



Junta de Andalucía  
Consejería de Educación y Deporte

# Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original



## Ativação dos músculos do powerhouse durante os exercícios leg-circle do pilates realizados no solo e em equipamentos

F. Oliveira-Brauner<sup>a</sup>, C. Souza<sup>b</sup>, E. Santiago-Wagner-Neto<sup>a</sup>, J. Fagundes Loss<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS - Brasil

<sup>b</sup> Centro universitário Maurício de Nassau, Salvador/BA - Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO: Recebido a 10 de Dezembro de 2020, aceite a 14 de Junho de 2021, online a 14 de Junho de 2021

### RESUMO

**Objetivo:** o objetivo do presente estudo foi testar a capacidade dos exercícios *leg-circle* para ativar os músculos do *powerhouse*.

**Método:** a amostra foi composta por onze instrutoras de Pilates com pelo menos seis meses de experiência. A eletromiografia (EMG) dos músculos reto abdominal, oblíquo interno, oblíquo externo e multifido foi registrada. Os dados EMG foram coletados durante a realização de 10 repetições do exercício *leg-circle* bilateralmente no *Reformer* e no *Cadillac*, e 10 repetições executadas unilateralmente no *Mat* com os membros inferiores direito e esquerdo (um total de 40 repetições). Como os dados não eram normais, foi realizada a ANOVA de Friedman. Os testes post-hoc de Wilcoxon foram realizados com a correção de Bonferroni ( $p < 0.008$ ).

**Resultados:** Quando comparados os músculos em um mesmo aparelho, o reto abdominal e o multifido tiveram sempre os menores níveis de ativação, não sendo diferentes entre si em nenhum dos aparelhos. O oblíquo externo sempre foi o músculo com maior nível de ativação, independente do aparelho. Quando comparados os aparelhos para um mesmo músculo, houve diferenças significativas no reto abdominal [ $\chi^2(3) = 26.89, p < 0.001$ ] e no oblíquo interno [ $\chi^2(3) = 27.44, p < 0.001$ ], onde a ativação elétrica foi maior nos exercícios realizados no *Mat* em comparação com aqueles realizados no *Cadillac* ou *Reformer*. Em contrapartida, não houve diferença entre os exercícios quanto à ativação dos músculos oblíquos externos ou multifidos.

**Conclusão:** A maior ativação ocorreu no oblíquo externo, independente do aparelho analisado. Os exercícios realizados no solo tiveram maior ativação do reto abdominal e do oblíquo interno comparativamente aos exercícios realizados nos aparelhos.

**Palavras-chave:** Eletromiografia; Exercício; Extremidade Inferior

## Activación de los músculos de *powerhouse* durante los ejercicios *leg-circle* de pilates realizados en el suelo y en máquinas

### RESUMEN

**Objetivo:** El objetivo del presente estudio fue probar la capacidad de los ejercicios *leg-circle* para activar los músculos de *powerhouse*.

**Método:** la muestra estuvo formada por once instructores de Pilates con al menos seis meses de experiencia. Se registró la electromiografía (EMG) de los músculos recto del abdomen, oblicuo interno, oblicuo externo y multifidos. Los datos de EMG se recopilaron durante 10 repeticiones del ejercicio de *leg-circle* bilateralmente en el *Reformer* y en el *Cadillac*, y 10 repeticiones realizadas unilateralmente en el *Mat* con las extremidades inferiores derecha e izquierda (un total de 40 repeticiones). Como los datos no eran normales, se realizó el ANOVA de Friedman. Las pruebas post-hoc de Wilcoxon se realizaron con la corrección de Bonferroni ( $p < 0.008$ ).

**Resultados:** Al comparar los músculos en el mismo dispositivo, el recto abdominal y el multifidos siempre tienen los niveles más bajos de activación y no son diferentes entre sí en ninguno de los dispositivos. El oblicuo externo siempre ha sido el músculo con mayor nivel de activación, independientemente del dispositivo. Al comparar dispositivos en el mismo músculo, los resultados revelaron diferencias significativas en el recto abdominal [ $\chi^2(3) = 26.89, p < 0.001$ ] y en el oblicuo interno [ $\chi^2(3) = 27.44, p < 0.001$ ], donde la activación eléctrica fue mayor en ejercicios realizados en el *Mat* en comparación con los realizados en el *Cadillac* o *Reformer*. Por otro lado, no hubo diferencia entre los ejercicios en cuanto a la activación de los músculos oblicuos externos o multifidos.

**Conclusión:** La mayor activación se produjo en el oblicuo externo, independientemente del lugar donde se realizó el ejercicio. Los ejercicios realizados en el suelo presentaron una mayor activación del recto abdominal y del oblicuo interno en comparación con los ejercicios realizados en máquinas.

**Palabra clave:** Electromiografía; Ejercicio; Extremidad inferior

\* Autor para correspondência.

