

Efeito agudo de exercícios do método Pilates na ativação dos músculos do tronco de pessoas com e sem dor lombar

Acute effect of Pilates method exercises on trunk muscles activation in people with and without low back pain

Aline Prieto de Barros Silveira¹, Laura Zanforlin Nagel², Dayane Dias Pereira³, Angela Kazue Morita⁴, Deborah Hebling Spinoso⁵, Marcelo Tavella Navega⁶, Nise Ribeiro Marques⁷

¹ Graduada em Fisioterapia, Mestranda pelo Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, SP – Brasil

² Graduada em Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Marília, SP – Brasil

³ Graduanda em Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Marília, SP – Brasil

⁴ Fisioterapeuta, Mestre pelo Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, SP – Brasil

⁵ Fisioterapeuta, Doutoranda no Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, SP – Brasil

⁶ Professor do Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Marília, SP – Brasil

⁷ Professora do Programa de Fisioterapia em Saúde Funcional do Centro de Ciências da Saúde. Universidade Sagrado Coração - USC, Bauru, SP – Brasil

Endereço para correspondência:

Nise Ribeiro Marques
Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-
Graduação em Fisioterapia, Universidade Sagrado
Coração, USC, Bauru - SP
Rua Irmã Arminda, 10-50
17011-160 – Bauru – SP [Brasil]
nisermarques@yahoo.com.br

Resumo

Introdução: O método Pilates é indicado para reabilitação de pacientes com dor lombar inespecífica (DLI). Contudo, o efeito deste treinamento no padrão de recrutamento muscular é desconhecido. **Objetivo:** Analisar o efeito agudo do método Pilates na ativação dos músculos do tronco em indivíduos com e sem DLI. **Métodos:** Participaram do estudo 18 sujeitos, separados em dois grupos: grupo com DLI e sem DLI. No primeiro dia de coleta, foram obtidos: dados pessoais, medidas antropométricas e familiarização com os exercícios. No segundo dia, foram realizados: teste de elevação do braço, teste de Biering-Sorensen, os exercícios e reavaliação. Foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos: oblíquo interno, multifído lombar, iliocostal lombar e reto abdominal. **Resultados:** Após o treinamento, o grupo com DLI apresentou, no teste de Biering-Sorensen, maior ativação do iliocostal lombar ($p=0,016$) e menor ativação do oblíquo interno ($p=0,031$). **Conclusão:** Uma sessão do método Pilates foi capaz de alterar o padrão de recrutamento dos músculos do tronco em indivíduos com DLI.

Descritores: Fisioterapia; Eletromiografia; Dor Lombar

Abstract

Background: Pilates method is prescribed for rehabilitation of patients with non-specific low back pain (LBP). However, the effect of this training on trunk muscles activation is unknown. **Objective:** To analyze the acute effect of Pilates method on trunk muscles activation in subjects with and without LBP. **Methods:** Participated of the study 18 people, separated into two groups: group with LBP and without LBP. In the first day of data collection were recorded: personal data, anthropometrics measures and familiarization was performed. In the second day of data collection were performed the tests: test of arm elevation, Biering-Sorensen, exercises and reassessment. Electromyographic signal of internal oblique, multifidus, iliocostalis lumborum, and rectus abdominal were recorded. **Results:** The muscles iliocostalis lumborum had higher activation ($p=0,016$) during Biering-Sorensen test in LBP, while internal oblique had lower activation ($p=0,031$) after the training in LBP. **Conclusion:** A single session of Pilates method was able to generate change on trunk muscles recruitment pattern in people with LBP.

Keywords: Physical Therapy Specialty; Electromyography; Low Back Pain.

Introdução

A dor lombar pode ser definida como dor localizada entre a região inferior da margem costal e acima da prega glútea, com ou sem irradiação para os membros inferiores¹. A dor lombar é um dos problemas de saúde mais frequentes na população em geral e também é uma das principais causas de incapacidade², sendo que sua incidência é um dos motivos mais frequentes para ausência no trabalho em países industrializados³. No Brasil, no ano de 2007, a dor nas costas e transtornos na coluna vertebral foi a primeira causa de auxílio-doença e invalidez⁴.

Podemos classificar a dor lombar quanto à causa (específica ou inespecífica) e duração da dor (aguda, subaguda, crônica, recorrente). A dor lombar inespecífica, também chamada de idiopática, não apresenta um fator que justifique a ocorrência da dor⁵. Contudo, existem algumas teorias que visam explicar o aparecimento da lombalgia inespecífica. Entre essas teorias, a mais aceita se baseia na ideia de que a dor lombar inespecífica é causada por desequilíbrio entre os mecanismos que estabilizam a coluna⁶.

