PubliCE, (PubliCE) 2017

Article

La Respuesta Morfológica y de Rendimiento en el Entrenamiento de Pilates en Mujeres Activas

Ticiane Marcondes Fonseca da Cruz[1,2,6], Fernando de Oliveira Rosa[2,5], Paulo Henrique Marchetti[1,2], Natalia Mariana Silva Luna[2], Thiago Antonio Fedele[2,3], Julia Maria D' Andrea Greve[2], Marcelo Bordalo Rodrigues[3], Rozangela Verlengia[1] y Charles Ricardo Lopes[1,4]

[1]*Programa de Grado en Ciencia del Movimiento Humano, Facultad de Ciencias de la Salud (FACIS) Universidad Metodista de Piracicaba São Paulo, Brasil*
[2]*Instituto de Ortopedia y Traumatología, Facultad de Medicina, Universidad de São Paulo, Laboratorio de Kinesiología, São Paulo, Brasil*
[3]*Departmento de Radiología, Universidad de São Paulo, São Paulo, Brasil*
[4]*Facultad Adventista Hortolandia, Hortolandia, São Paulo, Brasil*
[5]*Grupo Universitario Laureate de Anhembi, São Paulo, Brasil*
[6]*Facultades Metropolitanas Unidas Grupo FMU-Laureate, São Paulo, Brasil*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue investigar la activación muscular y la fatiga después del entrenamiento de Pilates de alto volumen y las implicaciones agudas en el rendimiento de la fuerza y las respuestas morfológicas relacionadas con el tejido muscular de los miembros inferiores. Doce mujeres jóvenes sanas y entrenadas realizaron una sesión de Pilates con una Silla Wunda. En dos momentos distintos (pre y post-intervención), se registraron las imágenes de resonancia magnética (RM) ponderadas por el tiempo de relajación transversal (T2) y las evaluaciones isocinéticas de las extremidades inferiores. Hubo aumentos significativos en la intensidad de la señal T2 post-intervención en el glúteo mayor y en toda la porción muscular (proximal, medial y distal) del vasto lateral y del recto femoral. Hubo disminuciones significativas en: el rendimiento de pre a post-intervención en el pico de torque, el trabajo total y la potencia media del momento de extensión. Sin embargo, en el momento de la flexión, no hubo diferencias significativas en el rendimiento entre la pre- y la post-intervención. Los resultados confirman que el método Pilates, cuando se aplica con el control de variables tales como series de tiempo, repeticiones e intervalos de descanso, promueve una modificación de la fuerza muscular y el volumen de los grupos musculares afectados. La capacidad de manipular variables de entrenamiento cuando se aplica al aparato de Pilates promueve cambios agudos similares como se informó en estudios de entrenamiento de fuerza.

Palabras Clave: Ejercicio, Fatiga Muscular, Entrenamiento de Pilates, Fisiología

INTRODUCCIÓN

El método Pilates se está utilizando actualmente como una herramienta de entrenamiento en un amplio espectro de aplicaciones clínicas desde la rehabilitación, hasta la mejora de las capacidades físicas específicas de diversos deportes, e incluso como un medio para combatir las enfermedades inflamatorias crónicas (11,39). La creciente popularidad de Pilates

impulsó un aumento en las investigaciones para evaluar la influencia en el rendimiento físico (8,21,27,31,32). Los cambios morfológicos de Pilates y las variables de entrenamiento no están bien definidos. Como resultado, se ha investigado muy poco sobre cómo las diferentes variables en el entrenamiento de Pilates pueden ser manipuladas y combinadas para influir en los resultados dados como la activación muscular y la fatiga (10). Los pocos estudios existentes sobre Pilates y sus cambios se han llevado a cabo en individuos previamente sedentarios sin experiencia en el método Pilates (7,13,15,19,25).

Por otra parte, sólo unos pocos han evaluado los efectos morfológicos de la fatiga y los cambios de rendimiento con la práctica de Pilates, y sin embargo la mayoría de ellos sólo mencionan el Pilates Mat (es decir, sin aparatos) e incluyen sujetos sedentarios y atletas (2,9,14,17,30). La intensidad y el volumen de entrenamiento en las sesiones de Pilates oscilan entre 30 y 60 minutos con pocas repeticiones, aproximadamente 10 de cada ejercicio, lo que representa un trabajo mecánico bajo para los grupos musculares trabajados (28).

