



Universitat
de les Illes Balears

Título: Efectos del entrenamiento de alta intensidad en la mejora de la condición física en jóvenes estudiantes deportistas

AUTOR: MARC FOLCH SALOM

Memoria del Trabajo de Fin de Máster

Máster Universitario en Formación del Profesorado
(Especialidad/Itinerario Educación Física)

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curso Académico 2016-2017

Fecha 19/07/2017

Tutor del Trabajo: Dr. Pere Antoni Borràs Rotger

ÍNDICE

Resumen/Abstract.....	1
Palabras clave/Keywords.....	1
Introducción.....	2
Justificación.....	6
Objetivos.....	6
Metodología.....	7
Resultados.....	14
Discusión.....	20
Conclusiones.....	22
Referencias bibliográficas.....	23

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1.....	7
Tabla 2.....	8
Tabla 3.....	12
Tabla 4.....	13
Tabla 5.....	14
Tabla 6.....	18
Tabla 7.....	18

FIGURAS

Figura 1.....	3
Figura 2.....	4
Figura 3.....	9
Figura 4.....	14
Figura 5.....	16
Figura 6.....	17
Figura 7.....	17

RESUMEN

Gran parte de la población no cumple con las recomendaciones establecidas de actividad física. La falta de tiempo es la principal barrera para la práctica de ejercicio físico. El entrenamiento interválico de alta intensidad es una estrategia de entrenamiento eficiente en el tiempo, utilizada para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria y la salud, así como para reducir los niveles de grasa corporal. El propósito de este trabajo es evaluar la eficacia de una intervención de alta intensidad, de 4 semanas, 2 veces por semana y de una duración de 20 minutos diarios. La hipótesis es que un protocolo de ejercicio de alta intensidad podría conducir a una mejora de las medidas de composición corporal (IMC, circunferencia de cintura y % de grasa) y de condición física (aptitud motora, potencia y fuerza muscular, resistencia muscular y aptitud cardiorrespiratoria) en jóvenes deportistas.

PALABRAS CLAVE: hiit, entrenamiento, alta intensidad, educación física, jóvenes, deportistas.

ABSTRACT

Much of the population does not comply with established physical activity recommendations. Lack of time is the main barrier to physical exercise. High Intensity Interval Training is a time-efficient training strategy used to improve cardiorespiratory fitness and health, as well as to reduce body fat levels. The purpose of this study is to evaluate the efficacy of a high intensity intervention, for 4 weeks, 2 times a week and 20 minutes a day. The hypothesis is that a high-intensity exercise protocol could lead to an improvement in body composition measurements (BMI, waist circumference and % fat) and physical fitness (motor fitness, power and muscular strength, muscular endurance and cardiorespiratory fitness) in young athletes.

KEYWORDS: hiit, training, high intensity, physical education, youth, athletes.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen una serie de recomendaciones de actividad física para todas las edades, elaboradas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), con el objeto de evitar la inactividad física y prevenir las enfermedades no transmisibles. Para los niños y jóvenes de 5 a 17 años se recomienda al menos 60 minutos diarios de actividad física de intensidad moderada a vigorosa. En adultos y adultos mayores (de 65 años en adelante) se recomienda un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física aeróbica, de intensidad moderada (40-60% consumo máximo de oxígeno (VO₂max) (Norton et al., 2010)), o bien 75 minutos de actividad física aeróbica vigorosa (60-85% VO₂max), o bien una combinación equivalente de actividades moderadas y vigorosas, además de realizar dos veces o más por semana actividades de fortalecimiento de los grandes grupos musculares.

A pesar de los efectos beneficiosos de la práctica de actividad física, hasta el 55,4% de los niños y adolescentes y el 27% de los adultos y personas mayores de nuestro país no cumple con las recomendaciones establecidas, según datos del 2016 recogidos en el estudio científico ANIBES. Entre las principales barreras a la práctica deportiva, los motivos por los que la población no hace deporte o no lo practica con mayor frecuencia, se sitúa en primer lugar la falta de tiempo, con un 43,8%, seguida a gran distancia la falta de interés, 20%, según la Encuesta de Hábitos Deportivos en España 2015.

