

Movimiento **Científico**

INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE FISIOTERAPIA



**ibero
americana**
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA

RESPUESTA METABÓLICA Y ADAPTACIONES MUSCULARES DE MUJERES POSMENOPÁUSICAS AL ENTRENAMIENTO RESISTIDO DE ALTO Y BAJO VOLUMEN

Roberto Carlos Rebolledo-Cobos¹
Cleiton Correa²
Alvaro Reischak-Oliveira²

Fecha de Recepción: 31/07/2014

Fecha de Aceptación: 30/11/2014

RESUMEN

Objetivo: Determinar las respuestas metabólicas y musculares producidas por 12 semanas de dos programas de entrenamiento resistido de alto y bajo volumen en mujeres posmenopáusicas. *Material y método:* La muestra (n=36) fue dividida aleatoriamente en 3 grupos, dos experimentales que ejecutaron 12 semanas en un programa de entrenamiento resistido de alto volumen (ERAV, n=12, 3 series de 15 repeticiones por 8 ejercicios con aumento progresivo lineal de la carga) y otro de bajo volumen (ERBV, n=13, 1 series de 15 repeticiones por 8 ejercicios con aumento progresivo lineal de la carga), más un grupo de control (GC, n = 11). Pre y post intervención fueron evaluados la respuesta metabólica por sesión de entrenamiento (gasto energético (GE), consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio (CEOP) y gasto energético total), la fuerza y calidad musculoesquelética. *Resultados:* En los grupos experimentales el aumento de la fuerza máxima (Kg) como el de calidad muscular (Kg/cm³) tuvieron diferencia estadística (ANOVA medidas repetidas) con relación al grupo control (p <0.05), pero sin diferencias entre ambas (ERAV vs ERBV: p >0.05). El GE, CEOP y GE total (MJ) por sesión de entrenamiento fueron significativamente mayores en el grupo de ERAV con relación al ERBV en pre y post (p <0,05). Sin embargo el aumento post intervención en los grupos experimentales no fue significativo (p >0.05). *Conclusiones:* Para las mujeres posmenopáusicas, 12 semanas de entrenamiento resistido en bajos o altos volúmenes garantiza adaptaciones musculares positivas. Sin embargo, una respuesta significativa en el metabolismo de sustratos energéticos solo se consigue en altos volúmenes.

Palabras clave: Posmenopausia; Entrenamiento de Resistencia; Consumo de Energía; Fuerza Muscular.

¹ Fisioterapeuta. Especialista en Kinesiología. Programa de Fisioterapia. Universidad Metropolitana de Barranquilla. Correo electrónico: robertocareco@hotmail.co.

² Educador Físico. PhD en Ciencias del Movimiento. Laboratorio para la investigación del ejercicio. Escuela de Educación Física. Universidad Federal de Río Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

METABOLIC RESPONSE AND MUSCLE ADAPTATION TO HIGH AND LOW VOLUME OF RESISTANCE TRAINING IN POSTMENOPAUSAL WOMEN

ABSTRACT

Objective: Determine metabolic and muscular responses produced for two programs of 12 weeks of high and low volume of resistance training in postmenopausal women. *Material and methods:* The sample (n = 36) were divided randomly into three groups, two experimental groups who carried out 12 weeks in high volume a strength training program (HVST, n= 12, 3 sets of 15 reps for 8 exercises with linear progressive increase of the load) and low-volume (LVST, n= 13, 1 series of 15 reps for 8 exercises with linear progressive increase of the load); and a control group (CG, n= 11). Pre and post intervention were assessed the metabolic response to training session (energy expenditure (EE), excessive post-exercise oxygen consumption (EPOC) and total energy expenditure) and musculoskeletal strength and quality. *Results:* In the experimental groups, the increased maximal strength (Kg) as the muscle quality (Kg/cm³) had statistical difference (ANOVA repeated measures) compared to the control group (p <0.05), but no differences between the two (HVST vs LVST: p> .05). The EE, EPOC and total EE (MJ) per training session were significantly higher in the group of HVST relative to LVST, pre and post (p <0,05). However, the post-intervention increase in the experimental groups was not significant (p> 0.05). *Conclusions:* For postmenopausal women, 12 weeks of resistance training at low or high volumes, ensures positive muscle adaptations. However, a significant response in the metabolism of energy substrates can only be achieved in high volumes.

Keywords: postmenopause; resistance training; energy metabolism; muscle strength.