Correios eletrónicos: [jefferson.loss@ufrgs.br](mailto:jefferson.loss@ufrgs.br) (J. Fagundes Loss).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2021.06.005>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2022 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

## Powerhouse muscle activation during pilates leg-circle exercises performed on mat and devices

### ABSTRACT

**Objective:** The goal of the present study was to test the capacity of leg-circle exercises to activate core muscles.

**Method:** The sample comprised eleven female Pilates instructors with at least six months experience. The electromyography (EMG) of the rectus abdominis, internal oblique, external oblique, and multifidus muscles was recorded. EMG data were collected during the performance of 10 repetitions of the leg-circle exercise bilaterally on the Reformer and on the Cadillac, as well as 10 single leg-circle repetitions performed unilaterally on the Mat with both the right and left lower limbs (a total of 40 repetitions). Since the data were not normal, Friedman ANOVA was conducted. Post-hoc Wilcoxon tests were carried out using the Bonferroni correction ( $p < 0.008$ ).

**Results:** When comparing the muscles in the same device, the rectus abdominis and the multifidus always have the lowest levels of activation and are not different from each other in any of the devices. The external oblique was always the muscle with the highest level of activation, regardless of the device. When comparing the devices in the same muscle, the results revealed significant differences in the rectus abdominis [ $\chi^2(3) = 26.89, p < 0.001$ ] and in the internal oblique [ $\chi^2(3) = 27.44, p < 0.001$ ], where the electrical activation was higher in the Mat-based exercises compared to those performed on the Cadillac or Reformer. By contrast, there was no difference between the exercises regarding activation of the external oblique or multifidus muscles.

**Conclusion:** The greatest activation occurred in the external oblique, regardless of the device analyzed. Exercises performed on the mat had greater activation of the rectus abdominis and internal oblique compared to exercises performed on devices.

**Keywords:** Electromyography; Exercise; Lower Extremity

### Introdução

Os estudos de Pilates têm sido cada vez mais procurados por pessoas com objetivos tão variados como praticar atividades físicas, melhorar o desempenho esportivo, reabilitar patologias e se recuperar de cirurgias musculoesqueléticas<sup>1,2</sup>. Para tornar a intervenção mais eficaz, é útil conhecer os aspectos biomecânicos e fisiológicos dos exercícios e suas variações.

Alguns estudos que avaliam a atividade elétrica dos músculos têm mostrado que quando um exercício é realizado da mesma forma com outro aparelho, podem ocorrer alterações na ativação muscular<sup>3-7</sup>. Entender como diferentes exercícios abdominais estimulam a atividade muscular é útil para profissionais da saúde que utilizam estes exercícios para atingir suas necessidades e/ou objetivos de reabilitação ou treinamento<sup>8</sup>. Os músculos abdominais são comumente fortalecidos pela flexão ativa do tronco ou pela contração isométrica dos músculos respondendo a estímulos externos que desafiam a estabilidade do tronco<sup>9</sup>.

Quando realizados dentro do ambiente do Pilates, os estudos enfocam a análise muscular com base em um dos seis princípios norteadores do método Pilates, conhecido como centralização<sup>10</sup>. A centralização é considerada o princípio mais importante do método Pilates, porque acredita-se que todo movimento não apenas começa, mas também é sustentado no centro do corpo humano (ou seja, o núcleo). No ambiente de Pilates, a circunferência da parte inferior do tronco - especificamente, os músculos abdominais, os músculos paravertebrais lombares, os flexores do quadril, os extensores do quadril e o assoalho pélvico - formam uma estrutura conhecida como "powerhouse", que sustenta o tronco<sup>11,12</sup>.

Juntamente com os diferentes aparelhos, outro aspecto a considerar é a influência da estabilidade da superfície na atividade muscular, que parece ser dependente do músculo e do exercício. Já foi mostrado que exercícios de estabilização lombar em superfície instável potencializam a atividade dos músculos do tronco<sup>10</sup>. Em particular, a atividade dos músculos do tronco mais globais, como o oblíquo externo, foi maior na superfície instável<sup>5,13</sup>. Embora tenham sido identificados na literatura diversos exercícios de Pilates amplamente utilizados na prática clínica<sup>3-7,10,12</sup>, até onde foi possível verificar, não foram avaliados exercícios de estabilização lombar onde os membros são usados para causar instabilidade, como os exercícios *leg-circle* do Pilates.

Os exercícios *leg-circle* ou *hip-circle* têm diversas variações e podem ser realizados por meio de diferentes aparelhos: bilateralmente no *Cadillac*, bilateralmente no *Reformer* ou unilateralmente no *Mat* (*single leg-circle*). Em todas as variações, os círculos devem ser contínuos e suaves, envolvendo a

circundução na articulação do quadril, mantendo o tronco e a pelve estáticos<sup>14</sup>.

Entender quais músculos centrais são recrutados e quão ativos eles são durante a realização de uma variedade de exercícios *leg-circle* é útil para terapeutas e outros especialistas em saúde ou fitness que usam exercícios de Pilates para facilitar a reabilitação ou objetivos de treinamento para seus pacientes ou clientes. O objetivo deste estudo foi testar a capacidade dos exercícios *leg-circle* para ativar os músculos centrais do tronco. Foi hipotetizado que os sinais eletromiográficos (EMG) dos músculos centrais seriam significativamente maiores no aparelho *Reformer*, que tem uma superfície instável (carrinho com rodas) em comparação com outros aparelhos (*Cadillac* e *Mat*), e seriam significativamente menores no dispositivo *Cadillac*, que além de ter uma superfície estável também possui molas que podem ser utilizadas como suporte.

