



Trabajo Original

Valoración nutricional

Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes

Effect of 12 sessions of high-intensity interval training on body composition in young adults

Manuel Viñuela García, Antonio Vera Ibáñez, David Colomer Poveda, Gonzalo Márquez Sánchez y Salvador Romero Arenas

Departamento de Educación Física y Deporte. Facultad de Deporte. Universidad Católica San Antonio. Murcia

Resumen

Introducción: actualmente los programas de entrenamiento interválicos de alta intensidad parecen ser una forma de optimizar el tiempo, provocando cambios en la composición corporal debido a la activación de diferentes mecanismos hormonales y metabólicos.

Objetivo: observar el efecto de cuatro semanas de entrenamiento de esprints repetidos basados en la prueba de Wingate sobre la potencia y la composición corporal en adultos jóvenes.

Métodos: los participantes ($22,4 \pm 1,8$ años) fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental o a un grupo control. Antes de comenzar y al acabar el periodo experimental, a los sujetos se les realizó una densitometría de cuerpo completo y una prueba de Wingate. El grupo experimental realizó 12 sesiones de esprints repetidos, realizando de 3 a 6 esprints de 30 segundos con un tiempo de recuperación de 4 minutos. El grupo control continuó con su rutina diaria y no se le aplicó ningún tipo de intervención.

Resultados: en el grupo experimental, la potencia media y máxima incrementó un 9,4-16,5% ($p < 0,001$). Además, disminuyó la masa grasa total un 8,1% ($p < 0,028$) y la grasa abdominal un 10,0% ($p < 0,038$). El grupo control no sufrió cambios en ninguna de las variables estudiadas.

Conclusiones: cuatro semanas de entrenamiento de esprints repetidos basados en la prueba de Wingate con un volumen específico de ~3 minutos por sesión y una frecuencia de 3 sesiones por semana, muestra mejoras estadísticamente significativas en la potencia máxima y media. Además, provoca cambios en la composición corporal, principalmente en la masa grasa total y de la zona abdominal.

Palabras clave:

Esprints repetidos.
Wingate.
Composición corporal. Masa grasa.

Abstract

Introduction: High intensity interval training programs has shown to be an efficient way to improve body composition via activation of different metabolic and hormonal mechanisms.

Objective: To examine the effect of four-week training of repeated sprints based on the Wingate test on power and body composition in young adults.

Methods: Participants (22.4 ± 1.8 years) were randomly assigned to an experimental or a control group. Prior to and at the end of the training period, all subjects underwent a whole body densitometry scan and performed a Wingate test. The experimental group did 12 repeated sprint sessions, which consisted of three and six sprints of 30 seconds with 4 minutes of rest. The control group was instructed to continue with their daily activities without any intervention.

Results: In the experimental group, the average and maximum power increased by 9.4-16.5% ($p < 0.001$). In addition, total fat mass decreased by 8.1% ($p < 0.028$) and abdominal fat mass decreased by 10.0% ($p < 0.038$). The control group showed no changes in any of the outcome measures.

Conclusions: A four-week training of repeated sprints based on the Wingate test with a specific volume of ~3 minutes per session and a frequency of three sessions per week showed improvements in average and maximum power. Furthermore, high intensity interval training induced a lowering in total fat mass and abdominal fat.

Key words:

Repeated sprints.
Wingate. Body composition. Fat mass.

Recibido: 23/11/2015
Aceptado: 18/12/2015

Viñuela García M, Vera Ibáñez A, Colomer Poveda D, Márquez Sánchez G, Romero Arenas S. Efecto de 12 sesiones de un entrenamiento interválico de alta intensidad sobre la composición corporal en adultos jóvenes. Nutr Hosp 2016;33:637-643

Correspondencia:

Salvador Romero Arenas. Universidad Católica San Antonio. Campus de los Jerónimos, s/n. 30107 Guadalupe, Murcia
e-mail: sromero@ucam.edu

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Organización Mundial de la Salud señala la obesidad como una epidemia en los países desarrollados, por las dimensiones adquiridas a lo largo de las últimas décadas, por su impacto sobre la morbilidad, la calidad de vida y el gasto sanitario (1). Esto es resultado principalmente de un estilo de vida físicamente inactivo y de unos hábitos alimentarios inadecuados. Actualmente, junto con el asesoramiento conductual y nutricional, la realización de actividad física regular sirve como la primera línea de defensa en la prevención de la obesidad (2).

