

Efeito imediato de uma sessão de treinamento do método Pilates sobre o padrão de cocontração dos músculos estabilizadores do tronco em indivíduos com e sem dor lombar crônica inespecífica

Immediate effect of a Pilates method exercise session on the co-contraction pattern of the trunk stabilizing muscles in individuals with and without nonspecific chronic low back pain

Efecto inmediato de una sesión de entrenamiento del método Pilates sobre el estándar de cocontracción de los músculos estabilizadores del tronco en individuos con y sin dolor lumbar crónico inespecífico

Aline Prieto de Barros Silveira¹, Laura Zanforlin Nagel², Dayane Dias Pereira², Ângela Kazue Morita³, Deborah Hebling Spinoso⁴, Marcelo Tavella Navega⁵, Nise Ribeiro Marques⁶

RESUMO | Este estudo teve por objetivo analisar o efeito imediato de uma sessão de exercícios do método Pilates sobre o padrão de cocontração (agonista/antagonista) dos músculos superficiais (iliocostal lombar e reto abdominal) e profundos (oblíquo interno e multifido) do tronco em indivíduos com e sem dor lombar durante teste de resistência muscular localizada. Participaram do estudo sujeitos adultos, de ambos os sexos, com idade entre 19 e 59 anos, separados em dois grupos: grupo com dor lombar (n=9) e grupo sem dor lombar (n=9). Foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos: oblíquo interno (OI), multifido lombar (MU), iliocostal lombar (IL) e reto abdominal (RA), durante as contrações isométricas voluntárias máximas e o teste de Biering-Sorensen antes e após a realização do protocolo de exercícios do método Pilates. Foi calculada a cocontração entre OI/MU direito e esquerdo (OI/MUd, OI/MUe) e RA/IL direito e esquerdo (RA/ILd e RA/ILe). A cocontração entre OI/MUd, OI/MUe, RA/ILd e RA/ILe foi, respectivamente, 41,4, 32,4, 56 e 31,2% maior no grupo com dor lombar ($p < 0,001$ e

$p = 0,003$, $p = 0,004$ e $p = 0,01$). A condição inicial apresentou cocontração antagonista 26,3 e 43,4% maior entre OI/MUd ($p = 0,023$, $p = 0,03$). Uma sessão de treinamento com exercícios do método Pilates foi capaz de reduzir a cocontração entre os músculos do tronco (em indivíduos com e sem dor lombar inespecífica).

Descritores | Técnicas de Exercício e de Movimento; Eletromiografia; Dor Lombar.

ABSTRACT | This study aimed to analyze the immediate effect of a Pilates method exercise session on the co-contraction pattern (agonist/antagonist) of the superficial (iliocostalis lumborum and rectus abdominis) and deep (internal oblique and multifidus) muscles of the trunk in individuals with and without low back pain during local muscle endurance test. Participated in the study adult subjects of both gender, aged between 19 and 59 years, separated into two groups: the group with low back pain (n=9) and the group without low back pain (n=9). Electromyographic signals of the following muscles were

¹Mestranda pelo Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Rio Claro (SP), Brasil.

²Graduada em Fisioterapia pelo Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Marília (SP), Brasil.

³Fisioterapeuta, mestra pelo Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Rio Claro (SP), Brasil.

⁴Fisioterapeuta, doutora pelo Programa de Desenvolvimento Humano e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Rio Claro (SP), Brasil.

⁵Professor do Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Marília (SP), Brasil.

⁶Professora do Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Sagrado Coração (USC) – Bauru (SP), Brasil.

collected: internal oblique (IO), multifidus lumborum (MU), iliocostalis lumborum (IL) and rectus abdominis (RA), during maximal voluntary isometric contractions and Biering-Sorensen test, before and after the exercise protocol performance of the Pilates method. The co-contractions between IO/MU right and left (IO/MUr, IO/MUl) and RA/IL right and left (RA/ILr and RA/ILl) were calculated. The co-contraction between IO/MUr, IO/MUl, RA/ILr and RA/ILl was respectively 41.4, 32.4, 56 and 31.2% higher in the group with low back pain ($p < 0.001$ and $p = 0.003$, $p = 0.004$ and $p = 0.01$). The initial condition presented antagonist co-contraction 26.3 and 43.4% higher between IO/MUr ($p = 0.023$, $p = 0.03$). A training session with Pilates method exercises was able to reduce co-contraction between the trunk muscles (in individuals with and without nonspecific low back pain).

Keywords | Exercise and Movement Techniques; Electromyography; Low Back Pain.

