

Fisioter Bras 2019;20(3):418-25
<https://doi.org/10.33233/fb.v20i3.2261>

ARTIGO ORIGINAL

Avaliação eletromiográfica do exercício swan na Wunda Chair: Co-ativação dos músculos do core

Electromyographic evaluation of the swan exercise in the Wunda Chair: Co-activation of the core muscles

Ana Carolina Panhan*, Mauro Gonçalves**, Giovana Duarte Eltz***, Marina Mello Villalba****, Adalgiso Coscrato Cardozo*****, Larissa Bianchi*****, Fausto Bérzin*****

*Mestrado em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo pela Faculdade de Ciências Aplicadas, FCA, Unicamp, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, FOP, Unicamp, **Professor Titular de Biomecânica na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Rio Claro, ***Mestrado em Ciências da Reabilitação pela UFRGS, ****Graduada em Educação Física, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Rio Claro, *****Professor Adjunto do Departamento de Educação Física-IB da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Rio Claro, *****Graduada em Educação Física, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp, Rio Claro, *****Professor Colaborador da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, FOP, Unicamp

Recebido em 15 de abril de 2018; aceito em 28 de abril de 2019.

Correspondência: Ana Carolina Panhan, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, FOP, Unicamp, Av. Limeira, 901 Areião 13414-018 Piracicaba SP, E-mail: carol_panhan@hotmail.com; Mauro Gonçalves, mauro.labiomec@gmail.com; Giovana Duarte Eltz: giovannade@gmail.com; Marina Mello Villalba: marinavillalba@hotmail.com; Adalgiso Coscrato Cardozo: adal@rc.unesp.br; Larissa Bianchi: lari.bianchi@gmail.com; Fausto Bérzin: fberzin@gmail.com

Resumo

A principal finalidade do método Pilates é desenvolver uma automação dos músculos do core. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi analisar a razão eletromiográfica dos músculos Oblíquo Interno (OI) e Reto do Abdômen (RA) localizados na parte anterior do tronco, a razão eletromiográfica dos músculos Multifídeo (MU) e Longuíssimo do Tórax (LO) localizados na parte posterior do tronco, e também a razão ântero-posterior ($A/P=RA+IO/LO+MU$) desses músculos durante o exercício swan do método Pilates, realizado sobre a Wunda Chair. Na comparação entre as três razões, foram encontradas diferenças estatísticas ($p = 0,0103$), apenas entre as razões ântero-posterior (A/P), e entre a razão dos músculos localizados na parte posterior do tronco (MU/LO). Os resultados demonstraram que houve um predomínio na atividade eletromiográfica dos músculos da região posterior em relação aos músculos da região anterior do tronco e que os músculos estabilizadores apresentaram maior atividade eletromiográfica em comparação com os músculos globais ou mobilizadores. O exercício swan pode ser utilizado como forma de treinamento para a musculatura do tronco, e como consequência gerar maior estabilidade a coluna vertebral, pois o exercício prioriza a diminuição da carga sobre a coluna vertebral.

Palavras-chave: Pilates, eletromiografia, core, co-ativação.

Abstract

The main purpose of the Pilates method is to develop an automation of core muscles. Thus, the aim of this study was to analyze the electromyographic ratio of the Internal Oblique (IO) and Rectus Abdominis (RA) muscles located in the anterior part of the trunk, the electromyographic ratio of the Multifidus (MU) and Longissimus Thoracis (LO) muscles, located in the posterior part of the trunk, and also the ratio antero-posterior ($A/P=RA+IO/LO+MU$) of these muscles during the swan exercise of the Pilates, performed on the Wunda Chair. In the comparison between the three ratios, statistical differences ($p = 0.0013$) were found only between the antero-posterior (A/P) ratios and the ratio of the muscles located in the posterior part of the trunk (MU/LO). The results showed a predominance of the electromyographic activity in the muscles of the posterior region in relation to the muscles of the anterior region of the trunk. The stabilizing muscles presented

greater electromyographic activity in comparison to the global or mobilizing muscles. The swan can be used as training for the trunk muscles, and therefore generates greater stability of the spine, since exercise prioritizes the decrease of the load on the spine.

