

Análise da Ativação Muscular dos Membros Inferiores nas Variações do Exercício de Footwork do Pilates

Analysis of Muscle Activation of The Lower Limbs in Variations of Footwork Pilates Exercises

Análisis de la Activación Muscular de los Miembros Inferiores en Variaciones de Ejercicios de Pilates con Footwork

RESUMO

O método Pilates pode ser realizado em solo ou com aparelhos equipados por molas, como o Reformer. Os exercícios para os pés (footwork) realizados no Reformer podem ter três variações do contato dos pés com a barra do aparelho, o apoio da ponta do pé, do meio do pé e do calcanhar. O objetivo do estudo foi analisar as diferenças na ativação muscular do membro inferior, em diferentes posições dos pés, no exercício de Footwork, do método Pilates, no Reformer. 25 universitários saudáveis, que não praticavam Pilates, foram avaliados por anamnese, exame físico e a atividade elétrica muscular do membro inferior direito (Eletromiógrafo, 8 canais). Durante a eletromiografia, o exercício de Footwork foi realizado no Reformer, com variações do pé na ponta, meio e calcanhar na barra. A ativação elétrica dos músculos vasto medial, vasto lateral, reto femoral e bíceps femoral foi semelhante, independente da posição dos pés. Porém, o músculo tibial anterior teve maior ativação no apoio do calcanhar. O fibular longo, gastrocnêmio e sóleo foram mais ativados quando os dedos foram apoiados no Reformer (em ponta). O estudo contribuiu para uma melhor compreensão da ativação muscular durante os exercícios de Pilates e pode auxiliar a prescrição terapêutica mais individualizada dos exercícios de Pilates para reabilitação e desempenho.

DESCRITORES: Técnicas de exercício e de movimento, Eletromiografia, Serviços de fisioterapia, Extremidade inferior.

SUMMARY

The Pilates method can be performed on the mat or with spring-equipped machines, such as the Reformer. Footwork exercises performed on the Reformer can have three variations of foot contact with the machine's bar: the toes, the mid-foot, and the heel. The aim of the study was to analyze the differences in lower limb muscle activation in different foot positions during the Footwork exercise of the Pilates method on the Reformer. Twenty-five healthy university students who did not practice Pilates were evaluated through anamnesis, physical examination, and electrical muscle activity of the right lower limb (Electromyograph, 8 channels). During the electromyography, the Footwork exercise was performed on the Reformer with foot variations on the toes, mid-foot, and heels on the bar. The electrical activation of the vastus medialis, vastus lateralis, rectus femoris, and biceps femoris muscles was similar, regardless of the foot position. However, the anterior tibial muscle showed greater activation when the heel was in contact with the bar. The long fibular, gastrocnemius, and soleus muscles were more activated when the toes were in contact with the Reformer (on tiptoe). The study contributed to a better understanding of muscle activation during Pilates exercises and may assist in more individualized therapeutic prescription of Pilates exercises for rehabilitation and performance.

KEYWORDS: Exercise and movement techniques, Electromyography, Physiotherapy services, Lower extremity.

RESUMEN

El método Pilates puede realizarse en el suelo o con aparatos equipados con resortes, como el Reformer. Los ejercicios para los pies (footwork) realizados en el Reformer pueden tener tres variaciones del contacto de los pies con la barra del aparato: la punta del pie, el medio del pie y el talón. El objetivo del estudio fue analizar las diferencias en la activación muscular del miembro inferior en diferentes posiciones de los pies durante el ejercicio de Footwork del método Pilates en el Reformer. Veinticinco estudiantes universitarios saludables que no practicaban Pilates fueron evaluados mediante anamnesis, examen físico y actividad eléctrica muscular del miembro inferior derecho (electromiógrafo, 8 canales). Durante la electromiografía, el ejercicio de Footwork se realizó en el Reformer, con variaciones del pie en la punta, el medio y el talón sobre la barra. La activación eléctrica de los músculos vasto medial, vasto lateral, recto femoral y bíceps femoral fue similar, independientemente de la posición de los pies. Sin embargo, el músculo tibial anterior mostró una mayor activación cuando el talón estaba en contacto con la barra. El fibular largo, el gastrocnemio y el sóleo fueron más activados cuando los dedos de los pies estaban en contacto con el Reformer (de puntillas). El estudio contribuyó a una mejor comprensión de la activación muscular durante los ejercicios de Pilates y puede ayudar en la prescripción terapéutica más individualizada de los ejercicios de Pilates para la rehabilitación y el rendimiento.