RESUMEN | Este estudio tuvo por objetivo analizar el efecto inmediato de una sesión de ejercicios del método Pilates sobre el estándar de cocontracción (agonista/antagonista) de los músculos superficiales (iliocostal lumbar y recto abdominal) y profundos (oblicuo interno y multifido) del tronco en individuos

con y sin dolor lumbar durante la prueba de resistencia muscular localizada. Participaron del estudio sujetos adultos, de ambos sexos, con edad entre 19 y 59 años, divididos en dos grupos: el grupo con dolor lumbar ($n = 9$) y el grupo sin dolor lumbar ($n = 9$). Fueron recogidas las señales electromiográficas de los músculos: oblicuo interno (OI), multifido lumbar (MU), iliocostal lumbar (IL) y recto abdominal (RA), durante las contracciones isométricas voluntarias máximas y la prueba de *Biering-Sorensen* antes y después de la realización del protocolo de ejercicios del método Pilates. Fue calculada la cocontracción entre OI/MU derecho e izquierdo (OI/MUd, OI/MUl) y RA/IL derecho e izquierdo (RA/ILd y RA/ILl). La cocontracción entre OI/MUd, OI/MUl, RA/ILd y RA/ILl fue, respectivamente, el 41,4, el 32,4, el 56 y el 31,2% más grande en el grupo con dolor lumbar ($p < 0,001$ y $p = 0,003$, $p = 0,004$ y $p = 0,01$). La condición inicial presentó cocontracción antagonista el 26,3 y el 43,4% más grande entre OI/MUd ($p = 0,023$, $p = 0,03$). Una sesión de entrenamiento con ejercicios del método Pilates fue capaz de reducir la cocontracción entre los músculos del tronco (en individuos con y sin dolor lumbar inespecífico).

Palabras clave | Técnicas de Ejercicio y de Movimiento; Electromiografía; Dolor Lumbar.

INTRODUÇÃO

A dor lombar é uma disfunção musculoesquelética de alta incidência¹ e de natureza multifatorial^{2,3}. Essa disfunção atinge aproximadamente 80% da população ocidental pelo menos uma vez ao longo da vida e 5-15% dos casos se tornam crônicos⁴. A dor lombar crônica inespecífica é definida como dor e disfunção persistente por mais de três meses sem causa clara e específica⁵ e corresponde a mais de 85% dos casos de dor lombar⁶.

No sistema musculoesquelético, especificamente na coluna lombar, a ação conjunta e integrada de três subsistemas é o fator exigido na manutenção da estabilidade dessa região. Esses três subsistemas, responsáveis pela estabilidade da coluna lombar, são denominados: ativo, que é composto pelos músculos e tendões da região ventral e dorsal do tronco; passivo, formado pelas estruturas articulares da coluna; e neural, constituído pelas estruturas nervosas aferentes, eferentes e os centros de controle neural⁷.

Entre os três subsistemas apresentados por Panjabi⁷, pesquisas apontam que sujeitos com dor lombar crônica inespecífica apresentam alterações, principalmente nos subsistemas ativo e neural, uma vez que estes

proporcionam estabilidade tanto em condições estáticas como dinâmicas^{3,8}. Na condição estática, a manutenção da estabilidade ocorre por meio da cocontração dos músculos abdominais e paravertebrais (multífidos e obliquo interno/transverso do abdômen), o que aumenta o *stiffness* intervertebral. Contudo, o aumento da cocontração entre os músculos superficiais (iliocostal/reto abdominal) pode representar uma estratégia compensatória à dor lombar e que acarreta em instabilidade segmentar, sendo um padrão observado em indivíduos com dor lombar crônica⁹.

Atualmente, os exercícios denominados estabilização segmentar lombo-pélvica são indicados na fisioterapia para a prevenção e reabilitação da dor lombar de origem desconhecida¹⁰. Os exercícios de estabilização segmentar lombo-pélvica são caracterizados por isometria, baixa intensidade e ativação sincronizada dos músculos profundos do tronco. Entre os exercícios de estabilização segmentar lombo-pélvica, estão os do método Pilates, que possuem como objetivo a automatização de padrões de recrutamento muscular, bem como a melhora do condicionamento dos músculos do tronco, diretamente relacionados com a manutenção da estabilidade da região lombar¹¹.

O método Pilates possui oito princípios, imprescindíveis para a prática dos exercícios: a concentração, o centrando, a respiração, o controle, a precisão, a fluidez, o isolamento integrado e a rotina. O centrando destaca-se entre os princípios desse método, e refere-se à manutenção da contração isométrica dos músculos estabilizadores da coluna (transverso abdominal, oblíquo interno e multífido)¹². A maior ativação dos músculos estabilizadores articulares e o aumento da cocontração antagonista são algumas das estratégias existentes de controle motor que buscam preservar ou manter a estabilidade de uma articulação⁹.

