



Original

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

## Atividade eletromiográfica dos músculos extensores do tronco durante exercícios de estabilização lumbar do método Pilates

G. A. Paz<sup>a</sup>, V. P. Lima<sup>b</sup>, H. Miranda<sup>a</sup>, C. G. de Oliveira<sup>a</sup> e E. H. M. Dantas<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Escola de Educação Física e Desportos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Brasil.

<sup>b</sup>Laboratório de Biociências da Motricidade Humana. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Brasil.

<sup>c</sup>Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Enfermagem e Biociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Brasil.

### Artigo história:

Recebido el 13 de setembro de 2012

Aceito el 1 de outubro de 2013

### Palabras clave:

Electromiografía.

Contracción isométrica.

Pilates.

### Key words:

Electromyography.

Isometric contraction.

Pilates.

### Correspondência:

G. Andrade Paz.

Escola de Educação Física e Desportos.

Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Av. Carlos Chagas Filho.

Cidade Universitária.

Rio de Janeiro, RJ. 21941-590, Brasil.

E-mail: gabriel.andrade.paz@gmail.com

### RESUMEN

#### Actividad electromiográfica de los músculos extensores del tronco durante la estabilización física del método Pilates

**Objetivo.** El propósito de este estudio fue valorar la electromiografía (EMG) de los músculos del tronco durante ejercicios de estabilidad del método Pilates.

**Método.** Los participantes fueron 15 estudiantes universitarios (20,9 ± 2,4 años, 162,7 ± 6,7 cm de altura; 61,7 ± 6,4 kg de peso y 13,2 ± 5,2 % de grasa corporal) con experiencia previa en Pilates. Los ejercicios de Pilates: *superman* (SU), *swimming* (SW), *breaststroke* (BS), *hip extension* (HE) y el *quadruped arm and lower extremity lift* (QA) se realizaron con esfuerzo isométrico máximo. Se registró la señal de EMG de *multifidus* (MD), *dorsal longissimus* (DL) e *iliocostalis* (IC). La normalización de la señal EMG se realizó mediante la contracción voluntaria máxima (% CVM). En el análisis estadístico se aplicó el test de Shapiro-Wilk seguido por ANOVA de una vía y de Bonferroni *post hoc* ( $p < 0,05$ ).

**Resultados.** Los ejercicios del SU, SW, BS y HE mostraron mayores niveles de activación muscular (> 40 % CVM) para DL y IC, sin embargo, durante el control de calidad se observó una reducción significativa en la activación muscular para todos los músculos controlados en comparación con otros ejercicios.

**Conclusión.** Por lo tanto, los ejercicios anteriores se pueden realizar buscando mejorar la activación de los músculos del tronco y la estabilidad de la columna vertebral. Asimismo, los resultados encontrados en el estudio actual pueden ser una referencia para seleccionar los ejercicios durante los programas de entrenamiento para los músculos de la espalda lumbar.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

### ABSTRACT

#### Electromyographic activities of trunk muscles during stability exercises from Pilates method

**Objective.** The purpose of this study was to compare the electromyographic (EMG) activity of trunk muscles during stability exercises from Pilates method.

**Method.** Participants were 10 healthy undergraduate students (20.9 ± 2.4 years, 162.7 ± 6.7 cm in height; 61.7 ± 6.4 kg body weight and 13.2 ± 5.2 % body fat) with previous Pilates experience. The Pilates exercises: *superman* (SU), *swimming* (SW), *breaststroke* (BS), *hip extension* (HE) and *quadruped arm and lower extremity lift* (QA) were performed using maximum isometric effort. The EMG signal of *multifidus* (MD), *dorsal longissimus* (DL) and *iliocostalis* (IC) were recorded. The normalization of the EMG signal was performed using maximum voluntary contraction (% MVC). In statistics treatment, were applied the Shapiro-Wilk test followed by one-way ANOVA and Bonferroni *post hoc* ( $p < 0.05$ ).

**Results.** The exercises SU, SW, BS, and HE showed higher levels of muscle activation (> 40 % MVC) for DL and IC, however, during the QA was observed a significant reduction on muscle activation for all monitored muscles compared to other exercises.

**Conclusion.** Therefore, the above exercises can be performed looking for improve the trunk muscle activation and spine stability, as well as the results found in the current study can be a reference to select exercises during training programs for low back muscles.