El entrenamiento aeróbico tradicional ha sido, hasta la fecha, la elección habitual para el control o la pérdida de peso. Pero hoy en día la mayor parte de los adultos no cumplen con las pautas mínimas de actividad física regular, debido al elevado volumen de trabajo requerido, y a una falta de tiempo (3). Así, surge el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT, *high-intensity interval training*) como un nuevo método de entrenamiento más eficiente en el tiempo que puede provocar adaptaciones similares a los programas tradicionales sobre el control o la pérdida de peso.

El HIIT se caracteriza por la realización de breves series de ejercicios relativamente intensos separadas por periodos de reposo o de ejercicio a baja intensidad. Uno de los modelos más comunes empleado en la literatura es el entrenamiento de esprints repetidos basados en la prueba de Wingate, que consta de 30 segundos pedaleando sobre un cicloergómetro contra una alta resistencia (4). La evidencia reciente sugiere que el ejercicio interválico intenso es una estrategia eficiente en el tiempo que induce mejoras principalmente en la potencia aeróbica máxima (5,6) y la composición corporal (7-10). Estos cambios en la composición corporal se observan en programas de HIIT de larga duración (12-24 semanas), pero hasta la fecha no hemos encontrado ningún estudio que valore los efectos de un programa de HIIT de esprints repetidos basado en la prueba de Wingate sobre la composición corporal tras un periodo breve de tiempo de entrenamiento como pueden ser 4 semanas de duración.

OBJETIVO

Determinar los efectos que producen 4 semanas (12 sesiones) de entrenamiento de esprints repetidos basados en la prueba de Wingate sobre la composición corporal y la potencia de adultos jóvenes.

MÉTODOS

DISEÑO

En el presente estudio se planteó un diseño cuasi-experimental, intra e intersujeto, con carácter longitudinal, con pre y postest. Previo a la recogida de datos y al inicio del programa de entrenamiento, los participantes llevaron a cabo una sesión

de familiarización con los protocolos de evaluación. Una semana después de la familiarización se evaluaron las variables dependientes, como se describe a continuación. Los sujetos fueron evaluados por el mismo investigador, utilizando el mismo protocolo y en el mismo momento del día en las semanas 0 y 5. Se determinó la composición corporal mediante absorciometría dual de rayos X (DEXA) y la potencia anaeróbica mediante la prueba de Wingate. Para la realización de la DEXA los sujetos acudieron en ayunas, y para la realización del test de Wingate se pidió a los sujetos que no ingirieran ningún estimulante durante las 8 horas anteriores a la prueba, y evitar la práctica de ejercicio intenso durante las últimas 24 horas. Posteriormente, los participantes fueron agrupados al azar al grupo experimental (GE; n = 9) o al grupo control (GC; n = 7). Durante el periodo de entrenamiento de 4 semanas, el GE realizó el entrenamiento sobre un cicloergómetro (Bike Med. Tecnogym, Gambettola, Italia) con una resistencia equivalente al 7,5% de su peso corporal. Se pidió a todos los sujetos mantener sus rutinas diarias normales y hábitos alimentarios, no tomar suplementos nutricionales y que se abstuvieran de iniciar nuevos programas de ejercicio durante la duración del estudio. Los registros de los hábitos alimentarios se obtuvieron sin previo aviso por un instructor experimentado (ver detalles más abajo).

PARTICIPANTES

Formaron parte del presente estudio 16 adultos jóvenes sanos, con una edad comprendida entre 20 y 27 años. La selección de la muestra se realizó de forma no probabilística. Los sujetos interesados en participar en el estudio atendieron voluntariamente al llamamiento de los investigadores (que se realizó mediante carteles), en las diferentes facultades de la Universidad Católica de Murcia.