Tsao e Hodges¹³ demonstraram que existe efeito imediato do treinamento motor na modificação de ajustes posturais antecipatórios. Neste estudo, houve redução do tempo para *onset* do músculo transverso do abdômen após a realização dos exercícios, o que permite sugerir que a repetição da contração voluntária dos músculos estabilizadores do tronco gerou aprendizagem motora¹³. Contudo, a transferência dessa aprendizagem motora para atividades funcionais, como a sustentação isométrica de cargas pelos extensores do tronco, ainda não é conhecida.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito imediato de uma sessão de exercícios do método Pilates sobre o padrão de cocontração (agonista/antagonista) dos músculos superficiais (iliocostal lombar e reto abdominal) e profundos (oblíquo interno e multífido) do tronco em indivíduos com e sem dor lombar crônica inespecífica. Considerando os achados de Tsao e Hodges¹³ e devido às características do treinamento com exercícios do método Pilates serem semelhantes aos exercícios usados por estes autores, a hipótese inicial deste trabalho é que os exercícios com método Pilates podem promover alterações no padrão de recrutamento dos músculos estabilizadores do tronco. Dessa forma, espera-se que imediatamente após o treinamento com exercícios do método Pilates ocorra o aumento da cocontração dos músculos estabilizadores profundos do tronco (oblíquo interno/multífido) durante o teste de *Biering-Sorensen*, que exige a sustentação isométrica de cargas pelos músculos extensores do tronco.

METODOLOGIA

Amostra

Participaram do estudo 18 indivíduos adultos (19-59 anos) de ambos os sexos, que foram separados em dois grupos: grupo controle (GC), composto por

indivíduos sem dor lombar (n=9); e um grupo com dor lombar (GDL, n=9), formado por indivíduos com dor lombar crônica inespecífica. Os indivíduos de ambos os grupos foram recrutados na comunidade universitária e em lista de espera para tratamento fisioterapêutico de uma clínica-escola. As características antropométricas dos participantes são descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra

Variável	Grupo com dor lombar	Grupo sem dor Lombar	p
Idade (anos)	28,9±4,01	28,7±2,1	0,9
Massa corporal (kg)	68,7±13,9	61,1±13,1	0,2
Altura (m)	1,7±0,08	1,6±0,1	0,6
Escala visual analógica (escore)	1,3±2,2	-	-

O tamanho amostral (n=18 voluntários) foi determinado a partir de dados de média e desvio padrão obtidos em um estudo piloto (n=5 voluntários por grupo) por meio do programa *G*Power* 3.0, considerando como variável de desfecho a cocontração entre reto abdominal/iliocostal lombar no grupo com dor lombar (tamanho do efeito =0,75; poder =0,9 e $\alpha=5\%$). Este estudo foi aprovado em Comitê de Ética em Pesquisa local e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os critérios de elegibilidade para participar do GDL foram: relato de múltiplos episódios de dor lombar nos três meses prévios à avaliação do estudo, para caracterizar a presença de dor lombar crônica e condições físicas que possibilitem a realização dos testes. Em casos de presença de dor lombar no momento da avaliação, esta foi mensurada pela escala visual analógica. Foram incluídos no grupo controle indivíduos que não apresentaram dor lombar nos últimos 12 meses prévios ao estudo.

Para participar do estudo todos os indivíduos não poderiam apresentar: restrição para realizar o movimento completo de flexão de ombro, do lado dominante; obesidade ($IMC \geq 30 \text{ kg.m}^2$); deformidades vertebrais que acarretem em perda de função; histórico de cirurgia lombar; histórico de doença neuromuscular ou articular; déficit cognitivo; gestação atual ou parto que tenha ocorrido nos seis meses prévios à participação do estudo; presença de outra patologia dolorosa crônica; experiência prévia dos exercícios do método Pilates; e incapacidade de reproduzir os exercícios propostos.