PALABRAS CLAVE: Técnicas de ejercicio y movimiento, Electromiografía, Servicios de fisioterapia, Extremidad inferior.

RECEBIDO EM: 12/02/2025 APROVADO EM: 28/02/2025

Como citar este artigo: Lyra LLL, Lourenço AIM, Silva YA, Vargas IQ, Benevides M, Dias FM, Dias FMV. Análise da Ativação Muscular dos Membros Inferiores nas Variações do Exercício de Footwork do Pilates. Saúde Coletiva (Edição Brasileira) [Internet]. 2025 [acesso ano mês dia];15(94):14939-14954 Disponível em: DOI: 10.36489/saudecoletiva.2025v15i94p14939-14954

ID Lara Livia Lacerda Lyra
Fisioterapeuta. Graduada pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Pós graduanda em Traumatologia Ortopedia.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9534-5221>

ID Ana Isabela Milagres Lourenço
Graduada em Fisioterapia pela Universidade Federal do Espírito Santo.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9761-8807>

ID Yasmin Alexandre da Silva
Graduada em Fisioterapia pela Universidade Federal do Espírito Santo.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7326-6647>

ID Ingrid Quartarolo Vargas
Fisioterapeuta, Mestre em ciência do Desporto, especialista em terapia oriental, Diretora da Escola Pilates Contemporâneo Ministrante da Formação de Pilates Brasil, Europa há mais de 20 anos.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9576-0229>

ID Marcelo Benevides
Graduado em Fisioterapia pela UVV. Mestrado e Doutorado em Ciências Fisiológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Supervisor do estágio de Neurologia do curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Espírito Santo.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6411-0267>

ID Fabiano Moura Dias
Fisioterapeuta. Prof. da Universidade Vila Velha - UVV. Especialista em Fisioterapia Traumatologia Ortopedia (UCB). Mestre em Ciências da Reabilitação (UNISUAN) e doutorando em Ciências Fisiológicas (UFES).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-0037>

ID Fernanda Moura Vargas Dias
Fisioterapeuta. Prof. Associada do Departamento de Educação Integrada UFES. Especialista em Epidemiologia em Saúde Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Especialista em Neurociências, Psicologia positiva e Mindfulness (PUCPR), Mestre e Doutora em Ciências Fisiológicas (UFES).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4268-4909>

INTRODUÇÃO

O método Pilates foi desenvolvido na Alemanha, no início da década de 1920, por Joseph Hubertus Pilates, com a denominação de “Contrologia” ou controle consciente dos movimentos corporais por meio da mente¹. Trata-se de um método de treinamento e reabilitação que apresenta uma série de exercícios sistematizados, que podem ser realizados no solo ou em aparelhos com molas que impõem carga externa aos músculos^{2,3,4}. Os aparelhos mais utilizados no Pilates são a Cadeira, o Cadillac, o Barril e o Reformer⁵. O Reformer é composto por uma plataforma horizontal deslizante, que possibilita o indivíduo realizar exercícios resistidos por molas e controlar seu corpo enquanto se move em vários planos⁶. O método

apresenta uma gama variada de exercícios que podem ser realizados utilizando os aparelhos. Todavia, em se tratando de reabilitação de membros inferiores, os exercícios para os pés (footwork) se incluem no principal grupo de exercícios executados. Eles são caracterizados pela flexo-extensão de quadris e joelhos, enquanto os pés se mantêm sobre a barra de apoio dos aparelhos nas variações de apoio da ponta do pé, meio do pé e do calcanhar⁷. Ocorre que, até então, mesmo com a inegável popularização e difusão da prática do Pilates, ainda são escassas as informações publicadas, com evidências científicas, a respeito da atividade muscular associada à biomecânica de uma articulação durante o exercício do método citado. E as informações a esse respeito são de grande valia para os profissionais da Fisioterapia, pois lhes possibilita aperfeiçoar sua pres-

criação clínica, no que tange à reabilitação musculoesquelética com Pilates.

E a forma mais eficaz para avaliar a atividade muscular em determinados movimentos é a Eletromiografia de superfície (EMG)⁸, pois a aquisição de dados com o eletromiógrafo permite a coleta de informações como a do índice de co-contracção de diferentes músculos simultaneamente, o que possibilita conhecer os dados sobre o padrão de coordenação muscular durante o gestual do exercício analisado⁹.