Todos los interesados fueron invitados a las instalaciones de la universidad donde se les informó (verbalmente y por escrito) de las actividades que se iban a realizar, de las características de los protocolos, contraindicaciones de los test, beneficios del entrenamiento y posibles lesiones, y responsabilidad de los investigadores. Además, se les explicó que en cualquier momento podrían abandonar el estudio, si así lo deseaban, sin tener que dar ningún tipo de justificación y sin que ello desencadenara perjuicio alguno para su persona. Tras la explicación, cumplieron un consentimiento informado, que fue firmado por todos los participantes antes de comenzar. En el mismo se detalló que el estudio se realizó de acuerdo a la Declaración de Helsinki (1964, revisada en 2001), y que se habían tenido en cuenta todos los aspectos éticos exigidos por el Comité Ético local. Asimismo, se les especificó que la información que facilitaran y la obtenida como consecuencia de las exploraciones complementarias a las que se iban a someter pasarían a formar parte de un fichero automatizado, con la finalidad de investigación y docencia en las áreas de salud, actividad física y deporte, en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. Las características de los sujetos incluidos en el estudio se observan en la tabla I.

Tabla I. Valores de las características de los sujetos sometidos a estudio. Media \pm desviación estándar

	Grupo experimental (n = 9)	Grupo control (n = 7)
Edad (años)	23,7 \pm 2,7	24,5 \pm 2,1
Peso (kg)	75,0 \pm 7,2	69,9 \pm 9,6
Talla (cm)	174,2 \pm 4,8	174,1 \pm 7,6
IMC (kg/m ²)	24,7 \pm 3,1	23,1 \pm 1,9

IMC: índice de masa corporal.

PROCEDIMIENTO

Potencia anaeróbica

Se utilizó el test de Wingate para evaluar una potencia anaeróbica de los grupos sometidos a estudio. La prueba se llevó a cabo en un cicloergómetro (Bike Med Tecnogym, Gambettola, Italia), y consistió en realizar un esprint máximo de 30 segundos contra una resistencia de frenado constante (7,5% de la masa corporal de los sujetos), de acuerdo con las tablas de optimización de Bar-Or (11). La prueba se inició a partir de una salida lanzada, a 60 rpm contra una resistencia mínima. Cuando se alcanzó un pedaleo constante de 60 rpm, el investigador responsable realizó una cuenta atrás de “3-2-1-¡YA!” para dar comienzo a la prueba. Los sujetos fueron instruidos en pedalear lo más rápido posible durante 30 segundos y durante la prueba se les animó vigorosamente para conseguir el esprint máximo. Se consideró potencia máxima ($P_{\text{máx}}$) al valor de potencia más alto alcanzado durante la prueba. La potencia media (P_{med}) se obtuvo con el cálculo de la media de todos los valores de potencia medidos durante la prueba. Los valores se expresaron en valores absolutos de potencia expresados en vatios (W) o potencia relativa al peso corporal expresados en vatios partido por el peso corporal (W/kg⁻¹).

Composición corporal

El análisis de la composición corporal se realizó mediante DEXA. El instrumento utilizado para el análisis fue el densitómetro modelo XR-46 (Norland Corp., Fort Atkinson, WI, EE. UU.), que fue calibrado al inicio de cada sesión, siguiendo las recomendaciones del fabricante, utilizando un fantoma con 77 combinaciones de hueso y tejido blando. El *software* utilizado para el análisis fue el propuesto por el fabricante, Illuminatus DXA 4.4.0 (Visual MED, Inc. and Norland a CooperSurgical Company). La masa libre de grasa y la masa grasa fueron calculadas en el análisis total del escáner del cuerpo completo. La masa libre de grasa se asumió como equivalente a la masa muscular. Antes de la realización de la DEXA, se procedió a la medición de

la estatura y de la masa corporal de los participantes. Para ello se utilizó una báscula-tallímetro telescópico (SECA 778, Hamburgo, Alemania). Una vez que los participantes fueron pesados y tallados, se dirigieron al densitómetro para ser escaneados en una posición supina con la menor ropa posible y sin ningún objeto metálico. Se advirtió a los participantes que no podrían realizar ningún movimiento durante el tiempo que el haz de rayos estuviera en marcha. El escáner de rayos X realizó las exploraciones transversales moviéndose a intervalos de 1 cm desde la parte superior a la parte inferior del cuerpo. La DEXA se realizó en ayunas, y antes de cualquier medida de fuerza para minimizar los efectos de los cambios de fluidos.