Key-words: Pilates, electromyography, core, co-activation.

Introdução

O Pilates é um método muito difundido atualmente e promove vários benefícios como alinhamento postural, condicionamento físico, flexibilidade, força, equilíbrio e consciência corporal [1], e consiste em seis princípios, dentre eles o princípio de concentração, controle, fluidez, precisão, respiração e centralização [2].

O principal objetivo desse método é desenvolver uma automação dos músculos do powerhouse, também conhecido como core. O core é uma unidade integrada composta de 29 pares de músculos que suportam o complexo quadril-pélvico-lombar [3]. Estes grupos musculares são responsáveis por controlar os movimentos e estabilizar a coluna lombar e pelve [3,4]. A estabilização do core envolve uma completa interação de músculos e nervos [5].

O fortalecimento adequado dos músculos do tronco está relacionado à técnica do Pilates, pois seus exercícios são executados visando à ativação dessa musculatura [6] proporcionando uma boa estabilidade e suporte para a coluna vertebral [7].

O desequilíbrio entre a função dos músculos flexores e extensores do tronco é um forte indício para o aparecimento de lesões na coluna lombar [8]. Além disso, a dor lombar não específica apresenta outras causas como disfunções musculares, mudanças no controle motor e o recrutamento inadequado dos músculos do tronco, reduzindo a estabilidade dos segmentos da coluna vertebral [9].

Sendo assim, os exercícios de Pilates têm sido muito utilizados para o fortalecimento da região lombar e pélvica, na reabilitação e também no controle, prevenção e tratamento de patologias, distúrbios neurológicos, dores crônicas e distúrbios na coluna vertebral [1,10,11]. Esses exercícios podem ser pequenos movimentos terapêuticos utilizados na reabilitação ou exercícios intensificados para aqueles que desejam melhorar sua performance e condicionamento físico.

A análise eletromiográfica e o conhecimento da ativação muscular a partir de sobrecargas aplicadas a um exercício podem auxiliar na prescrição adequada de exercícios de Pilates [12]. Há necessidade de mais estudos que avaliem essa técnica de maneira cinesiológica e eletromiográfica [13,14], diante disto, o objetivo principal deste trabalho é analisar a razão eletromiográfica dos músculos reto do abdômen e oblíquo interno (RA/OI), a razão eletromiográfica dos músculos que estão localizados na parte posterior do tronco, longuíssimo do tórax e multífido (LO/MU), e também a razão ântero-posterior (A/P= RA+OI/UM+LO), durante o exercício swan realizado no aparelho Wunda Chair.

Material e métodos

Participantes

Após a aprovação do termo de consentimento livre e esclarecido pelo Comitê de Ética e Pesquisa da FOP, UNICAMP sob o número do CAAE: 64184216.9.0000.5418, as voluntárias foram convidadas a participar deste estudo. As avaliações foram realizadas com 15 mulheres com experiência no Método Pilates ($4,2 \pm 1,0$), com média de idade de $25,6 \pm 3,2$ anos, sem histórico de dor lombar (tabela I). Os critérios de inclusão foram: a) as mulheres eram praticantes do método por no mínimo seis meses e não apresentavam lesão musculoesquelética, b) não eram gestantes, c) não possuíam assimetrias identificadas visualmente no tronco e em membros inferiores [15]. As participantes foram informadas sobre o protocolo experimental e os potenciais riscos do estudo e emitiram autorização por escrito antes de sua participação.

Tabela I - Características da amostra.

	Média (\pm DP)
Massa (kg)	52,7 (2,1)
Estatura (m)	1,64 (0,04)
IMC (kg/m²)	19,6 (1,4)
Idade (anos)	25,6 (3,2)
Tempo de prática (anos)	4,2 (1,0)

Procedimentos

Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Biomecânica (LABIOMECC) da Unesp, Rio Claro/SP. No primeiro momento, as participantes realizaram um aquecimento ativo de aproximadamente dois minutos para os músculos flexores e extensores do tronco (40 segundos de rotação de tronco, 40 segundos de flexão do tronco em pé levando as mãos em direção ao solo de forma alternada com os joelhos estendidos e por fim 20 segundos de cada lado para o movimento anterior, no entanto de forma estática) [16], após o período de aquecimento foi realizada a avaliação eletromiográfica.