Estudos prévios demonstraram que o aparecimento de dor lombar também está relacionado à redução da capacidade de resistência à fadiga dos músculos extensores do tronco e, também, à ineficiência do recrutamento muscular dos estabilizadores profundos do tronco, que é compensada por uma redistribuição da ativação muscular para os músculos superficiais⁷. Nesse sentido, a análise eletromiográfica (EMG) dos músculos do tronco durante o teste de Biering-Sorensen pode fornecer informações importantes acerca do comportamento da musculatura extensora⁸.

Além disto, estudos realizados por Hodges e Richardson (1996 e 1999)^{9,10} demonstraram que indivíduos sem dor lombar ao realizar um movimento rápido de flexão de ombro, que gera uma perturbação postural, têm uma ativação precoce e de intensidade maior dos músculos transversos abdominal e oblíquo

interno em comparação a indivíduos com dor lombar inespecífica. Esses achados sugerem que indivíduos com dor lombar apresentam alterações no recrutamento muscular que resultam em uma estabilização muscular ineficiente da coluna vertebral.

Nesse sentido, o treinamento com exercícios que visam o recrutamento isolado ou combinado dos músculos estabilizadores do tronco para a prevenção e tratamento das dores lombares inespecíficas é indicado por recomendações clínicas para o subgrupo de pacientes com dor lombar inespecífica, uma vez que a instabilidade de origem está disfuncionada^{11,12}.

Um dos métodos de exercícios de estabilização segmentar lombo-pélvica que é amplamente utilizado por fisioterapeutas é o método Pilates. Esse método de exercícios possui como objetivos a automatização de padrões de recrutamento muscular, o melhor alinhamento postural e melhor condicionamento dos músculos do tronco, que estão relacionados com a manutenção da estabilidade da região lombar¹³.

O método Pilates possui seis princípios fundamentais, que são imprescindíveis durante a realização dos exercícios. Esses princípios são: concentração, controle, centrando, fluidez, precisão e respiração¹⁴. Além disso, a realização dos exercícios do método Pilates visa à solicitação voluntária do recrutamento dos músculos estabilizadores do tronco, com o intuito de promover uma reprogramação neuromuscular para que esse padrão de recrutamento seja transferido e automatizado para atividades funcionais diárias.

Apesar de o método Pilates ser cada vez mais prescrito na prática clínica para reabilitação de pacientes com dor lombar inespecífica, o efeito deste tipo de treinamento para alterações do recrutamento muscular ainda não está bem esclarecido¹⁵. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito agudo dos exercícios do método Pilates na ativação dos músculos do tronco em indivíduos com e sem dor lombar inespecífica.

Material e métodos

Desenho Experimental e Amostra

O presente estudo trata-se de um estudo transversal caso controle. A amostra simples aleatória foi composta por 18 indivíduos de ambos os sexos, na faixa etária de 18 a 25 anos, recrutados em uma população universitária, que foram separados em dois grupos: grupo sem DLI (GSL, $n = 9$), composto por indivíduos sem dor lombar; e grupo com DLI (GDL, $n = 9$), formado por indivíduos com dor lombar crônica inespecífica (Tabela 1). O tamanho amostral foi determinado a partir de dados de média e desvio-padrão obtidos em um estudo piloto ($n = 5$ voluntários em cada grupo), calculado por meio do programa G*Power 3.0, sendo considerada a variável de desfecho a ativação do músculo oblíquo interno do GDL durante o teste de elevação do ombro. Nesse sentido, de acordo com o cálculo amostral o número de participantes no estudo deveria ser $n = 7$, em cada grupo, considerando poder = 0,97, tamanho do efeito = 1,56 e erro $\alpha = 0,05$ (tamanho do efeito e poder calculados pelo *software* G*Power 3.0). O presente estudo foi aprovado em Comitê de Ética em Pesquisa local (processo nº 1115/2014) e todos os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Tabela 1: Média e desvio padrão dos dados pessoais e antropométricos.

Variável	Grupo com Dor Lombar (n = 9)	Grupo sem Dor Lombar (n = 9)	P
Idade (anos)	20,56 ± 1,58	20,11 ± 1,28	0,53
Massa corporal (kg)	63,07 ± 12,28	58,33 ± 8,39	0,36
Altura (m)	1,66 ± 0,06	1,65 ± 0,09	0,95
Índice de Massa Corporal (kg·m ⁻²)	22,88 ± 3,63	21,46 ± 2,25	0,28
Pontuação Roland Morris	1,67 ± 1,93	-	-
Escala Visual Analógica de Dor	1,33 ± 1,5	-	-