Sobre como as evidências da aplicabilidade da eletromiografia em relação a análise biomecânica dos movimentos, durante os exercícios, podem ajudar a elaborar um raciocínio ampliado, cita-se um estudo de Barbosa et al.¹⁰, no qual os autores avaliaram a ativação dos músculos reto abdominal, transverso do abdome e oblíquo interno durante a flexão do

tronco, com e sem a técnica respiratória do Pilates. A hipótese desse estudo foi que esses músculos seriam mais recrutados durante a técnica respiratória, mas concluiu que a técnica de respiração do método, associada à flexão do tronco, aumentava a atividade eletromiográfica nos músculos transverso do abdome e oblíquo interno. Isso sugere que a respiração desempenhou um papel importante na ativação muscular e que o músculo transverso do abdome pode apresentar contração mais forte durante expiração máxima, embora a força muscular não tenha sido avaliada.

Dessa maneira, a eletromiografia poderia contribuir para a compreensão da melhor forma de execução do exercício de Pilates para o trabalho de grupos musculares específicos. Essas informações poderiam ser úteis para a prescrição clínica de exercícios de Pilates. Entretanto, até o presente momento, não há informações disponíveis na literatura sobre a ativação muscular de muitos dos exercícios de Pilates. O exercício de footwork, por exemplo, que ocorre com as variações do posicionamento dos pés, ainda não foi descrito através de uma análise eletromiográfica.

Ressalta-se a necessidade de investigações sobre os níveis e padrões eletromiográficos dos exercícios de Pilates, sobretudo frente à grande popularização do método e à crescente comercialização de equipamentos^{6,11}. Como o exercício de footwork é comumente utilizado para a reabilitação musculoesquelética dos membros inferiores, fica evidente a importância da análise da ativação muscular durante esse exercício. Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar a ativação eletromiográfica dos músculos quadríceps, tríceps sural, tibial anterior, fibular longo e bíceps femoral nas variações do exercício de footwork realizado no Reformer.

MÉTODO

Tipo de estudo e participantes

Trata-se de um estudo do tipo transversal que utilizou uma amostra por con-

veniência de 25 estudantes universitários saudáveis. Os critérios de inclusão foram ter idade igual ou superior a 18 anos, não praticar ou ter praticado Pilates e que não necessitar de auxílio para deambular.

O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade XXXX CAAE: 14139119.0.0000.5060; Número do Parecer: 3.411.591. Todos os indivíduos leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A coleta foi desenvolvida no Ginásio de Fisioterapia da Clínica Escola Interprofissional de Saúde da XXXXX, na cidade de XXXX.

Instrumentos de avaliação

Os indivíduos passaram por uma avaliação fisioterapêutica, composta por uma breve anamnese e dados sociodemográficos como sexo, idade, escolaridade e estado civil. Foi aplicada a Escala Visual Numérica (EVN), graduada de zero a dez, na qual zero significa ausência de dor e dez, a pior dor imaginável¹². Foram coletadas características antropométricas como número do calçado, massa e altura. Além disso, foram avaliados os sinais vitais (pressão arterial, saturação de oxigênio, frequência cardíaca e frequência respiratória).

Para categorizar o nível de atividade física foi aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física versão curta (International Physical Activity Questionnaire – IPAQ)¹³. Os indivíduos responderam as perguntas estimando o tempo por semana em diferentes dimensões de atividade física, como caminhadas e esforço físico entre as intensidades leve, moderada e vigorosa. A classificação do nível de atividade física IPAQ se divide em: muito ativo, ativo, irregularmente ativo A, irregularmente ativo B e sedentário.

Também foi aplicada a Escala Modificada de Borg (BORG) para obter a classificação da percepção subjetiva do esforço, antes e depois da realização do exercício de footwork. A escala de BORG avalia a intensidade de esforço pela percepção do indivíduo, que é classificada por sintomas

em uma tabela numerada de 0 a 10, sendo que 0 representa nenhum sintoma e 10 representa sintoma máximo¹⁴.

Protocolo da pesquisa

Após a realização da anamnese e exame físico, foi realizada a avaliação eletromiográfica de superfície. Foram utilizados como referência os procedimentos recomendados pelo Surface ElectroMyography for Non Invasive Assessment of Muscles (SENIAM)¹⁵.