A coleta do sinal eletromiográfico foi realizada com a utilização de eletrodos de superfície de Ag/AgCl (Miotec®) medindo 10 mm de diâmetro com uma distância entre eletrodos de 20 mm. Anteriormente a colocação dos eletrodos, a pele foi limpa, tricotomizada com álcool 70% para reduzir impedância [17].

Os eletrodos foram posicionados no lado direito sobre os músculos: RA (abaixo do ponto médio entre o umbigo e o processo xifoide a 3 cm lateral a linha média), OI (2 cm medialmente e inferiormente a espinha íliaca ântero-posterior), LO (2 cm lateralmente a partir do processo espinhoso de L1) e MU (2 cm lateralmente ao espaço entre o processo espinhoso de L4-L5) [18,19,20].

Após 10 minutos de repouso [21] as voluntárias realizaram o exercício swan na Wunda Chair. Foi utilizado nesse estudo a Wunda Chair, cadeira com molas criada por Joseph Pilates, nela podem-se realizar exercícios com os pés ou com as mãos apoiados sobre o pedal ou assento, em decúbitos dorsais, laterais e ventrais. Os exercícios executados nela exigem força, flexibilidade, controle do equilíbrio e alinhamento corporal [20]. Segundo a Pilates Method Alliance (PMI), o exercício avaliado nesse trabalho, necessita de apenas uma mola para a execução (Figura 1).

Para a execução do exercício swan a participante se posicionou em decúbito ventral, com as cristas ilíacas apoiadas no estofado da Wunda Chair, e mãos em contato como o pedal do equipamento. Joelhos e coxas estendidos e tornozelos unidos. O exercício foi iniciado com o pedal em baixo e depois foi elevado para cima, realizando uma extensão da coluna vertebral (Figura 2 a e b). Foi realizada uma inspiração para elevar o pedal e uma expiração ao descer o tronco novamente. O exercício envolveu oito repetições em ritmo de metrônomo de 50 bpm, considerando os princípios do método Pilates para praticantes e seguindo a Aliança do Método Pilates, PMI [2].



Figura 1 - Wunda Chair, equipamento utilizado em aulas do método Pilates. Uma mola apenas, para execução do exercício swan.

**a****b**

Figura 2 - Posicionamento e execução inicial do exercício swan (a). Posicionamento e execução final do exercício swan (b).

Coleta de dados

Para a captação dos sinais eletromiográficos foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos por *TELEmyo Direct Transmission System* (TELEmyo DTS) (Noraxon®) de 16 canais, software *myoMUSCLE* (Noraxon®), calibrado com frequência de amostragem de 1500 Hz, ganho total de 2000 vezes (20 vezes no sensor e 100 vezes no equipamento), conversor analógico-digital (A/D) com resolução de 16 bits e filtro analógico de passa banda de 20-500 Hz.

A análise do sinal EMG foi realizada usando rotinas específicas desenvolvidas em Matlab (versão 2009). Todos os sinais eletromiográficos foram filtrados com o filtro Butterworth de 4ª ordem com frequência de 20-500 Hz e processado no domínio do tempo.

O sinal de eletromiografia EMG foi analisado no domínio do tempo para o cálculo dos valores de Root Mean Square (RMS) para análise da atividade muscular durante todo o período do exercício (8 repetições) [22]. O padrão de co-ativação dos músculos do tronco foi analisado utilizando as seguintes razões com os valores da amplitude do sinal: ântero-posterior ($A/P=RA+EO+IO/IL+MU$), MU/IL e OI/OE [22]. Para manter o ritmo durante o exercício foi utilizado um metrônomo da marca Willner®.