© 2013 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

## INTRODUÇÃO

O método Pilates de treinamento foi criado por Joseph Pilates combinando movimentos e exercícios oriundos da dança, yoga e artes marciais visando à qualidade de vida<sup>1</sup>. Um dos principais conceitos do método é o *powerhouse*, que representa a ação integrada dos músculos da região lombo-pélvica<sup>2</sup>. O conceito de *powerhouse* enfatiza a ativação coordenada dos músculos extensores do tronco, que apresentam importante função na estabilização da coluna vertebral durante exercícios que visam a prevenção e/ou tratamento de lesões na região lombar<sup>3,4</sup>.

Adicionalmente, os músculos extensores do tronco como, multifido e eretores da espinha (íliocostal e longuíssimo do dorso) atuam como motores primários e estabilizadores na realização de diversos movimentos durante exercícios, levantamento de cargas e atividades de vida diária<sup>5</sup>. Entretanto, a redução ou ausência de estabilidade desse complexo muscular resulta em redução na produção de força e movimentos compensatórios<sup>3</sup>. Recentemente, alguns autores identificaram redução significativa na ativação dos músculos extensores do tronco em indivíduos com dor lombar comparado aos indivíduos saudáveis<sup>6,7</sup>. Quanto à análise do sinal eletromiográfico (EMG), Marras e Davis<sup>8</sup> verificaram relações lineares entre variações na amplitude do sinal EMG e aumento na força isométrica máxima. McGill<sup>3</sup> destaca que o aumento de 10% na ativação dos músculos extensores do tronco associa-se à melhora na estabilização e controle postural da região lombo-pélvica.

Entretanto, alguns autores observaram diferenças significativas na ativação muscular entre os músculos que compõem o complexo da região lombo-pélvica durante exercícios de estabilização<sup>9,10</sup>. Oliver et al.<sup>11</sup> observaram níveis elevados de ativação muscular por meio da análise do sinal EMG dos multifidos, quando comparado a outros músculos estabilizadores do tronco durante exercícios de estabilização em isometria para região lombo-pélvica. Escamilla et al.<sup>12</sup> encontraram valores relativamente baixos na ativação dos músculos extensores do tronco em diferentes exercícios isométricos usualmente aplicados no método Pilates.

Todavia, são escassos na literatura estudos que examinaram a ativação dos músculos extensores do tronco, em exercícios do método Pilates biomecanicamente similares. Ekstrom et al.<sup>13</sup> destacam que a análise da ativação muscular possibilita aperfeiçoar a prescrição de exercícios de estabilização, para reabilitação ou desempenho atlético de acordo com as necessidades individuais do paciente ou atleta. Dessa forma, evidências relacionadas aos níveis de ativação EMG dos músculos extensores do tronco, podem vir a auxiliar na prescrição e elaboração de programas de exercícios. Considerando, que usualmente esses programas têm como finalidade o fortalecimento e aperfeiçoamento na coordenação dos músculos extensores do tronco seja para reabilitação, prevenção de lesões ou treinamento desportivo.

Portanto, o propósito do presente estudo foi analisar a atividade muscular do multifido, íliocostal e longuíssimo do dorso em exercícios de estabilização, característicos do método Pilates realizados por mulheres treinadas.

## MÉTODO

### Grupo estudado

Participaram do estudo 15 mulheres (20,9 ± 2,4 anos; estatura de 162,7 ± 6,7 cm; 61,7 ± 6,4 kg de massa corporal e 13,2 ± 5,2 de percentual de gordura corporal) selecionadas de forma intencional e por conveniência.

As participantes eram praticantes de Pilates há no mínimo seis meses e familiarizadas com os exercícios propostos. Foram excluídas do estudo, voluntárias com quadro algico na região lombar, assimetria postural ou histórico de lesões osteomioarticulares nos últimos seis meses. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Castelo Branco, Rio de Janeiro, Brasil sobre o protocolo n° 10/2012. Todos os indivíduos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. No presente estudo foram adotadas todas as recomendações sugeridas pela Declaração de Helsinki, bem como, respeitou-se a resolução 96/1996 do Conselho Nacional de Saúde<sup>14</sup>.

### Instrumentação e coleta de dados

Após o processo de seleção das participantes para o estudo, foram realizadas as seguintes etapas: coleta das variáveis antropométricas e de composição corporal através das seguintes medidas: estatura (cm) e massa corporal (kg) para cálculo do índice de massa corporal (IMC - peso/estatura<sup>2</sup>), por meio de uma balança digital, marca Filizola, modelo PL 180 (Brasil) com precisão de 0,01 Kg e um estadiômetro com precisão de 0,1 cm, marca Sanny, modelo ES 2020 (Brasil); as dobras cutâneas tricipital, subescapular, axilar média, peitoral, abdominal, supra-ílica e coxa foram aferidas com a utilização de um adipômetro científico com resolução de 1 mm da marca Lange (Suíça). Para avaliação do percentual de gordura, empregou-se o protocolo de sete dobras cutâneas<sup>15</sup>. Durante a sessão de registro, as voluntárias realizaram cinco exercícios isométricos convencionalmente prescritos com base no método Pilates de treinamento, os quais foram:

*Breaststroke* (BS)(fig. 1a): a posição inicial neste exercício foi em decúbito ventral no solo, com as escápulas em adução, ombros em rotação lateral, articulação radioulnar em supinação e cotovelos em extensão, preservando as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral. Ao comando do avaliador, a voluntária realizou a extensão do tronco, mantendo os ombros em hiperextensão, retirando as mãos e o esterno do solo.