Em relação a coleta da eletromiografia, foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos da marca Miotec® (New Miotool Wireless/USB®), com oito canais, com entradas analógicas. Os sinais foram coletados com frequência de 2.000 amostras por segundo, em modo USB e com filtros de banda de frequência entre 20 Hz (filtro passa-alta) e 450 Hz (filtro passa-baixa), com NOTCH de 60 Hz. Dois eletrodos de eletromiografia de superfície ((Medix Brasil, EMGs) com adesivo de fixação, foram fixados no centro do ventre muscular com uma distância entre eles de 20mm e paralelamente às fibras musculares, após a limpeza adequada com álcool 70 na região¹⁶. O eletrodo de referência foi posicionado no maléolo lateral direito.

A medição da ativação muscular foi realizada com 8 canais do eletromiógrafo, no membro inferior direito, durante a realização do exercício de Footwork⁷, nas 3 posições do pé: apoiado em ponta, meio e calcanhar, na barra do equipamento. Os músculos avaliados foram Reto Femoral (RF), Vasto Medial (VM), Vasto Lateral (VL), Tibial Anterior (TA), Fibular Longo (FL), Gastrocnêmio (GL), Sóleo (SO) e Bíceps Femoral (BF). Todos os voluntários foram analisados individualmente por triplicata da prova de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) dos músculos avaliados.

Antes da avaliação, o indivíduo foi posicionado no Reformer com os pés apoiados em ponta do pé na barra do equipamento para realização da goniometria da articulação do joelho através do Goniômetro manual. A angulação determinada

para este estudo variou de 60° a 90° do joelho em flexão. Ao posicionar o indivíduo para realizar o exercício de footwork, foram dadas orientações do protocolo de coleta para empurrar a barra deslizando o aparelho, e retornar dobrando os joelhos. O ritmo proposto foi de 14 bpm, através do aplicativo metrônomo, com o objetivo de controlar e adequar a velocidade do indivíduo. O Reformer utilizado na pesquisa (New Pilates) possui 5 molas, sendo 4 de diferentes constantes elásticas (de 13,8 Kg, 10,4 Kg, 51,4 Kg e duas de 52 Kg) e originais do aparelho. A resistência das molas foi definida de acordo com o feedback do indivíduo. O exercício de-

veria ser realizado com o nível de resistência máxima por ele suportado. Foram colocadas as 5 molas em cada tentativa de exercício e através do retorno do voluntário sobre seu esforço para realização do exercício, foi definida a quantidade de molas a serem utilizadas.

Coleta eletromiográfica no exercício de footwork no Reformer

O exercício de footwork consiste em uma série de exercícios de membros inferiores em que são realizadas variações do posicionamento dos pés: em ponta do pé, meio do pé e calcanhar. A primeira coleta foi realizada com o apoio da ponta do

pé, com duração total de 1 minuto e 45 segundos. Durante este período, o voluntário deveria realizar 20 ciclos em que empurrava a barra no sentido da extensão de joelho e depois voltava a flexionar o joelho. Ao terminar a série com apoio da ponta do pé, houve 3 minutos para descanso até que a segunda série se iniciasse. A segunda série foi realizada com apoio do meio do pé, seguindo o mesmo protocolo e descanso. Na terceira série, o apoio foi do calcanhar, seguindo mesmo protocolo e ao terminar o exercício, a escala de BORG foi reaplicada (Figura 1 e 2).

Figura 1. Posicionamento dos pés no exercício de Footwork em Reformer com os joelhos em flexão. A) Apoio de ponta do pé B) Apoio de meio do pé C) Apoio de calcanhar.