### Metodos

Trata-se de um estudo descritivo observacional, que foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, durante o ano de 2018. Uma estimativa amostral foi calculada no software G\*Power, utilizando a família de testes F, assumindo um tamanho de efeito de 0.4, um erro de 0.05 e um poder de 80%, obtendo-se um n de 10 indivíduos. Para otimizar a qualidade do sinal EMG coletado, este estudo se limitou a uma amostra de conveniência de 11 mulheres saudáveis (Tabela 1) que apresentavam gordura corporal normal ou abaixo do normal para sua faixa etária, de acordo com os padrões estabelecidos pelo American College of Sports Medicine<sup>16</sup>. Além disso, a amostra foi restrita a instrutores de Pilates que, teoricamente, realizariam os exercícios com excelência, assumindo que estejam no estágio autônomo da aprendizagem motora<sup>17</sup>. Para a avaliação da massa foi utilizada uma balança digital com sensibilidade de 100 gramas. Os indivíduos foram posicionados sobre a balança, com o peso distribuído entre os dois pés. Para a avaliação da estatura foi utilizada uma fita métrica fixada à parede. As informações referentes à idade, frequência e tempo de prática foram auto reportadas.

Os seguintes critérios foram utilizados para definir a elegibilidade: os participantes deviam ser instrutores de Pilates há pelo menos seis meses, praticando Pilates pelo menos uma vez por semana no ano anterior; não apresentar dor lombar crônica ou aguda; não apresentar dores nos membros inferiores ou na região abdominal; não apresentar assimetria visíveis de membros inferiores ou de tronco. O convite para participar da pesquisa foi

distribuído pelas redes sociais. Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da universidade onde o estudo foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinque.

**Tabela 1.** Característica dos instrutores de Pilates (n = 11)

	Valores médios (± desvio)	Valor Máximo	Valor Mínimo
Idade (anos)	30 (±5)	40	24
Massa corporal (kg)	58 (±7)	68	49
Altura (cm)	163 (±7)	176	155
Prática de Pilates (frequência semanal)	2 (±1)	4	1
Tempo ininterrupto de prática (anos)	5 (±5)	17	1

### Procedimento

Todos os participantes estavam suficientemente familiarizados com os aparelhos e os exercícios para identificar as molas com resistência semelhante às utilizadas durante a prática habitual de treinamento de Pilates. Eles foram solicitados a adotar o padrão respiratório de inspiração durante a execução da primeira metade do círculo e expiração durante a execução da segunda metade. Os participantes realizaram 10 repetições do exercício *leg-circle* bilateralmente no *Reformer*, bilateralmente no *Cadillac*, e 10 repetições do *single leg-circle* realizadas unilateralmente no *Mat* com o membro inferior direito e outras 10 repetições *single leg-circle* com o membro inferior esquerdo. A ordem de execução foi sistematicamente randomizada através de sorteio simples para evitar interferência da fadiga. Foi respeitado um intervalo de dois minutos entre cada exercício. A execução foi supervisionada por um instrutor de Pilates que encorajou verbalmente os participantes a contrair o *powerhouse* ao longo das 10 repetições. Para delimitar o início e o final de cada repetição, a coleta de dados foi filmada por meio de uma webcam (Microsoft Lifecan HD-6000) sincronizada com a aquisição dos dados eletromiográficos.

### Exercícios

Para os exercícios *leg-circle* no *Mat* (Figura 1), o participante iniciava deitado de costas, flexionava um quadril 90° e realizava os círculos circundando a articulação do quadril na velocidade e amplitude normalmente utilizadas em seu treinamento regular. A ordem dos membros inferiores foi randomizada entre os participantes.

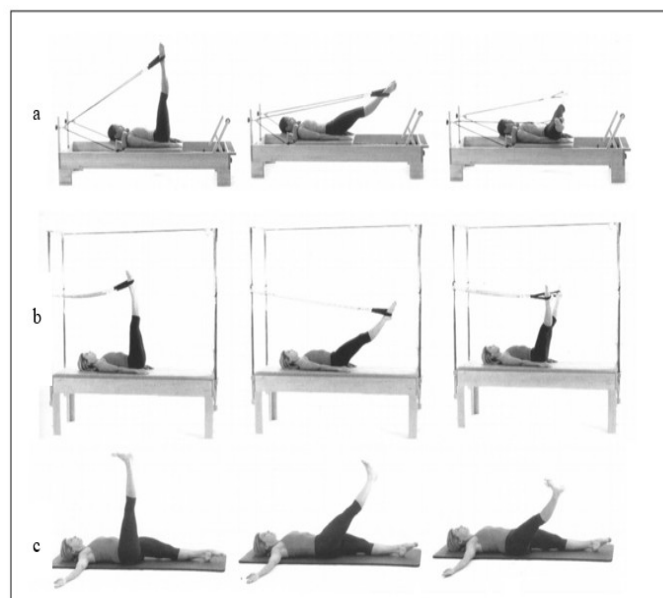
Os exercícios *leg-circle* no *Reformer* e no *Cadillac* começaram com os participantes deitados em decúbito dorsal e os pés juntos. Os participantes foram inicialmente solicitados a relaxar o *powerhouse* e os membros inferiores. Uma vez que os participantes estavam devidamente posicionados, eles foram solicitados a contrair o *powerhouse* e flexionar o quadril em um ângulo de 90° para realizar círculos externos bilaterais circundando a articulação do quadril na velocidade e amplitude que usualmente usavam em sua prática regular.