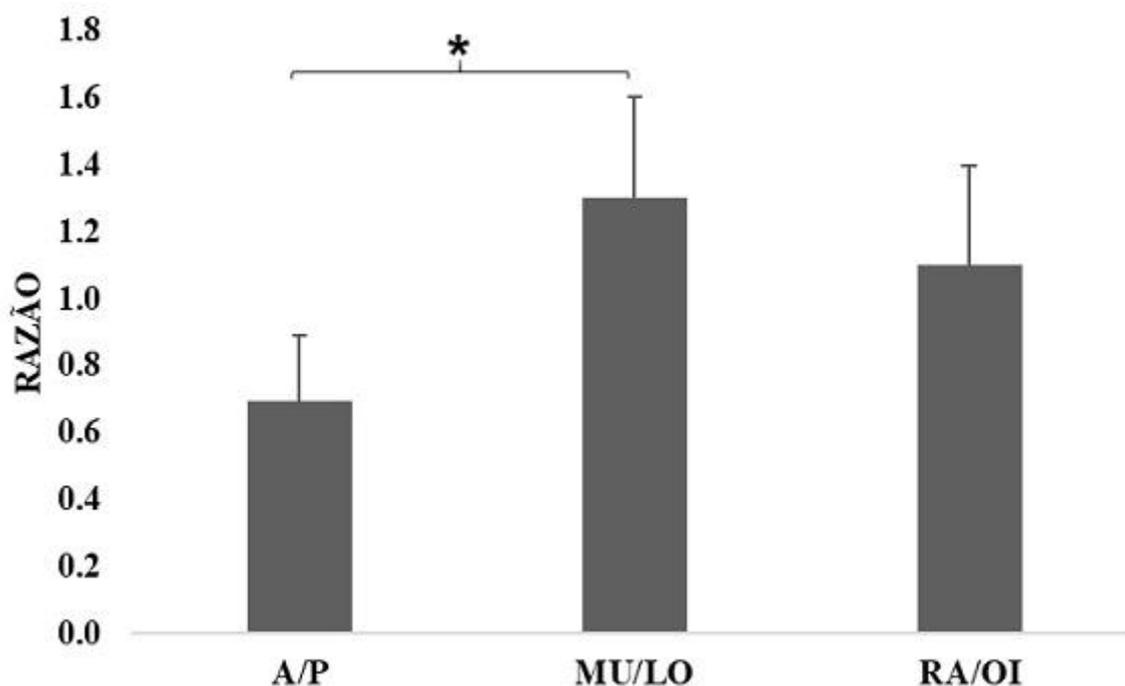
Análise estatística

Os dados foram analisados usando o software Matlab (versão 2009). A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Lilliefors. Foi aplicado o teste de análise de variância ANOVA, seguido de post hoc Bonferroni. O valor de significância foi definido como $p>0,05$.

Resultados

A figura 3 descreve resultados de co-ativação dos músculos do tronco, expressados pelas razões com os valores da amplitude do sinal eletromiográfico: A/P, MU/LO e OI/RA.

Na comparação entre a razão A/P e MU/LO foi encontrada diferença significativa ($p = 0,0013$), já entre as outras comparações, (A/P e OI/RA e MU/LO e OI/RA) não foram apresentadas diferenças significativas ($p = 0,08$ e $p = 0,124$), respectivamente. A média do maior valor de razão de co-ativação foi encontrada entre os músculos da parte posterior do tronco, ($1,3 \pm 0,3$) em seguida, a razão dos músculos da parte anterior do tronco ($1, 1 \pm 0,2$) e por último a razão A/P ($0,7 \pm 0,2$).



*indica quando foi encontrada diferença estatística na comparação dos exercícios pelo teste de análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$).

Figura 3 - Representação das razões Antero-posterior (A/P), Múltifido/Longuíssimo do Tórax (MU/LO), Reto Abdominal/Oblíquo Interno (RA/OI), no exercício swan.

Discussão

Os resultados demonstraram que houve um predomínio na atividade eletromiográfica dos músculos da região posterior em relação aos músculos da região anterior do tronco. Isso ocorreu, pois, os mesmos são os motores primários para a realização do movimento de extensão da coluna, como foi demonstrado por outros estudos [23,24].

Os músculos estabilizadores (MU e OI) apresentaram maior atividade EMG em comparação com os músculos globais ou mobilizadores (LO e RA), isso ocorreu devido ao recrutamento dos mesmos para manter o quadril apoiado sobre o equipamento, estabilizando a coluna e reduzindo a rotação axial do tronco [25].