El control de carga del aparato Pilates emplea el uso de resortes. Cada resorte tiene su propia resistencia, dada en kg / f, que difiere con cada máquina y según el fabricante. Se presume que los ejercicios del aparato de Pilates serían mejores que los ejercicios en la colchoneta (Mat) de Pilates puesto que hay un mejor control de la intensidad del entrenamiento, que se considera una variable dominante para inducir adaptaciones neuromusculares. Considerando que el método Pilates no está diseñado para trabajar con grandes volúmenes por clase de entrenamiento, sería útil verificar si el volumen puede producir fatiga, activación muscular, cambios morfológicos y funcionales agudos en individuos físicamente activos y experimentados. Hasta el momento, no hay investigación sobre la activación muscular de agonistas y antagonistas de miembros inferiores en el método Pilates con volumen e intensidad superior a la utilizada en las clases diarias prácticas.

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue investigar la activación muscular y la fatiga post-entrenamiento de Pilates de alto volumen y las implicaciones agudas en el rendimiento de la fuerza y las respuestas morfológicas relacionadas con el tejido muscular de los músculos de las extremidades inferiores en las mujeres.

MÉTODOS

Sujetos

Se reclutó a los participantes aptos y la muestra final incluyó a 12 mujeres jóvenes sanas (media ± DE: 31,6 ± 5,4 años de edad, masa corporal: 56,9 ± 5,1 kg, altura: 161 ± 0,1 cm, puntuación de Baecke: 8,99). Los sujetos tenían un promedio de 2 años de experiencia con el método Pilates con al menos 4 veces·sem-1. Los sujetos no tuvieron cirugías previas en las extremidades inferiores ni antecedentes de lesiones con síntomas residuales (dolor) en las extremidades inferiores en el último año. Este estudio fue aprobado por el comité de ética de investigación de la Universidad, y todos los sujetos leyeron y firmaron un documento de consentimiento informado (# 80/12).

Enfoque Experimental al Problema

Los voluntarios asistieron a una sesión en el laboratorio. Antes de la recopilación de datos, se pidió a los sujetos que identificaran su pierna preferida para patear una pelota, que entonces se consideraba su pierna dominante. Se midieron los datos antropométricos: el peso, la altura y la puntuación de Baecke (1). El peso se midió usando una balanza digital (Techline ®), se midió la estatura usando un estadiómetro (Sanny®), se realizó un cuestionario sobre el estado de salud, las lesiones, el nivel de actividad física (Puntaje de Baecke) y se realizaron preguntas de seguridad para la Imagen de Resonancia Magnética (RM) para garantizar el seguimiento de las directrices de evaluación previa.

Las pruebas iniciales fueron: escaneo por resonancia magnética utilizando un escáner de resonancia magnética (General Electric GE, modelo HDXT, 1.5 Tesla) para evaluar el tiempo de relajación transversal (T2) de los músculos del muslo de la pierna dominante y la prueba isocinética utilizando el Dinamómetro Biodex Multi-Joint System 3 (Biodex Medical TM, Shirley, NY, EEUU). Las pruebas post-intervención incluyen la RM y la prueba isocinética. Todos los procedimientos del miembro inferior dominante fueron supervisados y medidos por el mismo investigador. Cada sujeto recibió instrucciones de abstenerse de beber alcohol o de participar en cualquier tipo de entrenamiento durante 72 horas antes del registro de las imágenes de RM.

Intervención

Método Pilates

Los sujetos realizaron una sesión siguiendo el método Pilates (ejercicios de Pilates con aparatos PMA®) usando una Silla

Wunda (Balanced Body™) durante 30 minutos, enfocándose en los miembros inferiores. La sesión incluyó 8 ejercicios: (1) bombeos de doble pierna (talones); (2) bombeos de doble pierna (dedos de los pies); (3) bombeos de doble pierna (posición V); (4) bombeos de una sola pierna (talones); (5) bombeos de una sola pierna (dedos de los pies); (6) bombeos de pierna de apoyo; (7) levantamiento isométrico con flexión; y (8) extensión de la pierna trasera. Ejercicios de la guía de estudio PMA® (22). Todos los sujetos realizaron un total de 24 series y 720 repeticiones (Tabla 1), y la duración de cada repetición varió de 20 a 40 segundos aproximadamente (fases concéntricas y excéntricas del movimiento). El intervalo de descanso entre series y ejercicios se ajustó a 30 segundos. Todos los sujetos fueron verbalmente animados y motivados para hacer el máximo esfuerzo durante los ejercicios.