### Eletromiografia

Os dados de eletromiografia (EMG) foram coletados por meio de um sistema de aquisição de dados (Miotool Wireless USB) conectado ao software Miotec Suite (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil). Cada sistema possui oito canais analógicos de entrada com uma taxa de amostragem de 2000 Hz e modo de rejeição comum de 126 dB. A aderência dos eletrodos e o registro do sinal eletromiográfico observaram rigorosamente todos os procedimentos - como tricotomia e abrasão - recomendados pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia, Sociedade Internacional de Biomecânica e Eletromiografia de Superfície para Avaliação Não Invasiva de Músculos Projeto<sup>18</sup>.

Pares de eletrodos descartáveis (Meditrace-100; Ag / AgCl, autoadesivo de 10mm de diâmetro, configuração bipolar) foram

fixados no ventre muscular, paralelos às fibras musculares, separados 2 cm um do outro. A simetria do sinal EMG tem sido demonstrada nos músculos centrais do corpo em exercícios executados nas posições supinas<sup>19,20</sup>. Considerando que o risco de contaminação do sinal EMG com sinal ECG é maior quando os eletrodos são colocados do lado esquerdo, e considerando ainda que a filtragem do sinal EMG não pode ser usada para remover o sinal de ECG, sendo necessários algoritmos específicos identificam a forma e o tempo do artefato ECG e o subtraem do registro sEMG<sup>21</sup>, uma vez que o espectro de ECG se sobrepõe ao espectro de sEMG<sup>21,22</sup>, optou-se por posicionar os eletrodos sempre do lado direito.



**Figura 1.** Variações do exercício *leg-circle* no *Reformer* (a), *Cadillac* (b) e no *Mat* (c). Adaptado de Isakowitz (2006).

Os pares de eletrodos do músculo multifido foram alinhados com a espinha ilíaca pósterio-superior no espaço interespinal de L1 e L2 no nível da vértebra L5 (2-3 cm da linha mediana) (Projeto SENIAM). Os eletrodos do músculo oblíquo externo foram posicionados de acordo com Escamilla et al. (2006), acima da espinha ilíaca ântero-superior no nível da cicatriz umbilical<sup>8</sup>. Os eletrodos do músculo oblíquo interno foram colocados 2 cm acima da espinha ilíaca ântero-superior, dentro de um triângulo definido pelo ligamento inguinal, a borda lateral do músculo reto abdominal e a linha que liga a espinha ilíaca ântero-superior<sup>23</sup>. Os eletrodos do músculo reto abdominal foram colocados 2 cm lateralmente à cicatriz umbilical, e o eletrodo de referência foi colocado na face anterior da clavícula direita<sup>24</sup>. Para padronização, os sinais EMG foram normalizados com base em contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de cinco segundos, durante os quais o participante recebeu estímulo verbal<sup>8</sup>. Para as CIVM dos músculos abdominais, o participante ficava deitado em decúbito dorsal, realizando uma flexão de tronco próxima a 30°, mantendo o quadril e os joelhos fletidos a 90° com os pés apoiados no solo. Para a CIVM do reto abdominal, o participante foi instruído a realizar uma flexão máxima de tronco. Já para os músculos oblíquos interno e externo, o participante realizou flexão máxima do tronco com rotação para os lados esquerdo e direito, alternadamente. Para a CIVM do músculo multifido, o participante realizava extensão de tronco deitado em decúbito ventral com os braços estendidos ao longo do corpo<sup>8</sup>. Todas as CIVM foram medidas com o participante contido para garantir a contração isométrica. A ordem de realização dos registros da CIVM foi aleatória e realizada duas vezes com intervalo de dois minutos para evitar interferência da fadiga. Foi utilizado o maior valor de ativação para cada músculo.

## Análise de dados

Os dados foram processados com o software BIOMECH SAS, versão 1.0 (Movement Mechanic Investigation Group, disponível em [www.ufrgs.br/biomech](http://www.ufrgs.br/biomech)). O sinal foi filtrado usando um filtro digital passa-alta Butterworth de quarta ordem e um filtro digital passa-baixo Butterworth de quarta ordem com frequências de corte de 20 Hz e 500 Hz, respectivamente. As curvas foram cortadas com base no tempo de cada repetição fornecido pela gravação do vídeo. Para padronizar os desempenhos, foram utilizadas apenas as oito repetições centrais do exercício. A primeira e a última repetição de cada exercício foram excluídas.

## Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do software SPSS 20.0. O nível de significância adotado foi de 5%. A normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Como os dados não aderiram ao modelo normal, múltiplas ANOVAs de Friedman foram usadas, uma para cada músculo comparando os aparelhos (*Reformer*, *Cadillac* e *Mat* dir e *Mat* esq) e uma para cada aparelho comparando os músculos (Reto Abdominal, Oblíquo Interno, Oblíquo Externo, Multifido). Quando diferenças foram detectadas, o Teste de Wilcoxon foi aplicado para identificar onde a diferença ocorreu<sup>19</sup>. Com base no número de testes post hoc para cada ANOVA (n = 6), o valor de p sofreu uma correção de Bonferroni e ficou estabelecido como significativo um p < 0.008. Os resultados são apresentados conforme sugerido por Field<sup>25</sup>, relatando a estatística do teste, representada por  $\chi^2$ , os graus de liberdade e a significância.

## Resultados

Quando os músculos foram comparados entre si em um mesmo aparelho, sempre houve diferença com significância estatística, [ $\chi^2(3) = 20.04$ , p<0.001] no *Mat* com a perna direita, [ $\chi^2(3) = 16.92$ , p<0.001] no *Mat* com a perna esquerda, [ $\chi^2(3) = 21.60$ , p<0.001] no *Cadillac*, [ $\chi^2(3) = 21.91$ , p < 0.001] no *Reformer*. O reto abdominal e o multifido tiveram sempre os menores níveis de ativação, não sendo diferentes entre si em nenhum dos aparelhos. O oblíquo externo sempre foi o músculo com maior nível de ativação, independente do aparelho (Tabela 2).

Quando os aparelhos foram comparados entre si em um mesmo músculo, a ativação do reto abdominal apresentou diferenças significativas entre os dispositivos analisados [ $\chi^2(3) = 26.89$ , p<0.001], assim como a ativação do oblíquo interno [ $\chi^2(3) = 26.43$ , p<0,001]. Em ambos os grupos musculares, a ativação elétrica foi maior nos exercícios executados no *Mat* em comparação aos executados no *Cadillac* ou *Reformer*. Em contrapartida, a ativação dos músculos oblíquos externos [ $\chi^2(3) = 4.09$ , p=0.266] e dos músculos multifidos [ $\chi^2(3) = 10.68$ , p=0.010] não apresentou diferenças entre os exercícios realizados (Tabela 2).

## Discussão

Contrariamente à hipótese inicial, o aparelho mais instável (*Reformer*) não produziu a maior ativação, nem o aparelho mais estável (*Cadillac*) apresentou a menor ativação, em qualquer um dos músculos estudados. De fato, o dispositivo *Mat* apresentou a maior ativação nos músculos retos abdominais e oblíquos internos, enquanto não foram encontradas diferenças significativas entre os aparelhos para os músculos oblíquo externo e multifido.

Durante uma flexão do quadril em cadeia cinética aberta, o músculo reto abdominal atua junto com o músculo iliopsoas realizando um torque pélvico posterior, neutralizando o torque pélvico anterior oriundo do peso do membro inferior; a fim de manter a estabilidade da cintura pélvica<sup>24</sup>. Porém, quando o exercício *leg-circle* é realizado tanto no *Reformer* quanto no *Cadillac*, as molas utilizadas nesses aparelhos dão assistência ao exercício, gerando um torque que suporta parcialmente o torque do peso do membro inferior, reduzindo o torque resultante do exercício. Assim, a maior ativação dos músculos alcançada no *Mat* pode ser explicada pelo maior torque pélvico anterior gerado exclusivamente pelo peso do membro inferior.

Parece haver um consenso na literatura quanto a maior ativação muscular quando o exercício é realizado em situações instáveis. Os exercícios de estabilização lombar em superfície instável potencializam as atividades dos músculos do tronco, em geral<sup>13</sup>. Da mesma forma, a atividade EMG dos músculos oblíquo interno e transversos do abdome é maior durante o exercício abdominal realizado em rolo de espuma em comparação com o mesmo exercício realizado no *Mat*<sup>26</sup>. Czuprowski et al. (2014)<sup>27</sup> também compararam a atividade EMG do músculo abdominal durante exercícios de ponte em superfícies estáveis e instáveis e, quando uma diferença foi encontrada, maior atividade muscular foi encontrada em superfícies instáveis. Os resultados deste estudo contradizem esses relatos.

Por outro lado, os resultados deste estudo concordam, de certa forma, com os relatados por Loss et al. (2010)<sup>3</sup>, que afirmam que o recrutamento muscular do *powerhouse* ocorre de acordo com as demandas mecânicas impostas pelo exercício. Assim, é importante ressaltar que, a estabilidade da superfície pode não ser o único, ou mesmo o principal, fator a ser considerado quando se pretende maior ativação dos músculos do tronco. Além disso, não foram encontradas diferenças significativas na ativação do músculo multifido entre as situações avaliadas. Considerando que os músculos multifidos são extensores de tronco, podemos supor que os exercícios avaliados não produziram demanda externa suficiente (ou seja, torque flexor de tronco) para induzir qualquer diferença.