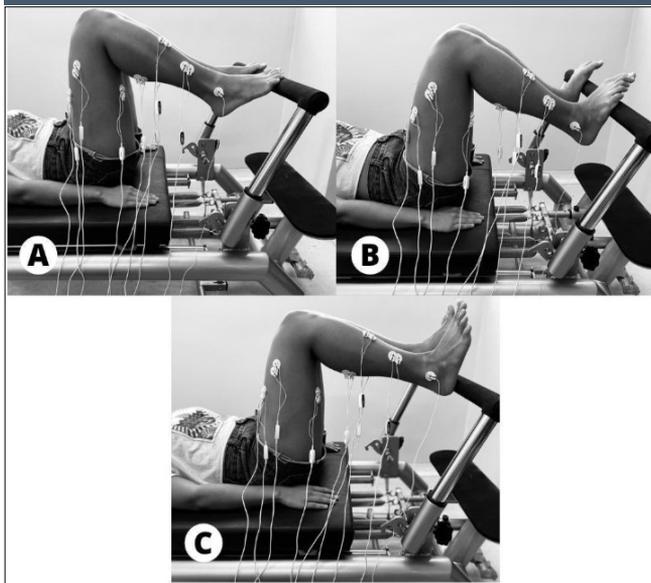
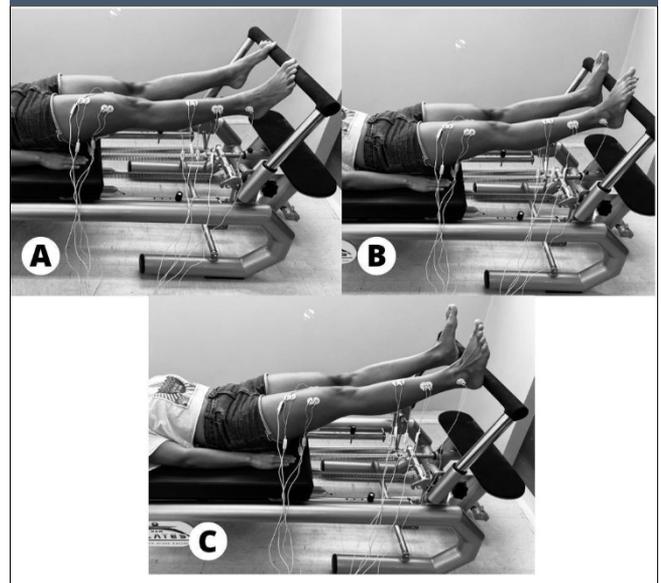


Figura 2. Posicionamento dos pés no exercício de footwork em Reformer com os joelhos em extensão. A) Apoio de ponta do pé B) Apoio do meio de pé C) Apoio de calcanhar.



Durante a coleta, foi utilizada uma Webcam sincronizada com o eletromiógrafo, para eventual análise futura do exercício. O protocolo definido no Software do aparelho para a realização do exercício de footwork teve como atividade 10 segundos de repouso, 85 segundos de contração e mais 10 segundos de repouso, com duração total de 1 minuto e 45 segundos, sendo em média cerca de 20 repetições.

Análise estatística dos dados

A contração isométrica voluntária máxima (CIMV) foi utilizada como valor padrão para a normalização dos valores de atividade muscular obtidos nos testes. Desta maneira, esses valores são passíveis de comparação independente da força, pois comparam a ativação elétrica muscular e não a força muscular entre os indivíduos. Assim, os sinais obtidos durante a atividade foram referidos em porcentagem de sua atividade máxima

(%CIMV). A análise estatística foi realizada pelo programa GraphPad Prism 5. Os resultados foram demonstrados por média \pm Desvio padrão (DP), frequência absoluta e relativa. Foi realizada a avaliação da normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilk. A variação da ativação muscular na ponta do pé, meio do pé e calcanhar foi avaliada pela ANOVA 1 via com pos hoc de Bonferroni. O p foi considerado significativo quando menor que 0,05.

Artigo Original

Lyra LLL, Lourenço AIM, Silva YA, Vargas IQ, Benevides M, Dias FM, Dias FMV
Análise da Ativação Muscular dos Membros Inferiores nas Variações do Exercício de Footwork do Pilates

RESULTADO

A maior parte dos vinte e cinco (n=25) participantes eram do sexo feminino (76%), com idade média de 23 anos

e peso médio de 67 kg. De acordo com a média do IMC, todos os indivíduos selecionados tinham sobrepeso. A maioria da amostra se autodeclarou branca (56%). Os resultados do IPAQ demonstraram

que a maioria dos indivíduos são muito ativos (60%). As características dos 25 voluntários encontram-se resumidas na tabela 1.

Tabela 1. Características dos participantes submetidos a análise da ativação eletromiográfica dos músculos do membro inferior direito durante a execução do exercício de Footwork no Pilates (n=25).