INTRODUCCIÓN

El estado en el que se consume energía para las actividades mecánicas que brindan sostén a los procesos vitales conservando la temperatura corporal se denomina gasto metabólico basal, sin embargo, la ejecución de actividades físicas trae consigo una mayor transferencia de energía consecuente a la producción de calor por la contracción muscular y se le denomina gasto energético (GE). La producción de calor sirve como un indicador para la interpretación del GE, aun así, debido a las dificultades para la medición de la pérdida de calor, el consumo de oxígeno (VO₂) constituye el principal método para estimar la producción de calor y en consecuencia el GE (Pinto, Lupi y Brentano, 2011). Durante el ejercicio físico se produce un aumento mucho mayor del GE, procedente de la demanda energética de la actividad muscular, seguido a esto, en el período de recuperación posterior al ejercicio, se evoca un aumento en la absorción de oxígeno denominado “consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio” (CEOP), este fenómeno representa el aumento del gasto metabólico en el periodo de recuperación post-ejercicio con relación a la gasto metabólico pre-ejercicio. Su dura-

ción depende de múltiples variables presentes en las características del ejercicio realizado, como el tipo (aeróbico o anaeróbico), la intensidad, duración y el volumen (Borsheim y Bahr, 2003). El GE total inducido por el ejercicio físico incluye tanto la energía gastada durante el ejercicio como la energía gastada durante la recuperación después del ejercicio (Pinto, Lupi y Brentano 2011; Borsheim y Bahr, 2003).

El ejercicio contra resistencia (ER) o ejercicio de fortalecimiento muscular es considerado de naturaleza intermitente, la respuesta metabólica posee mayor variabilidad que en los ejercicios aeróbicos, ya que puede utilizar una menor proporción de calorías durante su ejecución pero también puede inducir un prolongado CEOP induciendo a una mayor oxidación de grasas durante la recuperación (Neto y Farinatti, 2009; Binzen, Swan y Manore, 2001). Esta mayor variación parece ser una consecuencia de la posibilidad de diversas combinaciones que el ER proporciona en volumen, intensidad, grupos musculares involucrados, intervalos de recuperación, velocidad de ejecución, nivel de condición física, edad y sexo (Bruleson, O’Byrant y Stone, 1998).

Dentro de una perspectiva fisiológica, el volumen (número de series) de una sesión de ER influye directamente en las respuestas metabólicas y neuromusculares subyacentes (Arce y Welsch, 2007). La variación en los volúmenes de entrenamiento ha ofrecido convergencias y discrepancias en la manera de prescribir el ejercicio físico por parte de profesionales en el área, ya que aunque está bien descrito que 3 series por cada ejercicio de un programa de entrenamiento resistido proporciona aumentos significativos en la fuerza y volumen muscular, también ha sido demostrado que una serie es suficiente para garantizar adaptaciones neuromusculares positivas (Arce y Welsch, 2007; Cannon y Marino, 2010). Las preferencias, objetivos y características individuales (edad, sexo, IMC, etc.) se convierten en el principal delimitador del volumen de un programa de entrenamiento resistido para un individuo en específico; no obstante, en la literatura científica están bien descritas las repercusiones que el volumen de entrenamiento resistido evoca en poblaciones adultas jóvenes y mayores (Arce y Welsch, 2007; Cannon y Marino, 2010; Haddock y Wilkin, 2006; Steib, Schoene y Pfeifer, 2010), sin embargo, aún son efímeros los estudios que describan las diferencias que proporcionan programas de entrenamiento resistido de bajo y alto volumen sobre las respuestas metabólicas y neuromusculares para mujeres posmenopáusicas (Pinto, Lupi y Brentano, 2011).

El ER más allá de ser un método de mejoramiento estético, es empleado como la base de múltiples intervenciones de rehabilitación física, tratamiento de enfermedades degenerativas o también para el mantenimiento, mejoramiento y optimización funcional de poblaciones adultas mayores, entre éstas, las mujeres posmenopáusicas. El colapso de la producción de hormonas sexuales se ha convertido en el principal mecanismo causante de debilidad muscular en las mujeres posmenopáusicas, ya que experimentan una drástica reducción en la fuerza y masa muscular después de este fenómeno (Rutherford y Jones, 1992). Sin embargo, la fuerza y otras cualidades físicas pueden mantenerse o aumentar dependiendo de las herramientas que traten de contrarrestar el efecto deletéreo de la ausencia hormonal, como la administración de terapia de reemplazo hormonal, que hoy en día se ha convertido un instrumento útil en la preservación de la fuerza y masa muscular (Greeves, Cable, Reilly y Kingsland,

1999). Alternativamente, el ER puede ser utilizado como un método eficiente para compensar cualquier disminución de la fuerza después de la menopausia. La evidencia científica certifica al entrenamiento de la fuerza como un mecanismo importante en la conservación y mejora de la densidad ósea (Martyn-St y Carroll, 2009), de la masa muscular y capacidad funcional de mujeres posmenopáusicas (Correa, 2012).

Debido al envejecimiento cada vez mayor de la sociedad en general, surge la necesidad de esclarecer las respuestas y adaptaciones fisiológicas adyacentes al entrenamiento de las cualidades físicas en poblaciones envejecidas, en este caso específico, la fuerza muscular. El propósito de este estudio es determinar las respuestas metabólicas y musculares producidas por dos programas de 12 semanas de entrenamiento resistido de alto y bajo volumen en mujeres posmenopáusicas.