Considerando o papel do músculo oblíquo externo na estabilização do tronco, uma maior ativação pode ser esperada durante os exercícios realizados no *Mat*, como ocorreu com os músculos oblíquo interno e reto abdominal. Estudos anteriores mostraram maior atividade do oblíquo externo durante situações

**Tabela 2.** Porcentagem da contração voluntária máxima (% CVM) e desvio padrão (DP) dos músculos reto abdominal, oblíquo interno, oblíquo externo e multifido (p < 0.008) durante os exercícios

Músculos	Mat d		Mat e		Cad		Ref		p
	% CVM	DP	% CVM	DP	% CVM	DP	% CVM	DP	
Reto abdominal	9.7 <sup>Aa</sup>	±6.7	9.4 <sup>Aa</sup>	±5.8	3.2 <sup>Ab</sup>	±2.7	2.9 <sup>Ab</sup>	±2.4	<0.001
Oblíquo interno	16.4 <sup>Aa</sup>	±9.6	20.8 <sup>Bca</sup>	±14.6	9.0 <sup>Bb</sup>	±8.2	8.4 <sup>Bb</sup>	±8.7	<0.001
Oblíquo externo	35.3 <sup>B</sup>	±14.3	35.9 <sup>C</sup>	±28.3	31.0 <sup>C</sup>	±16.9	28.0 <sup>C</sup>	±14.1	0.266
Multifido	7.2 <sup>A</sup>	±5.8	7.8 <sup>AB</sup>	±7.2	6.5 <sup>AB</sup>	±7.9	12.7 <sup>ABC</sup>	±9.3	0.010
p	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		

Nota: "Mat d" = Mat com a perna direita; "Mat e" = Mat com a perna esquerda; "Cad" = Cadillac; "Ref" = Reformer; % CVM = Percentual da Contração Voluntária Máxima; DP = Desvio Padrão.

OBS 1: Para um mesmo músculo (mesma linha), letras minúsculas diferentes (em sobrescrito) indicam diferença significativa (p<0.008) entre os aparelhos. O valor de p na última coluna da linha indica a significância da ANOVA de Friedman para cada músculo.

OBS 2: Para um mesmo aparelho (mesma coluna), letras minúsculas diferentes (em sobrescrito) indicam diferença significativa (p<0.008) entre os músculos. O valor de p na última linha da coluna indica a significância da ANOVA de Friedman para cada aparelho.

de instabilidade<sup>10,18,21,22,26,27</sup>. No presente estudo, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para a atividade do oblíquo externo entre as situações avaliadas. A estabilização da região lombo-pélvica tem sido atribuída a músculos mais profundos, como o Oblíquo interno e o Transverso do abdomen<sup>29,30</sup>. Esta justificativa também foi apresentada por Paula et al (2020)<sup>7</sup> que não encontrou diferença na ativação do oblíquo externo em diferentes alturas de molas durante o exercício *leg-circle*. Entretanto, no presente estudo os valores de ativação do oblíquo externo foram sempre os maiores entre os músculos analisados em todas as situações, sugerindo que este músculo tem um importante papel na estabilidade deste exercício. Nesta perspectiva, uma possível explicação para a ausência de diferença, é que o efeito gerado pelos exercícios foi um falso negativo (erro Tipo II), visto que nosso tamanho de amostra foi pequeno (n = 11).

No que se refere a maior atividade dos músculos da loja anterior (flexores) comparativamente à loja posterior (extensores), os resultados do presente estudo são corroborados por estudos anteriores que também analisaram exercícios na posição supina<sup>3,7-10,12,18</sup>. Entende-se que este resultado reflete a postura utilizada durante os exercícios, onde as costas estavam sempre apoiadas, em todas as situações analisadas. Entre os músculos flexores, o reto abdominal sempre foi o músculo com menor ativação. Especulamos que este resultado está relacionado à isometria do tronco e à natureza do estímulo mecânico do exercício. Para todas as situações analisadas, o objetivo era manter o tronco estável, com a estabilidade sendo desafiada através de movimentos dos membros inferiores. Nestas circunstâncias, os níveis de ativação não foram muito elevados. Com base na mesma classificação utilizada por Escamila (2010)<sup>24</sup> para avaliar exercícios abdominais, multifido, reto abdominal e oblíquo interno se enquadrariam na categoria “baixa ativação” (<20% da CVM), enquanto apenas o oblíquo externo poderia ser considerado com “moderada ativação” (entre 20% e 40% da CVM). Neste sentido, do ponto de vista de estímulo à musculatura central, o exercício *leg circle* parece ser mais propício para o desenvolvimento de resistência muscular destes músculos. Entretanto, em recente estudo analisando o mesmo exercício, Paula (2020)<sup>7</sup> apresenta ativações acima de 60% da CVM para os oblíquos e próximas a 40% da CVM para o reto abdominal, sempre que o exercício era realizado no solo. Considerando que a amostra do presente estudo foi composta por praticantes experientes, especula-se que a menor ativação aqui encontrada seja devida justamente ao nível de prática dos participantes.

