



Trabajo Original

Obesidad y síndrome metabólico

El entrenamiento intervalado de alta intensidad incrementa la utilización de ácidos grasos en sujetos con sobrepeso u obesidad. Un estudio aleatorio

High intensity interval training increases the utilization of fatty acids in subjects with overweight or obesity. A randomized study

Roberto Moris, Pedro Delgado-Floody y Cristian Martínez-Salazar

Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile

Resumen

Introducción: el efecto del entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) sobre la utilización de grasas durante el ejercicio necesita ser estudiado en mayor profundidad.

Objetivo: determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT en sujetos con sobrepeso u obesidad sobre la utilización de grasas, la composición corporal y variables cardiovasculares. El segundo objetivo fue comparar las variables de estudio según el tiempo de duración del programa (es decir, 12, 16 y 20 semanas).

Material y métodos: se estudiaron 30 sujetos (edad, $44,8 \pm 11,6$ años). Se formaron 3 grupos de forma aleatoria: el G1 realizó 12 semanas (G1, $n = 12$, $48,08 \pm 8,20$ años); el G2 realizó 16 semanas (G2, $n = 10$, $42,10 \pm 11,60$ años) y el G3 realizó 20 semanas (G3, $n = 8$, $43,38 \pm 15,76$ años). Todos los grupos realizaron el mismo protocolo de HIIT 3 veces por semana.

Resultados: los tres grupos presentaron una disminución de la grasa corporal de forma significativa ($p < 0,05$), sin diferencias entre grupos. Las variables cardiovasculares no reportaron diferencias entre grupos (p interacción $> 0,05$). Sin embargo, los grupos disminuyeron la presión arterial sistólica ($p < 0,05$). En el análisis pre vs. post, los tres grupos presentaron mejoras en el VO_{2max} , sin diferencias entre grupos (p interacción, $> 0,05$). Por último, los tres grupos aumentaron la utilización de grasas durante el ejercicio ($p < 0,05$).

Conclusión: el programa incrementó la utilización de grasas durante el ejercicio, disminuyó el tanto por ciento de grasa corporal y se mejoraron parámetros cardiovasculares; sin embargo, después de las 12 semanas es recomendable aplicar variaciones al entrenamiento para maximizar los resultados.

Palabras clave:

Ejercicio físico.
Capacidad
cardiorrespiratoria.
Presión arterial.
Obesidad.

Abstract

Introduction: the effect of high intensity interval training (HIIT) on fat utilization during exercise needs to be studied in depth.

Objective: to determine the effect of HIIT training program in subjects with overweight or obesity on the use of fat during exercise, body composition and cardiovascular variables. The second objective was to compare the variables according to the duration of the program (i.e., 12, 16 and 20 weeks).

Material and methods: 30 subjects were studied (age 44.8 ± 11.6 years). Three groups were formed at random, the G1 (12 weeks, $n = 12$, 48.08 ± 8.20 years), G2 (16 weeks, $n = 10$, 42.10 ± 11.60 years) and G3 (20 weeks, $n = 8$, 43.38 ± 15.76 years). All groups performed HIIT 3 times per week.

Results: the three groups showed a significant decrease in body fat percentage ($p < 0.05$), without differences between groups. Similarly, cardiovascular variables did not report differences between groups (p -interaction > 0.05) after the intervention; however, the groups reported a significant decrease systolic blood pressure ($p < 0, 05$). In the pre vs. post analysis by groups, the three groups showed improvements in VO_{2max} without differences between groups (p -interaction > 0.05). Finally, the three groups increased the fats utilization during exercise ($p < 0.05$).

Conclusion: the program increased fat utilization during exercise, decreased body fat % and improved cardiovascular parameters, however after 12 training weeks it is advisable to apply variations to training to maximize results.

Keywords:

Physical exercise.
Cardiorespiratory
capacity. Blood
pressure. Obesity.