Variável	Média	DP
Idade (anos)	23	1,63
IMC	25,25	6,02
Peso	67,09	16,51
Altura	1,63	0,07
Número do calçado	37,52	2,63
Gênero	Fa	Fr (%)
Feminino	19	76
Masculino	6	24
Estado civil		
Solteiro	25	100
Outros	0	0
Raça		
Branca	14	56
Parda	6	24
Negra	5	20
Membro dominante		
Direito	21	84
Esquerdo	4	16
IPAQ		
Muito ativo	15	60
Ativo	2	8
Irregularmente ativo	8	32
Sedentário	0	0
Hábitos de sono		
Bom	10	40
Regular	2	8
Ruim	8	32
Tabagista		
Sim	2	8
Não	23	92
Etilista		
Sim	8	32
Não	17	68
Uso de medicamentos		
Sim	10	40
Não	15	60

Número amostral (n); Frequência absoluta (Fa); Frequência relativa (Fr); Desvio Padrão (DP); Índice de massa corporal (IMC); Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ); Fonte: produção dos próprios autores.

Antes da realização do exercício de footwork, a média do grau de esforço dos indivíduos era 0 e após a execução do exercício, a média do grau de esforço foi $4 \pm 1,6$ (Escala de Borg) (dados não mostrados em tabela).

Os resultados da eletromiografia demonstraram que a ativação dos músculos Reto femoral, Vasto medial e Vasto lateral, independente do posicionamento dos pés, manteve-se semelhante. A ativação do Tibial anterior foi maior no apoio do

calcanhar. A ativação do Fibular longo, Gastrocnêmio lateral e do Sóleo foram maiores na posição de ponta de pé. A ativação do Bíceps femoral não apresentou diferença significativa entre as posições do pé na barra do Reformer (Tabela 2).

Tabela 2. Análise da ativação eletromiográfica dos músculos do membro inferior direito, durante a execução do exercício de Footwork no Reformer, nas variações do apoio da ponta do pé, meio e calcanhar (n=25).

Músculos	Ponta do pé		Meio do pé		Calcanhar do pé		P
	Ativação (%)	DP	Ativação (%)	DP	Ativação (%)	DP	
Reto femoral	19,75	9,84	18,78	8,77	22,61	10,78	>0,5
Vasto medial	33,38	17,99	32,34	19,45	36,69	22,52	>0,5
Vasto Lateral	44,04	28,75	43,28	33,87	51,44	40,84	>0,5
Tibial Anterior	24,98*+	36,8	12,38	17,26	29,92#	14,25	<0,05
Fibular Longo	32,79*+	18,24	8,24	6,14	14,26#	7,53	<0,05
Bíceps femoral	6,658	2,673	5,15	2,53	5,12	2,15	>0,5
Gastrocnêmio Lateral	22,34*+	11,02	6,01	4,06	7,21	4,73	<0,05
Sóleo	30,81*+	13,27	12,44	11,87	9,71	6,56	<0,05

Os dados foram demonstrados em média \pm desvio padrão (DP) da porcentagem da contração isométrica máxima voluntária (%CIMV). O valor de p foi considerado significativo quando $< 0,05$. ANOVA 1 via com pos hoc de Bonferroni.

* $p < 0,05$ quando comparado a ponta com meio de pé.

+ $p < 0,05$ quando comparado a ponta com calcanhar.

$p < 0,05$ quando comparado o meio com o calcanhar.

DISCUSSÃO

Estudos mostram que o Pilates pode ser uma ferramenta eficaz para o fisioterapeuta na reabilitação, pois apresenta poucas contra-indicações¹⁷, além de variados benefícios relacionados à melhora da força, flexibilidade, postura e habilidades motoras¹⁸.

Os resultados do presente trabalho demonstraram que, independentemente do posicionamento dos pés, a ativação foi semelhante para os músculos VM, VL, RF e BF. A ativação do TA foi maior no apoio do calcanhar, e a ativação do GL e SO foi maior em ponta do pé durante o exercício de footwork no Reformer. O músculo FL, teve a maior ativação na variação do apoio de ponta de pé.

O presente estudo não encontrou diferença na ativação muscular do bíceps femoral e do quadríceps durante o exercício de footwork nas variações do posicionamento dos pés na barra do reformer. O exercício de footwork do Pilates assemelha-se ao agachamento de pé ou ao exercício de leg press. Entretanto, o footwork tem a particularidade de ser realizado na posição deitada e sob uma superfície deslizante, o carrinho do Reformer. Em um estudo que avaliou a atividade eletromiográfica dos músculos dos membros inferiores durante o exercício leg press foi possível observar que o vasto lateral e o vasto medial obtiveram a maior ativação muscular durante o exercício leg press, seguido pelo bíceps femoral e o gastrocnêmio medial, que mostraram maior atividade muscular quando o joelho atingiu a extensão completa, enquanto o vasto lateral e medial, o reto femoral e o tibial anterior mostraram um padrão de atividade muscular decrescente quando o joelho atingiu a extensão total¹⁹.