Tabla 1. *Ejercicios y Protocolo de Pilates*

Ejercicios de Pilates	Series	Repeticiones	Intervalo de Descanso (seg)
1. **Bombeos de doble pierna** (talones)	3	30	30
2. **Bombeos de doble pierna** (dedos de los pies)	3	30	30
3. **Bombeos de doble pierna** (posición V)	3	30	30
4. **Bombeos de una sola pierna** (talones)	3	30	30
5. **Bombeos de una sola pierna** (dedos de los pies)	3	30	30
6. **Bombeos de pierna de apoyo**	3	30	30
7. **Levantamiento isométrico con flexión**	3	30	30
8. **Levantamiento isométrico con extensión**	3	30	30

Procedimientos

Evaluación de RM

Antes e inmediatamente después de los ejercicios de Pilates, las imágenes de RM ponderadas en T2 de los músculos del muslo dominante y no dominante se obtuvieron con un escáner de RM (modelo General Electric GE, HDXT, 1,5 Tesla). Los sujetos fueron colocados en el cilindro magnético (8-CH HD Body Full acoplado a un sistema de RM) en una posición supina cómoda y relajada (dirección distal-proximal). Las marcas de Tocoferoll en la superficie de los músculos: cuádriceps femoral, aductor mayor y bíceps femoral se alinearon con el retículo del escáner, lo que permitió un posicionamiento similar para exploraciones repetidas. Los procedimientos de imagen fueron idénticos para las exploraciones en reposo y las exploraciones después del ejercicio. La secuencia de imágenes tenía los siguientes parámetros: mapa T2 (FOV 38, ancho,0, BDW 41, 24 cortes); Axial STIR (FOV 38, ancho/separación de corte 8,0 mm/1,0 mm, matriz 256 x 320, 2,0 NEX, TR 4525, TE17, BW 31); Axial T1 (FOV 38, ancho/separación de corte 8,0 mm/1,0 mm, matriz 352 x 256, 2,0 NEX, TR 767, TE mínimo, BW 41, 24 cortes); y T1 coronal (FOV 48, ancho/separación de corte 5,0 mm/1,0 mm, matriz 384 x 256, 1,0 NEX, TR 667, TE min, BDW 62, 24 cortes). El tiempo promedio desde la finalización del ejercicio hasta el inicio del escaneo fue de 75 ± 17 segundos. La longitud del fémur derecho, tomada como la distancia desde la fosa intercondílea del fémur hasta el límite superior de la cabeza femoral, se midió en el plano coronal. Posteriormente, se obtuvieron un total de 30 escaneos axiales de 4 cm a 45 cm de la articulación de la cadera para ubicar las porciones proximal, medial y distal de los músculos glúteo mayor, bíceps femoral (porción larga), vasto lateral y recto femoral. Se excluyeron los tejidos no contráctiles, tales como los vasos sanguíneos y el tejido graso. El tiempo total de esta evaluación fue alrededor de 18 a 20 min.

Test Isocinético

Se realizó una evaluación isocinética de extensión-flexión de rodilla (concéntrica-concéntrica) en un dinamómetro Biodex Multi-Joint System 3 (Biodex Medical TM, Shirley, NY, EEUU). Las pruebas se realizaron en ambas piernas. Primero, en la pierna dominante y luego en la pierna no dominante. Después de un calentamiento estandarizado (bicicleta ergométrica durante 5 minutos sin carga), los sujetos fueron colocados en el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante (sentado con los brazos contra el cuerpo, las manos sosteniendo las asas laterales y sujetados con una correa en tronco, cadera y muslo). La corrección gravitacional se realizó a 40° de flexión de rodilla. Se utilizó para la recolección de datos la prueba isocinética a 60°·sec-1 concéntrico/concéntrico. Se realizaron dos veces cinco repeticiones máximas (Prueba 1 y Prueba 2), y se utilizó un período de descanso de 60 segundos entre las Pruebas 1 y 2 para todos los sujetos. Se dieron órdenes verbales consistentes durante las pruebas. Todas las pruebas fueron realizadas por el mismo investigador.

Análisis de Datos

Análisis de RM

Todas las imágenes fueron analizadas utilizando el software de Imagen J (versión basada en Java del Software de Imagen NIH de dominio público, Sector de Servicios de Investigación, Institutos Nacionales de Salud). Se determinó un valor de T2 (en mm2) para cada voxel, en la imagen, utilizando el plugin de la calculadora de análisis de RM. A continuación, se definieron las regiones de interés (RDI) en las imágenes T2 de cada porción proximal (Figura 1), medial y distal de los siguientes músculos: glúteo mayor, bíceps femoral (porción larga), vasto lateral y recto femoral. Se calculó la intensidad media de la señal en T2 mm2 y se computó su valor medio para cada parte seleccionada de las porciones proximal, medial y distal de los músculos seleccionados. Se analizaron un total de 30 imágenes de 4 cm a 45 cm de la articulación de la cadera. Todas las variables fueron evaluadas en ambos momentos (inicial y post-intervención).