Con este fin, diversas investigaciones han examinado la eficacia del entrenamiento interválico de alta intensidad (de las siglas en inglés, HIIT; $\geq 85\%$ VO₂max (Norton et al., 2010)) como alternativa a la actividad física de intensidad moderada a vigorosa, continua y de larga duración que recomienda la OMS. Una de las principales ventajas del HIIT, en comparación con el ejercicio de menor intensidad y mayor duración, es que el entrenamiento HIIT requiere menor tiempo de ejercicio mientras que proporciona similares o mayores beneficios para la salud (Fisher et al., 2015; Ramos et al., 2015). En consecuencia, el entrenamiento HIIT puede aminorar la principal barrera a la práctica deportiva, que es la falta de tiempo.

El entrenamiento interválico implica alternar periodos de alta y baja intensidad con el fin de aumentar el volumen de trabajo realizado a alta intensidad durante una sesión de entrenamiento. Los intervalos de alta intensidad son breves, anaeróbicos, en un rango entre el 85-250% VO₂max durante 6 seg hasta 4 min (Batacan et al., 2017). A este periodo de alta intensidad le sigue un periodo de recuperación de baja intensidad, ligeramente más largo, aeróbico, comprendido entre el 40-60% VO₂max durante 10 seg hasta 5 min, que permite amortiguar y eliminar el ácido láctico de la sangre, permitiendo al individuo tiempo suficiente para recuperarse y realizar otro intervalo de alta intensidad.

El entrenamiento HIIT es una estrategia utilizada a menudo para mejorar la salud cardiometabólica a través de una serie de indicadores como son el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de cintura, el porcentaje de grasa corporal, la capacidad aeróbica (medido a través del VO₂max), la frecuencia cardiaca en reposo, la presión arterial o la glucosa sanguínea, entre otros (Figura 1).

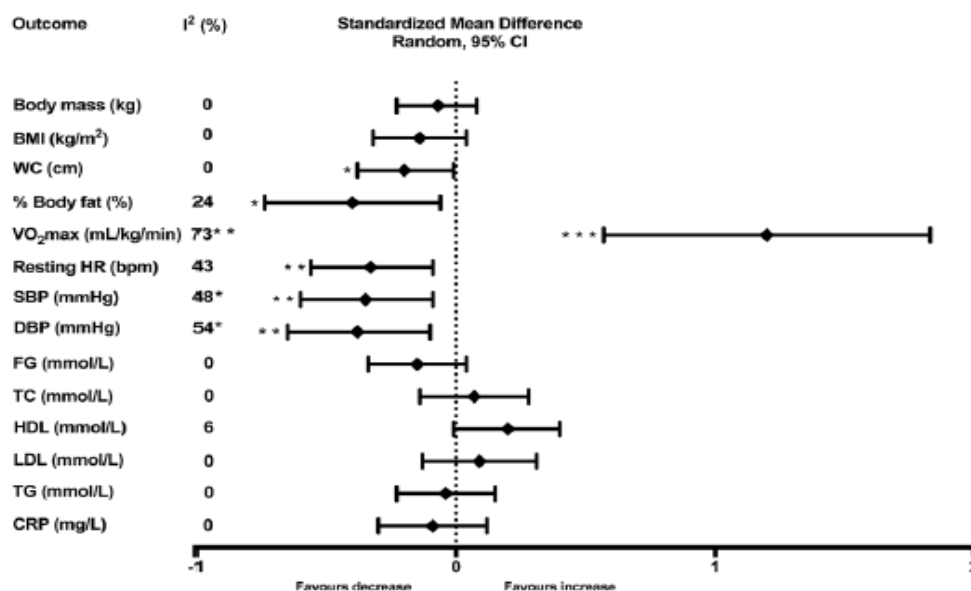


Figura 1. Efecto del HIIT a largo plazo sobre las variables de salud cardiometabólica en poblaciones con sobrepeso/obesidad. Índice de masa corporal (BMI), circunferencia de cintura (WC), consumo máximo de oxígeno (VO₂max), frecuencia cardiaca (HR) presión arterial sistólica y diastólica (SBP, DBP), glucosa en ayunas (FG), colesterol total (TC), colesterol lipoproteína de alta densidad (HDL) y de baja densidad (LDL), triglicéridos (TG), proteína C reactiva (CRP) (Batacan et al., 2017).

