



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

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



Revisión

Efecto del ejercicio físico en la tasa metabólica en reposo: aplicación el control de la obesidad



M. de Melo Cazal^a, J. C. Bouzas Marins^b, A. J. Natali^b, D. F. Vallejo Soto^c, M. Sillero-Quintana^d

^a Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Federal de Viçosa. Brasil.

^b Departamento de Educación Física de la Universidad Federal de Viçosa. Brasil.

^c Universidad de Caldas. Colombia.

^d Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF). Universidad Politécnica. Madrid. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 15 de agosto de 2016, aceptado el 18 de octubre de 2017, *online* el 12 marzo de 2019

RESUMEN

El objetivo de esta revisión fue analizar los estudios que investigaron los efectos del ejercicio aeróbico y de fuerza sobre la tasa metabólica en reposo como medios para el control del sobrepeso y de la obesidad. Se realizó una búsqueda electrónica en las principales bases de datos y se revisaron las citas de los artículos identificados en la búsqueda electrónica. Los efectos crónicos del entrenamiento aeróbico sobre la tasa metabólica en reposo parecen limitados; sin embargo, parece que la combinación de volumen e intensidad de ejercicio junto con el tiempo de entrenamiento produce efectos agudos sobre la misma. El entrenamiento de fuerza está asociado al incremento de masa muscular que puede generar un incremento de la tasa metabólica en reposo a largo plazo. Son necesarios más estudios para evaluar la asociación del entrenamiento de la fuerza y entrenamiento aeróbico, así como su impacto sobre la tasa metabólica en reposo, tanto de forma aguda como crónica.

Palabras clave: Ejercicio físico, Metabolismo basal, Sobrepeso, Obesidad.

Effect of physical exercise in resting metabolic rate: applications in the obesity control

ABSTRACT

The objective of this review was to analyze the studies that investigated about the effects of aerobic and strength exercise in resting metabolic rate as a means to control overweight and obesity. The main electronic databases were used to search for articles and it were reviewed the references of the main articles identified in the electronic search. The chronic effects of aerobic training on resting metabolic rate appear limited; however, it seems that the combination of volume and intensity of exercise and duration of training produces acute effects on it. Strength training is associated with an increase in muscle mass that can lead to a chronic increase in resting metabolic rate. More studies are needed to evaluate the association of aerobic training and strength training, and its impact on resting metabolic rate, both acutely and chronically.

Keywords: Physical exercise, Basal metabolism, Overweight, Obesity.

Efeito do exercício físico na taxa metabólica de repouso: aplicações no controle da obesidade

RESUMO

O objetivo desta revisão foi analisar os estudos que investigaram os efeitos do exercício aeróbico e de força na taxa metabólica de repouso com aplicações no controle do sobrepeso e obesidade. As fontes utilizadas para localizar os artigos foram: busca eletrônica nas principais bases de dados e citações em artigos identificados na busca eletrônica. Os resultados obtidos sobre a taxa metabólica de repouso decorrente do treinamento aeróbico de forma crônica são limitados, porém, existem indícios que a combinação de volume e intensidade do exercício e tempo de treinamento podem produzir efeito agudo na mesma. Já o treinamento de força normalmente produz um aumento da massa muscular e com possibilidade de gerar um aumento na taxa metabólica de repouso a longo prazo. São necessários mais estudos para avaliar a associação do treinamento de força e aeróbico e seu impacto sobre a taxa metabólica de repouso, tanto de forma aguda como crônica.

Palavras-chave: Exercício físico, Metabolismo basal, Sobrepeso, Obesidade.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: joabouzas@yahoo.com.br (J. C. Bouzas Marins).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.03.005>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introducción

Los factores que determinan los requerimientos energéticos de una persona son principalmente tres: (1) el metabolismo basal, que es la energía necesaria para la realización de las funciones vitales del organismo; (2) la actividad física realizada, englobando la energía consumida en las actividades físicas cotidianas y durante el ejercicio físico programado; y (3) el efecto térmico de los alimentos, que está relacionado con la digestión, la absorción y el metabolismo. Estos tres factores pueden estar influenciados por aspectos genéticos y ambientales¹⁻³.

La Tasa Metabólica en Reposo (TMR) puede ser definida como la cantidad mínima de energía necesaria para el mantenimiento de las funciones fisiológicas de la persona, como son los procesos de transporte activo, las funciones cardiorrespiratorias, los mecanismos de excreción, el mantenimiento del tono muscular y los procesos de biosíntesis de las moléculas⁴⁻⁶. Está relacionada con factores como la grasa corporal, la edad, el género, la frecuencia cardíaca y, principalmente, la masa magra, que supone un 50-75% de su variación individual⁷. La variación en la TMR también se ha relacionado con parámetros fisiológicos como las hormonas tiroideas, los niveles plasmáticos de insulina y de leptina, y en la actividad del sistema nervioso simpático^{8,9}.

La TMR constituye el principal componente del gasto energético diario, siendo responsable de entre el 60 y 75% del gasto energético diario total^{1,10}. De esta manera, pequeños aumentos en la TMR pueden generar un desequilibrio del balance energético, y ser beneficiosos para la pérdida de peso y, consecuentemente, para la prevención y tratamiento de la obesidad a largo plazo^{8,11,12}.

