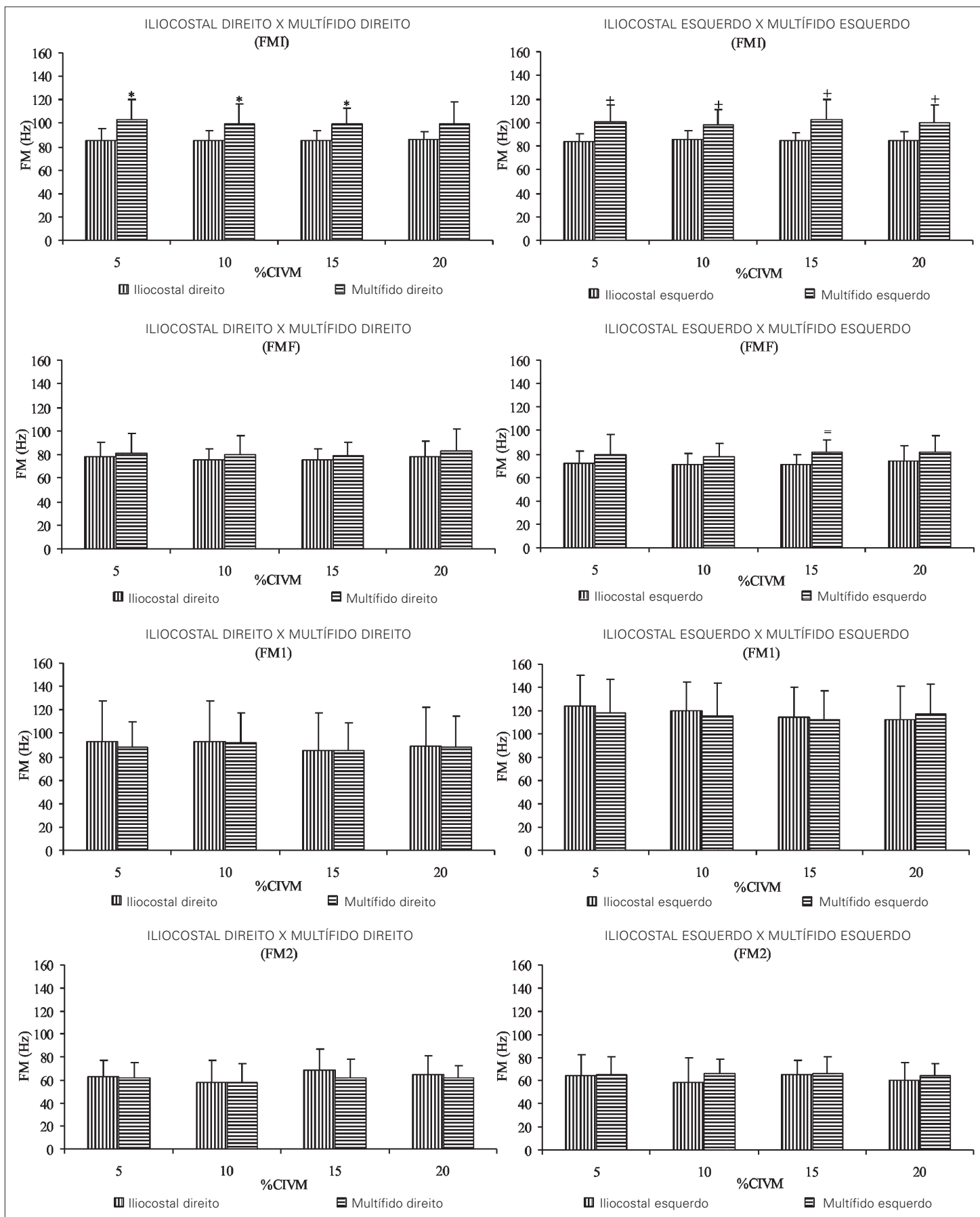


Fig. 3 – Comparação dos músculos iliocostal e multifido homolaterais considerando valores de FM (FMI, FMF, FM1 e FM2) obtidos de exercícios isométricos de extensão da coluna vertebral realizados até a exaustão a 5%, 10%, 15% e 20% da CIVM

*iliocostal direito em relação ao multifido direito.

†iliocostal esquerdo em relação ao multifido esquerdo.

=iliocostal esquerdo em relação ao multifido esquerdo.

Diferença significativa ($p < 0,05$).