Procedimentos

Realizou-se o procedimento de coleta de dados em duas visitas ao ambiente de recolha, separadas por um intervalo de 24 horas. Na primeira visita, os dados pessoais para identificação dos sujeitos foram coletados e armazenados em arquivo digital. Para garantir a confidencialidade da pesquisa, o nome de cada voluntário foi substituído por um número de identificação que consta nos documentos deste estudo. Em seguida, avaliaram-se os participantes por meio de uma ficha de avaliação para coleta dos dados antropométricos, a medida das dobras cutâneas, a anamnese, informações relacionadas à ocupação do participante e a escala visual analógica de dor. Os indivíduos selecionados para o GDL responderam ao Questionário de Incapacidade *Roland Morris* para avaliar a incapacidade funcional dos participantes com dor lombar crônica inespecífica em atividades diárias. O questionário é constituído por 24 afirmações e os participantes devem assinalar somente aquelas que correspondem à sua condição atual. Posteriormente, os voluntários foram familiarizados 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.

Na segunda visita, foram executadas as contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), o teste de *Biering-Sorensen* e o protocolo de exercícios do Método Pilates por 30 minutos. Após repouso de 10 minutos, repetiu-se o teste de *Biering-Sorensen*. A coleta de dados durante as contrações isométricas voluntárias máximas e o teste de *Biering-Sorensen* foi realizada por meio de eletromiografia (EMG).

Contração isométrica voluntária máxima

Foram efetuados dois testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) em posições diferentes e cada teste foi executado três vezes, com manutenção da contração por quatro segundos¹⁴. Seguem as descrições das posturas em que a ativação muscular foi coletada:

- Flexão de tronco superior: o participante iniciou o teste sentado em uma cadeira, com os membros inferiores semifletidos. Foi solicitado ao participante que tentasse flexionar o tronco superior no plano sagital, enquanto seu tórax esteve fixado ao encosto da cadeira por um cinto.

- Extensão do tronco: na posição de decúbito ventral, com os braços relaxados ao lado do corpo, a pelve e os membros inferiores estiveram fixados por cintos sobre uma maca de avaliação e o tronco permaneceu apoiado sobre a superfície da maca. Ao iniciar o teste, o participante realizou extensão do tronco no plano sagital. O avaliador ofereceu resistência manual contra o movimento realizado pelo participante, sendo aplicada resistência contra as escápulas do voluntário¹⁴.

Antes da coleta de dados, os avaliadores orientaram os participantes a executarem corretamente os testes e que eles se familiarizarem com os testes para que atingissem o desempenho adequado. A sequência das posturas foi iniciada pela flexão de tronco, seguida pelo teste de extensão de tronco e as tentativas em que ocorreram movimentos foram repetidas para garantir uma contração isométrica. Para evitar a fadiga muscular, um intervalo de repouso de um minuto foi dado entre cada contração¹⁴.

Teste de *Biering-Sorensen*

Para a realização do 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. Fixou-se a porção inferior do tronco por meio de cintos que foram presos nas regiões médias do glúteo máximo, bíceps femoral e gastrocnêmio. 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 (Figura 1). Com os membros superiores cruzados a frente do tórax, foi solicitado aos participantes a manutenção da posição horizontal do tronco, mantendo um alinhamento por meio da contração isométrica dos eretores da espinha (2). O tempo foi registrado por um cronômetro e o teste foi encerrado com a exaustão voluntária.



Figura 1. Teste *Biering-Sorensen*

Protocolo de exercícios do método Pilates

Realizaram-se três exercícios do método Pilates (*Hundred* nível I, *One leg stretch* nível I e *One leg circle* nível I) que trabalham a cadeia muscular primária (músculos profundos do tronco: oblíquo interno, transverso do abdômen e multífidos) foram realizados. Durante a realização dos exercícios, os voluntários foram orientados a manter os cinco elementos-chave do método Pilates: o centrando (contração isométrica submáxima da musculatura profunda do abdômen), posição neutra da pelve, alinhamento das escápulas (ativação do músculo trapézio inferior), respiração costolateral e semiflexão cervical (ativação dos músculos flexores cervicais profundos).

O protocolo de exercícios teve duração de, aproximadamente, 30 minutos. Houve repouso de um minuto entre cada série e entre cada exercício. Todos os exercícios foram executados no solo, sobre um colchonete. A posição inicial, comum aos três exercícios propostos, foi: participante em decúbito dorsal, com os membros inferiores semifletidos, pés apoiados no colchonete e membros superiores estendidos ao lado do corpo (Figura 2). Segue a descrição dos exercícios:

- *Hundred*, nível I: o participante executou movimentos rápidos de flexão e extensão de ombros em pequena amplitude (Figura 2a). Foram realizadas 4 séries de 25 segundos, totalizando 100 repetições.
- *One leg stretch*, nível I: o participante realizou a extensão completa de joelho unilateral, deslizando o calcanhar sobre o solo, e flexionando-o novamente até a posição inicial (Figura 2b). Foram feitas 3 séries de 15 repetições com cada membro, de maneira alternada, totalizando 30 repetições por série.
- *One leg circle*, nível I: o participante executou flexão 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 (Figura 2c). Foram feitas 10 repetições em cada direção, com ambos os membros inferiores, totalizando 40 repetições por série em um total de 3 séries, com 1 minuto de repouso entre cada sequência de 10 repetições.