*Superman* (SU)(fig. 1b): a posição inicial neste exercício foi em decúbito ventral no solo, com a cintura escapular em rotação lateral, ombros em flexão de 180°, cotovelos em extensão e articulação radioulnar na posição neutra, preservando as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral. Ao comando do avaliador, a voluntária realizou a extensão do tronco e hiperextensão do quadril, retirando o esterno e as mãos do solo, bem como, pés e joelhos fora do contato com solo.

*Swimming* (SW)(fig. 2a): a posição inicial neste exercício foi em decúbito ventral no solo, com a cintura escapular em rotação lateral, ombros em abdução de 120°, cotovelo em flexão a 90°, articulação radioulnar em pronação, preservando as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral. Ao comando do avaliador, a voluntária realizou a extensão do tronco e hiperextensão do quadril afastando os membros superiores do solo e o esterno até a altura do manúbrio, bem como, pés e joelhos foram mantidos afastados do contato com solo.

*Hip extension* (HE)(fig. 2b): a posição inicial neste exercício foi em decúbito ventral no solo, com as escápulas em adução, hiperextensão, cotovelo em extensão, radioulnares em supinação, preservando as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral (fig. 3). Ao comando do avaliador, a voluntária manteve a hiperextensão do quadril afastando os pés e joelhos fora do contato com o solo.

*Quadruped arm and lower extremity lift* (QA) (fig. 4): Neste exercício a voluntária foi posicionada em quadrupedia com quadril e Joelho esquerdo em flexão a 90°, mantendo as pernas e pés apoiado no solo, quadril e joelho direito em extensão, ombro direito em flexão a 90°, com cotovelo

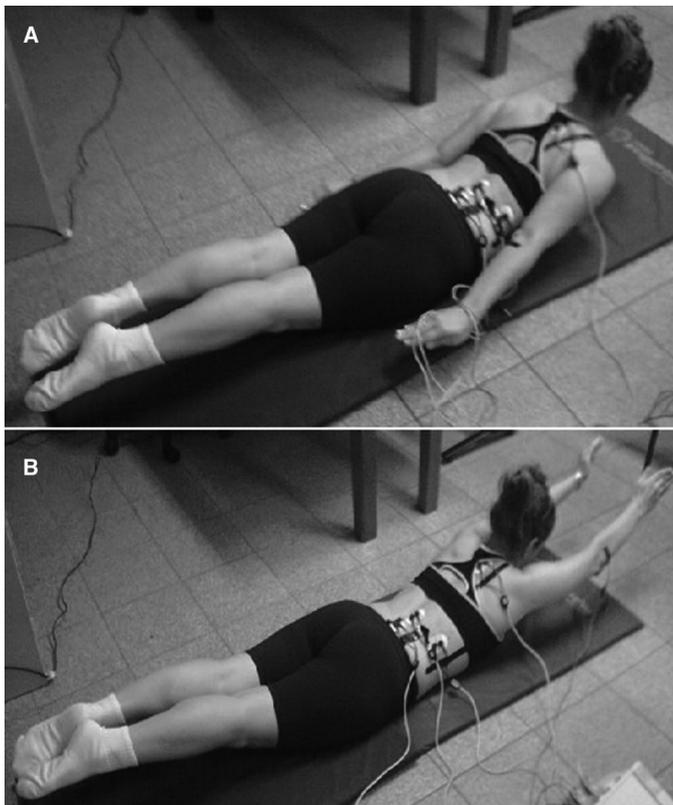


Fig. 1. Exercícios *breaststroke* (a) e *superman* (b).



Fig. 2. Exercícios *swimming* (a) e *hip extension* (b).

em extensão. Mantendo a mão apoiada no solo, ombro esquerdo em flexão a 180°, cotovelo em extensão, radioulnar em posição de pronação. A voluntária permaneceu na posição de dois apoios, preservando as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral.