Recibido: 13/11/2019 • Aceptado: 27/03/2020

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Moris R, Delgado-Floody P, Martínez-Salazar C. El entrenamiento intervalado de alta intensidad incrementa la utilización de ácidos grasos en sujetos con sobrepeso u obesidad. Un estudio aleatorio. Nutr Hosp 2020;37(3):483-489

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02940>

Correspondencia:

Pedro Delgado-Floody. Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación. Avenida Francisco Salazar, 01145. Temuco, Chile.
e-mail: pedro.delgado@ufrofrontera.cl

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la falta de actividad física (AF) se ha convertido en uno de los factores de riesgo más importante en el desarrollo de enfermedades no transmisibles y en el incremento del síndrome metabólico (1). Estudios epidemiológicos recientes revelan que la tasa de obesidad continúa aumentando en todo el mundo y se estima que alcance niveles sin precedentes durante la próxima década (2,3). Por lo tanto, tratamientos para revertir esta situación y mejorar la calidad de vida en personas con sobrepeso y obesidad son una prioridad.

El ejercicio físico hoy en día es un importante componente para la salud (4), ya que puede revertir y prevenir el síndrome metabólico, mejorar la capacidad cardiorrespiratoria (CRF) y también contribuir a proteger frente a la muerte por enfermedad cardiovascular prematura en diferentes tipos de poblaciones (5-7); de hecho, el ejercicio ha sido reconocido como tratamiento médico (8). En este sentido, el entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT), que es un método de entrenamiento con periodos de ejercicio de alta intensidad y corta duración (9), induce adaptaciones que están relacionadas con mejoras en la salud cardiovascular y la CRF en distintos tipos de poblaciones, desde niños a adultos (10,11). En algunos estudios las mejoras en la salud se producen después de unas pocas sesiones (12). De igual forma, diversos estudios han reportado que programas de entrenamiento HIIT mejoran marcadores plasmáticos (13), disminuyen la presión arterial sistólica (PAS) (14) y mejoran la condición física en general (15).

Por otro lado, la utilización de grasas está altamente regulada en el músculo esquelético y con el ejercicio físico se ha reportado un aumento de las proteínas de transporte de ácidos grasos (AG) a nivel mitocondrial (16). Sin embargo, los beneficios del HIIT sobre la utilización de grasas durante el ejercicio no han sido estudiados en profundidad. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT en sujetos con sobrepeso u obesidad sobre la utilización de grasas, la composición corporal y variables cardiovasculares. El segundo objetivo fue comparar las variables de estudio según el tiempo de duración del programa (es decir, 12,16 y 20 semanas).

MATERIAL Y MÉTODOS

Participaron 30 sujetos (edad, $44,8 \pm 11,6$ años) de forma voluntaria. Se formaron 3 grupos de forma aleatoria. Todos los grupos realizaron HIIT 3 veces por semana por el periodo de tiempo asignado (12-16 o 20 semanas). Los grupos entre sí eran homogéneos ($p > 0,05$) en cuanto a edad, talla, sexo y las variables para análisis en preintervención. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y la investigación fue aprobada por el comité de ética de la Universidad de la Frontera (proyecto D118-0043).

Los criterios de inclusión fueron: 1) edad > 18 años y < 60 años; 2) autorización médica, y 3) presentar sobrepeso $IMC \geq 25$ (kg/m^2) u obesidad $IMC \geq 30$ (kg/m^2). Los criterios de exclusión: 1)

limitaciones físicas para realizar los ejercicios (por ejemplo, lesiones del sistema músculo-esquelético); 2) disnea relacionada con el ejercicio o alteraciones respiratorias, y 3) enfermedad cardíaca crónica con empeoramiento en el último mes. Aquellos sujetos con una adherencia inferior al 80 % del total de intervenciones fueron excluidos de los análisis estadísticos. Treinta y ocho participantes fueron incluidos en la primera etapa de inscripción, pero ocho participantes fueron descartados debido a criterios de exclusión (asistencia menor al 80 %). Por lo tanto, treinta participantes fueron asignados a uno de los siguientes grupos: grupo 1 (G1: 12 semanas, $n = 12$, $46,08 \pm 8,20$ años); grupo 2 (G2: 16 semanas, $n = 10$, $42,10 \pm 11,60$ años) y grupo 3 (G3: 20 semanas, $n = 8$, $43,38 \pm 15,76$ años).