MÉTODO

Sujetos

La muestra fue compuesta por un total de 36 mujeres posmenopáusicas voluntarias, con un promedio de 60.1 ± 5.2 años, reclutadas a través de anuncio en un periódico local muy leído en la ciudad de Porto Alegre, Brasil. Dentro de los criterios de inclusión se ostentaban aquellas mujeres que hayan pasado la menopausia y no recibieran medicación hormonal sustitutiva. Fueron excluidas aquellas que participaron en algún tipo de entrenamiento resistido durante 1 año antes del estudio y las que tenían un historial médico con enfermedades endocrinas graves, metabólicas y/o neuromusculares. Antes de la participación, cada uno de los miembros de la muestra fueron informados cuidadosamente del diseño del estudio, especialmente los posibles riesgos y molestias relacionadas con los procedimientos, posteriormente dieron su consentimiento informado por escrito. El estudio se realizó de acuerdo a los estándares éticos en ciencias del ejercicio (Harriss y Atkinson, 2011), con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. El protocolo fue aprobado para el uso de sujetos humanos por el comité de ética e investigación Institucional de la Universidad Federal De Rio Grande Del Sur.

Diseño Experimental

Este fue un estudio longitudinal con una duración de 12 semanas continuas de entrenamiento resistido. La muestra (n=36) fue dividida aleatoriamente en 3 grupos, dos experimentales que llevan a cabo el programa de entrenamiento resistido de alto volumen (ERAV, n=12) y bajo volumen (ERBV, n=13); y un grupo de control sin ejercicios (GC, n= 11). La asignación al azar no produjo diferencia significativa entre ninguno de los grupos y para ninguna de las variables de rendimiento antes de ejecutar el programa de entrenamiento (Tabla 1). Antes y después de implementar el programa de entrenamiento, fueron evaluadas las variables musculoesqueléticas (calidad muscular, fuerza máxima y capacidad funcional) en los tres grupos (dos experimentales y uno control) y las variables metabólicas (GE y CEOP) en los grupos experimentales (en el grupo control no fueron valoradas las variables metabólicas debido que es un grupo sin ejercicios y por consiguiente ningún gasto de energía corporal comparable).

Tabla 1. Caracterización antropométrica de los participantes del estudio y TMB, pre y post de 12 semanas de entrenamiento de la fuerza

Variables	ERAV, n=12		ERBV, n=13		GC, n=11	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Masa corporal (Kg)	65.4 ± 10.8	64.3 ± 10.7	70.1 ± 9.9	68.6 ± 10.1	67.6 ± 6.01	71.6 ± 13.7
Grasa corporal (%)	39.3 ± 4.6	37.3 ± 3.7	37.8 ± 5.1	36.5 ± 5.2	36.3 ± 5.1	40.1 ± 6.9
IMC (kg·m ⁻²)	25.4 ± 4.1	25.2 ± 3.5	26.1 ± 3.6	26.5 ± 3.8	24.7 ± 2.6	26.8 ± 5.7
Circ. de cintura (cm)	79.6 ± 9.2	78.2 ± 12.2	82.4 ± 7.4	81.2 ± 5.7	78.8 ± 6.5	82.4 ± 14.2
TMB (kcal)	1342 ± 241	1298 ± 218	1361 ± 184	1453 ± 151	1377 ± 271	1305 ± 201

ERAV= entrenamiento resistido de alto volumen, SRBV= entrenamiento resistido de bajo volumen, GC= grupo control, IMC= índice de masa corporal, VO_{2max} = consumo máximo de oxígeno, TMB= tasa metabólica basal. Circ.: circunferencia.

Fuente: Elaboración propia (2014)

Programa de Entrenamiento

Los grupos experimentales llevaron a cabo el programa de entrenamiento resistido de alto (ERAV: 3 series de 15 repeticiones por cada ejercicio) y de bajo volumen (ERBV: 1 serie de 15 repeticiones por cada ejercicio), estructurado en 8 ejercicios con resistencia externa diferentes: 1 leg press; 2 extensión de rodilla; 3 flexión de rodilla; 4 flexión de codo; 5 supino recto; 6 extensión de codos en supino; 7 remada; y 8 abdominales. Este orden fue el ejecutado en cada sesión, los intervalos entre series y ejercicios fueron de 40 segundos, manteniendo una regularidad de 3 sesiones semanales durante 12 semanas (36 sesiones en total), con un aumento progresivo lineal de la carga (Kraemer y Ratamess, 2005), llevándose a cabo dentro de la sala de bioquímica y fisiología del ejercicio del Laboratorio para la Investigación del Ejercicio (LAPEX) de la Escuela de Educación Física de la Universidad Federal De Rio Grande Del Sur, en la ciudad de Porto Alegre capital del estado de Rio Grande Del Sur, en la República Federativa de Brasil.