Para participar do estudo os indivíduos deveriam atender os seguintes critérios de elegibilidade: idade entre 18-25 anos; ausência de restrição para realizar o movimento de flexão de ombro, do lado dominante; índice de massa corporal < 30 kg·m⁻²; ausência de deformidades vertebrais; histórico negativo de cirurgia lombar, de doença neuromuscular ou articular; déficit cognitivo; gestação atual ou parto que tenha ocorrido nos 6 meses prévios ao estudo; presença de outra doença dolorosa crônica; incapacidade de reproduzir os exercícios propostos; e não poderiam apresentar experiência prévia na prática dos exercícios do Método Pilates. Para participar do GDL os indivíduos deveriam apresentar relato de múltiplos episódios de dor lombar nos 3 meses prévios a avaliação do estudo. Para participar do GSL os indivíduos não poderiam apresentar relato de dor lombar nos 12 meses prévios ao estudo.

Procedimentos

O procedimento de coleta de dados foi realizado em dois dias consecutivos, separados por um intervalo de 24 a 36 horas. No primeiro dia, os participantes foram avaliados por meio de uma ficha de avaliação individual, na qual foram coletados os dados antropométricos, a medida das dobras cutâneas (tricipital, supra ilíaca, abdominal e da coxa), a Escala Visual Analógica Contínua e a dominância manual. Os indivíduos do GDL responderam ao Questionário de Incapacidade *Roland Morris* para avaliar a incapacidade funcional dos participantes para realizar atividades de vida diária. Este questionário é constituído por 24 afirmações e os participantes devem assinalar somente aquelas que correspondem à sua condição atual. Os resultados podem variar entre 0 a 24, sendo que zero corresponde à ausência de incapacidade e 24 a uma incapacidade severa causada pela dor lombar.

Posteriormente, foi realizada a familiarização com o protocolo de exercícios do Método Pilates. Todos os participantes foram orientados

a não treinarem os exercícios fora do ambiente de coleta, para que os resultados fossem decorrentes somente do protocolo de intervenção.

No segundo dia, foram realizados o teste de elevação do braço, a contração isométrica voluntária máxima (CIVM), o teste de Biering-Sorensen, o protocolo de exercícios do Método Pilates e, após repouso de 10 minutos, foram realizados, novamente, os testes de elevação do braço e de Biering-Sorensen.

Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM)

Foram efetuados dois testes em posições diferentes (para flexores e extensores do tronco) e cada teste foi executado três vezes, com manutenção da contração por 5 segundos¹⁶. Nos testes de flexão e extensão de tronco, os membros inferiores foram fixados por cintos e o avaliador aplicou resistência contra o movimento executado pelo participante. Abaixo seguem as descrições das posturas em que a ativação muscular foi coletada¹⁷:

- Flexão de tronco superior: o participante iniciou o teste sentado com os membros inferiores semi-fletidos. Foi solicitado ao participante que tentasse flexionar o tronco superior no plano sagital, enquanto uma resistência foi aplicada contra o tórax do participante.
- Extensão do tronco: na posição de decúbito ventral, a pelve e os membros inferiores foram fixados por cintos sobre uma maca de avaliação. Ao iniciar o teste, o participante cruzou os membros superiores em frente ao tórax e estendeu o tronco no plano sagital, realizando simultaneamente a retração das escápulas (posição do teste de Biering-Sorensen). A resistência manual foi aplicada pelo avaliador contra as escápulas do participante.

Antes da coleta de dados, os avaliadores orientaram os participantes a executarem cor-

retamente os testes e foi permitido aos participantes se familiarizarem com os testes para que atingissem o desempenho adequado. As tentativas em que ocorreu movimento foram repetidas para garantir uma contração isométrica. Para evitar a fadiga muscular, um intervalo de repouso de 1-2 minutos foi permitido entre os testes¹⁵.

Teste de Biering-Sorensen

Os participantes foram posicionados deitados em decúbito ventral sobre uma maca de avaliação, com a borda superior da crista ilíaca posicionada no limite superior da maca e o tronco apoiado sobre uma superfície removível. A pelve e os membros inferiores foram fixados por meio de cintos que foram presos nas regiões médias do glúteo máximo, bíceps femoral e gastrocnêmio e sobre os joelhos e tornozelos⁷. Almofadas foram utilizadas sob os cintos para proporcionar melhor conforto e estabilidade. Ao iniciar o teste, o apoio foi removido e o tronco permaneceu suspenso. Com os membros superiores cruzados a frente do tórax, foi solicitada aos participantes a realização da amplitude máxima confortável de extensão do tronco e, posterior manutenção do movimento por meio da contração isométrica dos extensores do tronco¹⁸. O tempo foi registrado por um cronômetro e o teste foi encerrado quando os participantes atingiram a exaustão.