COMPOSICIÓN CORPORAL

La evaluación de la composición corporal fue desarrollada con al menos seis horas desde la última ingesta alimentaria, sin ingesta de alcohol 48 horas antes de la prueba, sin haber realizado ejercicio intenso 12 horas previas al examen, sin ingesta de diuréticos 2 días antes de la prueba y con la vejiga urinaria vacía. Durante la evaluación, los sujetos poseían ropa ligera, sin joyas ni elementos metálicos. La composición corporal se evaluó a través de bioimpedancia con Tanita modelo TBF300a. Además, se registraron los datos de peso y talla. El IMC se calculó mediante la división de la masa corporal en kilogramos por la talla al cuadrado (kg/m^2) de cada individuo.

PRESIÓN ARTERIAL

La medición de la PAS y de la presión arterial diastólica (PAD) se realizó según el séptimo informe del comité nacional conjunto sobre prevención, detección, evaluación y tratamiento de la presión arterial alta (17).

ANÁLISIS DE GASES Y UTILIZACIÓN DE GRASA

El análisis de gases se realizó en un calorímetro marca MED-GRAPHICS, aplicando un protocolo diferente a hombres y mujeres. Comienza con un periodo de reposo de 2 minutos seguido por un periodo de pedaleo sin carga de 1 minuto, con aumentos de 50 en 50 vatios cada 2 minutos a una frecuencia de pedaleo de 60 a 70 revoluciones por minuto. En el caso de las mujeres, se aumentaban 25 vatios cada 2 minutos para lograr un estrés máximo en su capacidad cardiorrespiratoria y poder estimar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}). Además, se estimó el volumen ventilatorio y la frecuencia ventilatoria. Asimismo, se realizó un análisis de la cantidad de AG y carbohidratos (CHO) utilizados por el *software* del analizador de gases, que generó una ecuación con CO_2 y O_2 , lo que resulta en un coeficiente respiratorio (RER) y, a su vez, la proporción de energía sustratos utilizados (es decir,

CHO o AG). Este protocolo ha sido utilizado en diversos estudio en poblaciones con sobrepeso, obesidad y resistencia a la insulina (14,18).

INTERVENCIÓN

La intervención con HIIT se realizó con 1 minuto de ejercicio de máxima intensidad en una bicicleta de ejercicio de la marca Oxford. La intensidad del ejercicio se calculó mediante la frecuencia cardíaca (FC) obtenida de la calorimetría y de acuerdo a cómo se sentía el sujeto. La carga de trabajo se incrementó mediante una escala de Borg reducida de 1 a 10 de percepción del esfuerzo (aproximadamente los sujetos trabajaban entre el 80 y el 100 % de su capacidad cardíaca máxima), con dos minutos de descanso, con un total de 10 repeticiones (1 x 2 x 10), 3 veces por semana durante el período de tiempo asignado según protocolo.

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos del estudio se procesarán utilizando el programa estadístico SPSS para Windows v.23.0 (SPSS, EE. UU.). El nivel de significancia se establece en $p \leq 0,05$. Los datos descriptivos se presentan como media \pm desviación estándar. La distribución nor-

mal de los datos y la igualdad de variaciones se verifican mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el contraste de Levene, respectivamente. Se realizó un análisis de variación de ANOVA con medidas repetidas (grupo x tiempo, 3 x 2). El tamaño del efecto (ES) se estimó usando la d de Cohen. Los tamaños del efecto de menos de 0,4 representan un efecto pequeño, mientras que los tamaños del efecto de 0,41-0,7 y más de 0,7 representan un tamaño moderado o grande, respectivamente.

RESULTADOS

En la evaluación inicial de las variables (edad, talla, peso, IMC y porcentaje de grasa) no existieron diferencias significativas entre grupos ($p > 0,05$) (Tabla I). El ANOVA de medidas repetidas no informó de un efecto significativo sobre los parámetros antropométricos (p interacción) entre los grupos ($p > 0,05$). Sin embargo, en la comparación intragrupos, los tres grupos presentaron disminución del porcentaje de grasa corporal de forma significativa ($p < 0,05$).