La práctica de actividad física tiene gran importancia para el aumento del gasto energético, en el aumento de la TMR y en la mejora de la composición corporal¹³. Por este motivo, la influencia del ejercicio físico en la TMR de personas con sobrepeso y obesidad ha sido tratada en muchos estudios^{4,6,12,14-22}. Los resultados de determinados trabajos son contradictorios ya que algunos verifican la elevación de la TMR después de realización del ejercicio^{6,12,16-18,20}, mientras que otros no sustentan dicho efecto^{14,15,19,21,22}. Incluso, Byrne y Wilmore⁴ identificaron una ligera reducción de la TMR después de la realización del ejercicio.

Esta divergencia en los resultados de los estudios puede estar relacionada con el tipo de ejercicio que se realizó en cada uno de ellos. Algunos trabajos evaluaron el efecto del ejercicio aeróbico, otros los del ejercicio de fuerza, o una combinación de los dos. Hay evidencias que el tipo de ejercicio puede afectar a la TMR a través de dos factores distintos: a) un aumento de la masa muscular generado por un entrenamiento de fuerza dirigido a la hipertrofia; b) un aumento de la actividad tiroidea, del sistema nervioso simpático y de la síntesis proteica, provocado por el entrenamiento de características aeróbicas^{23,24}. Las distintas metodologías en la dinámica del ejercicio o su combinación, tales como la duración en la sesión de ejercicios, su intensidad, la frecuencia semanal o la duración total de los estudios, que pueden variar de pocas semanas hasta varios meses, también contribuyen a la diferencia observada en los resultados del ejercicio con estudios de intervención. Estos desacuerdos conducen a diferencias en la prescripción de ejercicio entre los profesionales que tratan a las personas con sobrepeso y/u obesidad.

De esta forma, el objetivo de esa revisión fue analizar los estudios que investigaron los efectos del ejercicio aeróbico y de fuerza en la tasa metabólica en reposo en programas de control del sobrepeso y la obesidad.

Método

La búsqueda bibliográfica se realizó de manera electrónica en las bases de datos de *Medline*, *Scielo*, *Lilacs*, *Science Direct* y *Pubmed* utilizando las palabras clave: *exercise*, *resting metabolic rate*, *basal metabolic rate*, *resting energy expenditure*, *overweight*, *obesity*, *endurance training*, *resistance exercise*, *fat-free mass*, sus

términos equivalentes en portugués y la combinación entre ellos. Posteriormente se revisaron las citas de los artículos identificados en la búsqueda electrónica.

Han sido incluidos en ese artículo, los estudios en los que: (a) los participantes no fueran deportistas y que, aun siendo saludables, presentarían sobrepeso u obesidad; (b) se analizaran los efectos del ejercicio físico en la TMR, sin la interferencia de la dieta, y (c) se evaluara el efecto del entrenamiento de fuerza y/o aeróbico en la TMR. Fueron excluidos los estudios en que evaluaron solamente el efecto en la TMR de una única sesión de ejercicios (Figura 1).

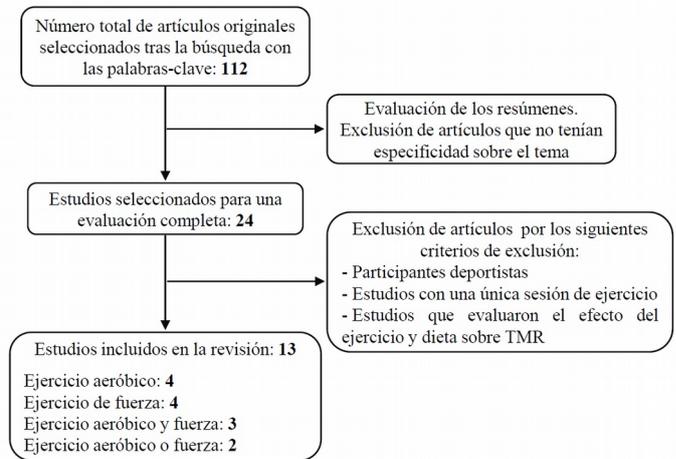


Figura 1. Resultados revisión de los artículos hallados en la búsqueda bibliográfica.

Inicialmente, se pensaba establecer, como criterio de exclusión, el género de los sujetos y limitarlos a los realizados con una determinada edad. Sin embargo, debido a la escasez de los estudios que abordaban el tema, fueron incluidos los estudios con individuos de ambos géneros y de diferentes edades. Fueron revisadas las investigaciones publicadas hasta agosto de 2017. Para una mejor comprensión de los estudios, se consideraron cuatro apartados en la discusión: (a) la comparación entre ejercicio aeróbico y de fuerza sobre la tasa metabólica en reposo, (b) el ejercicio aeróbico y la tasa metabólica en reposo; (c) el ejercicio de fuerza y la tasa metabólica en reposo; y (d) la combinación del ejercicio de fuerza y aeróbico en la tasa metabólica en reposo.

Estado actual de tema

La tabla 1 resume los estudios revisados en los que se evaluó el efecto del ejercicio de fuerza y aeróbico sobre la TMR de forma separada o combinada.

a) Comparación entre el ejercicio aeróbico y de fuerza en la tasa metabólica en reposo

Broeder et al.¹⁴ realizaron un estudio para evaluar el efecto del ejercicio aeróbico y de fuerza en la TMR. En ese estudio, 47 hombres con sobrepeso fueron divididos en dos grupos: uno realizó entrenamiento aeróbico y otro de fuerza. Después de 12 semanas de entrenamiento, los dos grupos redujeron el porcentaje de grasa y grasa total, encontrándose un mayor gasto energético diario como efecto de los tratamientos aunque dicho cambio no fue significativo. Solo el grupo de entrenamiento de fuerza presentó aumento de la masa magra.