Teste de Elevação do Braço

O teste de elevação de braço foi executado com a flexão do ombro do membro superior dominante. Neste teste foram realizados cinco movimentos de flexão de ombro a partir da posição vertical relaxada, com os membros superiores ao lado do corpo, até atingir o arco de 180° com extensão completa de cotovelo. Os indivíduos foram orientados para que realizassem o movimento o mais rápido possível, priorizando a velocidade do movimento ao invés da precisão. Nesse sentido, a velocidade não foi controlada por dispositivo, pois a restrição comportamental

imposta por este poderia produzir uma variação da sequência temporal da contração dos músculos posturais. O movimento foi iniciado após o comando auditivo, com variações aleatórias de 0,5 a 4 s para evitar uma pré-ativação voluntária. Além disso, previamente à avaliação, o movimento foi demonstrado pelo avaliador e houve uma familiarização do teste com a execução de cinco repetições do movimento. As tentativas foram executadas até completarem os cinco movimentos adequadamente^{10,19}.

Protocolo de Exercícios

Três exercícios do Método Pilates (*Hundreds* nível I, *One Leg Stretch* nível I e *One Leg Circle* nível I) que trabalham a cadeia muscular primária foram realizados. Durante os exercícios foi enfatizada a execução dos princípios do Método Pilates.

O protocolo de exercícios foi aplicado por dois fisioterapeutas com formação e experiência na área e cada sessão de treinamento teve duração de aproximadamente 30 minutos. Foi realizado repouso de 1-2 minutos entre as séries do *Hundreds* nível I e entre os demais exercícios. Todos os exercícios foram realizados no solo, sobre um colchonete. A posição inicial, comum aos três exercícios propostos, foi: participante em decúbito dorsal, com os membros inferiores semi-fletidos, pés apoiados no colchonete e membros superiores estendidos ao lado do corpo.

- *Hundreds* nível I: o participante realizou movimentos rápidos de flexão e extensão de ombros em pequena amplitude. Foram realizadas 4 séries de 25 repetições, totalizando 100 repetições.
- *One Leg Stretch* nível I: o participante realizou a extensão completa de joelho unilateral, deslizando o calcanhar sobre o colchonete, e flexionou-o novamente até à posição inicial. Foram realizadas 15 repetições com cada membro, de maneira alternada, totalizando 30 repetições.

- *One Leg Circle* nível I: o participante realizou semiflexão unilateral de quadril e joelho, mantendo ambas as articulações em 90° de flexão, e realizou a circundação do quadril no sentido horário e anti-horário. Foram realizadas 10 repetições em cada sentido, com ambos os membros inferiores, totalizando 40 repetições.

Eletromiografia

Os sinais eletromiográficos de superfície dos músculos oblíquo interno, multifidos, iliocostal lombar e fibras superiores do reto abdominal foram coletados durante a CIVM e o teste de Biering-Sorensen. Para o teste de flexão de ombro, foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos oblíquo interno, multifidos, iliocostal lombar e deltóide anterior (DA), conforme a dominância manual.

Eletrodos circulares de superfície de Ag/AgCl com área de 1 cm² e distância inter-eletrodo de 2 cm foram posicionados sobre os músculos: oblíquo interno, 2 cm inferior e medial às espinhas ilíacas ântero-superiores¹⁹; fibras superiores do reto abdominal, 3 cm acima do umbigo e 2 cm laterais à linha média²⁰; multifidos, ao nível do processo espinhoso de L5, sobre a linha formada pela espinha ilíaca pósterio-superior (EIPS) e o espaço intervertebral de L1 e L2 (ou seja, de 2 a 3 cm de distância da linha média); iliocostal lombar, a um dedo de largura medial e paralelo à linha formada pela EIPS e o ponto mais inferior da 12ª costela, ao nível do processo espinhoso de L2; e deltoide anterior, a um dedo distal e anterior ao acrômio.

A pele foi previamente preparada, por meio da raspagem dos pelos e aplicação de álcool, sobre a pele limpa, com uso de uma gaze, para reduzir a impedância da pele abaixo de 5 Ω²¹.

Foi utilizado o aparelho de eletromiografia (EMG System do Brasil®, São José dos Campos, Brasil). A frequência de amostragem foi de 2000 Hz com um ganho total de 2000 vezes (20 no sensor e 100 no equipamento).