En cuanto a las variables cardiovasculares, no hubo diferencias entre los grupos después de la intervención (p interacción). Sin embargo, los tres grupos reportaron una disminución significativa en la PAS (Tabla II).

En relación a los parámetros cardiorrespiratorios, el ANOVA de vías repetidas no reportó diferencias significativas entre los

Tabla I. Parámetros antropométricos antes (pretest) y después (postest) del programa

Grupos		12 semanas (n = 12)	16 semanas (n = 10)	20 semanas (n = 8)	ANOVA 3 x 2 (grupo x tiempo)
Edad (años)		46,08 \pm 8,20	42,10 \pm 11,60	43,38 \pm 15,76	-
Talla (cm)		165,92 \pm 8,46	162,50 \pm 8,25	165,25 \pm 7,25	-
Masa corporal (kg)	Pre	82,69 \pm 17,10	76,28 \pm 14,53	85,81 \pm 20,44	0,343
	Pos	80,91 \pm 17,29	75,93 \pm 14,97	83,69 \pm 17,95	
Valor p		0,060	0,588	0,212	
TE (d)		0,1	0,0	0,1	
Δ		-1,78	-0,35	-2,12	
IMC (kg/m ²)	Pre	30,75 \pm 3,66	30,68 \pm 3,67	30,67 \pm 5,96	0,358
	Pos	29,51 \pm 3,78	29,51 \pm 3,72	30,69 \pm 6,15	
Valor p		0,065	0,526	0,982	
TE (d)		0,2	0,0	0,0	
Δ		-0,64	-0,17	0,02	
Masa grasa (%)	Pre	34,92 \pm 7,73	35,92 \pm 6,22	35,00 \pm 4,50	0,796
	Pos	32,65 \pm 8,39	33,20 \pm 6,57	32,20 \pm 5,09	
Valor p		0,006	0,040	0,041	
TE (d)		0,0	0,1	0,2	
Δ		-0,27	-0,72	-0,8	

Los datos mostrados representan la media \pm DT. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. IMC: índice de masa corporal.

Tabla II. Parámetros cardiovasculares antes (pretest) y después (postest) del programa HIIT

		12 semanas (n = 12)	16 semanas (n = 10)	20 semanas (n = 8)	ANOVA 3 × 2 (grupo × tiempo)
PAS (mm/Hg)	Pre	138,67 ± 13,92	136,20 ± 17,99	129,88 ± 18,11	0,239
	Post	129,17 ± 10,35	125,80 ± 9,75	123,25 ± 8,33	
Valor p		0,011	0,022	0,021	
TE (d)		0,8	0,7	0,1	
ΔPAS		-9,5	-10,4	-1,63	
PAD (mm/Hg)	Pre	77,33 ± 5,33	75,70 ± 9,79	74,38 ± 8,47	0,871
	Pos	75,00 ± 5,62	73,10 ± 8,10	70,63 ± 4,14	
Valor p		0,206	0,190	0,147	
TE (d)		0,4	0,3	0,6	
ΔPAD		-2,33	-2,6	-3,75	

Los datos mostrados representan la media ± DT. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica.

Tabla III. Parámetros cardiorrespiratorios antes (pretest) y después (postest) del programa HIIT

		12 semanas (n = 12)	16 semanas (n = 10)	20 semanas (n = 8)	ANOVA 3 × 2 (grupo × tiempo)
VO _{2max} (ml/kg/min)	Pre	26,80 ± 4,36	25,76 ± 4,57	26,76 ± 4,23	0,722
	Pos	30,00 ± 3,95	29,79 ± 3,50	29,44 ± 5,49	
Valor p		0,020	0,008	0,019	
ΔVO _{2max}		3,2	4,03	2,68	
TE (d)		-0,8	-1,0	-0,5	
Frecuencia ventilatoria (min)	Pre	40,17 ± 12,78	39,60 ± 6,42	40,88 ± 9,14	0,163
	Pos	49,17 ± 12,26	45,10 ± 10,27	47,00 ± 14,58	
Valor p		0,001	0,004	0,016	
TE (d)		-0,7	-0,6	-0,2	
Δ		9,00	5,51	2,12	
V ventilatorio (litros/min)	Pre	77,40 ± 25,40	81,92 ± 18,95	84,94 ± 29,11	0,296
	Post	92,77 ± 23,30	100,42 ± 26,36	91,33 ± 31,87	
Valor p		0,006	0,016	0,194	
TE (d)		-0,6	-0,8	-0,2	
Δ		15,37	18,5	6,39	