Evaluación antropométrica

Evaluación antropométrica incluyó la medición de masa corporal utilizando una balanza electrónica (Balance Industrielles, Montreal, Canadá), y la medición de altura en pie con un tallímetro de pared (Perspective Enterprises, Portage, USA.). A partir de entonces, se calculó el IMC (masa/altura²) (Bonganha, Modeneze, Madruga y Vilarta, 2012). La Circunferencia de la cintura (media de dos medidas) se determinó utilizando una cinta Gulick en la mitad de la distancia entre la última costilla y la cresta ilíaca. Adicionalmente se tomaron mediciones por triplicado en el hemicuerpo derecho de los pliegues cutáneos (tríceps, suprailíaco y muslo) realizadas por el mismo evaluador, utilizando un calibrador de pliegues cutáneos Lange. La densidad corporal se calcula a partir de los datos obtenidos, siendo posteriormente convertido en porcentaje de grasa (Jackson, Pollock y Ward, 1988).

Fuerza Dinámica Máxima

La fuerza máxima se evaluó mediante la prueba de extensión de la rodilla de una repetición máxima (1RM) en una máquina de extensión de rodilla (World Escul-

tor-RS, Brasil). Una semana antes del día de la prueba, los sujetos se familiarizaron con todos los procedimientos. En el día de la prueba, los sujetos calentaron durante 5 minutos en un cicloergómetro, estiraron todos los grupos musculares, y realizaron los movimientos específicos de la prueba de esfuerzo. La carga máxima de cada sujeto fue determinada con no más de 5 intentos con una recuperación de 4 minutos entre los intentos. El tiempo de rendimiento de cada contracción (concéntrica y excéntrica) fue de 2 segundos y se controló mediante un metrónomo electrónico (cuarzo, CA, EE.UU.). El coeficiente de fiabilidad pretest-postest fue de 0,99 para los extensores de rodilla en 1RM.

Evaluación de la Calidad Muscular

Los cambios morfológicos derivados del entrenamiento de fuerza fueron evaluados a través de imágenes obtenidas con un aparato de ultrasonido modo B (Philips, VMI, Industria e Comercio Ltda. Lagoa Santa, MG, Brasil) con un transductor de 7,5 MHz. Se utilizó gel a base de agua para promover el contacto acústico entre la piel y el transductor, que se coloca sobre el músculo recto anterior del muslo a dos tercios de la distancia desde el trocánter mayor del fémur al el epicondilo lateral y lateralmente a 3 cm de la línea media de la extremidad (Abe, Kawakami, Kondo y Fukunaga, 2011). Sobre la imagen reproducida por el ultrasonido fueron identificados el tejido adiposo subcutáneo y el tejido óseo, y la distancia entre ellos se definió como el espesor del músculo, la fiabilidad de esta medida varía en menos del 3% (Abe, De Hoyos, Pollock y Garzarella, 2000). Todas las imágenes de ultrasonido fueron obtenidas a partir de la extremidad dominante de los sujetos utilizando mapas para asegurar que las imágenes de las dos evaluaciones se obtuvieran en el mismo lugar del vientre muscular. Por último, el valor de 1RM de la pierna dominante se dividió por el volumen muscular de la pierna dominante para determinar la calidad del músculo, por lo tanto, se expresó la calidad muscular como la fuerza por unidad de volumen muscular (kg/cm^3) implementada en el año 2000 por Ivey, et al. La calidad muscular no es sinónimo de masa muscular, sino es interpretada como la capacidad de generar fuerza máxima por el volumen muscular existente. La cantidad de masa muscular no es necesariamente un sinónimo de calidad muscular. No obstante, en programas de entrenamiento de fuerza muscular

con ejercicios resistidos, la calidad muscular refleja la relación entre la ganancia de fuerza con la de masa muscular (Barbat-Artigas, Rolland, Vellas y Aubertin-Leheudre, 2013).

Test de sentarse y levantarse en 30 segundos (30 second sit-to-stand test)

La capacidad funcional hace referencia al nivel de integridad física que permite realizar las actividades de la vida cotidiana, las diferentes expresiones de la fuerza muscular evidencian el nivel de integridad musculoesquelética que repercute en la capacidad del movimiento (velocidad y amplitud de movimiento). El test de sentarse y levantarse en 30 segundos refleja la capacidad de generar fuerza explosiva de los miembros inferiores. El test se realiza de la siguiente manera: se inicia con el participante sentado en el centro de una silla (altura 43 cm), con la espalda recta y los pies en una superficie plana colocados sobre el ancho de los hombros, los brazos cruzados a la altura del pecho, con un ángulo de aproximadamente 90° de flexión de cadera y rodilla. A una señal verbal, los participantes se levantan a una posición supina recta completa y luego vuelven a la posición inicial sentados. Se alentó a la participante para completar tantas repeticiones como sea posible dentro de un período de 30 segundos (Hruda, Hicks y McCartney, 2003).