Por el contrario, Hunter et al.¹⁶ registraron un aumento de la TMR después del entrenamiento aeróbico; sin embargo, ese efecto no fue observado después del entrenamiento de fuerza en mujeres

Tabla 1 . Estudios sobre el efecto del ejercicio de fuerza y/o aeróbico en la tasa metabólica en reposo

Referencia	N	Sexo	Edad (años)*	Tipo de ejercicio	Tiempo de ejercicio/ Frecuencia semanal	Tiempo del entrenamiento	Método para evaluar la TMR	TMR después del entrenamiento	
Ejercicio aeróbico o de fuerza	Broeder et al. ¹⁴	47	M	18 - 35	Fuerza: 6 ejercicios de peso libre y máquinas/días Aeróbico: Tapiz rodante	Fuerza: 1 hora/4 veces Aeróbico: hasta la 8ª semana: 40min. En las próximas 4 semanas 50min/4veces	12 semanas	Calorimetría indirecta	Sin alteraciones
	Hunter et al. ¹⁶	45	F	Fuerza = 34.8 Aeróbico = 33.8	Fuerza: 8 ejercicios de peso libre y máquinas/día. Aeróbico: Tapiz rodante	Fuerza: (no lo indica) Aeróbico: primera semana: 20 min. después de éste periodo, aumento progresivo hasta 40min.	25 semanas	Calorimetría indirecta	Aumentó después del entrenamiento aeróbico
Ejercicio aeróbico	Wilmore et al. ²²	77	F y M	34 (17 - 63)	Cicloergómetro	Aumento de 30 a 50min hasta la 14ª semana/ 3 veces	20 semanas	Calorimetría indirecta	Sin alteraciones
	Potteiger et al. ⁶	74	F y M	17 - 35	Tapiz rodante	Aumento de 20 para 45min hasta el 6º mes/ 5 veces.	16 meses	Calorimetría indirecta	Aumentó 8.33% para F y 6.7% para M
	Van der Heijden et al. ²¹	28	F y M	15.6	Tapiz rodante, elíptica y cicloergómetro	30min/4 veces	12 semanas	Calorimetría indirecta	Sin alteraciones
	Colley et al. ¹⁵	13	F	41.1 (18 - 60)	Caminar al aire libre	60min/3 a 4 veces	8 semanas	Calorimetría indirecta	Sin alteraciones
Ejercicio de fuerza	Ryan et al. ¹⁸	15	F	57 (50 - 69)	14 ejercicios de peso libre y máquinas/día.	3 veces	16 semanas	Calorimetría indirecta	Aumentó 4.23%
	Trevisan y Burini ²⁰	30	F	57.5 (45 - 70)	10 ejercicios de peso libre y máquinas/día.	3 veces	16 semanas	Calorimetría indirecta	Aumentó 8.4%
	Kerksick et al. ¹⁷	161	F	37	14 ejercicios de peso libre y máquinas/día. 914 ejercicios de peso libre y máquinas/día.	30min/3 veces	14 semanas	Calorimetría indirecta	Aumentó 5.2%
	Kirk et al. ¹²	39	F y M	21	9 ejercicios de peso libre y máquinas/día.	3 veces	6 meses	Calorimetría indirecta	Aumentó 7%
Ejercicio aeróbico y de fuerza	Byrne y Wilmore ⁴	19	F	37.5 (18 - 45)	Fuerza: 8 ejercicios de peso libre y máquinas/día Aeróbico: Tapiz rodante	Fuerza: 4 veces Aeróbico: aumento progresivo de 20 para 40min/3veces	20 semanas	Calorimetría indirecta	Se redujo 3.8%
	Schneider ¹⁹	28	M	13.4 (12 - 17)	Fuerza: 9 ejercicios de peso libre y máquinas/día Aeróbico: Cicloergómetro, stepper o caminar	Fuerza: 1 hora/3veces Aeróbico: hasta la 8ª semana: 5min a cada dos de ejercicios de fuerza. Próximas semanas: 3min a cada dos de ejercicios de fuerza/3 veces.	16 semanas	Calorimetría indirecta	Sin alteraciones
	Rocha et al. ³⁵	169	F	55.5	Fuerza: 4 a 5 ejercicios de peso libre y máquinas/día Aeróbico: Escalones	Fuerza: 20 a 25min/2 veces Aeróbico: 20 a 25min/2veces	12 meses	Calculada por ecuación de Cunningham ³⁰	Sin alteraciones

* Edad media (mínima - máxima); F = femenino; M = masculino; TMR = Tasa Metabólica en Reposo

con sobrepeso. Ese estudio implicó a 45 mujeres, que acababan de participar de un programa de restricción energética para la pérdida de peso, y fueron repartidas aleatoriamente en uno de los tres grupos: control (n=15), entrenamiento aeróbico (n=16) y entrenamiento de fuerza (n=14). El entrenamiento aeróbico consistía en una carrera al 80% de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}) durante 40 minutos, y el ejercicio de fuerza en dos series de 10 repeticiones al 80% del peso máximo con dos minutos de intervalo entre las series. Después de 25 semanas de entrenamiento, el TMR fue evaluado 19, 43 y 67 horas después de la última sesión de ejercicios. Se observó un aumento de la TMR después de 19 horas del ejercicio aeróbico, pero no fue verificado un aumento después de 43 horas en ese ejercicio, y en ningún momento después del ejercicio de fuerza, concluyendo que el volumen de entrenamiento de este último fue relativamente bajo para aumentar la TMR.