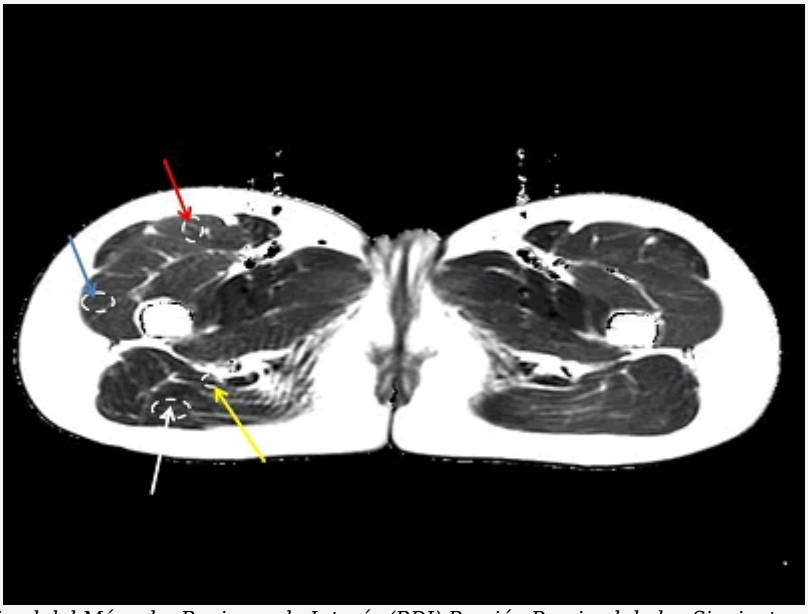

Figura 2. *Porción Proximal del Músculo: Regiones de Interés (RDI) Porción Proximal de los Siguientes músculos: Glúteo Mayor (flecha blanca), Bíceps Femoral Porción Larga (flecha amarilla), Vasto Lateral (flecha azul) y Recto Femoral (flecha roja).*

Análisis Isocinético

El pico de torque (PDT), ajustado para el peso corporal (PDT/PC), el trabajo total (TT) y la potencia media (PM) se evaluaron al inicio y después de la intervención.

Análisis Estadísticos

El cálculo del tamaño de la muestra se basó en un estudio piloto con 2 mujeres, considerando la variable pico de torque ajustada para el peso corporal. Para determinar el tamaño de muestra requerido para comparar dos medias, nueve sujetos fueron necesarios para alcanzar un nivel alfa de 0,05 y una potencia (1-β) de 0,80. La normalidad y homogeneidad de las varianzas dentro de los datos fueron confirmadas con los tests de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Para comparar las diferencias entre momentos (pre y post intervención) se utilizó un test *t* de Estudiante para las variables dependientes de la RM y las pruebas isocinéticas. Se utilizó un ANOVA de medidas repetidas (2x3) (momento x sección muscular) para medir las diferencias.

RESULTADOS

Hubo aumentos significativos en la intensidad de la señal T2 post-intervención en el glúteo mayor y en toda la porción

muscular (proximal, medial y distal) de los músculos vasto lateral y recto femoral. No hubo diferencias significativas en los resultados para el músculo bíceps femoral (porción larga) (Tabla 2). Hubo disminuciones significativas en el rendimiento pre y post-intervención en PDT, TT y PM para el momento de extensión. Pero, en el momento de flexión, no hubo diferencias significativas en el rendimiento (Tabla 3).

Tabla 2. *Señal de Intensidad de T2 de RM Pre y Post-Intervención*

Músculo	**Sección**	**Pre**	**Post**	**P**
	(mm2)	(Media ± DE)	(Media ± DE)	
Recto Femoral	Proximal	36.4 ± 2.3	44.9 ± 4.2	<0.001*
	Medial	34.8 ± 1.2	44.7 ± 2.8	<0.001*
	Distal	35.2 ± 1.0	45.8 ± 2.5	<0.001*
Vasto Lateral	Proximal	39.4 ± 3.0	50.8 ± 5.1	<0.001*
	Medial	37.6 ± 2.4	50.2 ± 5.7	<0.001*
	Distal	38.7 ± 2.2	49.4 ± 4.2	<0.001*
Bíceps Femoral (PL)	Proximal	37.7 ± 2.4	45.5 ± 6.9	>0.05
	Medial	35.5 ± 1.8	36.0 ± 2.7	>0.05
	Distal	36.0 ± 1.8	35.5 ± 2.0	>0.05
Glúteo Mayor	Proximal	40.9 ± 2.9	45.9 ± 5.6	0.02*