Los datos mostrados representan la media ± DT. Los valores de $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos. VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno; ventilatorio: volumen ventilatorio.

grupos de estudio (Tabla III). En el análisis previo frente al posterior, los tres grupos presentaron mejoras en el VO_{2max} ($p < 0,05$).

Con respecto a los parámetros metabólicos, no hubo diferencias (p interacción) entre los grupos ($p > 0,05$). Sin embargo, los tres grupos redujeron significativamente la utilización de CHO durante el ejercicio ($p < 0,05$) y aumentaron la utilización de AG ($p < 0,05$) (Fig. 1).

DISCUSIÓN

El propósito del estudio fue determinar el efecto de un programa de entrenamiento HIIT en sujetos con sobrepeso u obesidad sobre la utilización de grasas durante el ejercicio, la composición corporal y variables cardiovasculares. El segundo objetivo fue comparar las variables de estudio según el tiempo de duración

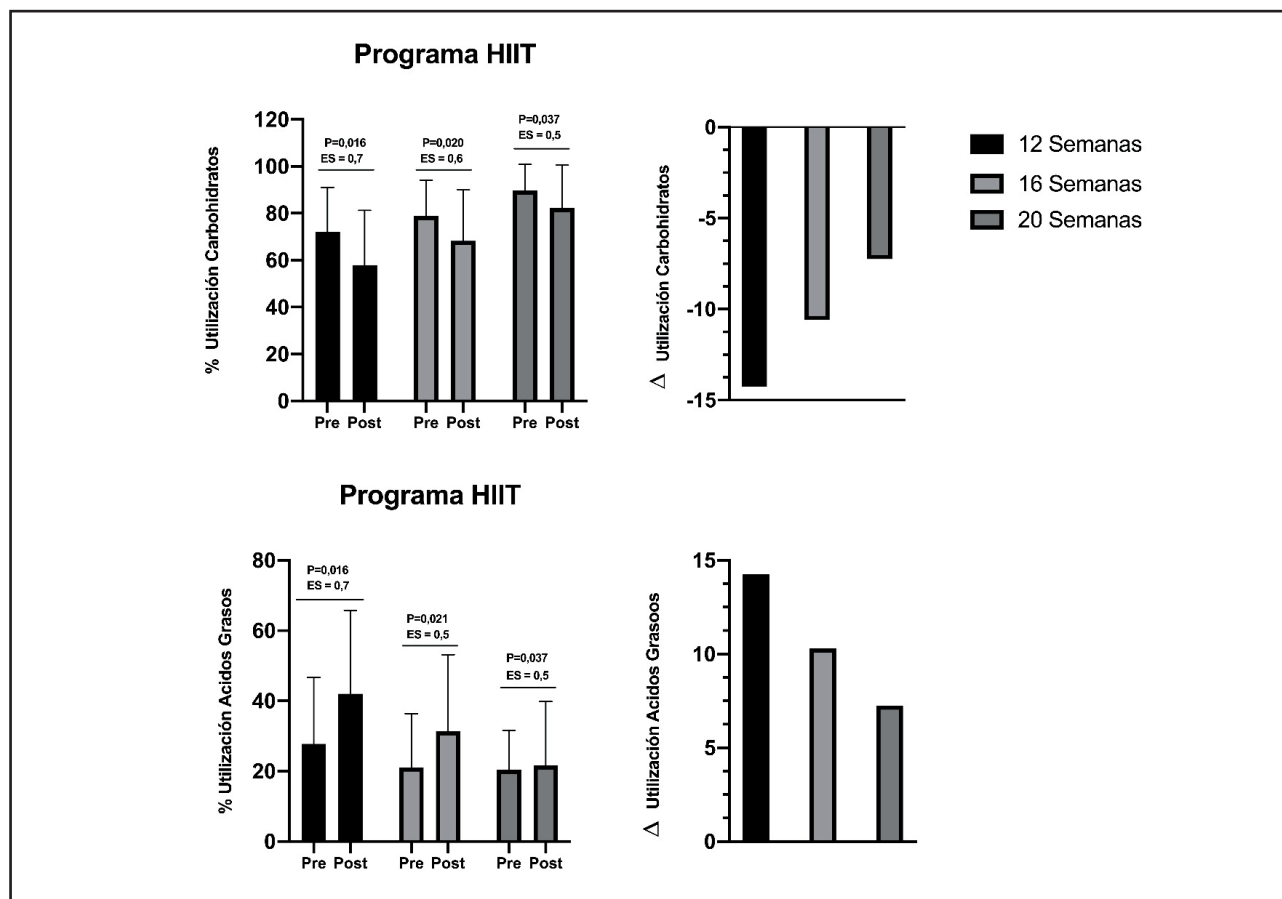


Figura 1. Cambios en la utilización de carbohidratos y grasas posterior al programa HIIT.

del programa (12,16 y 20 semanas). El principal hallazgo fue que el protocolo HIIT mejoró la utilización de grasas durante el ejercicio y, en segundo lugar, que a las 12 semanas de intervención con HIIT se observan los mismos resultados en la comparación con 16 y 20 semanas de entrenamiento.

Con el programa de entrenamiento HIIT, los tres grupos redujeron de forma significativa el uso de CHO durante el ejercicio y aumentaron la utilización de AG. En relación a esto, un estudio reportó que siete sesiones de HIIT durante dos semanas indujeron mejoras