La hipótesis de que la elevación de la TMR promovida por el ejercicio aeróbico puede deberse al aumento de la actividad del sistema nervioso simpático, también fue confirmada en ese estudio por la correlación positiva observada entre la elevación de la TMR y la concentración de norepinefrina en la orina 24 horas después del ejercicio. En este estudio se apuntó que el ejercicio aeróbico de alta intensidad fue fácilmente tolerado por mujeres con sobrepeso y sedentarias, por lo que se recomendó ese tipo de ejercicio para el aumento del gasto energético y el tratamiento del exceso de peso en ese grupo poblacional.

La diferencia de los resultados obtenidos en los estudios de Broeder et al.¹⁴ y Hunter et al.¹⁶ puede ser consecuencia del tiempo

transcurrido entre la medición de la TMR y la última sesión de entrenamiento. Mientras que el primer estudio evaluó la TMR 48 horas después de la última sesión de ejercicios, el segundo la evaluó 19 horas después. Sabiendo que en el estudio de Hunter et al.¹⁶ no fue observado ningún incremento del metabolismo 43 horas después del ejercicio, se sugiere que si Broeder et al.¹⁴ hubieran analizado la TMR 19 horas después de la última sesión de ejercicios, probablemente también hubieran registrado un aumento significativo.

Otras posibles explicaciones para la discrepancia de los resultados de los estudios citados podrían ser la diferencia de la duración del entrenamiento (12 y 25 semanas), la intervención de la dieta para perder peso, que se realizó por las mujeres, antes de la participación en el estudio de Hunter et al.¹⁶, y las diferencias en el género de los participantes, considerando que las mujeres tienen un metabolismo de reposo entre un 5 y 10% menor que los hombres²⁵.

La restricción de energía provoca una reducción en TMR, inicialmente por el aumento de la eficiencia metabólica de tejidos activos y, posteriormente, por la reducción de estos tejidos activos, especialmente el tejido magro⁷. Por otra parte, esta pérdida de peso debida al control de la dieta, promueve cambios fisiológicos tales como la disminución de la actividad del sistema nervioso simpático, cambios periféricos en el metabolismo de la tiroides y la disminución de la secreción de insulina. En una revisión sistemática realizada por Schwartz²⁶, la pérdida de aproximadamente 9,4 kg estuvo asociada a una reducción de 126,4 kcal/día sobre la TMR. Por lo tanto, la inclusión de ejercicio

en el estudio realizado por Hunter et al.¹⁶ después de la restricción de energía fue probablemente la responsable de aumentar y restaurar la caída de la TMR en este grupo, algo que no ocurrió en el estudio de Broeder et al.¹⁴.

b) Ejercicio aeróbico y la tasa metabólica en reposo

Los sujetos que participan en ejercicios aeróbicos regularmente suelen mejorar más que los sedentarios su composición corporal y la TMR. Uno de los factores responsables de esa diferencia es el aumento del tono muscular simpático que es promovido por ese tipo de ejercicio físico²⁷.

Potteiger et al.⁶ observaron que el entrenamiento mediante ejercicio aeróbico durante 16 meses aumentaba la TMR en jóvenes obesos y con sobrepeso. En ese estudio, 74 individuos (de 17 a 35 años) de ambos géneros fueron divididos en un grupo control (35%) y en un grupo en ejercicio (65%). El ejercicio fue realizado en tapiz, con una duración e intensidad incrementada progresivamente a lo largo de 16 meses entre los 20 y 45 minutos y del 60% al 75% del volumen máximo de oxígeno (VO₂máx). Al final de los 16 meses, se observó un aumento significativo en la TMR en kcal/día y por kilogramo de masa libre de grasa, tanto en los hombres como en las mujeres del grupo que realizaron ejercicio. No se encontraron modificaciones de la masa magra en ningún grupo. El principal resultado de ese estudio fue la elevación de la TMR sin alteración de la masa libre de grasa en los adultos jóvenes participantes. Este resultado evidencia que, a pesar de ser la masa magra el principal factor que influyen en el metabolismo basal, existen otros factores que contribuyen en su alteración como, por ejemplo, el aumento de las concentraciones de hormonas metabólicas (catecolaminas, hormona del crecimiento, hormona de la tiroides y cortisol)⁶.

Se ha sugerido que el aumento de la TMR en respuesta al entrenamiento físico aeróbico es transitorio, probablemente con una duración inferior a 24 horas. En ese sentido, el efecto del ejercicio aeróbico en la TMR sería semejante a su efecto en la sensibilidad a la insulina, con aumento agudo en respuesta a la sesión de ejercicio y no en respuesta al entrenamiento a largo plazo²².

Con el fin de evaluar esta hipótesis, Wilmore et al.²² llevaron a cabo un estudio en el que participaron hombres (n=40) y mujeres (n=37) con sobrepeso y de varias edades (17 a 63 años), los individuos realizaron ejercicios en cicloergómetro tres veces por semana, iniciando con 30 minutos de ejercicio diario al 55% del VO₂máx y con un incremento gradual hasta los 50 minutos de ejercicio al 75% del VO₂máx en la semana 14, para luego mantener esta duración e intensidad durante más de 6 semanas. No hubo diferencias sobre la TMR evaluada 24 y 72 horas después de la última sesión de entrenamiento, independientemente de la edad, del género, de la composición corporal o del VO₂máx de partida de los sujetos. El resultado de ese estudio indica que 20 semanas de ejercicio aeróbico pueden ser insuficientes para causar un impacto en la TMR.