*DE: Desviación Estándar *P≤0.05*

Tabla 3. *Evaluación Isocinética en los Momentos de Extensión y Flexión pre y post-intervención.*

Extensión	**Pre**	**Post**	**P**
	(Media ± DE)	(Media ± DE)	
Pico de Torque (N·m)	128.9 ± 24.6	107 ± 23.4	<0.001*
Trabajo Total (W)	469.9 ± 78.5	379 ± 66.7	0.002*
Potencia Media (J)	85.6 ± 17	71.9 ± 17.6	0.008*
Flexión			
Pico de Torque (N·m)	63.8 ± 14.6	65.8 ± 15.1	0.27
Trabajo Total (W)	252.3 ± 61.9	258.2 ± 61	0.532
Potencia Media (J)	45.2 ± 11.9	48 ± 12.8	0.21

DE = *desviación estándar, *P≤0.05*

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue investigar el uso de variables de entrenamiento como volumen, intensidad, pausa y carga en fatiga y sus cambios morfológicos en mujeres físicamente activas. El principal hallazgo fue que los ejercicios de Pilates con aparatos fueron eficaces para promover cambios morfológicos, activación muscular y fatiga de los músculos diana. Es difícil encontrar resultados similares al presente estudio. Hasta el momento, este es uno de los primeros estudios en investigar la activación muscular, la fatiga y las variables de entrenamiento (volumen, intensidad y descanso) en mujeres físicamente activas. Estudios previos han demostrado que el entrenamiento de Pilates promueve mejoras en la aptitud física de los atletas jóvenes (4,13,19) y, sin embargo, un estudio no confirma esta hipótesis (25). Es difícil comparar estos estudios debido a las diferencias en la manipulación de las variables de entrenamiento (es decir, la intensidad, el volumen),

los métodos de entrenamiento de Pilates (ejercicios en colchoneta versus aparatos), los tipos de evaluaciones y los sujetos sedentarios.

Los cambios morfológicos del músculo son uno de los factores más fácilmente estudiados junto con los ejercicios en la literatura. El pico de potencia y la intensidad de la señal T2 sirven para caracterizar el rendimiento muscular (6). El desarrollo de la fatiga aguda se acompaña de disminuciones en el pico de potencia y aumentos en T2. El mecanismo de fatiga depende de factores tales como el tipo de protocolo y las variables de entrenamiento: tiempo total, volumen, intensidad y pausa de reposo. El aumento de la señal T2 también está relacionado con la intensidad del ejercicio (16,37) y el número de repeticiones por ejercicio realizado con una carga dada. Los cambios de T2 se han atribuido a una redistribución de las moléculas de agua en las células musculares (similar a un fenómeno de hinchazón después de una lesión) (23).

Muchos estudios han demostrado que las propiedades fundamentales de las RM pueden usarse para visualizar el daño muscular. Las variables de entrenamiento tales como volumen e intensidad son importantes en respuestas agudas y crónicas en entrenamiento de resistencia. Nuestros resultados confirman que el método Pilates, cuando se aplica con la correcta selección de ejercicios y variables de entrenamiento en sólo una sesión de 30 min, promueve una significativa adaptación morfológica y funcional durante la fatiga y la activación muscular de los grupos musculares diana. Es importante recordar que las variables de entrenamiento, como el volumen y la intensidad, pueden influir en la respuesta adaptativa y aumentar el rendimiento deportivo. Las adaptaciones neurales y musculares relacionadas con mejoras en potencia y fuerza muscular se presentan predominantemente en fibras musculares tipo II (12,23). Por lo tanto, considerando que el método Pilates no es un ejercicio de alta intensidad (bajo número de repeticiones máximas), el estímulo y las adaptaciones para el reclutamiento de fibras musculares de alto umbral (tipo II) se logró con nuestro protocolo. Los estudios con sujetos sanos informaron que el entrenamiento de Pilates mejora significativamente la flexibilidad (20,26-28), la fuerza muscular abdominal (5,18) y la resistencia muscular. Sin embargo, los sujetos sometidos al entrenamiento de Pilates eran sedentarios y no experimentados con el método Pilates.