en la capacidad del músculo esquelético para la oxidación de AG durante el ejercicio en mujeres moderadamente activas (19). Estos resultados podrían explicarse debido a que el ejercicio físico aumenta el contenido de proteínas transportadoras de AG en todo el músculo y a nivel mitocondrial (16).

En relación a la composición corporal, los grupos de estudio reportaron cambios significativos en la disminución del porcentaje de grasa corporal sin diferencias significativas entre grupos. Estos resultados se relacionan con el aumento de la utilización de AG durante el ejercicio. En este sentido, similares resultados han sido reportados aplicando la misma metodología HIIT en 12 semanas en pacientes con obesidad y que

presentaban resistencia a la insulina; además, los pacientes presentaron mejoras en marcadores plasmáticos (20). Por el contrario, un estudio de seis semanas que comparaba HIIT con un programa de moderada intensidad no reportó mejoras en la disminución de la grasa corporal (12), por lo que es necesario considerar el factor tiempo para producir cambios en la composición corporal.

En esta línea, un reciente estudio realizado en ratas reporta que la combinación de modalidades de entrenamiento HIIT y de moderada intensidad debe combinarse para obtener una respuesta global (10). Por otro lado, la respuesta individual a la pérdida de grasa inducida por el ejercicio se ha atribuido al cambio en la tasa metabólica en reposo después del entrenamiento, lo que explicaría la pérdida de grasa corporal (21). Los estudios han demostrado que la adiposidad subcutánea es menor en individuos que realizan actividades físicas vigorosas (22).