A sequência dos exercícios foi realizada através de entrada alternada. Cada exercício foi repetido três vezes, com duração de cinco segundos cada repetição, tempo previamente proposto para o registro do sinal EMG<sup>16</sup> e um período de dois minutos de intervalo foi adotado entre as contrações e cinco minutos entre cada exercício<sup>17</sup>. Os exercícios foram

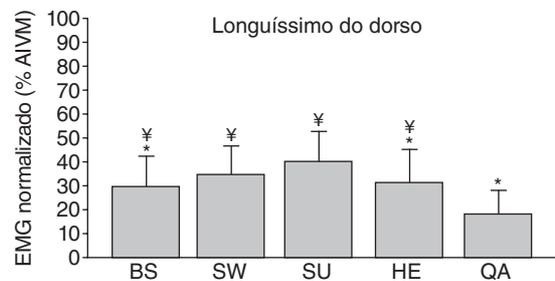


Fig. 3. Sinal EMG normalizado do longuíssimo do dorso.

\*: diferença significativa para SU ( $p < 0,05$ ); ¥: diferença significativa para QA ( $p < 0,05$ ); BS: *breaststroke*; SW: *swimming*; SU: *superman*; HE: *hip extension*; QA: *quadruped arm and lower extremity lift*.

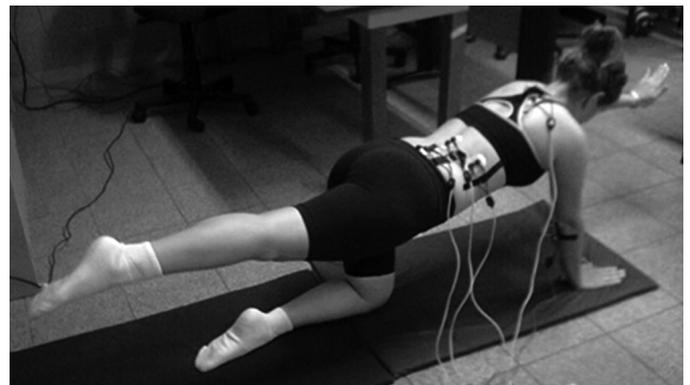


Fig. 4. Execução do exercício *quadruped arm and lower extremity lift*.

realizados com esforço isométrico máximo. O examinador esteve atento para evitar que as voluntárias realizassem qualquer movimento compensatório. A instrução da técnica dos exercícios e o comando verbal na realização dos exercícios foram padronizados e dados sempre pelo mesmo examinador com experiência prévia no método Pilates.

Os sinais EMG de superfícies foram captados utilizando um eletromiógrafo de 8 canais (EMGSystem do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), com ganho total de 1000, rejeição de modo comum de 110dB e filtro passa-banda de 8-500Hz, digitalizado para um computador através de uma placa de conversão A/D de 16 bits de resolução, e, na frequência de amostragem de 1000Hz. O sinal EMG foi captado através de eletrodos de superfície bipolares passivos de Ag/AgCl (*Meditrace 100 - Kendall, Chicopee, MA*) com área de captação de 1 cm e distância intereletrodos de 2 cm. Um eletrodo Ag/AgCl (*Meditrace 100 - Kendall, Chicopee, MA*) de referência retangular (33 x 31 mm) foi posicionado sobre a região da proeminência da sétima vértebra cervical (C7). Os sinais EMG foram capturados sempre do lado direito, e os eletrodos posicionados da seguinte maneira: músculo iliocostal (IC), na distância de 1 cm medial à linha traçada da espinha ilíaca pósterior superior até o ponto mais baixo da 12ª costela, no nível de L2; no músculo longuíssimo do dorso (LD), 2 cm lateralmente ao processo espinhoso de L1; nos multifídios (MD), os eletrodos foram colocados no nível de L5, sobre uma linha traçada da extremidade caudal da espinha ilíaca ântero-superior até o inter-espaco entre L1 e L2<sup>18</sup>. Antes da colocação dos eletrodos, foram realizadas tricotomia, abrasão e posterior assepsia da pele com algodão embebido em álcool. O eletrodo de referência foi acoplado com gel condutor e tanto os eletrodos de registro quanto o de referência foram fixados por fita adesiva de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia<sup>19</sup>.

Antes da realização dos exercícios isométricos, contrações isométricas voluntárias máximas (CVM) contra resistência manual foram realizadas para obtenção dos valores de referência para normalizar o sinal EMG<sup>20,21</sup>. Para os músculos íliocostal, LD do dorso e MD, as participantes realizaram a extensão do tronco em decúbito ventral contra resistência manual do avaliador em prova de função muscular<sup>22</sup>. Três CVM foram realizadas com duração de 4 segundos e intervalos entre si de 2 minutos. O sinal EMG que apresentou maior valor dentre as três CVMs foi adotado como valor de referência para normalização do sinal EMG. Os exercícios foram realizados 10 minutos após a coleta das CVMs para evitar possível fadiga muscular, que poderia influenciar a captação do sinal EMG durante os exercícios<sup>10</sup>.