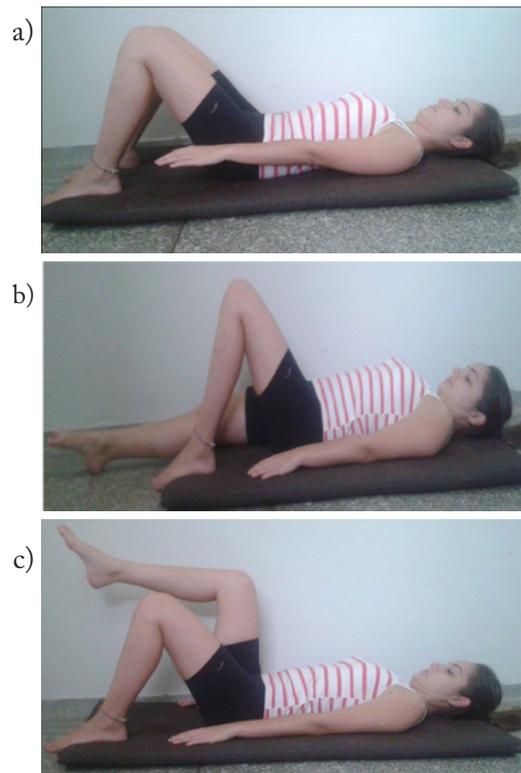


Figura 2. a) Exercício *Hundred*, nível I; (b) *One leg stretch*, nível I; (c) Exercício *One leg circle*, nível I

Eletromiografia

Para captação dos sinais eletromiográficos, utilizou-se um eletromiógrafo (*EMGSystem*, Brasil), programado com frequência de amostragem em 2.000Hz e ganho total de 2.000 vezes (20 vezes no sensor e mais 100 vezes no equipamento).

No teste de *Biering-Sorensen* e CIVM foram coletados os sinais eletromiográficos dos músculos oblíquo interno (OI), iliocostal lombar (IL), multífidos (MU) e reto abdominal (RA) bilaterais.

Os eletrodos circulares de superfície de Ag/AgCl com área de 1cm² e distância intereletrodo de 2cm foram posicionados sobre os músculos: OI, 2cm inferior e medial às espinhas ilíacas ântero-superiores¹⁵; RA (fibras superiores), 3cm acima do umbigo e 2cm laterais à linha média¹⁶; MU, ao nível do processo espinhoso de L5, sobre a linha formada pela EIPS e o espaço intervertebral de L1 e L2 (ou seja, de 2 a 3cm de distância da linha média); e IL, 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.

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 $5\Omega^{17}$.

Análise estatística

Analisou-se o sinal EMG em rotinas específicas desenvolvidas em ambiente *Matlab (Mathworks)*. Os dados foram processados utilizando um filtro *Butterworth* passa-banda de 20-500Hz, o sinal foi retificado pelo método de onda inteira e suavizado por meio de um filtro *Butterworth* passa-baixa de 4ª ordem, com frequência de corte de 6Hz. A partir da criação do envoltório linear, o percentual de cocontração foi calculado utilizando a seguinte equação:

$$\%Co-contraction = 2 \times \frac{\text{Common Area A\&B}}{\text{Area A} + \text{Area B}} \times 100$$

Nessa equação, % Cocontração é o percentual de cocontração entre dois músculos antagonistas; área A é a curva suavizada da atividade EMG do músculo A; área B é a curva suavizada da atividade EMG do músculo B; área comum entre A&B é a curva comum da atividade EMG do músculo A e do músculo B¹⁸.

Para a análise estatística utilizou-se o pacote PASW 18.0 (SPSS inc.). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilk*. Em seguida, para as comparações, foi aplicado o teste ANOVA *two-way* para medidas repetidas, considerando como fatores grupo e condição, e, quando necessário, aplicou-se o teste *post hoc* de *Bonferroni*. O nível de significância foi ajustado em $p < 0,05$.

RESULTADOS

A análise multivariada demonstrou efeito principal de grupos ($F=12,76$ e $p=0,008$) e condições ($F=16,04$ e $p=0,005$). Contudo, não houve interação entre os fatores ($F=2,19$ e $p=0,2$).