Fisher et al. (2015) compararon los efectos de seis semanas de entrenamiento HIIT o entrenamiento continuo de intensidad moderada (MIT) sobre un conjunto de factores de riesgo metabólico. Ambas modalidades mejoraron la composición corporal (% de grasa corporal), colesterol total (VLDL y HDL), triglicéridos y sensibilidad a la insulina sin diferencias entre grupos con un tiempo de entrenamiento significativamente menor para el grupo HIIT (Tabla 1).

Variable	HIIT Group	MIT Group
Protocol	30s x 4 Repeats; 4 min Rest	45–60 min Cycling
Frequency	3 Sessions per Week	5 Sessions per Week
Workload (watts)	Interval: 85% Peak Power, 810 ± 250 W Recovery: 15% Peak Power, 140 ± 20 W	55–65% VO _{2peak} : 138 ± 13 W
HR (bpm)	Interval: 178 ± 9 bpm Recovery: 140 ± 13 bpm	158 ± 11 bpm
Weekly Training Time	Interval: 6 min Recovery: 54 min Total: 60 min	3.75–5.00 hours

Figura 2. Datos de entrenamiento de un protocolo HIIT y un protocolo MIT, y tiempo de compromiso semanal (Fisher et al., 2015).

Sin embargo, estos mismos autores mostraron un mayor aumento del VO_{2max} en MIT en comparación con HIIT, mientras que otros estudios hallaron una mayor mejora de la capacidad aeróbica con la intervención HIIT en comparación con MIT, tras 16 y 12 semanas de entrenamiento respectivamente (Ciolac et al., 2010; Nybo et al., 2010).

El entrenamiento HIIT también ha demostrado ser superior comparado con el entrenamiento aeróbico continuo en aquellas personas que desean perder peso. Trapp et al. (2008) compararon 15 semanas de entrenamiento HIIT o MIT y encontraron una disminución significativa en la grasa subcutánea y un aumento de masa magra en el grupo HIIT, mientras que no hubo cambios en la grasa subcutánea o masa magra en el grupo MIT. Sobre esta base, puede proporcionar un estímulo más óptimo para promover la pérdida de grasa, mientras que ayuda a preservar el tejido magro durante la pérdida de peso.

La práctica de ejercicio físico debe ser percibida como una práctica agradable, de lo contrario, es difícil sostener el ejercicio en el tiempo y obtener los resultados deseados. Un factor importante para la adherencia a largo plazo es el disfrute del ejercicio. Zhaowei et al. (2016) demostraron que un programa HIIT resulta más agradable que un programa continuo de moderada intensidad, durante las 5 semanas de duración del programa de entrenamiento en mujeres obesas.

La falta de tiempo es una de las principales barreras para la práctica de ejercicio físico. Gibala y McGee (2008) hallaron que tan sólo 6 sesiones de HIIT durante un período de 2 semanas y un total de aproximadamente 15 minutos de ejercicio muy intenso aumentan la capacidad oxidativa del músculo esquelético y alteran el control metabólico durante las sesiones de ejercicio aeróbico. Gillen et al. (2016) llevaron a cabo una intervención de tan solo 1 minuto de ejercicio intenso (3 sprints de 20 seg) dentro de una sesión de 10 minutos, tres veces por semana, obteniendo los mismos resultados que con 50 minutos al 70% de la frecuencia cardiaca máxima (FCmax) en términos de aumento del VO₂max, sensibilidad a la insulina, biogénesis mitocondrial y pérdida de grasa, a pesar de un volumen de ejercicio cinco veces menor. Para aquellos que tienen poco tiempo para entrenar, el entrenamiento HIIT es la opción más acertada.