Hábitos alimentarios

Se les solicitó a los sujetos que a partir del comienzo del estudio y hasta el fin del mismo mantuvieran sus actividades de la vida diaria y sus hábitos alimentarios para que estos no pudieran influir en la variación de la composición corporal. Para verificar el cumplimiento de estas instrucciones, los hábitos alimentarios fueron evaluados en tres ocasiones mediante un recordatorio de 24 horas. Un instructor experimentado obtuvo los registros alimentarios sin previo aviso. En todas las ocasiones los registros alimentarios se realizaron en 3 días no consecutivos incluyendo un día de fin de semana. De los registros de los 3 días se obtuvieron el total de calorías consumidas y la cantidad de hidratos de carbono, de grasas y de proteínas, usando la aplicación para *smartphones* MyFitnessPal (12,13).

Programa de entrenamiento

El programa de entrenamiento tuvo una duración de 4 semanas, con una frecuencia de 3 veces por semana en días alternos (lunes, miércoles y viernes). Las sesiones de entrenamiento se llevaron a cabo en las instalaciones de la Universidad Católica de Murcia. El cicloergómetro para realizar las sesiones de entrenamiento fue el modelo Bike Med (Tecnogym, Gambettola, Italia). En cada sesión los sujetos del GE realizaban un calentamiento general que consistía en 10 minutos de pedaleo constante a 60-75 rpm. Tras dicho calentamiento, los sujetos se disponían a realizar entre 3 y 6 series de sprints máximos durante 30 segundos con una resistencia de pedaleo equivalente al 7,5% de su peso corporal (11). Entre cada serie los sujetos disponían de un descanso activo durante 4 minutos, en el cual seguían pedaleando a 60-75 rpm con una resistencia mínima. Una vez finalizadas las series correspondientes a la sesión de entrenamiento, los sujetos realizaron 5 minutos de pedaleo al ritmo y la resistencia más cómoda para cada uno de ellos. Los participantes estaban supervisados por instructores experimentados para asegurar que la fatiga voluntaria se consiguiera de forma segura, y el control del descanso fuera estricto. El tiempo total de entrenamiento en este grupo fue de 25 minutos (3 series) a 38 minutos (6 series), aproximadamente.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El registro y almacenamiento de los datos se realizó con la hoja de cálculo Excel 2007 (Microsoft corp., Redmond, WA, EE. UU.). Para llevar a cabo el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS v20.0 (IBM corp., New York, EE. UU.) para Mac OS X. Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de las variables y los valores se expresaron como media y desviación estándar. El test de normalidad utilizado fue el de Shapiro-Wilk y el de homogeneidad fue el test de Levene. Posteriormente se realizó una ANOVA de dos factores (grupo \times tiempo) de medidas repetidas con *post hoc* de Bonferroni. Una prueba t de Student se llevó a cabo para comprobar si existían diferencias entre grupos. El tamaño del efecto fue calculado usando la d de Cohen. El nivel de significación para todas las variables del estudio se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS

Tras un análisis previo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables estudiadas en las valoraciones iniciales entre ninguno de los grupos. A pesar de la marcada diferencia entre grupos en la variable de masa grasa, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p < 0,172$).

En la tabla II se muestran los resultados de la prueba de Win-gate para el grupo experimental y para el grupo control, en el pre y en el postest. El análisis estadístico reveló que hubo un incremento estadísticamente significativo en los valores de potencia en el GE, en la potencia máxima ($P_{\text{máx}}$: $p < 0,0001$; $d = 1,025$), en la potencia máxima relativa al peso corporal ($P_{\text{máxR}}$: $p < 0,0001$; $d = 1,787$), en la potencia media (P_{med} : $p < 0,0001$; $d = 0,689$) y en la potencia media relativa al peso corporal (P_{medR} : $p < 0,001$; $d = 1,315$). No se observaron diferencias en ninguna de las variables de potencia analizadas en el GC.

En cuanto a las comparaciones entre grupos se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas en la $P_{\text{máx}}$ ($p = 0,006$; $d = 1,664$) y la $P_{\text{máxR}}$ ($p = 0,006$; $d = 1,590$) entre el GE y el GC. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en los valores medios de potencia.