O grupo com dor lombar apresentou maior cocontração antagonista para todas as razões avaliadas (Figura 3a). A cocontração entre OI/MUd e OI/MUe foi, respectivamente, 41,4% e 32,4% maior no grupo com dor lombar ($p < 0,001$ e $p=0,003$). A cocontração entre RA/ILd e RA/ILe foi, respectivamente, 56% e 31,2% maior no grupo com dor lombar ($p=0,004$ e $p=0,01$). A condição inicial apresentou cocontração antagonistas 26,3% maior entre OI/MUd ($p=0,023$) (Figura 3b) e 43,4% entre RA/ILd ($p=0,03$) (Figura 3b).

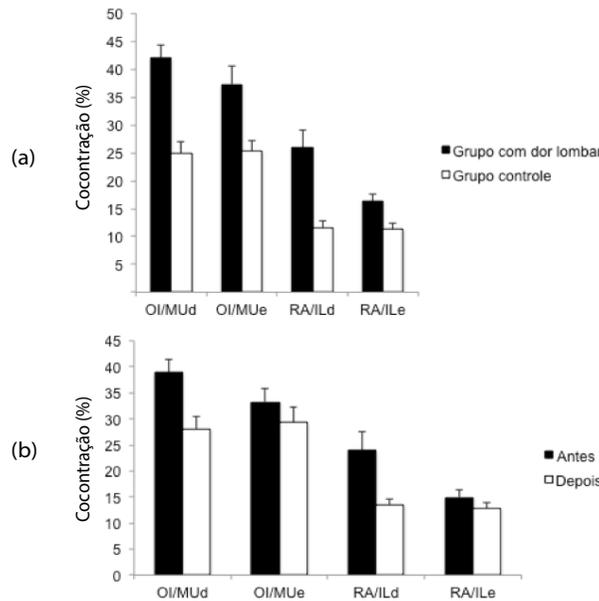


Figura 3. (a) Comparação da cocontração antagonista entre os grupos; (b) comparação da cocontração antagonista entre as condições

* $p < 0,05$ refere-se à diferença significativa entre grupo com dor lombar e sem dor lombar no gráfico (a), e à diferença significativa entre antes e após ao treinamento. OI/MUd=cocontração entre oblíquo interno e multifido direito; OI/MUe=cocontração entre oblíquo interno e multifido esquerdo; RA/ILd=cocontração entre reto abdominal e iliocostal lombar direito; RA/ILe=cocontração entre reto abdominal e iliocostal lombar esquerdo

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar o efeito imediato de uma sessão de exercícios do método Pilates sobre o padrão de cocontração (agonista/antagonista) dos músculos superficiais (iliocostal lombar e reto abdominal) e profundos (oblíquo interno e multífido) do tronco em indivíduos com e sem dor lombar crônica inespecífica durante o teste de resistência muscular localizada (teste de *Biering-Sorensen*). O principal achado deste trabalho foi que a cocontração entre OI/MUd e RA/ILd foi menor após a realização da sessão de exercícios. Além disso, o grupo com dor lombar apresentou maior cocontração antagonista tanto para OI/MU quanto para RA/IL. Dessa forma, sugere-se que uma sessão de exercícios do método Pilates, pode reduzir a cocontração dos músculos do tronco, o que, consequentemente, pode causar menor fadiga muscular.

Considerando que o teste de *Biering-Sorensen* é realizado com a extensão do tronco, para todos os grupos em todas as condições a ativação do agonista foi sempre maior que a do antagonista. Dessa forma, quando observamos uma razão de cocontração alta, isso significa que os músculos abdominais ativam próximo a ativação dos músculos paravertebrais, o que limita o desempenho no teste por limitar a capacidade de geração de torque e aumentar o dispêndio energético. Em contrapartida, quando ocorre uma redução na razão de ativação, isso significa que os músculos paravertebrais conseguem ativar maior número de unidades motoras, o que impacta a capacidade de gerar torque, e, consequentemente, favorece a ação desses músculos durante o teste.

A estabilidade da coluna lombar é determinada por estruturas osteoligamentares e musculares do tronco. Os movimentos geram cargas sobre as estruturas passivas da coluna e, se desprotegida, a coluna lombar torna-se vulnerável a lesões. A manutenção da estabilidade da coluna ocorre por meio da cocontração agonista/antagonista dos músculos estabilizadores do tronco, que geram rigidez intervertebral e o aumento da pressão intra-abdominal¹⁹, formando o que é denominado cilindro de estabilidade lombar, que evita lesão por sobrecarga.