Los sujetos de los tres grupos mejoraron sus parámetros cardiovasculares de PAS y la CRF posterior a la aplicación del programa HIIT. En este sentido, un estudio reportó previamente la mejora de la CRF a través de protocolos HIIT en población con intolerancia a la glucosa (18). Asimismo, en población con

obesidad mórbida y a través de ejercicio con sobrecarga, se ha logrado mejorar la CRF (23) y disminuir la PAS, mejorando y disminuyendo el riesgo de aparición de síndrome metabólico (4). Algunos estudios han demostrado que dos semanas de entrenamiento HIIT son efectivas para la mejora de la CRF en obesos (24). De igual forma, un estudio reportó que realizar HIIT una vez por semana se asocia a una mejora en la CRF, la composición corporal y la presión arterial en adultos con sobrepeso y obesidad (25). En un estudio en el que se comparaba un programa HIIT con uno de mediana intensidad durante seis semanas, se reportó que ambos mejoran la CRF y la PAS en hombres obesos previamente inactivos (12); sin embargo el modelo HIIT requirió una sesión de tiempo más corto que el de moderada intensidad para alcanzar los resultados. Asimismo, en mujeres con sobrepeso/obesidad se han reportado reducciones significativas en la PAS a través de 16 semanas de HIIT, con respuestas distintas en las participantes según la condición inicial (es decir, prehipertensas o hipertensas) (26).

En relación al efecto del tiempo, en el presente estudio encontramos que no presentó un efecto positivo; por el contrario, los grupos tienden a estabilizar sus valores. La teoría del entrenamiento HIIT nos muestra que primero existe un protocolo largo que es tanto para modificar la cantidad como la calidad de las mitocondrias, que son las encargadas de los marcadores metabólicos (27,28). Después de realizar el protocolo base se procede a generar el segundo protocolo, que es más lipolítico debido al aumento de catecolaminas, que generan la ruptura de los triglicéridos y su oxidación (29). Además, es importante señalar que el HIIT debe respetar variables de entrenamiento, como volumen, intensidad y descanso, así como distintas variables fisiológicas y principios de variabilidad y progresión para maximizar los resultados (30). Esto no se produjo en la muestra de estudio para comprobar la factibilidad de este protocolo de ejercicio durante el tiempo.

FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Como limitación del presente trabajo encontramos que las evaluaciones realizadas podrían haberse producido en todos los grupos a las 12 semanas para después comparar los resultados con los grupos que seguían realizando 16 y 20 semanas, con lo que podríamos haber realizado comparaciones entre el mismo grupo en sus distintos tiempos. Del mismo modo, hubiese sido interesante tener mayor cantidad de muestra para comprar según sexo; además, tuvimos que eliminar a sujetos de distintos grupos por asistencia menor al 80 %, lo que nos impidió tener la misma n en todos los grupos.

CONCLUSIÓN

En conclusión, el programa presentó mejoras significativas en la utilización de grasas durante el ejercicio, en la composición corporal y en las variables cardiovasculares de los participantes,