Quanto à lateralidade, a comparação entre os músculos localizados no lado direito e esquerdo da coluna vertebral não revelou diferenças estatisticamente significantes, independente da variável analisada ($p > 0,05$).

DISCUSSÃO

O teste utilizado no presente estudo foi aplicado originalmente avaliando apenas o tempo de resistência isométrica (TRI), definido como o tempo máximo que uma carga pode ser sustentada durante um exercício isométrico⁽¹⁴⁾. Essa variável tem demonstrado estar relacionada com a ocorrência de dor lombar^(14,15), visto que o TRI de voluntários portadores de dor lombar tem demonstrado ser significativamente menor que o de voluntários saudáveis^(2,16,17).

Outra variável relacionada com a etiologia de distúrbios na coluna lombar é a força muscular. De Vries⁽¹⁸⁾ relatou que, quando um músculo não se encontra fadigado, a medida da CIVM por meio da tração em uma célula de carga está inquestionavelmente relacionada com sua capacidade física básica, enquanto que em situação de fadiga observa-se 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 a 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 promovida por um conjunto de músculos que atuam como acessórios para a realização daquele movimento e, desse modo, é possível que a transferência de momentos entre os músculos⁽¹⁹⁻²¹⁾ seja um fator que dificulte observar diferenças significantes entre os valores iniciais e finais da CIVM.

Outra observação que pode ser realizada com respeito ao uso desse tipo de metodologia está no fato de variáveis mecânicas como a força, representadas no presente estudo pelos valores de CIVM obtidos antes e após testes de exaustão, sofrerem influência de fatores subjetivos como motivação, concentração, medo e dor.

Por outro lado, a utilização de variáveis neuromusculares como a FM para a identificação da fadiga muscular apresenta a vantagem de elas não poderem ser alteradas voluntariamente neste tipo de estudo, resultando assim em uma avaliação mais confiável da função muscular, o que pode ser confirmado pela diminuição dos seus valores após o teste de exaustão. Essa diminuição da FM como consequência da fadiga muscular pode estar relacionada com o tipo de fibra muscular recrutada nos músculos avaliados durante a realização de um determinado exercício. Roy *et al.*⁽²²⁾ 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 foram consistentes com resultados obtidos de autópsias e análises histológicas que relatam que as fibras musculares do tipo II, as quais em músculos da coluna vertebral apresentam menor diâmetro, são recrutadas por último conforme o princípio do recrutamento e também como consequência da fadiga das fibras do tipo I recrutadas inicialmente^(23,24). Essas fibras são inervadas por neurônios motores menores, resultando desse modo em menor velocidade de condução e, conseqüentemente, em desvio do espectro de frequência do sinal EMG em direção às baixas frequências, o que é indicativo da fadiga muscular.

Uma explicação adicional para o declínio da FM é o acúmulo de metabólitos bem como a alteração das concentrações de íons ao longo da membrana da fibra muscular, os quais são responsáveis pela despolarização da fibra muscular e, conseqüentemente, por sua contração, resultando em diminuição da velocidade de condução do potencial de ação ao longo da membrana da fibra muscular⁽²⁵⁾. Essas alterações fisiológicas das fibras têm na contração isométrica e em especial na CIVM um fator causal da fadiga muscular

bastante importante, uma vez que esse tipo de contração induz a oclusão de capilares responsáveis tanto pela nutrição como pela remoção de metabólitos⁽²⁶⁾.

Os valores de CIVM bem como de FMI sem diferença estatisticamente significativa, quando comparados em relação às diferentes percentagens de carga utilizadas para os testes de exaustão, podem ser interpretados como uma garantia de que, previamente à realização desses testes, os músculos avaliados encontravam-se em uma mesma condição, o que permite afirmar que os intervalos estabelecidos entre os dias de realização desse teste bem como entre os testes realizados dentro de um mesmo dia foram adequados.

Ao contrário dos resultados obtidos na maioria dos estudos nos quais se verificou que com o aumento da percentagem da CIVM ocorre diminuição nos valores da FM como resultado do recrutamento de fibras do tipo II^(22,27), no presente estudo 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. Esse resultado é especialmente interessante, pois sugere que a reprodução desse teste com o objetivo de avaliar as capacidades físicas básicas dos músculos eretores da espinha em atletas ou o efeito de um programa de treinamento ou reabilitação dessa população possa ser realizada com uma única percentagem de carga.