Análise dos Dados

Os sinais EMG foram processados em rotinas específicas desenvolvidas em ambiente Matlab (Mathworks.inc). O sinal foi filtrado por meio de um filtro passa banda de 20-500 Hz. A análise do sinal EMG foi realizada no domínio do tempo, por meio do valor de *Root Mean Square* (RMS), e no domínio da frequência, por meios da frequência mediana (FM), utilizando para o cálculo a Transformada Rápida de *Fourier*. Para o cálculo do RMS e da FM foram utilizadas janelas móveis de 0,5 segundo com *overlap* de 0,125 s. Os valores de RMS foram normalizados pelo valor médio da CIVM de cada músculo. Para determinação do comportamento do RMS e da FM ao longo do tempo foi considerado os valores de *slope* destas variáveis para os músculos extensores do tronco durante o teste de Biering-Sorensen e considerado o RMS normalizado. Para o teste de elevação do braço foi calculado a média do RMS normalizado das cinco tentativas.

Análise Estatística

Para a análise estatística foi utilizado a média e desvio padrão para análise descritiva, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e após a determinação da distribuição normal dos dados foi utilizado o teste t-student para amostras pareadas, para comparação intra-grupo (antes e depois do protocolo de exercícios) e t-student para amostras independentes, para comparação inter-grupos. Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Intra-grupos

Analisando o teste de Biering-Sorensen, foi encontrada diferença significativa no slope do RMS do músculo iliocostal lombar direito no GDL ($p=0,016$) que sofreu um aumento de 45,41% no slope do RMS após o treinamento em relação à avaliação pré-treino (Figura 1).

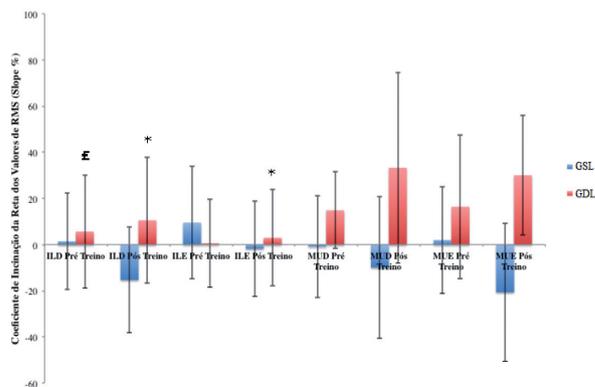


Figura 1: Valores de *Slope* (coeficiente de inclinação da reta) do RMS dos músculos extensores do tronco durante o teste de Biering-Sorensen

ILD = iliocostal lombar direito, ILE = iliocostal lombar esquerdo, MUD = multifido direito, MUE = multifido esquerdo, GSL = grupo sem dor lombar, GDL = grupo com dor lombar. * $p < 0,05$ na comparação inter-grupos e ϵ $p < 0,05$ comparação intra-grupos.

Já para o teste de Elevação do Braço, houve diferença significativa apenas para a ativação do músculo oblíquo interno direito no GDL ($p=0,031$) que apresentou redução de 20,34% na ativação eletromiográfica após o protocolo de exercícios (Figura 2).

Para a ativação eletromiográfica dos músculos do tronco durante o teste de Biering-Sorensen não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 2).

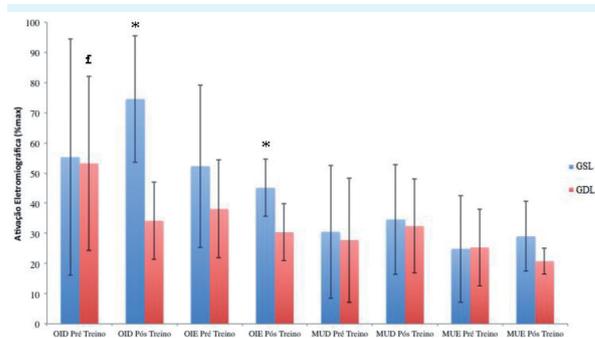


Figura 2: Ativação eletromiográfica dos músculos estabilizadores do tronco durante o teste de elevação do braço

OID = oblíquo interno direito, OIE = oblíquo interno esquerdo, MUD = multifido direito, MUE = multifido esquerdo, GSL = grupo sem dor lombar, GDL = grupo com dor lombar. * $p < 0,05$ na comparação inter-grupos e ϵ $p < 0,05$ comparação intra-grupos.

Tabela 2: Média e desvio padrão da ativação eletromiográfica (% máx) durante o teste de Biering-Sorensen