De acuerdo con Bahr y Sejersted²⁸, la magnitud de las modificaciones de la TMR está asociada a la intensidad y a la duración de los ejercicios. Cuando el ejercicio es de baja intensidad, la TMR probablemente no se modifica, como demostró el estudio de Colley et al.¹⁵. En ese estudio, 13 mujeres obesas (de 18 a 60 años) caminaron al aire libre, tres a cuatro veces por semana, durante 8 semanas y al final de ese entrenamiento no existió aumento de la TMR, probablemente debido al bajo estímulo metabólico del ejercicio y al reducido período de entrenamiento.

La divergencia de los resultados obtenidos en los estudios de Potteiger et al.⁶, Wilmore et al.²² y Colley et al.¹⁵ se puede atribuir posiblemente a las diferencias en el tiempo de entrenamiento y a la edad de los participantes. El estudio de Potteiger et al.⁶ duró 16 meses, en los otros estudios no excedieron de 20 semanas (5 meses). Por otra parte, los participantes en el estudio Potteiger et

al.⁶ eran adultos jóvenes (17 a 35), mientras que el estudio Wilmore et al.²² y Colley et al.¹⁵ contaba con participantes de 60 años. Se estima que las personas mayores tienen menos tejido metabólicamente activo, especialmente la masa muscular, con lo que hace más difícil obtener un efecto del ejercicio sobre la TMR.

Van Der Heijden et al.²¹ evaluó el gasto energético y sus componentes en adolescentes obesos, incluyendo la TMR, observando que después de 12 semanas de entrenamiento aeróbico realizado cuatro veces por semana, y tampoco existió un aumento de la TMR evaluada 38 horas después de la última sesión de ejercicios. Según Van Der Heiden et al.²¹, el escaso incremento en la masa magra corporal producido por el entrenamiento (2-3%) fue insuficiente para afectar el gasto energético. Para Albergia et al.²⁵, es necesario un gran aumento en la masa muscular para producir una elevación significativa de la TMR. Otro factor que también puede explicar los resultados de este estudio es que la masa corporal magra incluye, además de la masa muscular, el hueso y otros tejidos. Estos tejidos experimentan cambios en la adolescencia, independientemente del cambio de la masa muscular. Por lo tanto, este aumento de la masa magra corporal podría no deberse únicamente al aumento de la masa muscular en estos adolescentes²⁹.

Si se pretende analizar el efecto crónico del entrenamiento, habría que conocer el tiempo exacto de recuperación para una sesión de ejercicios y así excluir el efecto agudo de la última sesión que haría sobreestimar el efecto del período de entrenamiento en la TMR. En la mayor parte de los estudios^{14,19,21,22} que no encuentran efecto del entrenamiento en la TMR, éste se evaluó a partir de las 24 horas después del último ejercicio aeróbico. Ese puede ser un error metodológico importante, pues el proceso de aceleración de la TMR suele ocurrir inmediatamente después del ejercicio, descendiendo a lo largo de las primeras cuatro horas, hasta llegar a los niveles de normalidad en un periodo de tiempo inferior a las 24 horas.

c) Ejercicios de fuerza y TMR

La masa muscular implicada en la realización del ejercicio de fuerza es inferior en comparación a la utilizada durante el ejercicio aeróbico, lo que origina una menor demanda metabólica en la ejecución del ejercicio de fuerza.

El gasto energético durante la sesión de ejercicio con pesas es de media entre 150 y 200 kcal³⁰. De esta manera, el efecto agudo del ejercicio de fuerza es mínimo a la hora de reducir la grasa corporal y aumentar el gasto energético total. Sin embargo, un importante beneficio del trabajo con pesas es el aumento de la masa libre de grasa, pudiendo generar efectos a largo plazo³¹. Sabiendo que la masa magra es el factor que más se correlaciona directamente con la TMR, es viable pensar que el entrenamiento de pesas puede originar la elevación de la TMR, y por eso se ha promovido para el tratamiento de la obesidad²⁸.

Ryan et al.¹⁸ registraron un aumento de la masa libre de grasa y de la TMR en mujeres post-menopáusicas.

Considerando que la masa libre de grasa esta constituida por el músculo (metabólicamente activo) y por otros órganos y tejidos con baja tasa metabólica como son el hueso y el tejido conjuntivo, el mayor impacto del entrenamiento con pesas sobre la TMR se fundamenta en la capacidad de promover el crecimiento del músculo esquelético. De acuerdo con Ballor y Poehlman³², la TMR parece ser proporcional a la cantidad de tejido metabólicamente activo. Se cree que cada kilogramo de masa magra representa un aumento medio de 50 Kcal en el gasto energético diario, y que en individuos sedentarios la masa muscular es uno de los principales determinantes de la tasa metabólica en reposo. Este hecho fue comprobado en el estudio de Trevisan y Burini²⁰ en el que, evaluando el metabolismo en reposo de mujeres post-menopáusicas previamente sedentarias, sometidas a un programa de entrenamiento con pesas (hipertrofia), se observó una relación positiva (R² = 0.55) y significativa (p<0.05) entre la masa muscular

y la TMR. En ese estudio, 30 mujeres de 45 a 70 años fueron divididas en dos grupos (control y entrenamiento). El grupo con entrenamiento realizó tres veces por semana y durante 16 semanas un conjunto de 10 ejercicios de fuerza, después de ese tiempo de entrenamiento, la masa muscular y la TMR aumentaron 10.6% y 8.4% respectivamente.