Medición del GE y CEOP

En primera instancia, se recogieron datos de la tasa metabólica basal (TMB) con el sujeto en posición supina durante 30 minutos a través de calorimetría indirecta continua (carro metabólico CPX/D, MGC, Saint Paul, Minnesota, EE.UU.). Los datos recogidos durante los minutos 20 a 25 del período de reposo fueron promediados y se utilizan para representar la actividad metabólica en reposo. En las 48 horas siguientes al día de valoración de la actividad metabólica en reposo, se midieron el GE y CEOP con ergoespirometría, los sujetos de los grupos experimentales regresaron al laboratorio entre las 15:30 y 17:30 ejecutando la sesión con una serie (para ERBV) o tres series (para ERAV) de 15 repeticiones para cada ejercicio, en torno al 65% de 1RM, proporcionando una transición de 40 segundos entre cada ejercicio y serie. Inmediatamente a la finalización de la sesión de ejercicio, los sujetos fueron

situados en una posición supina durante 30 minutos de recuperación para obtener la medición del CEOP (Braun, Hawthorne y Markofski, 2005).

El GE y CEOP se calculó como el gasto de energía estimado por minuto, multiplicando VO₂ absoluto (L min⁻¹) por 5,0 kcal l⁻¹ teniendo en cuenta que el ER reduce el pH de la sangre, aumenta el CO₂ y cambia el sistema de tampones de ácidos, con ello haciendo un cociente de intercambio respiratorio inexacto (Pinto, Lupi y Brentano, 2011). El GE durante la sesión de ER, el CEOP y el GE total (GE+CEOP) para cada grupo fue calculado multiplicando el gasto de energía por cada minuto con la longitud protocolo (minutos). El área bajo la curva se calculó para obtener la respuesta del VO₂ relativa durante el ejercicio, usando una técnica trapezoidal estándar (Diener, 1997). La oxidación de grasas se calcula a partir del VO₂ y la tabla de Zuntz (Pinto, Lupi y Brentano, 2011). Todos los datos metabólicos fueron analizados mediante el software Matlab (versión 7.14).

Análisis Estadístico

Empleando la estadística descriptiva fueron calculados y representados los datos obtenidos en promedios con sus respectivas desviaciones estándar. Se evaluó la normalidad de los datos mediante la test de Kolmogorov-Smirnov, la homogeneidad de varianza con el test de Levene y la presunción de especificidad se demostró para todos los análisis. Para las comparaciones entre los grupos antes y después del programa de entrenamiento, se utilizó para el análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA) (3 grupos x 2 circunstancias) con pruebas post-hoc de Bonferroni. El nivel de significación para todas las pruebas estadísticas fue $p < 0,05$ y todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico SPSS versión 19.0.

RESULTADOS

En la *tabla 1* se muestra la caracterización de la muestra, el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) y la TMB. No se evidencia diferencia significativa en ninguna de las variables establecidas ni antes ni después de las 12 semanas de intervención.

La *tabla 2* refleja los hallazgos obtenidos a nivel muscular esquelético. Al final del programa de entrenamiento, la fuerza máxima (Kg) de los extensores de rodilla tanto en el grupo de ERAV como en el de ERBV obtuvo un aumento significativo con relación al estado inicial (pre) y al grupo control ($p < 0.05$ respectivamente). La calidad muscular (Kg/cm³) del recto anterior del muslo adquirió un aumento significativo al final de las 12 semanas de entrenamiento en ambos grupos experimentales, demostrando diferencia con el grupo control ($p < 0.05$). El test funcional de sentarse y levantarse en 30 segundos no mostró diferencias entre los grupos experimentales (> 0.05).

Tabla 2. Fuerza muscular, hipertrofia y capacidad funcional antes y después de 12 semanas de entrenamiento resistido

Variables	ERAV, n=12		ERBV, n=13		GC, n=11	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1 RM-ER (kg)	27.0 ± 4.4	37.1 ± 3.6 ^{†*}	26.6 ± 2.8	34.9 ± 5.3 ^{†*}	28.0 ± 4.6	28.3 ± 6.2
CM- (kg/cm ³)	0.07 ± 0.03	0.08 ± 0.02 ^{†*}	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.02 ^{†*}	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.02
SL30s (nº)	15.0 ± 3.0	17.0 ± 4.0	16.0 ± 2.0	18.0 ± 3.0	16.0 ± 3.0	15.0 ± 2.0

† Diferencia significativa entre pre y post 12 semanas de entrenamiento ($p < 0.05$).

* Diferencia significativa entre los grupos de entrenamiento resistido de alto y bajo volumen (ERAV y ERBV) con el grupo control (GC) ($p < 0.05$).