Esse resultado era esperado pelo mecanismo de recrutamento muscular que os exercícios do método Pilates priorizam. O objetivo principal do método é criar um padrão de automação da ação dos músculos do tronco, principalmente dos músculos estabilizadores para preservar e manter a coluna vertebral alinhada, respeitando sua anatomia e morfologia [2].

Não foram encontradas diferenças estatísticas entre a razão RA/OI e LO/MU, isso pode ser explicado pelo fato de que a ativação adequada dos músculos abdominais fornece um melhor suporte à coluna e, juntamente com os músculos extensores, ajuda a criar um arco longo e uniformemente distribuído sobre as vértebras e a controlar o torque gerado pela extensão do quadril [26,27].

O exercício swan pode ser utilizado como forma de treinamento para a musculatura do tronco, principalmente dos extensores (MU e LO), e como consequência gerar maior estabilidade para a coluna vertebral, podendo prevenir lesões principalmente da coluna lombar [1].

Já que uma das prioridades desse exercício é ativar os músculos extensores do tronco, então o mesmo pode ser ensinado a partir do nível intermediário do método, pois, nesse nível, os alunos ou pacientes poderão ter desenvolvido um maior controle articular, segmentar e dos movimentos e com isso um padrão correto de co-ativação entre os músculos do core, para aumentar a rigidez da coluna vertebral e alcançar a estabilidade ideal, já que o método inicialmente busca fortalecer os músculos flexores do tronco (primeiro powerhouse) [1,26,28].

É importante que estudos eletromiográficos sejam realizados para descrever a cinesiologia de cada exercício. Esses resultados são pertinentes para profissionais da área da saúde como educadores físicos e fisioterapeutas para a definição dos exercícios que os mesmos utilizarão em suas sessões de Pilates com os seus alunos ou pacientes, sejam em treinamentos, prevenção ou reabilitação, visando sempre às necessidades individuais dos clientes.

Limitações

Para a obtenção de um resultado mais substancial em nossos achados seria ideal uma comparação entre praticantes e não praticantes de Pilates, pois a ativação muscular e os padrões de co-ativação podem responder de forma diferente em não praticantes.

Conclusão

Conclui-se que a co-ativação dos músculos estabilizadores é maior que a co-ativação dos músculos mobilizadores em mulheres praticantes do método Pilates para o exercício swan na Wunda Chair. Além disso, os músculos extensores se mostraram mais ativos que os flexores do tronco, sendo assim o mesmo pode ser utilizado para treinar esse grupo muscular.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agência do governo.

Referências

1. Kolyniak IEGG, Cavalcanti SMDB, Aoki MS. Avaliação isocinética da musculatura envolvida na flexão e extensão do tronco efeito do método Pilates. Rev Bras Med Esporte 2004;10:487-90. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922004000600005>
2. Panelli C, De Marco A. Método Pilates de condicionamento do corpo: um programa para toda vida. São Paulo: Phorte; 2009.
3. Akuthota V, Ferreira A, Moore T, Fredericson, M. Core stability exercise principles. Curr Sports Med Rep 2008;7:39-44. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69>
4. Bernardo LM. The effectiveness of Pilates training in healthy adults: an appraisal of the research literature. J Bodyw Mov Ther 2007;11:106-10. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2006.08.006>
5. Endleman I, Critchley D. Transversus Abdominis and Obliquus Internus activity during Pilates exercises: Measurement with ultrasound scanning. Arch Phys Med Rehabil 2008;89:2205-12. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.04.025>
6. Willardson JM. Core stability training for healthy athletes: A different paradigm for fitness professionals. Strength Cond J 2007;29:42-9. <https://doi.org/10.1519/R-20255.1>
7. Muscolino JE Ciprini S. Pilates and "powerhouse". J Bodyw Mov Ther 2004;8:15-24. [https://doi.org/10.1016/S1360-8592\(03\)00057-3](https://doi.org/10.1016/S1360-8592(03)00057-3)
8. Carvalho P, Pereira A, Santos R, Vilas Boas JP. EMG of the transverse abdominis and multifidus during Pilates Exercises. Portuguese Journal of Sport Sciences 2011;11:727-9.
9. Ebenbichler GR, Oddsson LI, Kollmitzer J, Erim Z. Sensory-motor control of the lower back implications for rehabilitation. Med Sci Sports Exerc 2011;33:1889-98.