En relación con los resultados de composición corporal (Tabla III), el análisis estadístico muestra una disminución estadísticamente significativa entre el pre y el postest en el GE, en la masa grasa total ($p < 0,028$; $d = 0,183$) y masa grasa del abdomen ($p < 0,038$; $d = 0,213$). No se observaron cambios entre el pre y el postest en ninguna de las variables de composición corporal estudiadas en el GC.

Cuando se realizaron las comparaciones entre grupos se observó que existían diferencias estadísticamente significativas en la masa grasa de las piernas ($p = 0,015$; $d = 1,306$) entre el GE y el GC.

Tabla II. Valores de potencia máxima y media entre el pre y el postest comparando entre GE y GC. Media \pm desviación estándar y porcentaje de cambio

	Grupo experimental (n = 9)			Grupo control (n = 7)		
	Pre	Post	$\Delta\%$	Pre	Post	$\Delta\%$
$P_{\text{máx}}$ (W)	775,0 \pm 117,7	893,1 \pm 112,6 [†]	15,2	720,8 \pm 104,8	738,6 \pm 126,8	2,5 [†]
$P_{\text{máxR}}$ (W/kg ⁻¹)	10,3 \pm 0,9	12,0 \pm 1,0 [†]	16,5	10,5 \pm 0,7	10,8 \pm 0,9	2,9 [†]
P_{med} (W)	632,6 \pm 84,2	692,5 \pm 89,4 [†]	9,5	566,7 \pm 89,1	589,7 \pm 104	4,1
P_{medR} (W/kg ⁻¹)	8,5 \pm 0,5	9,3 \pm 0,7 [†]	9,4	8,3 \pm 0,7	8,6 \pm 0,8	3,6

$P_{\text{máx}}$: potencia máxima; $P_{\text{máxR}}$: potencia máxima relativa al peso corporal; P_{med} : potencia media; P_{medR} : potencia media relativa al peso corporal; $\Delta\%$: porcentaje de cambio; [†]: diferencias estadísticamente significativas entre pre y postest ($p < 0,0001$); [‡]: diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo experimental ($p < 0,001$).

Tabla III. Valores de composición corporal entre el pre y el postest comparando entre GE y GC. Media \pm desviación estándar y porcentaje de cambio

	Grupo experimental (n = 9)			Grupo control (n = 7)		
	Pre	Post	$\Delta\%$	Pre	Post	$\Delta\%$
Masa grasa total (kg)	14,9 \pm 6,7	13,7 \pm 6,4 [†]	-8,1	9,7 \pm 2,4	10,2 \pm 2,8	5,2
Masa grasa abdominal (kg)	3,0 \pm 1,5	2,7 \pm 1,3 [†]	-10,0	2,1 \pm 0,7	2,0 \pm 0,6	-4,8
Masa grasa piernas (kg)	5,3 \pm 2,1	5,0 \pm 2,1	-5,7	3,8 \pm 0,9	4,2 \pm 1,1	10,5 [‡]
Masa libre de grasa total (kg)	58,1 \pm 6,4	58,1 \pm 7,4	0,0	55,8 \pm 5,7	55,6 \pm 6,1	-0,4
Masa libre de grasa piernas (kg)	21,1 \pm 2,2	21,4 \pm 2,3	1,4	20,4 \pm 2,3	20,2 \pm 2,2	-1,0

$\Delta\%$: porcentaje de cambio; [†]: diferencias estadísticamente significativas entre pre y postest ($p < 0,05$); [‡]: diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo experimental ($p < 0,05$).

En la tabla IV se muestran los valores correspondientes a los hábitos alimentarios de los sujetos sometidos a estudio. Se puede observar que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguno de los valores nutricionales analizados.

DISCUSIÓN

El principal objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos que producen 4 semanas de entrenamiento de sprints repetidos basados en la prueba de Wingate, sobre la potencia del tren inferior y la composición corporal en adultos jóvenes. Los resultados revelan que tras 4 semanas de entrenamiento incrementó el rendimiento mecánico (potencia media y máxima) de los miembros inferiores. También se observaron modificaciones en la composición corporal de los sujetos que realizaron el programa, con un descenso de la masa grasa total y abdominal, aunque no se observaron cambios estadísticamente significativos en la masa libre de grasa.