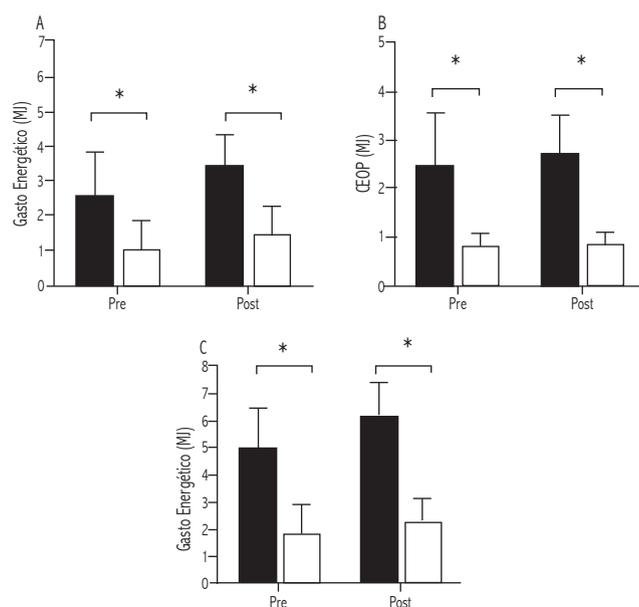
1 RM = una repetición máxima, ER = extensión de rodilla, CM = calidad muscular, SL30s = test de sentarse y levantarse en 30 segundos.

Fuente: Elaboración propia (2014)

En el *figura 1* se evidencian los resultados obtenidos pre y post de 12 semanas de entrenamiento resistido de las variables metabólicas empleadas. El GE (A), CEOP (B) y GE total (C) durante la sesión de ER fueron significativamente mayores en el grupo de ERAV con relación al ERBV en pre y post ($p < 0,05$). Sin embargo, no se encontró ninguna diferencia significativa pre-post en

las variables metabólicas de los grupos experimentales ($p > 0.05$).

Figura 1. Respuesta metabólica representada por el consumo de energía en mega julios (MJ) durante (GE), después (CEOP: consumo excesivo de oxígeno post-ejercicio) y el total (GE+CEOP) de una sesión completa de ejercicios resistidos, pre y post las 12 semanas del programa de entrenamiento resistido de alto (ERAV) y bajo volumen (ERBV) en mujeres posmenopáusicas.



* Diferencia significativa entre los grupos experimentales $p < 0.05$.

Fuente: Elaboración propia (2014)

DISCUSIÓN

Las adaptaciones proporcionadas por el ejercicio físico en mujeres posmenopáusicas difieren de aquellas con producción hormonal lúcida, el colapso de la producción de hormonas sexuales es el principal causante de la drástica reducción en paralelo de la masa y la fuerza muscular. Este fenómeno puede ser frenado y revertido con el entrenamiento de esta cualidad física (Leite, Prestes, Pereira, Shiguemoto y Pérez, 2010). La semejanza en las características antropométricas y el rigor de los criterios de inclusión y exclusión planteados para la elaboración de este estudio, proporcionó fiabilidad y eficacia desde la implementación y ejecución del

protocolo metodológico, hasta en la obtención, análisis e interpretación de los datos pre y post del programa de entrenamiento.

Tanto en fuerza muscular como en la calidad muscular, el alto y bajo volumen de entrenamiento resistido proporcionan de igual manera adaptaciones favorables en mujeres posmenopáusicas (Arce y Welsch, 2007). Esto hace interpretar que al implementar ER dentro de protocolos o programas de acondicionamiento físico, prevención de enfermedades y rehabilitación musculoesquelética de mujeres posmenopáusicas, los ejercicios con moderada intensidad y bajo volumen proporcionan a mediano plazo los mismos beneficios en las propiedades musculoesqueléticas que los altos volúmenes de entrenamiento (Cannon y Marino, 2010). En consecuencia, la ejecución de intervenciones bajas en volumen por sesión, es sinónimo de reducción en el tiempo dedicado para el entrenamiento y en la extenuación del sujeto, lo que puede permitir la implementación de estrategias complementarias para el mejoramiento y mantenimiento de las cualidades físicas y la rehabilitación. Las conclusiones de estudios como el de Bonganha, Modeneze, Madruga y Vilarta, en 2012 y el de Correa et al. (2012) convergen en certificar, que el entrenamiento resistido demuestra ser un óptimo mecanismo para revertir la atenuación en la consistencia, masa, contractibilidad y fuerza muscular de mujeres con déficit de hormonas sexuales, evidenciado también en este estudio.

Una intervención que propicie la optimización en la capacidad funcional de sujetos envejecidos, se convierte en el pilar transcendental para asegurar el mantenimiento de la independencia a medida que pasan los años (Hruda et al. 2003), como en este caso, el entrenamiento de la fuerza mediante resistencias externas en mujeres posmenopáusicas. Alto y bajo volumen de entrenamiento resistido propiciaron en igual medida el mejoramiento de la función musculo esquelética, lo que traduce un marcador favorable en el mantenimiento de capacidad funcional.