Los resultados de los estudios de Ryan et al.¹⁸ y de Trevisan y Burini²⁰ implican que el ejercicio de fuerza puede ser el indicado en mujeres post-menopáusicas para prevenir la reducción de la TMR que es común en esa fase, convirtiéndose en una opción muy interesante a la hora de prescribir programas de entrenamiento en mujeres con este perfil de edad.

Otro estudio que está relacionado con mujeres pero algo más jóvenes que en los estudios anteriores (37 ± 10 años) observó un aumento (5.2%) de la TMR después de la realización del entrenamiento con pesas¹⁷. El entrenamiento consistió en 30 minutos de entrenamiento con pesas en un circuito con 14 ejercicios, tres veces por semana y durante 14 semanas. El resultado de ese estudio demuestra que, el entrenamiento con pesas puede ser efectivo en mujeres obesas antes de la menopausia, a la hora de promover el aumento de la tasa metabólica en reposo y de ayudar en la pérdida de peso.

Kirk et al.¹² verificaron el efecto crónico del entrenamiento de fuerza en jóvenes adultos con sobrepeso. Los jóvenes (27 hombres y 12 mujeres) fueron distribuidos al azar en dos grupos: control ($n=17$) y entrenamiento de fuerza ($n=22$). El grupo de entrenamiento realizó tres veces por semana, una serie de 3 a 6 repeticiones máximas de nueve ejercicios, totalizando aproximadamente 11 minutos por sesión. Después de seis meses, la masa de grasa aumentó solo en el grupo control, la masa magra corporal aumento en el grupo de entrenamiento (+2.7%) comparada con el grupo control (-0.6%), mientras que la TMR aumentó (7%) solamente en el grupo de entrenamiento. Este estudio sugiere que un entrenamiento de fuerza de bajo volumen y corta duración puede ser beneficioso para el aumento en el gasto energético, y para evitar ganancia de grasa en jóvenes con sobrepeso, contribuyendo así a la modificación de la composición corporal y a la pérdida de peso.

Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza puede ayudar en programas de ejercicio que tienen como finalidad el control o reducción del peso corporal, promoviendo el aumento de la fuerza muscular, algo de gran importancia para mejorar la realización de las actividades físicas espontáneas o sistematizadas en grupos con obesidad³³. Otra de las ventajas que se tiene cuando se incluye el entrenamiento de fuerza en un programa de pérdida de peso es la mejora de la autoestima, gracias a que los resultados se pueden observar rápidamente¹⁹. Sin embargo, es necesario tener precaución a la hora de establecer la intensidad de los ejercicios, puesto que el entrenamiento con alta intensidad (cargas elevadas) puede limitar la realización del mismo y acarrear lesiones por sobrecarga especialmente en el caso de personas sedentarias que no están preparadas para esa dinámica de entrenamiento, requiriendo un período previo de adaptación osteo-mio-articular.

d) La combinación de ejercicios de fuerza y aeróbicos en la TMR

Se puede pensar que un programa de entrenamiento que combine ejercicios de fuerza con ejercicios aeróbicos podría potencializar la elevación de la TMR, debido a que se aumente la masa libre de grasa e incremente la activación del sistema nervioso simpático. Sin embargo, el número de estudios que evalúan el impacto de la combinación de ejercicios aeróbicos y de fuerza sobre la TMR son limitados.

Byrne y Wilmore⁴ realizaron un estudio con el fin de evaluar el efecto del entrenamiento en mujeres obesas previamente sedentarias. En este estudio, 19 mujeres entrenaron ejercicios de fuerza ($n=10$) y ejercicios de fuerza y marcha ($n=9$), existió también un grupo control que no realizó ejercicios ($n=9$). Después de 20 semanas de entrenamiento, se produjo un aumento

estadísticamente significativo de la TMR (3.03%) y de la masa muscular en el grupo que realizó solo ejercicios de fuerza. Curiosamente, en el grupo que realizó ejercicios de resistencia y marcha, la masa libre de grasa aumentó, pero la TMR total y por kilogramo de masa libre de grasa disminuyó significativamente en el post-ejercicio, lo que sugiere una reducción en la tasa metabólica de la masa magra después del entrenamiento.

Según los autores, una posible explicación para la reducción en la TMR del grupo con dos tipos de ejercicios puede deberse a una aclimatación al calor, ya que hubo un aumento de la temperatura de pre y post-entrenamiento. También podría deberse a una respuesta compensatoria del cuerpo, en sujetos sedentarios, para disminuir la TMR que se produciría después del ejercicio. Aquellas personas que no hacen ejercicio, perciben la intervención como intensa, lo que representa una amenaza para su equilibrio energético³.

Para Jesus et al.³⁴, las personas que presentan un polimorfismo con gene DRB2 tienen una respuesta compensatoria del organismo frente al aumento del gasto energético con la actividad física, algo que puede haber sucedido en el estudio de Byrne y Wilmore⁴, pero sin la caracterización genotípica de sus evaluados.

Schneider¹⁹ no observó alteraciones en la TMR después de un entrenamiento físico en circuito compuesto por ejercicios aeróbicos intercalados con ejercicios dinámicos de fuerza muscular realizado por adolescentes con sobrepeso u obesidad. El programa de entrenamiento físico produjo una disminución de la masa corporal y una reducción del porcentaje de grasa comparado con el grupo control. Sin embargo, no se registró un aumento significativo de la masa magra total, lo que puede explicar parcialmente la ausencia del aumento en la TMR con el entrenamiento. Según los autores, los adolescentes en ese rango de edad y población, presentan una mayor dificultad para ganar masa muscular, debido al menor nivel de testosterona comparado con el de personas adultas.