### Limitações

Existem algumas limitações relacionadas a este estudo. Primeiro, o número de participantes é pequeno. Porém, isso é compensado pelo fato de a amostra ser composta exclusivamente por instrutores de Pilates. Além disso, a ativação muscular pode ser diferente em não praticantes ou mesmo em iniciantes. Por outro lado, entende-se que os instrutores já estejam no nível autônomo da aprendizagem motora o que deve diminuir a variabilidade das ativações musculares. Entretanto, nenhum teste objetivo foi realizado a fim de avaliar o estágio do nível de aprendizagem dos instrutores. Neste contexto, os resultados deste estudo precisam ser interpretados com muita cautela, não podendo ser extrapolados para outras populações. Em segundo lugar, a estabilização do tronco foi considerada simétrica, portanto, apenas os músculos do lado direito foram analisados. Cabe salientar que a eletromiografia do lado esquerdo, principalmente em músculos do tronco, tende a ser contaminada por ruído eletrocardiográfico. Terceiro, outros músculos importantes que também compõem o *powerhouse*, como o transverso do abdome e o quadrado lombar, não foram analisados devido à sua localização mais profunda. Em quarto lugar, a possibilidade de *crosstalk* ter ocorrido durante o monitoramento

do músculo oblíquo interno com eletrodos de superfície deve ser levada em consideração. Em quinto lugar, é preciso salientar que os exercícios são ligeiramente diferentes no solo e nos equipamentos. O exercício *leg-circle* é executado no solo com um membro inferior de cada vez, enquanto nos equipamentos é executado com ambos os membros simultaneamente. Porém, se tivéssemos feito alguma adaptação (executar com os dois membros no solo ou com apenas um membro nos equipamentos) a limitação estaria por conta de não acompanharmos as instruções do Método Pilates, além dos participantes não estarem habituados a outro tipo de execução, o que poderia alterar o padrão de ativação. Optamos assim por analisar os exercícios como eles são executados no Método Pilates.

### Aplicações clínicas

Para tornar as intervenções prescritas mais eficazes, os instrutores de Pilates precisam entender o conceito de demanda muscular e como ela se relaciona com cada exercício e suas variações. Este estudo fornece aos instrutores de Pilates informações sobre as características EMG dos exercícios *leg-circle* em diferentes aparelhos, permitindo-lhes graduar o nível dos exercícios. Sugere-se, por exemplo, para aumentar a dificuldade, que os exercícios *leg-circle* devem ser iniciados no *Cadillac*, depois no *Reformer*, e executados no *Mat* como último nível. Entretanto, cabe salientar com relação aos exercícios *leg-circle*, que eles não apenas aumentam a estabilidade do tronco, mas também requerem alta atividade dos músculos flexores do quadril. Nesses exercícios, é esperado que o músculo *psaos* seja recrutado para a flexão do quadril, o que pode gerar altas forças de cisalhamento anterior, tendo em vista sua fixação na coluna vertebral. Estas forças de cisalhamento podem ser indesejáveis para aqueles indivíduos com instabilidade lombar e que apresentem também músculos abdominais mais fracos.

### Conclusão

Entre os músculos analisados, o oblíquo externo atingiu os maiores percentuais de ativação, independente do local de execução do exercício. Entre os abdominais, o músculo reto abdominal atingiu os menores percentuais de ativação em todos os exercícios analisados. A exigência muscular foi maior quando os exercícios foram realizados no solo, comparativamente às situações similares realizadas no *Reformer* e no *Cadillac*. A instabilidade da superfície não parece ter influenciado o nível de ativação muscular no exercício *leg circle*. Sugere-se que futuros estudos avaliem a ativação da musculatura do *powerhouse* levando em consideração aspectos como o nível de aprendizagem dos exercícios e bem como indivíduos portadores de patologias, como por exemplo dor nas costas de origem inespecífica.

**Autoria.** Todos os autores contribuíram intelectualmente no desenvolvimento do trabalho, assumiram a responsabilidade do conteúdo e, da mesma forma, concordam com a versão final do artigo. **Agradecimentos.** Os autores agradecem a empresa *PhysioPilates* pelos aparelhos cedidos para a pesquisa. **Conflito de interesses.** Os autores declaram não haver conflito de interesses. **Origem e revisão.** Não foi encomendada, a revisão foi externa e por pares. **Responsabilidades Éticas.** *Proteção de pessoas e animais:* Os autores declaram que os procedimentos seguidos estão de acordo com os padrões éticos da Associação Médica Mundial e da Declaração de Helsinque. *Confidencialidade:* Os autores declaram que seguiram os protocolos estabelecidos por seus respectivos centros para acessar os dados das histórias clínicas, a fim de realizar este tipo de publicação e realizar uma investigação / divulgação para a comunidade. *Privacidade:* Os autores declaram que nenhum dado que identifique o paciente aparece neste artigo.