Vale ressaltar que se por um lado no presente trabalho não foi realizada a análise da ativação muscular nas fases

separadas do exercício de Footwork (concêntrica e excêntrica), por outro lado foi feita a avaliação das variações do posicionamento dos pés na barra do Reformer. Entretanto, o que se revela importante é que, em variações do posicionamento do corpo, durante a realização de um mesmo exercício, é possível obter ativações musculares diferentes. Assim, ao contrário dos resultados obtidos na revisão sistemática em que o exercício de leg press ativou músculos de forma diferente em diferentes posições do joelho, no presente estudo pode-se inferir que a variação da posição dos pés não foi capaz alterar a ativação muscular de Bíceps e quadríceps femoral.

Os resultados demonstraram que a maior ativação muscular obtida pelo músculo TA ocorreu na variação do apoio do calcanhar. Este é um resultado esperado, tendo em vista que o TA é considerado um músculo dorsiflexor e inversor do pé¹⁹, razão pela qual, ao realizar o apoio do calcanhar na barra do Reformer, automaticamente se mantém uma dorsiflexão e, ao iniciar o exercício, o músculo atinge níveis ainda mais altos de ativação.

Os músculos SO e GL obtiveram maior ativação muscular na variação do apoio da ponta do pé. O músculo sóleo e o gastrocnêmio são ativados na posição agachada, na qual os joelhos estão fletidos e a descarga de peso se encontra apoiada na ponta do pé²⁰. Isto está de acordo com resultados encontrados no presente estudo, que confirmam que a realização do exercício de Footwork na ponta do pé, mais adequada para a ativação da musculatura do compartimento posterior da perna.

Em um estudo analisando o agachamento monopodal livre, sem variação da posição dos pés, os músculos VM e VL apresentaram a maior atividade eletromiográfica, seguido pelo músculo glúteo médio²¹. No presente estudo, os músculos VM, VL e RF foram ativados de forma semelhante nos diferentes posicionamentos. Assim, sugere-se que os três posicionamentos dos pés analisados proporcionam uma mesma ativação desses músculos no exercício de Footwork. De acordo com Catergi et al.²² o movimento de extensão no exercício de Footwork no Reformer deveria fortalecer o mesmo grupo muscular trabalhado no exercício de agachamento, tendo somente como principal diferença a carga. No estudo citado os autores demonstraram que os indivíduos usam estratégias distintas para realizar a extensão de joelho no Reformer, contribuindo para resultados diferentes de ativação muscular. Catergi et al.²² sugerem então que para controlar os movimentos do quadril e joelho e alcançar o resultado desejado do exercício, a direção da aplicação da força na barra Reformer deve ser controlada com cuidado. Desta maneira, é possível sugerir que estratégias diferentes possam ter sido utilizadas em diferentes posicionamentos dos pés na barra do Reformer, contribuindo para a ausência de diferença na ativação muscular de alguns grupamentos.

Em relação ao músculo BF, não houve diferença significativa na sua ativação nas diferentes posições, evi-

denciando que o músculo em questão pode não sofrer influência das variações de posicionamento dos pés na barra do Reformer durante o exercício de Footwork. Músculos bi-articulares têm seu comprimento muscular diferenciado durante exercícios multiarticulares.

“ Um estudo reporta que durante a fase concêntrica do exercício de agachamento, o bíceps femoral varia a sua excursão muscular em um intervalo de 116° a 128° de flexão do joelho, existindo a influência tanto da articulação do quadril como do joelho²³. ”

O que indica que, como já bem descrito, segundo o paradoxo de Lombard, músculos biarticulares, como os isquiotibiais, atuam conjuntamente como agonistas, na extensão do quadril, e antagonistas na extensão de joelho durante movimentos como o agachamento²⁴.

O músculo FL, por sua vez, foi mais ativado em ponta do pé, seu recrutamento pode estar associado a estabilização da posição do pé em isometria. Uma limitação do presente estudo foi não considerar as posturas dos pés (plano e cavo dos voluntários). Isso pode interferir na sobrecarga e pressão plantar que é colocada sobre o pé, bem como no encurtamento das fibras musculares, resultando em uma menor capacidade de desenvolver força contrátil²⁵.