Rocha et al.³⁵ no observaron cambios en la TMR en mujeres post-menopáusicas después de 12 meses de ejercicio, combinando trabajos aeróbicos y de fuerza. En este estudio, 169 mujeres (56.8 ± 6.4 años) se dividieron en grupo control ($n = 78$) y grupo con ejercicio ($n = 91$), este último realizó ejercicios de fuerza, de subida de escalones y entrenamiento de la flexibilidad. Al final de los 12 meses de entrenamiento, se observó que el ejercicio fue capaz de atenuar la pérdida muscular y la reducción de TMR asociadas con la menopausia y el envejecimiento. Por otro lado, en el grupo control hubo disminución de estos parámetros al final del período de estudio. Sin embargo, este estudio tiene como principal limitación, que la TMR no se evaluó con aparatos para medir el consumo energético, sino que se obtuvo por medio de una fórmula³⁶, lo que hace cuestionables los resultados de los mismos. El uso de la fórmula, para los individuos con el exceso de peso, usando una constante basada en sujetos adultos con peso normal puede sobreestimar el TMR de estos individuos³⁷.

La diferencia encontrada entre los estudios que evalúan el efecto del ejercicio físico sobre la TMR puede ser explicada por la variabilidad en las características de los participantes como: la edad, el género, el peso, la composición corporal; así como por factores como el tiempo, intensidad y duración del entrenamiento, por los métodos y aparatos utilizados para medir a TMR en cada estudio, y de la manipulación dietética para contribuir en la pérdida de peso. Además, respuestas individuales frente al ejercicio son determinadas por el genotipo, las cuales combinadas con el tamaño de la muestra, pueden establecer diferentes resultados y determinar el impacto y reproductibilidad de los estudios.

Conclusiones

Se puede concluir que el ejercicio físico aeróbico probablemente promueva un aumento en la TMR, normalmente dentro de las 24 horas después de la última sesión de ejercicio físico, siendo ese

efecto marginalmente asociado a la adaptación crónica a los entrenamientos. Pasadas 24 horas después del ejercicio físico, es probable que el incremento de la TMR se neutralice. Por lo cual, la práctica regular de actividad física de intensidad y duración moderada tres o cuatro veces por semana, es susceptible de conducir a una TMR consistentemente elevada que posibilite un balance energético negativo y una pérdida de peso, pudiendo ser una opción interesante a considerar en los programas de reducción de peso.

El entrenamiento de fuerza dirigido a la hipertrofia, parece ser más eficaz para promover el aumento de la TMR de una forma crónica provocado por un aumento de la masa magra corporal, convirtiéndose en una alternativa importante en el tratamiento del sobrepeso y la obesidad.

Son necesarios más estudios para evaluar la asociación del entrenamiento de la fuerza y entrenamiento aeróbico, y su impacto sobre la TMR, tanto de forma aguda como crónica.

Aplicaciones prácticas

Hay indicios de que para planificar un entrenamiento físico que tenga como objetivo la pérdida de peso, resulta más efectiva la combinación de entrenamiento aeróbico y de fuerza. El entrenamiento aeróbico entre tres y cuatro veces a la semana puede tener un impacto interesante sobre la cantidad diaria de consumo de energía, además de un efecto térmico que se puede prolongar un máximo de 24 horas. Por otro lado, el entrenamiento de fuerza tiene también una importancia capital: si se realiza tres veces a la semana y se diseña para producir hipertrofia puede generar una mayor TMR de forma crónica. Consecuentemente, a la hora de planificar un entrenamiento con cinco sesiones a la semana, han de tenerse en cuenta estos factores y mezclar ambos entrenamientos en función de la disponibilidad de tiempo y de la capacidad física del sujeto.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

- Paoli A, Moro T, Marcolin G, Neri M, Bianco A, Palma A, et al. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. *J Transl Med.* 2012;10:237.
- Melo CM, Tirapegui J, Ribeiro SML. Gasto energético corporal: conceitos, formas de avaliação e sua relação com a obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2008;52(3):452-64.
- Speakman JR, Selman C. Physical activity and resting metabolic rate. *Proc Nutr Soc.* 2003;62(3): 621-34.
- Byrne HK, Wilmore JH. The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001;11(1):15-31.
- Foureaux G, Pinto KMC, Dâmaso A. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12(6):393-8.
- Potteiger JA, Kirk EP, Jacobsen DJ, Donnelly JE. Changes in resting metabolic rate and substrate oxidation after 16 months of exercise training in overweight adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008;18(1):79-95.
- Rustaden AM, Gjestvang C, Bø K, Hagen Haakstad LA, Paulsen G. BodyPump versus traditional heavy load resistance training on changes in resting metabolic rate in overweight untrained women. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017 Jul 25 [Epub ahead of print]. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07613-7.
- Lee MG, Sedlock DA, Flynn MG, Kamimori GH. Resting metabolic rate after endurance exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(7):1444-51.
- Riccioni G, Menna V, Lambo MS, Della Vecchia R, Di Ilio C, De Lorenzo A, et al. Leptin and hypothalamus-hypophysis-thyroid axis. *Clin Ter.* 2004;155(1):29-31.