## Referências

1. Sacco IC, Andrade MS, Souza PS, Nisiyama M, Cantuária AL, Maeda FY, et al. Método pilates em revista: Aspectos biomecânicos de movimentos específicos para reestruturação postural-Estudos de caso. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2005; 13(4):65-78.
2. Di Lorenzo CE. Pilates: What is it? Should it be used in rehabilitation? *Sports Health.* 2011; 3(4): 352-61.
3. Loss JF, Melo MO, Rosa CH, Santos A, La Torre M, Silva YO. Electrical activity of external oblique and multifidus muscles during the hip flexion-extension exercise performed in the Cadillac with different adjustments of springs and individual positions. *Rev Bras Fisioter.* 2010 Nov-Dec;14(6):510-7.
4. Souza EF, 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(2): 105-8.
5. Silva GB, Morgan MM, Carvalho WRG, Silva E, Freitas WZ, Silva FF, et al. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *J Bodyw Mov Ther.* 2015; 19(4): 629-35.
6. Panhan AC, Gonçalves M, Eltz GD, Villalba MM, Cardozo AC, Bérzin F. Electromyographic evaluation of trunk core muscles during Pilates exercise on different supporting bases. *J Bodyw Mov Ther.* 2019; 23(4): 855-9.
7. Paula RM, Dhein W, Souza C, Wagner Neto ES, Loss JF. Análise eletromiográfica de músculos do tronco e pelve durante o leg circle no solo e com molas no Cadillac. *Fisioter Pesqui.* 2020; 27(3): 271-6.
8. Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Burnham T, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: Implications for rehabilitation and training. *Phys Ther.* 2006; 86(5): 656-71.
9. Escamilla RF, McTaggart MS, Fricklas EJ, DeWitt R, Kelleher P, Taylor MK, et al. An electromyographic analysis of commercial and common abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006; 36(2): 45-57.
10. Marques NR, Morcelli MH, Hallal CZ, Gonçalves M. EMG activity of trunk stabilizer muscles during Centering Principle of Pilates Method. *J Bodyw Mov Ther.* 2013;17(2): 185-91.
11. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the "powerhouse" I. *J Bodyw Mov Ther.* 2004;8(1): 15-24.
12. Araújo ME, Silva ED, Vieira PC, Cader SA, Mello D, Dantas EH. Reduction of the chronic pain associated to the scoliosis nonstructural, in university students submitted to the Pilates method. *Motriz: J Phys Ed.* 2010; 16(4): 958-66.
13. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiina I, Tatsumura M, Izumi S, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(6): 369-375.
14. Isacowitz R. Pilates. United States: Human Kinetics; 2006. p. 216-19
15. Souza C, Neto ES, Oliveira BF, Cantergi D, Dhein W, Loss JF. Leg circles no Cadillac: efeito de diferentes posições de mola na ativação de estabilizadores do tronco. *Cad Educ Fis Esporte.* 2019;17(2):1-8.
16. ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Wolters Kluwer: Lippincott Williams & Wilkins; 2017.
17. Souza AP, Candotti CT, Gontijo KN, Werba D, Flores AP, Loss JF. Desenvolvimento e validação de um método para avaliação da aprendizagem dos princípios do Pilates (MAAPPilates). *Rev Bras Educ Fis Esporte.* 2018;32(4):685-97.
18. Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther.* 2000; 80(5): 485-98.
19. Basmajian JV, Blumenstein R. Electrode Placement in EMG Biofeedback. Baltimore, MD: Williams and Wilkins; 1980.
20. McGill S, Juker D, Kropf P. Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psoas, quadratus lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine. *J Biomech.* 1996; 29:1503-1507.
21. Merletti R, Cerone GL. Tutorial. Surface EMG detection, conditioning and pre-processing: best practices. *J Electromyogr Kinesiol.* 2020; 54:1-21.
22. Tankisi H, Burke D, Cui L, Carvalho M, Kuwabara S, Nandedkar SD, et al. Standards of instrumentation of EMG. *Clin Neurophysiol.* 2020; 131(1): 243-58.
23. Ng JK, Kippers V, Richardson CA. Muscle fibre orientation of abdominal muscles and suggested surface EMG electrode positions. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1998; 38: 51-58.
24. Escamilla RF, Lewis C, Bell D, Bramblet G, Daffron J, Lambert S, et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(5): 265-76.
25. Field, A. Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 3rd ed. Sage; 2009. p.580.
26. Kim SJ, Kwon OY, Yi, CH, Jeon HS, Oh JS, Cynn HS, et al. Comparison of abdominal muscle activity during a single-legged hold in the hook-lying position on the floor and on a round foam roll. *J Athl Train.* 2011; 46(4): 403-8.
27. Czaprowski D, Afeltowicz A, Gebicka A, Pawłowska P, Kędra A, Barrios C, et al. Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Phys Ther Sport.* 2014; 15(3): 162-8.
28. Lehman GJ, HodaW, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropr Osteopat.* 2005; 13(1): 1-8.
29. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003; 13(4): 353-9.
30. Barbosa, AC, Vieira ER, Silva AF, Coelho AC, Martins FM, Fonseca D, et al. Pilates experience vs. muscle activation during abdominal drawing-in maneuver. *J Bodyw Mov Ther.* 2018; 22(2): 467-70.