	Grupo com Dor Lombar (n = 9)	Grupo sem Dor Lombar (n = 9)	P
OID Pré Treino	43,94 ± 36,46	32,41 ± 33,38	0,45
OID Pós Treino	45,07 ± 30,45	27,96 ± 23,16	0,05
P	0,31	0,85	
RAD Pré Treino	29,24 ± 23,14	29,93 ± 27,33	0,95
RAD Pós Treino	26,4 ± 18,22	24,42 ± 23,71	0,86
P	0,43	0,5	
MUD Pré Treino	77,65 ± 16,86	75,73 ± 22,33	0,86
MUD Pós Treino	87,87 ± 21,05	88,35 ± 33,08	0,96
P	0,14	0,14	
ILD Pré Treino	61,57 ± 17,09	76,2 ± 33,89	0,17
ILD Pós Treino	62,89 ± 25,19	74,91 ± 29,22	0,21
P	0,86	0,75	
OIE Pré Treino	34,71 ± 27,35	34,94 ± 27,58	0,98
OIE Pós Treino	31,6 ± 21,66	27,91 ± 15,74	0,61
P	0,59	0,16	
MUE Pré Treino	105,16 ± 52,89	101,01 ± 57,49	0,74
MUE Pós Treino	93,27 ± 23,83	100,23 ± 47,97	0,73
P	0,57	0,89	
RAE Pré Treino	46,85 ± 78,16	27,68 ± 37,26	0,52
RAE Pós Treino	22,93 ± 14,98	19,1 ± 22,92	0,69
P	0,32	0,12	
ILE Pré Treino	67,72 ± 19,83	77,01 ± 39,41	0,45
ILE Pós Treino	69,93 ± 18,27	74,21 ± 31,08	0,62
P	0,49	0,47	

OID = Oblíquo interno direito; OIE = Oblíquo interno esquerdo; RAD = Reto abdominal direito; RAE = Reto abdominal esquerdo; MUD = Multifídeo direito; MUE = Multifídeo esquerdo; ILD = Iliocostal lombar direito; ILE = Iliocostal lombar esquerdo.

Inter-grupos

Foram encontradas diferenças significativas no slope do RMS dos músculos iliocostal lombar direito e esquerdo ($p=0,013$ e $p=0,045$) após o treinamento, sendo, respectivamente, 74,8% e 88,05% maior no GDL durante a condição pré-treino em relação ao GSL. Não houve diferença significativa para a ativação eletromiográfica dos músculos do tronco durante esse mesmo teste (Tabela 3).

Tabela 3: Slope da frequência mediana durante o teste de Biering-Sorensen

	Grupo com Dor Lombar (n = 9)	Grupo sem Dor Lombar (n = 9)	P
MUD Pré Treino	-35,95 ± 17,5	-57,34 ± 32,8	0,47
MUD Pós Treino	-45,47 ± 20,04	-55,32 ± 32,02	0,94
P	0,42	0,57	
ILD Pré Treino	-26,68 ± 25,01	-37,72 ± 21,5	0,19
ILD Pós Treino	-34,06 ± 8,6	-33,69 ± 11,23	0,66
P	0,05	0,66	
MUE Pré Treino	-35,77 ± 20,48	-41,99 ± 21,85	0,66
MUE Pós Treino	-44,74 ± 14,77	-36,33 ± 19,15	0,46
P	0,27	0,19	
ILE Pré Treino	-27,16 ± 9,8	-29,16 ± 15,7	0,79
ILE Pós Treino	-29,6 ± 12,6	-14,6 ± 13,9	0,06
P	0,67	0,14	

MUD = Multifídeo direito; MUE = Multifídeo esquerdo; ILD = Iliocostal lombar direito; ILE = Iliocostal lombar esquerdo.

Para a ativação eletromiográfica durante o teste de Elevação do Braço foram encontradas diferenças significativas para os músculos oblíquo interno direito ($p=0,002$) e esquerdo ($p=0,006$) na avaliação pós-treino, sendo que os valores foram, respectivamente, 54,17% e 32,7% maiores para o grupo GDL em relação ao GSL (Figura 2).

Discussão

O principal achado do presente estudo foi que, para os músculos iliocostal lombar e oblíquo interno, uma sessão de exercícios do Método Pilates possivelmente foi capaz de alterar o padrão de recrutamento muscular durante os testes de Biering-Sorensen e de elevação do braço no GDL. De acordo com nossos resultados o músculo iliocostal lombar apresentou aumento do recrutamento muscular ao longo do teste de Biering-Sorensen após o treinamento no GDL, o que pode evidenciar maior ocorrência de fadiga neste músculo. Já a menor ativação do músculo oblíquo interno após o treinamento no GDL pode demonstrar que o protocolo de exercícios do Método Pilates teria levado a fadiga deste músculo, o que poderia explicar a menor ativação durante o teste que exige recrutamento para estabilização.

O teste de Biering-Sorensen avalia a capacidade de resistência dos músculos eretores da espinha. Estudos progressivos mostraram que indivíduos com dor lombar apresentam um desempenho inferior neste teste, o que representa maior fadiga muscular localizada dos eretores da espinha (EE) quando comparados aos indivíduos sem dor lombar⁷.