Los resultados mostraron un aumento de la intensidad de la señal T2 en todos los músculos del muslo inmediatamente después del entrenamiento con el aparato de Pilates, correspondiente al aumento de la actividad muscular metabólica, excepto el bíceps femoral (porción larga). Wakahara et al. (38) estudió un tipo diferente de entrenamiento y grupos musculares, pero también usó la RM y la señal T2. Nuestros datos corroboran los de Wakahara et al. (38), quien concluyó que las diferencias regionales del tríceps relacionadas con la hipertrofia muscular después del entrenamiento de la fuerza crónica pueden atribuirse a las mismas diferencias regionales en la activación muscular obtenidas durante una sesión de ejercicio agudo.

La porción larga del músculo bíceps femoral es considerada como el motor principal de la extensión de cadera y accesorio de la rotación externa de rodilla. Ambas porciones (larga y corta) actúan en la articulación de rodilla. En este caso, la especificidad de los movimientos utilizados en nuestro protocolo, con pocas repeticiones en la extensión de cadera y los movimientos de flexión de rodilla, puede haber contribuido a la baja activación. Estos resultados están de acuerdo con Mendeguchia et al. (25), quien encontró respuestas positivas con un aumento de la señal T2 inmediatamente después de la caminata nórdica en el bíceps femoral (porción corta), el semitendinoso y el semimembranoso. Sin embargo, como en el presente estudio, el bíceps femoral (porción larga) no presentó una señal T2 significativamente modificada, aunque hubo activación muscular a lo largo de la fibra muscular (proximal, medial y distal) de los músculos de la cadena anterior (recto femoral y vasto lateral). En la cadena posterior, sólo el glúteo mayor se modificó significativamente. El músculo bíceps femoral no mostró un aumento significativo en la señal de intensidad T2. Además, no hubo cambios en la fuerza muscular, lo que se debió probablemente a la selección de ejercicios que priorizaron la acción de los músculos extensores de la rodilla.

Nuestro estudio evaluó sólo las diferencias regionales en la activación muscular en una sesión de entrenamiento aguda de Pilates. Se cree que, de acuerdo con la revisión de la literatura, el entrenamiento crónico usando este mismo protocolo podría causar hipertrofia muscular en las mismas regiones musculares como se muestra en el estudio de Wakahara et al. (38). Otros estudios, como Dorado et al. (12) y Hides et al. (18) también mostraron aumentos en la señal de T2 en el abdominal y los multífidos lumbares después de la práctica de Pilates en un protocolo de entrenamiento crónico de >10 semanas.

En el presente estudio, el rendimiento de los sujetos disminuyó en las variables PDT, PM y TT, corroborando los hallazgos de Sesto y sus colegas (33) y Paschalis et al. (27). Aunque estos estudios de investigación examinaron diferentes poblaciones y tipos de músculos, también encontraron una caída en el rendimiento de los sujetos. Parece que la selección de ejercicios es esencial para cambiar el rendimiento muscular y el equilibrio. Por ejemplo, a pesar de que el ejercicio de bombeo de doble pierna utiliza los músculos flexores, no fue suficiente para causar un cambio en la condición de la porción larga del músculo bíceps femoral.

Como se observó en este estudio, hubo significativas disminuciones agudas en PDT, TT, y PM y aumentos significativos en la intensidad de señal T2 de RM que sugieren que la fatiga muscular aguda de la cadena de los músculos extensores de la rodilla se relaciona con los parámetros de rendimiento de fuerza muscular. No se han encontrado datos similares con el método Pilates en la literatura hasta la fecha. La mayoría de los estudios que examinaron las variables de entrenamiento y sus adaptaciones están relacionados con el entrenamiento de fuerza (3,5,20). Ya se sabe en la literatura que la fatiga aguda y la activación muscular aguda en el entrenamiento crónico es capaz de promover la fuerza muscular y la hipertrofia. Los cambios morfológicos y funcionales agudos demostrados en el presente estudio parecen ser muy similares a los que tienen el entrenamiento de fuerza y la hipertrofia (24,25,27,33,36,38). Por lo tanto, el uso de entrenamiento de alta intensidad y volumen en el método Pilates parece ser eficaz en la promoción de adaptaciones beneficiosas, incluyendo la mejora de la fuerza muscular y la hipertrofia.

Las investigaciones sobre el entrenamiento de Pilates sólo indagan en el volumen habitual de una clase de aparatos de Pilates, alcanzando el máximo de 60 repeticiones por clase; el presente estudio utilizó un protocolo de 270 repeticiones con el máximo esfuerzo percibido durante la ejecución de los movimientos, lo que resulta en una caída del rendimiento y una activación muscular significativa que puede conducir a adaptaciones relacionadas con la mejora de la fuerza muscular.