Bergmark²⁰ propôs o conceito de que vários músculos atuam proporcionando a manutenção da estabilidade do tronco. De acordo com o autor, esses músculos podem ser subdivididos em dois subsistemas atuando na estabilidade: o local e o global. O subsistema local é composto pelos músculos profundos: multífidos, transverso do abdômen (TrA) e o oblíquo interno (OI),

que possuem inserção nas vértebras lombares e estabilizam os segmentos vertebrais. O subsistema global consiste de grandes músculos produtores de torque, atuando no tronco e na coluna sem serem diretamente ligados a ela. São eles o reto do abdômen (RA), o oblíquo externo (OE) e o iliocostal lombar (IL). A cocontração desses músculos fornece estabilidade ao tronco, não sendo eles capazes de influenciar diretamente a coluna.

Nesse sentido, de acordo com nossos resultados, indivíduos com dor lombar não específica apresentam maior cocontração antagonista tanto para músculos locais quanto para globais. Isso pode ser causado por um mecanismo compensatório à dor, que eleva o *stiffness* ou rigidez articular para reduzir a sobrecarga imposta pelas perturbações cinemáticas externas²¹. Contudo, o aumento da rigidez articular também pode ser danoso para a coluna, uma vez que isso reduz a habilidade do sistema musculoesquelético em se adaptar à sobrecarga, reduzindo o *steadiness* ou a habilidade de deformação no sistema²¹.

Existem posições em que a cocontração dos músculos profundos pode ser feita enquanto se mantêm os músculos globais relaxados e a coluna em posição neutra²². Estudos indicaram que a posição neutra da pelve é a que mais favorece o recrutamento dos músculos estabilizadores do tronco (OI e MU), pois nessa posição há menor ação de tecidos passivos (fâscias, ligamentos etc.) para estabilização da coluna²³, necessitando de maior atividade da musculatura estabilizadora.

Em nosso estudo, o teste de *Biering-Sorensen*, que é realizado com a extensão do tronco – o que não propicia o posicionamento da pelve em neutro – pode ter sido um fator limitador para não encontrarmos efeito do protocolo de exercícios na facilitação da cocontração dos músculos profundos do tronco (OI/MU). Contudo, a diminuição da cocontração dos músculos superficiais pode estar relacionada com a alteração no padrão de recrutamento dos músculos do tronco, que favorece a estabilidade.

Além disso, estudos pregressos encontraram uma redução da cocontração dos músculos profundos⁸ e aumento da cocontração dos músculos superficiais do tronco²⁴ em indivíduos com dor lombar. O aumento da cocontração dos músculos superficiais do tronco foi considerado uma adaptação funcional induzida pela alteração da atividade muscular profunda, uma vez que esse mecanismo aumentaria a estabilidade do tronco e reduziria a sua amplitude de movimento, tornando-a mais rígida e menos susceptível às lesões^{24,25}. Contudo, em discordância a isso, nossos resultados demonstraram

uma redução na cocontração tanto de músculos superficiais quanto profundos do tronco.

Os exercícios do método Pilates objetivaram a solicitação voluntária do recrutamento dos músculos estabilizadores profundos do tronco (oblíquo interno e multifídeos). Esses exercícios possuem a intenção de promover uma modificação na programação neuromuscular. Esse novo padrão pode ter reduzido a necessidade de recrutamento da musculatura do tronco como mecanismo compensatório para manter a estabilidade da região lombar durante o teste de resistência muscular localizada dos eretores da espinha. Desse modo, com a redução da cocontração muscular, o dispêndio energético durante a tarefa pode ser reduzido, o que contribui para a ocorrência de menor fadiga muscular.

Limitações

Este estudo apresenta algumas limitações, tais como: a localização anatômica dos músculos profundos de tronco avaliados (multífido lombar e oblíquo interno), dificultando a captação do sinal eletromiográfico devido à sobreposição de músculos superficiais. Contudo, ressalta-se que, apesar da possibilidade de *cross-talk* entre os músculos OI e transversos do abdômen, ambos os músculos apresentam participação na estabilização segmentar lombo-pélvica, assim como a EMG de superfície é a única forma não invasiva de se avaliar a função desse músculo durante uma tarefa. Outra limitação desta pesquisa está na extrapolação dos achados para diferentes populações, como indivíduos com dor lombar específica (discopatias etc.), e o fato de, para algumas comparações, o *n* amostral poder ter sido subestimado no cálculo. Além disso, o teste de *Biering-Sorensen*, utilizado para avaliação da resistência muscular localizada, é uma atividade estática, com características pouco funcionais, de forma que a reprodução do padrão de cocontração, encontrado em atividades de vida diária, é limitada.