Segundo van Dieen⁽²⁸⁾, os músculos da coluna vertebral são compostos de vários fascículos que atuam sinergicamente durante os mais variados movimentos passíveis de serem realizados por esse segmento. Sempre que um esforço em extensão da coluna vertebral é mantido de maneira constante durante uma tarefa fadigante, ocorre distribuição de carga entre esses músculos sinergistas. Essa distribuição de carga entre os músculos eretores da espinha e o fato de alguns músculos serem mais fatigáveis que outros^(19,22,29) faz com que seja recomendada a captação do sinal EMG de um maior número de locais com o objetivo de se ter uma medida mais fidedigna do comportamento dos diferentes músculos da coluna vertebral^(19,22). Na busca pela confiabilidade e validade de protocolos biomecânicos e índices EMG, essa natureza altamente sinérgica dos músculos da coluna precisa definitivamente ser considerada.

No presente estudo esse aspecto foi considerado e, desse modo, foram avaliados dois níveis vertebrais. Diferenças quanto à fadigabilidade dos músculos avaliados estiveram presentes bilateralmente apenas na comparação da FMI dos músculos iliocostal e multifido. Tem sido demonstrado que músculos da coluna vertebral localizados em níveis vertebrais mais baixos apresentam predomínio de fibras do tipo II (menos resistentes à fadiga)^(30,31). Esses achados corroboram os resultados obtidos no presente estudo, no qual o músculo multifido apresentou maior nível de fadiga. Ao analisar-se a FMF, raras foram as diferenças encontradas em ambos os músculos, caracterizando principalmente o desenvolvimento da fadiga do músculo multifido em função do tempo de contração.

Entretanto, quanto à lateralidade, a comparação entre os músculos localizados do lado direito e esquerdo da coluna vertebral não revelou diferença estatisticamente significativa, permitindo inferir que a dominância não apresentou nenhum efeito sobre a fadigabilidade dos músculos eretores da espinha, ao contrário do que foi encontrado por Merletti *et al.*⁽³²⁾, os quais mencionaram que músculos da coluna vertebral localizados no lado oposto à dominância apresentam maior resistência à fadiga como resultado de treinamento imposto de forma involuntária à custa das atividades da vida diária (AVD) realizadas preferencialmente com o membro superior dominante. Também pode ser inferido que a presente estação de teste possibilitou o controle de movimentos compensatórios da coluna vertebral, induzindo desse modo uma ação simétrica dos músculos eretores da espinha.

Um detalhe especialmente interessante foi o relato da ocorrência de dor localizada em músculos posteriores da coxa durante os exercícios isométricos realizados até a exaustão. Essa informação, já descrita na literatura⁽³³⁾, demonstra o importante papel de músculos extensores do quadril em auxiliar indiretamente os músculos eretores da espinha na estabilização da coluna lombar e na prevenção de dor nesse segmento vertebral⁽³⁴⁾.

CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos no presente estudo é possível concluir que o protocolo empregado permite a indução e identificação da fadiga muscular quanto às características espectrais dos músculos avaliados, ao mesmo tempo em que evidenciou as diferentes respostas dos músculos eretores da espinha localizados em níveis vertebrais diferenciados na coluna lombar. Esse fato contribui para que tomadas de decisão em planos de treinamento ou reabilitação que envolvem contrações isométricas dos eretores da espinha considerem uma sobrecarga diferenciada nos diversos segmentos da coluna lombar em virtude da suas particularidades em termos de resistência.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (Fundunesp).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Cassisi JE, Robinson ME, O'Conner P, MacMillan M. Trunk strength and lumbar paraspinal muscle activity during isometric exercise in chronic low back patients and controls. *Spine* 1993;18:245-51.
2. Luoto S, Heliovaara M, Hurri H, Alaranta H. Static back endurance and the risk of low-back pain. *Clin Biomech* 1995;10:323-4.
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;51:1300-5.
4. Chok B, Lee R, Latimer J, Tan SB. Endurance training of the trunk extensor muscles in people with subacute low back pain. *Phys Ther* 1999;79:1032-42.
5. Salminen JJ, Oksanen A, Maki P, Pentti J, Kujala UM. Leisure time physical activity in the young. Correlation with low-back pain, spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old school children. *Int J Sports Med* 1993;14:406-10.
6. Kujala UM, Salminen JJ, Taimela S. Subject characteristics and low back pain in young athletes and non-athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:627-32.
7. Carpenter D, Brigham T, Welsch M. Low back strength comparison of elite female collegiate athletes [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:S113.
8. Szuba SF, Graves JE, Reider LR. Lumbar extension strength and rowing performance in collegiate rowers [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:S153.
9. Hides JA, Stokes MJ, Jull GA, Cooper DH. Evidence of multifidus wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine* 1994;19:165-72.
10. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus recovery is not automatic after resolution of acute, first episode low back pain. *Spine* 1996;21:2763-9.
11. De Foa JL, Forrest W, Biedermann HJ. Muscle fibre direction of longissimus, iliocostalis and multifidus: landmark-derived reference lines. *J Anat* 1989;163:243-7.
12. Tsuboi T, Satou T, Egawa K, Izumi Y, Miyazaki M. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. *Eur J Appl Physiol* 1994;69:361-6.
13. Hoppenfeld S. *Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades*. São Paulo: Atheneu, 1997;251-5.
14. Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicators for low back trouble over a one-year period. *Spine* 1984;9:106-19.
15. Jorgensen K, Nicolaisen T. Trunk extensor endurance: determination and relation to low back trouble. *Ergonomics* 1987;30:259-67.
16. Hultman G, Nordin M, Saraste H, Ohlsen H. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area and density of mm erector spinae in men with and without low back pain. *J Spinal Disord* 1993;6:114-23.
17. Latimer J, Maher CG, Refshauge K, Colaco I. The reliability and validity of Biering-Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain. *Spine* 1999;24:2085-90.
18. De Vries HA. "Efficiency of electrical activity" as a physiological measure of the functional state of muscle tissue. *Am J Phys Med* 1968;47:10-22.
19. Mannion AF, Dolan P. Electromyographic median frequency changes during isometric contraction of the back extensors fatigue. *Spine* 1994;19:1223-9.
20. Sparto PJ, Parnianpour M, Reinsel TE, Simon S. Spectral and temporal responses of trunk extensor electromyography to an isometric endurance test. *Spine* 1997;22:418-26.
21. Vleeming A, Poolgoudzwaard AL, Stoeckart R, Vanwingerden JP, Snijders CJ. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: its function in load transfer from spine to legs. *Spine* 1995;20:753-8.
22. Roy SH, De Luca CJ, Casavant DA. Lumbar muscle fatigue and chronic lower back pain. *Spine* 1989;14:992-1001.
23. Bagnall KM, Ford DM, Mcfadden KD, Greenhill BJ, Raso VJ. The histochemical composition of human vertebral muscle. *Spine* 1984;9:470-3.
24. Sirca A, Kostevc V. The fibre type composition of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man. *J Anat* 1985;141:131-7.
25. Laurent D, Portero P, Goubel F, Rossi A. Electromyogram spectrum changes during sustained contraction related to proton and diprotonated inorganic phosphate accumulation: a ³¹P nuclear magnetic resonance study on human calf muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1993;66:263-8.
26. Nicolaisen T, Jorgensen K. Trunk strength, back endurance and low back trouble. *Scan J Rehabil Med* 1985;17:121-7.
27. Mannion AF, Weber BR, Dvorak J, Grob D, Muntener M. The effects of muscle length and force output on the EMG power spectrum of the erector spinae. *J Electromyogr Kinesiol* 1996;6:159-68.
28. Van Dieën JH, Oude Vrielink HHE, Housheer AF, Lötters FB, Toussaint HM. Trunk extensor endurance and its relationship to electromyogram parameters. *Eur J Appl Physiol* 1993;66:388-96.
29. Sparto PJ, Parnianpour M, Marras WS, Granata KP, Reinsel TE, Simon S. Neuromuscular trunk performance and spinal loading during a fatiguing isometric trunk extension with varying torque requirements. *J Spinal Disord* 1997;10:145-56.
30. Mannion AF, Weber BR, Dvorak J, Grob D, Muntener M. Fibre type characteristics of the lumbar paraspinal muscles in normal healthy subjects and in patients with low back pain. *J Orthop Res* 1997;15:881-7.
31. Thorstensson A, Carlson H. Fibre types in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand* 1987;131:195-202.
32. Merletti R, De Luca CJ, Sathyan D. Electrically evoked myoelectric signals in back muscles: effect of side dominance. *J Appl Physiol* 1994;77:2104-14.
33. Clark BC, Manini TM, Ploutz-Snyder LL. Derecruitment of the lumbar musculature with fatiguing trunk extension exercise. *Spine* 2003;28:282-7.
34. Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Hammudoghlu D, Stoeckart R, Snijders CJ, Mens JMA. The function of the long dorsal sacroiliac ligament. Its implication for understanding low back pain. *Spine* 1996;31:556-62.