### Análise dos dados EMG

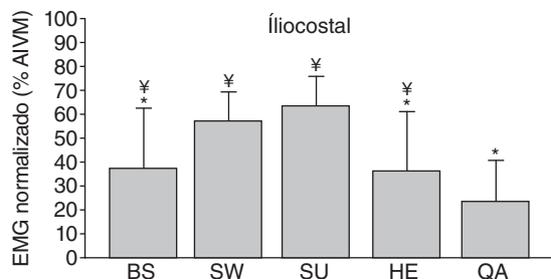
Inicialmente, o sinal EMG foi armazenado em um computador utilizando o software EMGLAB (EMG System do Brasil, São Paulo, Brasil) e analisado em rotinas no software Matlab 5.02c (Mathworks™, Natick, USA). O sinal EMG bruto foi retificado em onda completa e tomada a média cada 0,01 s. Por fim o sinal obtido foi normalizado através da razão entre os valores do mesmo e o valor médio do sinal EMG obtido durante a CVM do respectivo músculo. Para efeitos de comparação, foi utilizado o valor médio de uma janela central de 3s do sinal normalizado.

### Análise estatística

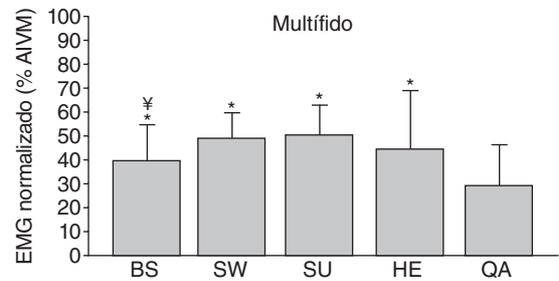
No tratamento estatístico foram aplicados o teste Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados e o teste de homocedasticidade (critério Bartlett). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homocedasticidade. A comparação do nível de ativação dos músculos monitorados foi realizada a partir da ANOVA *one-way*, seguida pelo *post-hoc* de Bonferroni, caso fosse identificada diferença significativa entre os valores. O nível de significância utilizado em todos os procedimentos estatísticos foi de  $p < 0,05$ . O tratamento estatístico foi realizado no software SPSS versão 18.0 (Chicago, IL, USA).

## RESULTADOS

Na figura 5 podemos observar que a maior atividade muscular do LD ocorreu no exercício SU em comparação aos exercícios BS ( $p = 0,012$ ), HE ( $p = 0,005$ ) e QA ( $p = 0,003$ ), não havendo diferença significativa na ativação muscular entre o SU e SW. No exercício QA foi observada redução significativa na ativação do LD comparado aos exercícios BS ( $p = 0,002$ ), SW ( $p = 0,012$ ), SU ( $p = 0,003$ ) e HE ( $p = 0,041$ ).



**Fig. 5.** Sinal eletromiográfico normalizado do Íliocostal. \*: diferença significativa para SU ( $p < 0,05$ ); ¥: diferença significativa para QA ( $p < 0,05$ ); BS: *breaststroke*; SW: *swimming*; SU: *superman*; HE: *hip extension*; QA: *quadruped arm and lower extremity lift*.



**Fig. 6.** Sinal eletromiográfico normalizado do multifido. \*: diferença significativa para QA ( $p < 0,05$ ); BS: *breaststroke*; SW: *swimming*; SU: *superman*; HE: *hip extension*; QA: *quadruped arm and lower extremity lift*.

Quanto ao músculo IC (fig. 5), os resultados mostraram que a maior atividade ocorreu no exercício SU em comparação aos exercícios BS ( $p = 0,032$ ), HE ( $p = 0,012$ ) e QA ( $p < 0,003$ ), exceto para o exercício SW ( $p = 0,067$ ) no qual não se observou diferença significativa. No exercício QA, também foi observada redução significativa na ativação do IC comparado aos exercícios BS ( $p = 0,001$ ), SW ( $p = 0,003$ ), SU ( $p = 0,002$ ) e HE ( $p = 0,041$ ).

Para o MD (fig. 6), os resultados mostraram redução significativa na ativação durante o exercício QA comparado aos exercícios BS ( $p = 0,032$ ), SW ( $p = 0,003$ ), SU ( $p = 0,031$ ) e HE ( $p = 0,012$ ). Todavia, não foi observada diferença significativa na atividade do MD entre os exercícios BS, SW, SU e HE.

## DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi o aumento significativo na atividade muscular do LD e IC no exercício SU comparado aos demais exercícios. Também foi observada redução significativa na ativação muscular do LD, IC e MD no exercício QA comparado aos exercícios BS, SW, SU e HE, respectivamente. Tais achados corroboram com estudos prévios, que identificaram níveis elevados de atividade muscular dos extensores do tronco em exercícios de estabilização<sup>9,10,16,23</sup>. Destaca-se que os achados do presente estudo tornam-se relevantes, considerando que são escassas evidências relacionadas à atividade muscular durante exercícios de estabilização convencionalmente prescritos no método Pilates. Adicionalmente, a amostra foi composta por mulheres treinadas no método Pilates, tais condições diferem de estudos prévios que avaliaram a atividade muscular dos extensores do tronco, em indivíduos sem experiência prévia nos exercícios adotados<sup>7,9-11,13</sup>.

Em relação à atividade muscular dos eretores da coluna (LD e IC), foram observados níveis moderados de ativação muscular ( $> 40\%$  CVM) nos exercícios BS ( $29\% \pm 23,2\%$ ), SW ( $35,8\% \pm 22,7\%$ ), SU ( $39,5\% \pm 25,8\%$ ) e HE ( $28,6\% \pm 24,2\%$ ). Resultados semelhantes foram observados para o LD nos exercícios BS ( $35,3\% \pm 27,3\%$ ), SW ( $41,5\% \pm 21,7\%$ ), SU ( $62,4\% \pm 26,5\%$ ) e HE ( $32,1\% \pm 21,3\%$ ). Ainda sim, foram verificadas diferenças significativas na atividade muscular do LD e IC no exercício SU comparados aos exercícios BS, HE e QA. Considerando que o LD e IC, apresentam importante função estabilizadora nos movimentos combinados entre a cintura pélvica e a coluna lombar<sup>3,13</sup>, os níveis de atividade muscular observados no presente estudo podem ser relevantes durante a seleção de exercícios visando aperfeiçoar a estabilização da coluna<sup>24</sup>. Há de se considerar, que em estudos prévios indivíduos sem experiência prévia em exercícios de estabilização realizaram os protocolos, limitando a comparação com indivíduos treinados, considerando que ao longo do período de treinamento, ocorrem adaptações neurais significativas como: au-

mento do recrutamento de unidades motoras, frequência de ativação e coordenação intra e inter muscular de agonistas e antagonistas<sup>25</sup>.

Oliver et al.<sup>11</sup> também observaram níveis elevados de ativação muscular do MD no exercício SU, comparado a outros exercícios isométricos de estabilização como, a ponte de frente, ponte lateral e ponte supinada. Esse aumento na atividade muscular dos músculos extensores do tronco verificados durante o exercício SU pode estar associado ao aumento do braço da força externa, devido à flexão de ombros com cotovelos em extensão. O aumento do braço da força externa gera a necessidade de maior produção de torque da força interna dos extensores do tronco, com a finalidade de preservar a postura em isometria durante o exercício. Por outro lado, no exercício SW não foram observadas diferenças significativas na atividade muscular do LD e IC comparados ao exercício SU, que pode ser justificado por conta da posição similar entre os exercícios, exceto pelo movimento de extensão dos cotovelos no exercício SU, reduzindo dessa forma o braço de força externa durante o exercício SW<sup>26</sup>.

Em relação ao músculo MD, foram observados níveis moderados de atividade muscular ( $> 40\%$  CVM)<sup>27</sup> nos exercícios BS ( $37,6\% \pm 17,4\%$ ), SW ( $46,2\% \pm 22,2\%$ ), SU ( $49,6\% \pm 21,8\%$ ) e HE ( $45,3\% \pm 24,4\%$ ), entretanto, não foi observada diferença significativa na atividade muscular entre os exercícios BS, SW, SU e HE. Há de se considerar, que nos exercícios supracitados o posicionamento da coluna lombar e cintura pélvica foram similares, portanto possivelmente esta condição pode estar associada aos níveis de ativação muscular observados para o MD entre os exercícios, considerando que o músculo MD atua como estabilizador do complexo lombo-pélvico<sup>3,26</sup>. Destaca-se que a ativação do MD que apresenta importante aplicação clínica<sup>12</sup>. Haja vista, que em estudo de Danneles et al.<sup>6</sup> foi observada redução significativa na ativação muscular do MD em um grupo de portadores de dor lombar comparado ao de indivíduos saudáveis. Nesse sentido, Cholewicki et al.<sup>28</sup> destacam que pequenos aumentos (aproximadamente  $10\%$  CVM) na ativação do MD associaram-se a melhora significativa na estabilização da coluna. Considerando tal evidência, os exercícios de estabilização do método Pilates adotados no presente estudo possibilitam aumentar de forma progressiva a ativação muscular do MD.