motivo por el que el programa HIIT podría ser una estrategia factible y efectiva para la prescripción de un programa de ejercicio inicial para sujetos con sobrepeso y obesidad. Sin embargo, después de las 12 semanas es recomendable aplicar variaciones al entrenamiento y respetar los principios de variabilidad y adaptación al entrenamiento para maximizar los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* (London, England) 2012;380(9838):219-29.
2. Doucet E, King N, Levine JA, et al Update on exercise and weight control. *J Obes* 2011;2011:358205.
3. Wang YC, McPherson K, Marsh T, et al. Health and economic burden of the projected obesity trends in the USA and the UK. *Lancet* (London, England) 2011;378(9793):815-25.
4. Delgado-Floody P, Álvarez C, Lusa Cadore E, et al. Preventing metabolic syndrome in morbid obesity with resistance training: Reporting interindividual variability. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases. NMCD* 2019;29(12):1368-81.
5. Tjønnå AE, Ramos JS, Pressler A, et al. EX-MET study: exercise in prevention of metabolic syndrome—a randomized multicenter trial: rationale and design. *BMC Public Health* 2018;18(1):437.
6. Ostman C, Smart NA, Morcos D, et al. The effect of exercise training on clinical outcomes in patients with the metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology* 2017;16(1):110.
7. Cardinal BJ, Park EA, Kim M, et al. If exercise is medicine, where is exercise in medicine? Review of US medical education curricula for physical activity-related content. *J Phys Activ Health* 2015;12(9):1336-43.
8. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine—evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand. J Med Sci Sports* 2015;25:1-72.
9. Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Ramírez-Vélez R, et al. Effects and prevalence of nonresponders after 12 weeks of high-intensity interval or resistance training in women with insulin resistance: a randomized trial. *J Appl Physiol* 2017;122(4):985-96.
10. Groussard C, Maillard F, Vazeille E, et al. Tissue-Specific Oxidative Stress Modulation by Exercise: A Comparison between MICT and HIIT in an Obese Rat Model. *Oxid Med Cell Longev* 2019;2019(9246138).
11. Delgado-Floody P, Espinoza-Silva M, García-Pinillos F, et al. Effects of 28 weeks of high-intensity interval training during physical education classes on cardiometabolic risk factors in Chilean schoolchildren: a pilot trial. *Eur J Pediatrics* 2018;177(7):1019-27.
12. Gerosa-Neto J, Panissa VLG, Monteiro PA, et al. High-or moderate-intensity training promotes change in cardiorespiratory fitness, but not visceral fat, in obese men: A randomised trial of equal energy expenditure exercise. *Respir Physiol Neurobiol* 2019;266:150-5.
13. He YY, Wang WR. Effects of a 12-week high intensity interval training on blood lipid of dyslipidemia patients with different apolipoprotein E genotypes. *Chinese J Applied Physiol* 2019;35(1):28-33.
14. Olea MA, Mancilla R, Martínez S, et al. Entrenamiento interválico de alta intensidad contribuye a la normalización de la hipertensión arterial. *Rev Med Chil* 2017;145(9):1154-9.
15. Papandreu A, Philippou A, Zacharogiannis E, et al. Physiological Adaptations to High-Intensity Interval and Continuous Training in Kayak Athletes. *J Strength Cond Res* 2018.
16. Talanian JL, Holloway GP, Snook LA, et al. Exercise training increases sarcolemmal and mitochondrial fatty acid transport proteins in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2010;299(2):E180-E8.
17. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, et al. Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension* 2003;42(6):1206-52.
18. Mancilla R, Torres P, Álvarez C, et al. Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Rev Med Chil* 2014;142(1):34-9.
19. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, et al. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol* 2007;102(4):1439-47.

20. Dalmazzo V, Ponce Á, Delgado-Floody P, et al. Efectos del ejercicio físico intervalado en la mejora del control glicémico de adultos obesos con insulinoresistencia. *Nutr Hosp* 2019;36(3):578-82.
21. Barwell ND, Malkova D, Leggate M, et al. Individual responsiveness to exercise-induced fat loss is associated with change in resting substrate utilization. *Metabolism* 2009;58(9):1320-8.
22. Tremblay A, Despres JP, Leblanc C, et al. Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am J Clin Nutr* 1990;51(2):153-7.
23. Delgado-Floody P, Caamaño-Navarrete F, Jerez-Mayorga D, et al. Adaptaciones al ejercicio físico en el perfil lipídico y la salud cardiovascular de obesos mórbidos. *Gac Med Mex* 2017;153(7):781-6.
24. Lanzi S, Codecasa F, Cornacchia M, et al. Short-term HIIT and Fatmax training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. *Obesity* 2015;23(10):1987-94.
25. Chin EC, Yu AP, Lai CW, et al. Low-Frequency HIIT Improves Body Composition and Aerobic Capacity in Overweight Men. *Med Sci Sports Exerc* 2019.
26. Álvarez C, Ramírez-Campillo R, Cristi-Montero C, et al. Prevalence of non-responders for blood pressure and cardiometabolic risk factors among prehypertensive women after long-term high-intensity interval training. *Front Physiol* 2018:1443.
27. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *J Physiol* 2017;595(9):2915-30.
28. Astorino TA, Edmunds RM, Clark A, et al. High-intensity interval training increases cardiac output and VO₂max. *Med Sci Sports Exerc* 2017;49(2):265-73.
29. Astorino TA, Edmunds RM, Clark A, et al. Change in maximal fat oxidation in response to different regimes of periodized high-intensity interval training (HIIT). *Eur J Appl Physiol* 2017;117(4):745-55.
30. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports medicine* 2013;43(10):927-54.