En cuanto a los resultados de potencia, en el presente estudio se observó que los sujetos del GE mejoraron la potencia media y máxima, tanto en valores absolutos como en valores relativos al peso corporal (Tabla II). Estos resultados están en consonancia con lo publicado en la literatura científica (8,14-19). Burgomaster y cols. (14) observaron que tan solo con 2 semanas (6 sesiones) de entrenamiento de sprints repetidos, los sujetos del estudio mejoraron los valores de potencia máxima, pero la potencia media no varió de manera significativa. En el presente trabajo, en el que los sujetos fueron sometidos a un programa de 4 semanas, estos mejoraron tanto la potencia media como la potencia máxima. Los mecanismos de esta mejora probablemente incluyen un incremento de la fosfocreatina muscular (20), un aumento de la actividad de enzimas anaeróbicas (21), una mejora de la activación de las unidades motoras (22) y un incremento de las fibras musculares tipo-IIa, junto con un descenso de las fibras musculares tipo-I (23,24). Cabe señalar que las fibras tipo-IIa tienen una mayor tasa de producción de lactato y una mayor capacidad de tamponamiento, por tanto, una mejor resistencia anaeróbica que cualquiera de las fibras tipo-I o IIx. Bishop y cols. (25) objetivaron que un programa HIIT donde se producía una disminución en la acumulación de H^+ y un aumento en la tasa de resíntesis de fosfocreatina puede mejorar el rendimiento en ejercicios supramáximos.

En cuanto a la composición corporal, los resultados del presente estudio muestran una disminución de la masa grasa total y una disminución de la masa grasa de la región abdominal en el GE (Tabla III). Aunque hay evidencia científica suficiente para afirmar que el entrenamiento HIIT activa los mecanismos necesarios para provocar cambios en la composición corporal, no se conocía con exactitud el alcance que puede llegar a tener este tipo de intervención sobre la composición corporal de manera tangible en un periodo corto de tiempo como pueden ser 4 semanas. Algunos estudios relacionan la pérdida de grasa con aumentos de la capacidad enzimática mitocondrial, la influencia de la PGC-1 α , aumento de la actividad de la enzima citrato sintasa, aumento de la proteína PDH con el correspondiente incremento de la β -HAD y la inhibición de la glucólisis derivando en un aumento de la oxidación de ácidos grasos (14,15,26-28).

El descenso de la grasa corporal en jóvenes sanos del presente trabajo demuestra la eficiencia de un programa de entrenamiento de sprints repetidos basado en la prueba de Wingate en un periodo breve de tiempo, 4 semanas. Cuando comparamos los resultados del presente estudio con los obtenidos por estudios en los que se incluían sujetos con características similares, observamos que Nalcakan y cols. (29) en 2014 obtuvieron unos descensos de grasa corporal total y grasa abdominal menos pronunciados que los obtenidos en el presente trabajo. En el estudio de Nalcakan y cols. (29) objetivaron en un grupo de adultos jóvenes sanos un descenso de la grasa corporal del 7,3% y de grasa abdominal del 2,4% con un protocolo de ejercicio similar, aunque con mayor duración, 7 semanas. Estas diferencias pueden ser debidas a los distintos métodos utilizados para valorar la composición corporal, ya que en el estudio de Nalcakan y cols. (29) se utilizaron pliegues cutáneos para valorar la composición corporal, y en el presente estudio se utilizó una DEXA. En otro estudio en el que también evaluaron la composición corporal mediante DEXA en mujeres jóvenes sanas, los autores observaron que tras un periodo de 15 semanas de entrenamiento de sprints repetidos la masa grasa de las participantes descendió un 7,7% (10). En el estudio de Traap y cols. (10) los sujetos entrenaban 3 veces por semana y cada sesión consistía en realizar durante 20 minutos sprints repetidos de 8 segundos de duración con un descanso activo de 12 segundos, y una resistencia inicial de 0,5 kg. Aunque los resultados alcanzados son similares a los del presente trabajo, en el estudio de Traap y cols. (10) la duración del programa fue de 15 semanas, y la muestra del estudio estaba compuesta por

Tabla IV. Valores de los hábitos alimentarios de los grupos sometidos a estudio. Media \pm desviación estándar, valor de p y tamaño del efecto