La innovación de este estudio es demostrar que se puede considerar un mayor volumen e intensidad para su uso en las clases de Pilates y que los ejercicios utilizados en la sesión propuesta fueron efectivos en la activación muscular y consecuente fatiga. Las variables de entrenamiento (volumen, intensidad, velocidad de ejecución, intervalos de descanso, cargas, etc.) a lo largo de la capacitación son importantes para promover adaptaciones morfológicas, fisiológicas y biomecánicas (7,10,13,15,19,25,38). Por lo tanto, es evidente que cada método utilizado para mejorar la aptitud física debe ser monitoreado para su efectividad (34, 35, 36).

CONCLUSIÓN

El método Pilates ha sido indicado por profesionales de la salud para las personas comunes, las personas de la tercera edad y los atletas para mejorar y promover la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación, el equilibrio, etc. Sin embargo, para lograr estos beneficios, la modificación del entorno mecánico a través de las variables de entrenamiento es imperativa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los sujetos que dedicaron mucho tiempo para participar en este estudio.

REFERENCIAS

1. Ainsworth BE, Haskell WL, Hermann SD. (2011). Compendium of physical activities: A second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc. 2011;32:Suppl:S498-516.*
2. Aladro-Gonzalvo AR, Machado-Díaz M, Moncada-Jiménez J, Hernández-Elizondo J, Araya-Vargas G. (2012). The effect of Pilates exercises on body composition: A systematic review. *J Body Mov Ther. 2012;16:109-114.*
3. Almeida GPL, Carneiro KKA, Morais HCR, Oliveira JBB. (2012). Effects of unilateral dominance of the lower limbs on flexibility and isokinetic performance in healthy females. *Fisoter Mov Curitiba. 2012;25:551-559.*
4. Baecke JA, Burema J, Frijters JE. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *Am J Clin Nutr. 1982;36:936-942.*
5. Barroso R, Roschel H, Gil S, Ugrinowitschi C, Tricolli V. (2011). Efeito do número e intensidade das ações excêntricas nos indicadores de dano muscular. *Rev Bras Med Esporte. 2011;17:401-404.*
6. Bendahan D, Giannesini B, Cozzone P. (2004). Functional investigations of exercising muscle: A noninvasive magnetic resonance spectroscopy-magnetic resonance imaging approach. *Cellular and Molecular Life Sciences. 2004;61;1001-1015.*
7. Bertola F, Baroni BM, Leal-Junior ECP, Oltramari JD. (2007). Effects of a training program using the Pilates method in flexibility of sub-20 indoor soccer athletes. *Braz J Sports Med. 2007;13:222-226.*
8. Blum CL. (2002). Chiropractic and Pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. *J Manipulative Physiol Ther. 2002;25;E3.*
9. Carneiro JA, Silva MS, Vieira M. (2009). Effects of Pilates method and weigth training in kinematic march of obese women. *Braz J*