CONCLUSÃO

A Eletromiografia de superfície é uma técnica padrão ouro para quantificar a atividade muscular e permite a compreensão das diferenças na ativação média dos músculos durante os exercícios. Os profissionais que trabalham com Pilates podem gerenciar melhor os resultados do Footwork em seus pacientes se levarem em consideração que a posição de apoio dos pés no Reformer pode alterar a ativação muscular nos membros inferiores.

APOIO FINANCEIRO

Este estudo recebeu o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Pilates JH. A obra completa de Joseph Pilates: Sua saúde e o retorno da vida pela Contrologia. 1º ed. São Paulo: Phorte; 2010.
2. Latey P. The pilates method: history and philosophy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2001;5(4):275-282.
3. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the powerhouse - II. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2004 (b);8(1):122-130.
4. Siler B. O corpo Pilates. São Paulo: Summus. 2008.
5. Santos AB. Análise comparativa de variáveis biomecânicas e da percepção de esforço do exercício leg work do Pilates realizado na Chair e no Reformer. 2010.
6. Guclu-gunduz A, Yazici G, Ozkul C, Irkec C, Nazliel B. & Batur-caglayan HZ. The effects of Mat Pilates and Reformer Pilates in patients with Multiple Sclerosis: A randomized controlled study. *NeuroRehabilitation*. 2017;41(2):413-422.
7. Machado CN, Dell'antonio E, Roesler H. Instrumentação e calibração do aparelho reformer do método pilates para análises biomecânicas. *Corpus et Scientia*. 2013;9(1):101-114.
8. Bamajian JV, Deluca CJ. *Muscle alive*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins. 1985.
9. Disselhorst-Klug C, Schmitz-Rode T, Rau G. Surface electromyography and muscle force: Limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications. *Clinical Biomechanics*. 2009;24(3):225-235.
10. Barbosa AWC, Guedes CA, Bonifácio DN, Silva AF, Martins FLM, Barbosa MCSA. The Pilates breathing technique increases the electromyographic amplitude level of the deep abdominal muscles in untrained people. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2015;19(1):57-61.
11. Prilutsky, B. I. Coordination of Two- and One-Joint Muscles: Functional Consequences and implications for Motor Control. *Motor Control*. 2000; 4(1):1-44.
12. Pedroso RA, Celich KLS. Dor: Quinto sinal vital, um desafio para o cuidar em enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*. 2006;15(2): 270-276.
13. Matsudo S, Araújo T, Marsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, Braggion G. Questionário internacional de atividade física (ipaq): Estudo de validade reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. 2001;6(2):05-18.
14. Cavallazzi TGL, Cavallazzi RS, Cavalcante TMC, Bettencourt ARC, Diccini S. Avaliação do uso da Escala Modificada de Borg na crise asmática. *Acta Paul Enferm*. 2005;18(1):39-45.
15. Seniam Projeto. *Surface ElectroMyoGraphy for Non-Invasive Assessment of Muscles*, Enschede. 2009 [cited 2023 Jun 11]. Available from: <http://www.seniam.org>.
16. Hermens HJ; Freriks B; Disselhorst C; RAU G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;14(4):361-374.
17. Silva ACLG, Mannrich G. Pilates na reabilitação: uma revisão sistemática. *Fisioter Mov*. 2009; 22(3):449-455.
18. Guimarães AC, Azevedo SF, Simas JPN, Machado Z & Jonck VTF. The effect of Pilates method on elderly flexibility. *Fisioterapia Em Movimento*. 2014; 27(2):181-188.
19. Fuentes IM, Lozano JM, Muñoz JM. Evaluation of the Lower Limb Muscles' Electromyographic Activity during the Leg Press Exercise and Its Variants: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(13):4626.
20. Agur AMR, Dalley II AF, Moore KL. *Fundamentos de Anatomia Clínica*. 6º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.
21. Muñoz JM, Fuentes FM, Ridao D, Vique JA. Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the Monopodal Squat, Forward Lunge and Lateral Step-Up exercises. *Plos One*. 2020;15(4):e0230841.
22. Cantergi D, Loss JF, Jinha A, Brodt GA, Herzog W. Muscle strategies for leg extensions on a "Reformer" apparatus. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2015;25(2):260-264.
23. Wright GA, DeLong TH, Gehlsen G. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift, and back squat movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 1999;13(2):168-174.
24. Lombard WP. The action of two joint muscles. *American Physical Education Review*. 1903;8:141-145.
25. Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, Chen J. Postural alignment in barefoot and high-heeled stance. *Spine*. 1988;13(5):542-7.