- Oliveira BAP, Pinhel MAS, Nicoletti CF, Oliveira CC, Quinhoneiro DCG, Noronha NY, et al. Ucp2 and plin1 expression affects the resting metabolic rate and weight loss on obese patients. *Obes Surg.* 2017;27(2):343-8
- Sabounchi NS, Rahmandad H, Ammerman A. Best-fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. *Int J Obes (Lond).* 2013;37(10):1364-70.
- Kirk EP, Donnelly JE, Smith BK, Honas J, Lecheminant JD, Bailey BW, et al. Minimal resistance training improves daily energy expenditure and fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):1122-9.
- Hall KD, Heymsfield BS, Kemnitz JW, Klein S, Schoeller DA, Speakman JR. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am J Clin Nutr.* 2012;95(4):989-94.
- Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, Wilmore JH. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr.* 1992;55(4):802-10.
- Colley RC, Hills AP, King NA, Byrne NM. Exercise-induced energy expenditure: implications for exercise prescription and obesity. *Patient Educ Couns.* 2010;79(3):327-32.
- Hunter GR, Byrne NM, Gower BA, Sirikul B, Hills AP. Increased resting energy expenditure after 40 minutes of aerobic but not resistance exercise. *Obesity (Silver Spring).* 2006;14(11):2018-25.
- Kerksick C, Thomas A, Campbell B, Taylor L, Wilborn C, Marcello B, et al. Effects of a popular exercise and weight loss program on weight loss, body composition, energy expenditure and health in obese women. *Nutr Metab (Lond).* 2009;6:23.
- Ryan AS, Pratley RE, Elahi D, Goldberg AP. Changes in plasma leptin and insulin action with resistive training in postmenopausal women. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000;24(1):27-32.
- Schneider P. Composição corporal, taxa metabólica basal e pico de consumo de oxigênio após um treinamento físico misto em meninos adolescentes com sobrepeso ou obesidade [dissertação mestrado]. Porto Alegre: Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul;2005.
- Trevisan MC, Burini RC. Metabolismo de repouso de mulheres pós-menopausadas submetidas a programa de treinamento com pesos (hipertrofia). *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13(2):133-7.
- van der Heijden GJ, Sauer PJ, Sunehag AL. Twelve weeks of moderate aerobic exercise without dietary intervention or weight loss does not affect 24-h energy expenditure in lean and obese adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2010;91(3):589-96.
- Wilmore JH, Stanforth PR, Hudspeth LA, Gagnon J, Daw EW, Leon AS, et al. Alterations in resting metabolic rate as a consequence of 20 wk of endurance training: the HERITAGE Family Study. *Am J Clin Nutr.* 1998;68(1):66-71.
- Aristizabal JC, Freidenreich DJ, Volk BM, Kupchak BR, Saenz C, Maresh CM, et al. Effect of resistance training on resting metabolic rate and its estimation by a dual-energy X-ray absorptiometry metabolic map. *Eur J Clin Nutr.* 2015;69(7):831-6.
- Batista FR, Lira FS, Júnior EN, Franchini E. Efeito dos exercícios resistido e aeróbio sobre a massa corporal de mulheres adultas com sobrepeso: Influência da ordem de execução. *Arq Sanny Pesq Saúde.* 2008;1(2):109-18.
- Alberga AS, Prud'homme D, Sigal RJ, Goldfield GS, Hadjiyannakis S, Gougeon R, et al. Does exercise training affect resting metabolic rate in adolescents with obesity? *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017;42(1):15-22.
- Schwartz A, Kuk JL, Lamothe G, Doucet E. Greater than predicted decrease in resting energy expenditure and weight loss: results from a systematic review. *Obesity (Silver Spring).* 2012;20(11):2307-10.
- Bell C, Pettit DS, Jones PP, Seals DR. Influence of adiposity on tonic sympathetic support of resting metabolism in healthy adults. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003;27(11):1315-8.
- Bahr R, Sejersted OM. Effect of intensity of exercise on excess postexercise O2 consumption. *Metabolism.* 1991;40(8):836-41.
- Herrmann SD, McMurray RG, Kim Y, Willis EA, Kang M, McCurdy T. The influence of physical characteristics on the resting energy expenditure of youth: A meta-analysis. *Am J Hum Biol.* 2017;29(3).
- Phillips WT, Zouraitis JR. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. *J Strength Cond Res.* 2003;17(2):350-5.
- Washburn RA, Donnelly JE, Smith BK, Sullivan DK, Marquis J, Herrmann SD. Resistance training volume, energy balance and weight management: rationale and design of a 9 month trial. *Contemp Clin Trials.* 2012;33(4):749-58.
- Ballor DL, Poehlman ET. A meta-analysis of the effects of exercise and/or dietary restriction on resting metabolic rate. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;71(6):535-42.
- Schneider P, Meyer F. O papel do exercício físico na composição corporal e na taxa metabólica basal de meninos adolescentes obesos. *Rev Bras Ci e Mov.* 2007;15(1):101-7.
- Jesus IC, Alle LF, Percegon CG, Purim KSM, Leite N. Relação entre polimorfismos genéticos, lipólise, metabolismo de lipídeos e exercícios aeróbios. *Pensar Prát.* 2016;19(2):475-89.
- Rocha JSB, Ogando BMA, Reis VMCP, Ávila WRM, Carneiro AG, Gabriel RECD, et al. Impacto de um programa de exercício físico na adiposidade e na condição muscular de mulheres pós-menopáusicas. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2012;34(9):414-9.
- Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr.* 1991;54(6):963-9.
- McMurray RG, Soares J, Caspersen CJ, McCurdy T. Examining variations of resting metabolic rate of adults: a public health perspective. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(7):1352-8.