Por outro lado, no exercício de QA foi observada redução significativa na atividade muscular do LD, IC e MD comparados aos demais exercícios. Esta redução na amplitude do sinal EMG no exercício QA pode estar associada com o aumento na ativação dos músculos extensores do quadril, como o glúteo máximo e bíceps femoral cabeça longa, considerando que estes músculos são motores primários no movimento de extensão do quadril e estabilizadores no movimento de bacia posterior. Ekstrom et al.<sup>13</sup>, relataram amplitudes de sinal EMG de  $56\% \pm 18\%$  da CVM para o glúteo máximo, enquanto, a ativação dos MDs foi  $46\% \pm 21\%$  da CVM e  $36\% \pm 18\%$  da CVM para o LD no membro ativo durante a extensão do quadril. Outros autores também registraram valores entre  $20\%$  e  $40\%$  CVM para os extensores do tronco no exercício de QA<sup>23</sup>. O exercício QA é frequentemente utilizado como um exercício para reabilitação da coluna vertebral, e este exercício quando realizado ativamente, sem cargas adicionais, produz ativação moderada dos músculos extensores do tronco, desta forma, este exercício parece ser mais eficiente para desenvolver a resistência muscular dos extensores do tronco.

Para McGill et al.<sup>29</sup>, a hiperextensão da coluna lombar muda a linha de ação do complexo muscular LD e IC, comprometendo a capacidade destes extensores lombares de suportarem as forças de cisalhamento atuando sobre a coluna vertebral em extensão, aumentando a suscetibilidade do disco a lesão. Adicionalmente, Patwardhan et al.<sup>4</sup> em estudos com modelos cadavéricos humanos, observaram que uma coluna lom-

bar íntegra, por ter a possibilidade de transmissão das forças compressivas através de linhas tangentes a curvatura vertebral, tem a capacidade de suportar forças compressivas de até 1200N, se mantendo dentro de limites fisiológicos de deslocamento intervertebral, sem lesões, tanto na posição de lordose neutra, quanto em flexão de até  $25^\circ$ . Portanto, os exercícios BS, HE, SU e SW parecem ser seguros para portadores de distúrbios na coluna lombar, haja vista, que durante os exercícios supracitados a curvatura da coluna vertebral permanece nos limites fisiológicos.

Entretanto, a análise EMG de superfície apresenta algumas limitações como, diferentes protocolos de referência para posicionamento de eletrodos, normalização e tratamento do sinal<sup>20</sup>. Tais variáveis limitam a reprodutibilidade dos protocolos aplicados em determinados estudos, bem como, a comparação entre os resultados de estudos distintos. Todavia, a análise EMG é ferramenta que possibilita análise não-invasivas respostas neurais durante exercícios<sup>18</sup>. Em estudos futuros existe uma ampla oportunidade para pesquisadores investigarem o comportamento da atividade muscular dos extensores do tronco durante um programa de treinamento envolvendo outros exercícios do método Pilates.

Em conclusão, durante os exercícios adotados no presente estudo a curvatura fisiológica da região lombar foi preservada, reduzindo potencialmente o risco de lesões devido a cargas mecânicas que podem atuar sobre esta região da coluna. Dentre os exercícios estudados, o SU e SW apresentaram maior nível de ativação muscular comparados ao BS, HE e QA.

Do ponto de vista prático, essas evidências podem ser utilizadas como referência para prescrever e selecionar exercícios de estabilização baseado no aumento progressivo da atividade muscular dos extensores do tronco. Todavia, ainda são escassas evidências relacionadas à atividade muscular durante exercícios do método Pilates, bem como, as possíveis adaptações crônicas relacionadas a aumento de força muscular e estabilização da coluna durante um período de treinamento.

## Agradecimentos

Dr. Humberto Miranda agradece a Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). Gabriel Paz agradece ao Programa de Educação para o Trabalho e Saúde (PET-SAÚDE).

## Conflito de interesses

Os autores declaram que no tienen ningún conflito de interesses.