	Grupo experimental (n = 9)	Grupo control (n = 7)	p	d
Kilocalorías totales (Kcal)	2.745,0 \pm 756,6	2.526,7 \pm 399,5	0,502	0,360
Hidratos de carbono (g)	291,5 \pm 107,1	298,1 \pm 75,0	0,893	0,071
Proteínas (g)	125,4 \pm 27,5	106,9 \pm 43,2	0,878	0,510
Lípidos (g)	97,4 \pm 24,0	95,4 \pm 25,2	0,311	0,081

mujeres jóvenes sanas. A pesar de realizar esprints repetidos, la intensidad de trabajo fue diferente. En el estudio de Trapp y cols. (10) los sujetos pedalearon con una resistencia de 0,5 kg, en cambio, en el presente estudio la resistencia de pedaleo fue del 7,5% del peso corporal.

Un aspecto que juega un papel importante en la reducción de la masa grasa corporal es la intensidad de ejercicio. En programas de entrenamiento donde la intensidad de ejercicio es muy alta, la demanda de oxígeno no disminuye de inmediato tras el cese de la actividad. El exceso de oxígeno consumido tras el ejercicio (EPOC, *excess post-exercise oxygen consumption*) es una añadidura al oxígeno consumido normalmente en reposo. Este metabolismo elevado tras el ejercicio desempeña un papel en la demanda energética del mismo, y en el efecto total del ejercicio sobre el control del peso corporal. El EPOC aumenta de forma exponencial en función de la intensidad del ejercicio, y el entrenamiento de esprints repetidos provoca un exceso de consumo de oxígeno hasta 24 horas después del cese del ejercicio, creando una demanda energética que modifica el metabolismo, con una incidencia directa en la composición corporal (30).

La masa muscular también es un componente que ayuda a aumentar el metabolismo basal y, por tanto, puede influir en el control del peso corporal. En el presente estudio no se objetivaron cambios estadísticamente significativos en la masa libre de grasa. Parece que el entrenamiento con una velocidad de movimiento máxima puede causar hipertrofia muscular debido a un aumento en el reclutamiento de fibras tipo-II (31). Por otro lado, el ejercicio del pedaleo contiene los tres tipos de contracción muscular. Este puede ser un ejercicio idóneo para producir una mayor tensión muscular, un aumento de la velocidad de la síntesis de proteína (32) y mayor aumento en la expresión del ARNm IGF-1 (31), favoreciendo el incremento de la masa magra. Estos efectos no han sido profundamente investigados, aunque varios estudios en los que sometían a los sujetos a esprints repetidos con protocolos más extensos en el tiempo objetivaron cambios significativos de la masa muscular (9,10,33). Probablemente, en el presente trabajo con un periodo de entrenamiento más prolongado se podrían obtener incrementos significativos en la masa muscular que habrían ayudado a potenciar cambios en la composición corporal y en el ritmo metabólico basal. Pero serán necesarias futuras investigaciones para poder establecer conclusiones objetivas.

CONCLUSIONES

La presencia del sobrepeso y las enfermedades relacionadas con él se han incrementado de manera exponencial en todo el mundo, llegando a afectar al 62% de la población española, principalmente como resultado de un estilo de vida físicamente inactivo y unos hábitos alimentarios inadecuados. Además, el estilo de vida que implanta la sociedad en el siglo XXI hace dificultoso llevar a cabo las recomendaciones de actividad física de la Organización

Mundial de la Salud (realizar ejercicio 3 veces por semana durante 60 minutos a intensidad moderada). Para la mayoría de población puede llegar a ser incluso un obstáculo para ir creando adherencia a los programas de ejercicio físico.