Biomec. 2009 ;10:33-43.
10. Cruz TMF, Germano MD, Crisp AH, Sindorf MAG, Verlengia R, Mota GR, Lopes CR. (2014). Does Pilates training change physical fitness in young basketball athletes? JEPonline. *2014;17:1-9.*
11. Cruz-Ferreira A, Fernandes J, Laranjo L, Bernardo L, Silva A. (2011). A sytematic review of the effects of Pilates Method of exercise in healthy people. *Arch Phys Med Rehabil. 2011;92:2071-2081.*
12. Dorado C, Calbet JÁ, Lopez-Gordillo A, Alayon S, Sanchis-Moys J. (2012). Market effects of Pilates on the abdominal muscles: A longitudinal magnetic resonance imaging study. *Med Sci Sports Exerc. 2012;44:1589-1594.*
13. El-Sayed SL, Mohammed MS, Abdullah HF. (2010). Impact of Pilates exercises on the muscular ability and components of jumping to volleyball players. *Sport Sci. 2010;3: 712-718.*
14. Emery K, Serres SJ, McMillan A, Côté JN. (2010). The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clin Biomech. 2010;25:124-130.*
15. Erkal A, Arslanoglu C, Reza B, Senel O. (2011). Effects of eight weeks pilates exercises on body composition of middle aged sedentary women. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport. 2011;11.*
16. Fleckstein JL, Bertocci LA, Nunnally RL, Parkey RW, Peshock RM. (1989). Exercise-enhaced MR imaging of variations in forearm muscle anatomy and use: Importance in MR spectroscopy. *Am J Roentggenol. 1989;153:693-698.*
17. Herrington L, Davies R. (2005). The influence of Pilates training on the ability to contract the transversus abdominis muscle in asymptomatic individuals. *J Body Mov Ther. 2005; 9:52-57.*
18. Hides JA, Stanton WR, Mendis MD, Gildea J, Sexton MJ. (2012). Efffect of motor control training on muscle size and football games missed from injury. *Med Sci Sports Exerc. 2012;44:1141-49.*
19. Hutchinson MR, Tremain L, Christiansen J, Beitze lJ. (1998). Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. *Med Sci Sports Exer. 1998;30:1543-1547.*
20. Jones PA, Bampouras TM. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J Strength Cond Res. 2010;24:1553-1558.*
21. Lange C, Unnithan V, Larkam E, Latta PM. (2000). Maximizing the benefits of Pilates-inspired exercise for learning functional motor skills. *J Bodyw Mov Ther. 2000;4:99-108.*
22. Lessen D. (2014). The Pilates Method Alliance Study Guide (PMA®). *(3rd Edition). Miami, FL: PMA Pilates Certification Exam Syllabus*
23. Machado M, Pereira R, Willardson JM. (2012). Short intervals between sets and individuality of muscle damage response. *J Strength Cond Res. 2012;26:2946-2952.*
24. Mathur S, Vohra RS, Germain SA, Forbes S, Bryant ND, Vandenborne K, Walter GA. (2011). Changes in muscle T2 and tissue damage after downhill running in mdx mice. *Muscle Nerve. 2011;43:878-886.*
25. Mendeguchia J, Garrues MA, Cronin JB, Contreras B, Los Arcos A, Malliaropoulos N, Idoate F. (2013). Non uniforme changes in MRI measurements of the thigh muscles after two hamstring strengthening exercises. *J Strength Cond Res. 2013;27:574-581.*
26. Otto R, Yoke M, Mc Laughlin K, Morrill J, Viola A, Lail A. (2004). The effect of twelve weeks of Pilates vs. *resistance training on trained Females. Exer Med Sci Sport. 2004;36:356-357.*
27. Paschalis V, Koutedakis Y, Baltzopoulos V, Mougios V, Jamurtas AZ, Theoharis V. (2005). The effects of muscle damage on running economy in healthy males. *Int J Sports Med. 2005;26:827-831.*
28. Pertile L, Chissini TV, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D, Mancalossi J. (2011). Comparative study of the method Pilates® and therapeutic exercises on muscle strength and flexibility in trunk of soccer players. *ConScientiae Saúde. 2011;10:102-111.*
29. Phrompaet S, Paugmali A, Pirunsan U, Sitilerpisan P. (2011). Effects of pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. *Asian J Sports Med. 2011;2:16-22.*
30. Rogers K, Gibson AL. (2009). Eight-week traditional mat Pilates training program effects on adult fitness characteristics. *Res Q Exerc Sport. 2009;80:569-574.*
31. Segal NA, Hein J, Basford JR. (2004). The effects of pilates training on flexibility and body composition: An observational study. *Arch Phys Med Rehabil. 2004;85:1977-1981.*
32. Sekendiz B, Altun O, Korkusuz F, Akin S. (2007). Effects of pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Body Mov Ther. 2007;11:318-326.*
33. Sesto ME, Chourasia AO, Block WF, Radwin RG. (2008). Mechanical and magnetic resonance imaging changes following eccentric or concentric exertions. *Clin Biomec. 2008;23:961-968.*
34. Sheden M, Kravitz L. (2006). Pilates exercise a research based review. *J Dance Med Sci. 2006;10:111-116.*
35. Sheppard JB, Young WB. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci. 2006;24:919-932.*
36. Smith RC, Rutherford OM. (1995). The role of metabolites in strength training. *A comparasion of eccentric and concentric contractions. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1995; 71:332-336.*
37. Wakahara T, Takeshita K, Kato E, Miyatani M, Tanaka NI, Kanehisa H, Fukunaga T. (2010). Variability of limb muscle size in young men. *Am J Hum Biol. 2010;22:55-59.*
38. Wakahara T, Miyamoto N, Sugisaki N, Murata K, Kanehisa H, Kawakami Y, Yanai T. (2012). Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training. *Eur J Appl Physiol. 2012;112:1569-1576.*
39. Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. (2012). Defining Pilates exercise: A systematic review. *Complement Ther Med. 2012;4:253-262.*