## RESUMO

**Objetivo.** Objetivo deste estudo foi comparar a atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos extensores do tronco durante exercícios de estabilização do método Pilates. **Método.** Dez alunos de graduação saudáveis participaram deste estudo ( $20,9 \pm 2,4$  anos;  $162,7 \pm 6,7$  cm de altura;  $61,7 \pm 6,4$  kg de peso corporal e  $13,2 \pm 5,2\%$  de gordura corporal) com experiência prévia em Pilates. Os seguintes exercícios de Pilates foram realizados com o esforço isométrico: Superman (SU), natação (SW), peito (BS), extensão do quadril (HE) e apoio contralateral (QA). O sinal EMG de múltiplo (MD), longuíssimo dorsal (LD) e iliocostal (IC) foram registrados. A normalização do sinal EMG foi realizada por meio de contração voluntária máxima (% CVM). No tratamento estatístico foram aplicados o teste de Shapiro-Wilk, seguido pela análise de variância one-way para medidas repetidas e post hoc de Bonferroni ( $p < 0,05$ ).

**Resultados.** Os exercícios SU, SW, BS, e HE mostraram níveis mais elevados de ativação muscular ( $> 40\%$  da CVM) para LD e IC, no entanto, durante o QA foi observada uma redução significativa na ativação muscular para todos os músculos monitorados em comparação com os demais exercícios.

**Conclusão.** Portanto, os exercícios supracitados podem ser realizados visando

aperfeiçoar a ativação dos músculos extensores do tronco e estabilidade da coluna, bem como, os resultados encontrados no presente estudo pode ser uma referência para seleção de exercícios durante os programas de treinamento para esse grupo muscular.

*Palavras-chave:*

Eletromiografia.  
Contração isométrica.  
Pilates.

## Referências

1. Rogers K, Gibson AL. Eight-week traditional MAT Pilates training-program effects on adult fitness characteristics. *Research Quarterly for Exercise and Sports*. 2009;80(3):569-74.
2. Cruz-Ferreira A, Fernandes J, Laranjo L, Bernardo LM, Silva AA. Systematic review of the effects of Pilates method of exercise in healthy people. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011;92(12):2071-81.
3. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sports Sciences Reviews*. 2001;29(1):26-31.
4. Patwardhan AG, Havey RM, Carandang G, Simonds J, Voronov LI, Ghanayem AJ. Effect of compressive follower preload on the flexion-extension response of the human lumbar spine. *Journal of Orthopedic Research*. 2003;21(3):540-6.
5. Mori A. Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*. 2004;44(1):57-64.
6. Danneels LA, Coorevits PL, Cools AM. Differences in electromyographic activity in the multifidus muscle and the iliocostalis lumborum between healthy subjects and patients with sub-acute and chronic low back pain. *European Spine Journal*. 2002;11(1):13-9.
7. Nuzzo JL, McCaulley GO, Cormie P, Cavill MJ. Trunk Muscle Activity During Stability Ball and Free Weight Exercises. *J Strength Cond Res*. 2008;22(1):95-102.
8. Marras WS, Davis KG. A non-MVC EMG normalization technique for the trunk musculature: Part 1. Method development *Journal of Electromyography Kinesiology*. 2001;11(1):1-9.
9. García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, Peco-González NJF. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2012;22(3):398-406.
10. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropractic and Osteopathy*. 2005;30(1):1-8.
11. Oliver GD, Stone AJ, Plummer H. Electromyographic examination of selected muscle activation during isometric core exercises. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2010;20(6):452-7.
12. Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblet G, Daffron J, Lambert S, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(5):265-76.
13. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2007;37(12):754-62.
14. Saúde Cnd. Resolução nº 196/196: Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. 1996.
15. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*. 1978;40(1):497-504.
16. Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, Sacco IC. Muscles activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(1):86-92.
17. Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power. *Journal of Exercise Physiology*. 2001;4(3):1-21.
18. Cram JR, Kasman GS. Introduction to Surface electromyography. ASPEN: Gaithersburg; 1998.
19. Merletti R. Standards for Reporting EMG Data. *International Society of Electrophysiology and Kinesiology*. 1999.
20. Kalmar JM, Cafarelli E. Central Excitability does not limit post fatigue voluntary activation of quadriceps femoris. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(1):1757-64.
21. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708. Epub 2009/02/11.
22. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles, Testing and Function With Posture and Pain*. 5 ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 2005.
23. Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(11):1551-7.
24. Pérez AC. Dolor abdominal transitorio vinculado al ejercicio: causas y soluciones. *Rev Andal Med Deporte*. 2010;4:29-37.
25. Folland JP, Williams AG. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*. 2007;37(2):145-68.
26. Hamill J, Knutzen KM. *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
27. DiGiovine N, Jobe F, Pink P, Perry J. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 1992;1(1):15-25.
28. Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. 1999;32(1):13-7.
29. McGill SM, Hughson RL, Parks K. Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles *Clinical Biomechanics*. 2000;15(10):777-80.