Este estudio es, hasta el momento, el único que reporta resultados significativos en pérdida de grasa total y del tronco con un volumen de trabajo específico de ~3 minutos en un corto periodo de tiempo. Podemos concluir que 4 semanas de entrenamiento de esprints repetidos basados en la prueba de Wingate con un volumen específico de ~3 minutos por sesión y una frecuencia de 3 sesiones por semana, sin la ayuda de un plan nutricional, es una herramienta eficiente en el tiempo que provoca mejoras estadísticamente significativas en la potencia máxima y media, siendo el incremento de potencia máxima mayor en el grupo experimental al compararlo con el grupo control. Además, este programa provoca cambios en la composición corporal, principalmente en el descenso de la masa grasa total y la masa grasa de la zona abdominal, aunque no existen diferencias cuando los datos del grupo experimental se comparan con los obtenidos por el grupo control. Este tipo de protocolos deberían implementarse en instituciones relacionadas con la salud y el cuidado físico, como centros de salud, rehabilitación o gimnasios, consiguiendo llegar a la mayor parte de la población que de manera directa o indirecta se vea afectada por problemas en el control del exceso de grasa corporal.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se llevó a cabo gracias a la financiación de la Fundación San Antonio número de referencia: PMA-FI/23/14. Los autores quieren expresar también su agradecimiento a todos los participantes que hicieron posible la realización del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser 2000;894:i-xii,1-253.
2. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(2):459-71.
3. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults' participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(12):1996-2001.
4. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab* 2014;39(3):409-12.
5. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med* 2002;32(1):53-73.
6. Midgley AW, McNaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med* 2006;36(2):117-32.
7. Gillen JB, Percival ME, Ludzki A, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity (Silver Spring)* 2013;21(11):2249-55.

8. Whyte LJ, Gill JM, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism* 2010;59(10):1421-8.
9. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes* 2012;2012:480467.
10. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes (Lond)* 2008;32(4):684-91.
11. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med* 1987;4(6):381-94.
12. Jospe MR, Fairbairn KA, Green P, Perry TL. Diet app use by sports dietitians: a survey in five countries. *JMIR Mhealth Uhealth* 2015;3(1):e7.
13. Laing BY, Mangione CM, Tseng CH, Leng M, Vaisberg E, Mahida M, et al. Effectiveness of a smartphone application for weight loss compared with usual care in overweight primary care patients: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 2014;161(Supl.10):S5-S12.
14. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* (1985) 2005;98(6):1985-90.
15. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 2008;586(1):151-60.
16. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev* 2008;36(2):58-63.
17. Hazell TJ, Olver TD, Macpherson RE, Hamilton CD, Lemon PW. Sprint interval exercise elicits near maximal peak VO₂ during repeated bouts with a rapid recovery within 2 minutes. *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54(6):750-6.
18. Hazell TJ, Macpherson RE, Gravelle BM, Lemon PW. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;110(1):153-60.
19. Bayati M, Farzad B, Gharakhanlou R, Agha-Alinejad H. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training. *Journal of Sports Science & Medicine* 2011;10(3):571-6.
20. Rodas G, Ventura JL, Cadefau JA, Cusso R, Parra J. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol* 2000;82(5-6):480-6.
21. Parra J, Cadefau JA, Rodas G, Amigo N, Cusso R. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta Physiol Scand* 2000;169(2):157-65.
22. Creer AR, Ricard MD, Conlee RK, Hoyt GL, Parcell AC. Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. *Int J Sports Med* 2004;25(2):92-8.
23. Jansson E, Esbjornsson M, Holm I, Jacobs I. Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiol Scand* 1990;140(3):359-63.
24. Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, Cole K. Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998;78(2):163-9.
25. Bishop D, Edge J, Thomas C, Mercier J. Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008;295(6):R1991-8.
26. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol* 2006;575(Pt. 3):901-11.
27. Gibala MJ, McGee SL, Garnham AP, Howlett KF, Snow RJ, Hargreaves M. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1 α in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985) 2009;106(3):929-34.
28. Little JP, Safdar A, Bishop D, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1 α and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *American journal of physiology Regulatory, integrative and comparative physiology* 2011;300(6):R1303-10.
29. Nalcakan GR. The effects of sprint interval vs. continuous endurance training on physiological and metabolic adaptations in young healthy adults. *J Hum Kinet* 2014;44:97-109.
30. Paoli A, Moro T, Bianco A. Lift weights to fight overweight. *Clin Physiol Funct Imaging* 2015;35(1):1-6.
31. Shepstone TN, Tang JE, Dallaire S, Schuenke MD, Staron RS, Phillips SM. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *J Appl Physiol* (1985) 2005;98(5):1768-76.
32. Moore DR, Phillips SM, Babraj JA, Smith K, Rennie MJ. Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2005;288(6):E1153-9.
33. Boudou P, Sobngwi E, Mauvais-Jarvis F, Vexiau P, Gautier JF. Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *Eur J Endocrinol* 2003;149(5):421-4.