CONCLUSÃO

Uma sessão de treinamento com exercícios do método Pilates foi capaz de reduzir a cocontração entre os músculos superficiais e profundos do tronco (reto abdominal/ilíocostal lombar e oblíquo interno/multífidos) durante o teste de resistência muscular localizada dos eretores da espinha. Esse achado demonstrou que os exercícios do método Pilates podem

gerar efeito agudo sobre o padrão de cocontração dos músculos do tronco em indivíduos com dor lombar crônica inespecífica. Assim, sugere-se que novos estudos sejam realizados para identificar os efeitos do treinamento prolongado com essa técnica.

REFERÊNCIAS

1. Airaksinen O, Brox JI, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klaber-Moffett J, Kovacs F, et al. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J*. 2006;15(2):S192-300. doi: 10.1007/s00586-006-1072-1
2. 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):1061-1067. doi: 10.2522/ptj.20070146
3. Heydari A, Nargol AVF, Jones APC, Humphrey AR, Greenough CG. EMG analysis of lumbar paraspinal muscles as a predictor of the risk of low-back pain. *Eur Spine J*. 2010;19(7):1145-52. doi: 10.1007/s00586-010-1277-1
4. Gaskell L, Enright S, Tyson S. The effects of a back rehabilitation programme for patients with chronic low back pain. *J Eval Clin Pract*. 2007;13(5):795-800. doi: 10.1111/j.1365-2753.2006.00772.x
5. Pinto RZ, Ferreira PH, Franco MR, Ferreira MC, Ferreira ML, Teixeira-Salmela LF, et al. The effect of lumbar posture on abdominal muscle thickness during an isometric leg task in people with and without non-specific low back pain. *Man Ther*. 2011;16(6):578-84. doi: 10.1016/j.math.2011.05.010
6. Chou R, Qaseem A, Snow V, Casey D, Cross JR, Shekelle P, et al. Diagnosis and treatment of low back pain: a joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society. *Ann Intern Med*. 2007;147(7):478-91. doi: 10.7326/0003-4819-147-7-200710020-00006
7. Panjabi MM. The stabilizing System of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Dis*. 1992;5(4):383-9.
8. 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. doi: 10.2519/jospt.1998.27.2.114
9. Van Dieen JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back enhance the stability of lumbar spine. *Spine*. 2003b;28(8):834-41.
10. 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;15:200-6. doi: 10.1590/S1809-29502008000200015
11. Bryan M, Hawson S. The benefits of Pilates in orthopaedic rehabilitation. *Tecniq Orthop*. 2003;18(1):126-9.
12. Marques NR, Morcelli MH, Hallal NR, Gonçalves M. EMG activity of trunk stabilizer muscles during centering principle

- of Pilates method. *J Bodyw Mov Ther.* 2013;17(2):185-91. doi: 10.1016/j.jbmt.2012.06.002
13. Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp Brain Res.* 2007;181(4):537-46. doi: 10.1007/s00221-007-0950-z
 14. 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. doi: 10.1016/j.jelekin.2009.03.010
 15. Masse-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. doi:10.1007/s00221-012-3008-9
 16. 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):475-83.
 17. Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM) [<http://www.seniam.org/>]. Recommendations for Sensor Locations [acesso em 20 set 2013]. Disponível em: <http://www.seniam.org/>.
 18. Candotti CT, Loss JF, Begatini D, Soares DP, Rocha EK, Oliveira AR, Guimarães ACS. Cocontraction and economy of triathletes and cyclists at different cadences during cycling motion. *J Electromyogr Kines.* 2009;19(5):915-21. doi: 10.1016/j.jelekin.2008.04.008
 19. Arokoski JP, Valta T, Kankaanpaa M, Airaksinen O. Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(5):823-32.
 20. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand.* 1989(Sppl 1);230:1-54.
 21. Van Dieen JH, Selen LP, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *J Electromyog Kinesiol.* 2003;13(4):333-51.
 22. Richardson CA, Jull GA. An historical perspective on the development of clinical techniques to evaluate and treat the active stabilising system of the lumbar spine. *Austr J Physiother Monog.* 1995;1:5-13.
 23. O'Sullivan PB, Grahamslaw KM, Kendell M, Lapenskie SC, Moeller NE, Richards KV. The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine.* 2002;27(11):1238-44.
 24. 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):763-73. doi: 10.1016/j.jelekin.2007.09.008
 25. Granata KP, Slota GP, Wilson SE. Influence of fatigue in neuromuscular control of spinal stability. *Hum Factors.* 2004;46(1):81-91. doi: 10.1518/hfes.46.1.81.30391