10. Charles L, Blum DC. Chiropractic and Pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. *J Manipulative Physiol Ther* 2011;25:e3. <https://doi.org/10.1067/mmt.2002.123336>
11. Cholewicki J, Vanvliet JIV. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002;17:99-105. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(01\)00118-8](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(01)00118-8)
12. Donzelli S, Di Domenica E, Cova AM, Galletti R, Giunta N. Two different techniques in the rehabilitation treatment of low back pain: A randomized controlled trial. *Eura Medicophys* 2006;42:205-10.
13. Silva YO, Melo MO, Gomes LE, Bonezi A, Loss JF. Análise da resistência externa e da atividade eletromiográfica do movimento de extensão de quadril realizado segundo o Método Pilates. *Rev Bras Fisioter* 2009;13:82-8. <https://doi.org/10.1590/S1413-35552009005000010>
14. Souza EFD, Cantergi D, Mendonça A, Kennedy C, Loss JF. Electromyographic analysis of the rectus femoris and rectus abdominis muscles during performance of the hundred and teaser Pilates exercises. *Rev Bras Med Esporte* 2012;18:105-8. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000200008>
15. Silva GB, Morgan MM, Carvalho WRG, Silva E, Freitas WZ, Silva FF, Souza RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *J Bodyw Mov Ther* 2015;19:629-35. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.11.010>
16. Carlos LC. Análise biomecânica dos músculos do core em praticantes de diferentes modalidades de treinamento [Dissertação]. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp); 2016.
17. Gonçalves M, Marques NR, Hallal CZ, Van Dieen JH. Electromyographic activity of trunk muscles during exercises with flexible and non-flexible poles. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2012;24:209-14. <https://doi.org/10.3233/BMR-2011-0297>
18. Marcucci FCI, Cardoso NS, Bertelli KS, Garanhi MR, Cardoso JR. Alterações eletromiográficas dos músculos do tronco de pacientes com hemiparesia após acidente vascular encefálico. *Arq Neuropsiquiatr* 2007;65:900-5. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2007000500035>
19. Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyog Kinesiol* 2003;13:477-89. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00027-0)
20. O'Sullivan P, Dankaerts W, Burnett AF, Farrel GT, Jefford E, Naylor CS. Effect of different upright postures on spinal pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain free population. *Spine* 2006;31:707-12. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000234735.98075.50>
21. Marques NR, Hallal CZ, Gonçalves M. Padrão de co-ativação dos músculos do tronco durante exercícios com haste oscilatória. *Rev Motriz* 2012;18:245-52. <https://doi.org/10.1590/S1980-65742012000200004>
22. Silva GB, Morgan MM, Carvalho WRG, Silva E, Freitas WZ, Silva FF, Souza RA. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *J Bodyw Mov Ther* 2015;19:629-35. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2014.11.010>
23. Paz GA, Lima H, Miranda CGO, Dantas EHM. Atividade eletromiográfica dos músculos extensores do tronco durante exercícios de estabilização lombar do método Pilates. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte* 2014;7:72-7.
24. Silva MAC, Dias JM, Silva MF, Mazuquin BF, Abrão T, Cardoso JR. Análise comparativa da atividade elétrica do músculo multifido durante exercícios do Pilates, série de Williams e Spine Stabilization. *Fisioter Mov* 2013;26:87-94.
25. Bogduk N. The lumbar muscles and their fascia. In: Bogduk N. 3 ed. *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum*. 1997. London: Churchill Livingstone; 1997. p.101-25.
26. Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin North Am* 2008;34:245-54. [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(03\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(03)00003-8)
27. McCook DT, Vicenzino B, Hodges PW. Activity of deep abdominal muscles increases during submaximal flexion and extension efforts but antagonist co-contraction remains unchanged. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19:754-62. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.11.002>

28. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand 1989;60:4-54. <https://doi.org/10.3109/17453678909154177>