El producto final de este estudio demuestra que el ERAV proporciona una respuesta metabólica significativamente mayor que el ERBV. El GE, CEOP y por tanto el GE total de una sesión de ER con mínimo 3 series de cada ejercicio establecido, evidencia con claridad un requeri-

miento energético mayor que una sesión con volumen más bajo, antes y después de las 12 semanas de entrenamiento. Está claro la demanda energética derivada del nivel de sobrecarga musculoesquelética es mayor en ERAV, elevando el consumo de sustratos energéticos durante y después de la sesión de ejercicios (Haddock y Wilkin, 2008). Hallazgos encontrados por Mazzetti, Douglass, Yocum y Harber (2007), rotulan la intensidad y el volumen del ER como los principales influyentes en el GE y CEOP por sesión. Esto señala que en las mujeres posmenopáusicas, el volumen de entrenamiento es proporcional al GE total, tanto antes y como después del programa de entrenamiento, un importante hallazgo para contrarrestar cambios adversos en la distribución adiposa de la mujer de enaltecida edad. El déficit hormonal desencadena cambios importantes en los estilos de vida de las mujeres adultas, más allá de las alteraciones en los estados de ánimo, disminución del sueño y en la sensación subjetiva de vigor, la falta importante de actividad física es uno de los principales impulsores en el aumento de peso de mujeres posmenopáusicas (Rutherford y Jones, 1992), ya que sin actividad física no hay forma de atenuar el aumento del tejido adiposo abdominal altamente inflamatorio subyacente a la disminución del Estradiol endógeno (Lee et al. 2009). Para las intervenciones con ER que promuevan un aumento real en metabolismo de sustratos energéticos, lo indicado sería prescribir programas progresivos de ERAV, para de esta forma aumentar la oxidación de grasas durante y después de la sesión de entrenamiento, limitando la acumulación adiposa corporal, principalmente a nivel central.

Las 12 semanas continuas de ER de alto y bajo volumen implementas en este estudio muestran con claridad las respuestas morfológicas, funcionales y metabólicas que se pueden obtener en esta población cuando se implementa entrenamiento de la fuerza en diferentes volúmenes. Sin embargo, también es un limitante identificar en un ciclo de 3 meses, respuestas que en periodos de entrenamiento más largos pueden repercutir con mayor impacto en el metabolismo y capacidad funcional de mujeres posmenopáusicas cuando se fomenta principalmente altos volúmenes en ER.

CONCLUSIONES

Las 12 semanas de entrenamiento resistido, tanto de alto (3 series) como de bajo volumen (1 serie), garanti-

zan un mantenimiento de la capacidad funcional con adaptaciones morfológicas y neuromusculares positivas en mujeres posmenopáusicas, no obstante, el alto volumen de entrenamiento resistido promueve una respuesta metabólica mayor con relación al bajo volumen, lo que logra repercutir con mayor impacto en la oxidación de grasas durante y después de una sesión de ER. Este es el primer estudio que compara la respuesta metabólica de altos y bajos volúmenes de entrenamiento resistido en mujeres posmenopáusicas.

REFERENCIAS

- Abe, T., De Hoyos, D., Pollock, M. y Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body strength training in men and women [Evolución temporal de la fuerza y grosor del músculo ocasionados por el entrenamiento de la fuerza en los miembros superiores e inferiores de hombres y mujeres]. *European Journal of Applied Physiology*, 81(3), 174-180.
- Abe, T., Kawakami, Y., Kondo, M. y Fukunaga, T. (2011). Comparison of ultrasound-measured age-related, site-specific muscle loss between healthy Japanese and German men [Ultrasonografía para comparar de la pérdida de masa muscular en lugares específicos, relacionada con la edad entre hombres asiáticos y germánicos]. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(4), 320-325.
- Arce, A. y Welsch, M. (2007). High and Low Volume Resistance Training and Vascular Function [Entrenamiento resistido de bajo y alto volumen y función vascular]. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 217-221.
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Vellas, B. y Aubertin-Leheudre, M. (2013). Muscle Quantity Is Not Synonymous With Muscle Quality [Cantidad muscular no es sinónimo de calidad muscular]. *Journal of American Medical Directors Association*, 4(11), 852-857.
- Binzen, C., Swan, P. y Manore, M. (2001). Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women [Consumo de oxígeno posejercicio y uso de sustratos después