Segundo NG et al. (1997), durante o teste de Biering-Sorensen, em sujeitos saudáveis os músculos multífidos são mais ativados do que os iliocostais lombares. Porém, em pacientes com dor lombar crônica inespecífica ocorre uma inabilidade na ativação dos músculos multífidos e transversos do abdômen, que são estabilizadores da coluna, o que pode gerar transferência de ativação para os músculos globais, tais como reto abdominal, iliocostal lombar e grande dorsal, como estratégia do sistema neural em manter a estabilidade²².

O uso da eletromiografia de superfície durante o teste de Biering-Sorensen pode corroborar para a identificação da fadiga muscular por meio de dois índices: a frequência mediana (FM) e o *Root Mean Square* (RMS).

A taxa de queda da FM, nomeada de *slope* da FM, é o principal índice eletromiográfico de fadiga muscular encontrado pelos estudos^{8, 18, 23}. Quanto mais negativo *slope* da FM, com maiores valores de FM inicial e menores valores de FM final, maior é a fadiga dos músculos estudados. Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças significativas quanto ao declínio do *slope* da FM.

Já para o *slope* do RMS encontramos diferença significativa na comparação antes e depois do treinamento e entre GDL e GSL. O RMS representa a amplitude do sinal eletromiográfico, indicando com o seu aumento, um recrutamento adicional do número de unidades motoras e uma maior frequência de disparo das mesmas para conseguir sustentar a tarefa até se aproximar do tempo de falência mecânica⁸. Quanto maior o *slope* positivo do RMS, maior poderia ser a fadiga muscular.

Segundo Hodges e Richardson (1999), antes do início da movimentação dos membros há uma ativação prévia do músculo transversos do abdômen, sendo este um músculo fundamental para a estabilização da coluna¹⁰.

À medida que há uma instabilidade do tronco, os músculos abdominais profundos aumentam a sua atividade para compensar a redução da estabilidade. Esse recrutamento muscular é esperado para todos os indivíduos, porém em indivíduos com dor lombar essa amplitude de resposta muscular é menor e com tempo de latência maior²⁴.

Visto isso, o teste de perturbação postural tem como objetivo provocar uma instabilidade do tronco, através do movimento de flexão do ombro, e analisar, junto com a eletromiografia, a resposta de recrutamento dos músculos profundos do tronco frente à perturbação. Essas perturbações provocadas pelo movimento do membro superior geram uma resposta pré-programa dos músculos do tronco, definida como *feedforward* ou ajustes posturais antecipatórios. Esta é uma estratégia do sistema nervoso central para que a coluna esteja preparada para manter a estabilidade frente à uma perturbação⁹.

Alguns estudos mostraram que sujeitos sem dor lombar possuem o *feedforward* dos músculos transverso do abdômen e oblíquo interno previamente à perturbação postural gerada pela flexão do membro superior, enquanto os sujeitos com dor lombar apresentam atrasos significativos na ativação destes músculos durante a mesma tarefa^{9, 10, 25, 26}. Em nossos achados o treinamento com exercícios do Método Pilates parece produzir respostas agudas no controle do recrutamento do oblíquo interno, o que pode estar relacionado ao recrutamento desse músculo durante os exercícios, embora não tenha sido analisado o tempo de resposta dos músculos do tronco no presente estudo.

Limitações

O presente estudo apresenta algumas limitações quanto ao método de avaliação e à análise estatística. Em relação aos testes de Biering-Sorensen e de elevação do braço, embora sejam amplamente utilizados em estudo progressos, estes testes são estáticos e limitam a extrapolação dos nossos achados para o entendimento da transferência da aprendizagem do treinamento do método Pilates para atividades de vida diária. Quanto a análise estatística, a utilização do teste *t-Student* pode ter incluído erro tipo I na análise. Dessa forma, sugere-se que futuras investigações incluam testes dinâmicos para análise da ativação muscular, bem como, amostras maiores para a utilização de estatísticas robustas para análise de medidas repetidas.

Conclusão

Uma sessão de treinamento com exercícios do Método Pilates possivelmente foi capaz de gerar alterações no padrão de recrutamento dos músculos do tronco em indivíduos com dor lombar inespecífica durante o teste de Biering-Sorensen. As alterações encontradas após o treinamento no GDL foram redução da ativação do músculo oblíquo interno durante o teste

de elevação do braço, que avalia a estabilização lombo-pélvica frente a uma perturbação externa e aumento da ativação ao longo do tempo do músculo iliocostal lombar, o que pode evidenciar maior fadiga desta musculatura.

Agradecimentos

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que tornou possível a realização desse estudo (processo nº 2014/10445-2).