- de ejercicio resistido en mujeres] *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6): 932-938.
- Bonganha, V., Modeneze, D., Madruga, V. y Vilarta, R. (2012). Effects of resistance training on body composition, muscle strength and quality of life in postmenopausal life [Efectos del entrenamiento resistido sobre la composición corporal, la fuerza muscular y la calidad de vida en la vida después de la menopausia]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(2), 361-365.
- Borsheim, E. y Bahr, R. (2003) Effect of Exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise Oxygen Consumption [Efecto de la intensidad, duración y modo del ejercicio sobre el consumo excesivo de oxígeno pos ejercicio]. *Sports Medicine*, 33(14), 1037-1060.
- Braun, W., Hawthorne, W. y Markofski, M. (2005). Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption [Respuesta aguda de CEOP en mujeres entrenadas en circuito y banda ergométrica]. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5-6): 500-504.
- Bruleson, M., O'Bryant, H. y Stone, M. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption [Efecto del ejercicio con pesas y cinta ergométrica en el consume de oxígeno post-ejercicio]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(4), 518-522.
- Cannon, J. y Marino, F. (2010). Early-phase neuromuscular adaptations to high- and low-volume resistance training in untrained young and older women [Adaptaciones neuromusculares tempranas al alto y bajo volumen de entrenamiento resistido en mujeres jóvenes y adultas mayores no entrenadas]. *Journal of Sports Science*, 28(14), 1505-1514.
- Correa, C., LaRoche, D., Cadore, E., Reischak-Oliveira, A., Bottaro, M., Krueel, L.,... y Pinto, R. (2012). 3 Different Types of Strength Training in Older Women [Tres diferentes tipos de entrenamiento de la fuerza en mujeres adultas mayores]. *International Journal of Sports Medicine*, 33(12), 962-969.
- Diener, J. (1997). Calorimetría Indirecta. *Revista de la Asociacion Medica Brasileira*, 43(3): 245-253.
- Greeves, J., Cable, N., Reilly, T. y Kingsland, C. (1999). Changes in muscle strength in women following the menopause: a longitudinal assessment of the of hormone replacement therapy [Cambios en la fuerza muscular de mujeres después de la menopausia: una evaluación longitudinal de la terapia de reemplazo hormonal]. *Clinical Science*, 97(1), 79-84.
- Haddock, B. y Wilkin, L. (2006). Resistance training volume and post exercise energy expenditure [Volumen del entrenamiento resistido y gasto energético post-ejercicio]. *International Journal of Sports Medicine*, 27(2), 143-148.
- Harriss, D. y Atkinson, G. (2011). Ethical standards in sport and exercise science research [Estándares éticos de la investigación en las ciencias del deporte y ejercicio]. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 819-821.
- Hruda, K., Hicks, A. y McCartney, N. (2003). Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities [Entrenamiento de la fuerza muscular en adultos mayores: efecto sobre las habilidades funcionales]. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 178-189.
- Ivey, F., Tracy, B., Lemmer, J., Ness-Aiver, M., Metter, E., Fozard, J. y Hurley, B. (2000). Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons [Efectos del entrenamiento de la fuerza y el desentrenamiento en la calidad muscular: Las comparaciones entre edades y sexo]. *Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(3): B152-B157.
- Jackson, A., Pollock, M. y Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women [Ecuaciones generalizadas para predecir la densidad del cuerpo de la mujer]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(3), 175-82.
- Kraemer, W. y Ratamess, N. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription [Fundamentos del entrenamiento resistido: progresión y prescripción del ejerci-

- cio]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674-688.
- Lee, C., Carr, M., Murdoch, S., Mitchell, E., Woods, N., Wener, M., Chandler, W., Boyko, E. y Brunzell, J. (2009). Adipokines, inflammation, and visceral adiposity across the menopausal transition: a prospective study [Adipocinas, inflamación y adiposidad visceral a través de la transición a la menopausia: un estudio prospectivo]. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 94(4), 1104-1110.
- Leite, R., Prestes, J., Pereira, G., Shiguemoto, G. y Perez, S. (2010). Menopause: Highlighting the Effects of Resistance Training [Menopausia: efectos destacados del entrenamiento resistido]. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11): 761-767.
- Martyn-St, M. y Carroll, S. (2009). A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: the case for mixed loading exercise programmes [Un meta-análisis del impacto del ejercicio en mujeres posmenopáusicas en la pérdida ósea: el caso de los programas de ejercicio con carga mixta]. *British Journal of Sports Medicine*, 43(12), 898-908.
- Mazzetti, S., Douglass, M., Yocum, A. y Harber, M. (2007). Effect of Explosive versus Slow Contractions and Exercise Intensity on Energy Expenditure [Efectos de las contracciones explosivas y lentas en la intensidad del ejercicio sobre el gasto energético]. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 39(8), 1291-301.
- Neto, A. y Farinatti, P. (2009). Oxygen Consumption After Resisted Exercise: A Critical Approach Out The Determinant Factors Of Its Magnitude And Duration [Consumo de oxígeno después del ejercicio resistido: un abordaje crítico sobre los factores determinantes de su magnitud y duración]. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 3(2), 96-110.
- Pinto, R., Lupi, R. y Brentano M. (2011). Metabolic responses to strength training: an emphasis on energy expenditure. [Respuesta metabólica al entrenamiento de la fuerza: un énfasis en el consumo energético] *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 13(2), 150-157.
- Rutherford, O. y Jones, D. (1992). The relationship of muscle and bone loss and activity levels with age in women [Relación entre la pérdida de músculo, hueso y los niveles de actividad con la edad de las mujeres]. *Age and Ageing*, 21(4): 286-293.
- Steib, S., Schoene, D. y Pfeifer, K. (2010). Dose-Response Relationship of Resistance Training in Older Adults: A Meta-Analysis [Relación dosis-respuesta del entrenamiento resistido en adultos mayores: un meta-análisis]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(5), 902-914.