Referências

1. Lizier DT, Perez MV, Sakata RK. Exercícios para Tratamento de Lombalgia Inespecífica. *Rev Bras Anesthesiol*. 2012; 62(6):842-6.
2. Ferreira CB, Aidar FJ, Novaes GS, Vianna JM, Carneiro AL, Menezes LS. O método Pilates sobre a resistência muscular localizada em mulheres adultas. *Motricidade*. 2007; 3(4):76-81.
3. Van Der Roer N, Van Tulder MW, Barendse JM, Vas Mechelen W, Franken WK, Ooms AC, et al. Cost-effectiveness of an intensive group training protocol compared to physiotherapy guideline care for sub-acute and chronic low back pain: design of a randomised controlled trial with an economic evaluation. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2004; 5:45-51.
4. Meziat Filho N, Silva GA. Invalidez por dor nas costas entre segurados da Previdência Social do Brasil. *Rev Saúde Públ*. 2011; 45(3):494-502.
5. Rached RDVA, Rosa CDP, Alfieri FM, Amaro SMC, Nogueira B, Dotta L, et al. Lombalgia inespecífica crônica: reabilitação. *Rev Assoc Med Bras*. 2013; 59(6):536-53.
6. Volpato CP, Fernandes SW, Carvalho NAA, Freitas DG. Exercícios de estabilização segmentar lombar na lombalgia: revisão sistemática da literatura. *Arq Med Hosp Fac de Cienc Med Santa Casa São Paulo*. 2012; 57(1):35-40.
7. Tsuboi T, Satou T, Egawa K, Izumi Y, Miyazaki M. Spectral analysis of electromyogram in lumbar muscles: fatigue induced endurance contraction. *Eur J of Appl Physiol Occup Physiol*. 1994; 69(4):361-66.



8. Richarson CA, Ng JKF, Jull GA. Eletromyographic Amplitude and Frequency Changes in the Iliocostalis Lumborum and Multifidus Muscles During a Trunk Holding Test. *Phys Ther.* 1997; 77(9):954-61.
9. Hodges P, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine.* 1996; 21(22):2640-50.
10. Hodges P, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999; 80(9):1005-12.
11. Franca FJR, Burke TN, Claret DC, Marques AP. Estabilização segmentar da coluna lombar nas lombalgias: uma revisão bibliográfica e um programa de exercícios. *Fisioter Pesqui.* 2008; 15(2):200-06.
12. Delitto A, George SZ, Van Dillen LR, Whitman JM, Sowa G, Shekelle P, et al. Low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012; 42(4):A1-57.
13. Bryan M, Hawson S. The benefits of Pilates in orthopaedic rehabilitation. *Tech Orthop.* 2003; 18(1):126-129.
14. Latey P. The Pilates Method: history and philosophy. *J Bodyw Mov Ther.* 2001; 5(4):275-282.
15. Patti A, Bianco A, Paoli A, Messina G, Montalto MA, Bellafiore M, et al. Effects of Pilates exercise programs in people with chronic low back pain: a systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2015; 94(4): 383.
16. Marés G, De Oliveira KB, Piazza MC, Preis C, Bertassoni LN. A importância da estabilização central no método Pilates: uma revisão sistemática. *Fisioter mov.* 2012; 25(2):445-51.
17. Vera- Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM. MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010; 20(1):10-6.
18. Candotti CT, Loss JF, Pressi AMS, Castro FAS, Torre ML, Melo MO, et al. Electromyography for assessment of pain in low back muscles. *Phys Ther.* 2008; 88 (9):1061-67.
19. Massé-Alarie H, Flamand VH, Moffet H, Schneider C. Corticomotor control of deep abdominal muscles in chronic low back pain and anticipatory postural adjustments. *Exp Brain Res.* 2012; 218(1):99-109.
20. Clark KM, Holt LE, Sinyard J. Electromyographic comparison of the upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(3):475-483.
21. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Rau G, Disselhorst-Klug C, Stegeman DF, et al. Recommendations for sensor locations on individual muscles. *Seniam.* Disponível em: < <http://www.seniam.org> >. Acesso em: 20 set. 2013.
22. O'Sullivan PB, Twomey L, Allison GT. Abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998; 27(2):114-24.
23. Beneck GJ, Baker LL, Kulig K. Spectral analysis of EMG using intramuscular electrodes reveals non linear fatigability characteristics in persons with chronic low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013; 23(1):70-7.
24. Rasouli O, Arab AM, Amiri M, Jaberzadeh S. Ultrasound measurement of deep abdominal muscle activity in sitting positions with different stability levels in subjects with and without chronic low back pain. *Ma Ther.* 2011; 16(4):388-93.
25. Hall L, Tsao H, Macdonald D, Coppieters M, Hodges PW. Immediate effects of co-contraction training on motor control of the trunk muscles in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009; 19(5):763-77.
26. Hodges PW. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Man Ther.* 1999; 4(2):71-86.