La prescripción de ejercicio por intervalos varía según el tipo de población. Puede ser adaptado fácilmente para personas de todos los niveles de condición física y poblaciones especiales, como personas con sobrepeso. En deportistas, la recomendación general es utilizar períodos de trabajo de 3 a 5 minutos con una relación trabajo-descanso (W:R) de 1:1 (Reuter y Hagerman, 2008). Para la población general se puede emplear una amplia variedad de relaciones W:R en una rutina HIIT. Por ejemplo, se ha demostrado que una proporción W:R de 1:2 produce respuestas favorables que mejoran el desarrollo de los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico (Rozenek et al., 2007). Para aquellas personas con una baja condición física, una proporción W:R de 1:4 probablemente sea la opción más apropiada, lo que permite la adaptación a una rutina HIIT más intensa.

JUSTIFICACIÓN

Muchos individuos realizan ejercicio físico para mejorar su salud, su composición corporal, su rendimiento deportivo o simplemente con una finalidad de entretenimiento. El ejercicio aeróbico tradicional, realizado de forma continua y de larga duración, está dando paso, cada vez más, al ejercicio interválico de alta intensidad, más conocido como HIIT, ya que resulta en una forma de entrenamiento mucho más eficiente en el tiempo y ayuda a lograr resultados similares e incluso superiores en comparación con el ejercicio aeróbico tradicional.

El propósito y motivación de este trabajo es conocer los efectos de cuatro semanas de un programa de entrenamiento HIIT para mejorar la composición corporal, la aptitud motora, potencia y fuerza muscular, resistencia muscular y aptitud cardiorrespiratoria en jóvenes deportistas. Nuestra hipótesis es que la intervención mejorará los parámetros indicados, a pesar del corto periodo de tiempo de intervención.

OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen con este trabajo son los siguientes:

1. Revisar la bibliografía reciente en torno a los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad.
2. Aplicar una intervención de entrenamiento interválico de alta intensidad en jóvenes deportistas y analizar los resultados obtenidos.
3. Determinar la eficacia de la intervención de entrenamiento interválico de alta intensidad.

METODOLOGÍA

Búsqueda de literatura

Se han consultado las bases de datos PubMed y Scopus para examinar los artículos que tienen por objeto registrar las adaptaciones provocadas por el entrenamiento interválico de alta intensidad. La búsqueda se ha realizado con la siguiente combinación de palabras clave: *HIIT, high intensity, training*. También se ha usado un filtro temporal con el fin de recoger los artículos publicados entre los años 2012-2017, evitando consultar bibliografía más antigua y posiblemente desfasada.

ARTÍCULOS ENCONTRADOS 2012-2017		
	Resultados en PubMed	Resultados en Scopus
Palabras clave: HIIT, high intensity, training	323	330
Artículos totales seleccionados	7	

Tabla 1. Número de artículos encontrados mediante los criterios de búsqueda.

Se han seleccionado aquellos que resultan necesarios para el objetivo de este trabajo, siendo $n=7$ el total de artículos seleccionados. Varios artículos han sido descartados por alguna/s de las siguientes razones:

- No es un trabajo original.
- Dificultad con el idioma.
- Estudio realizado en animales.
- Texto completo no disponible.

Participantes

Se ha llevado a cabo un muestreo intencional, seleccionando alumnos de 1r curso del Ciclo Formativo de Grado Superior de TAFAD del Centro de Tecnificación (CTEIB), ubicado en Palma de Mallorca.

Se han ofrecido 18 jóvenes varones deportistas (n = 18) entre 18-22 años, de diversas disciplinas deportivas, para participar en el estudio de forma voluntaria. Los jóvenes han sido asignados aleatoriamente a un grupo control (CON) o de ejercicio (HIIT). Distribuidos en los dos grupos, tan solo 7 sujetos aceptaron recibir 2 sesiones/semana de entrenamiento HIIT durante 4 semanas. Todos los participantes completaron un cuestionario de actividad física y salud (ALPHA-FIT). Ninguno de ellos reportó lesiones y/o problemas de salud que pudieran ser motivo de exclusión del estudio. Se les pidió a los participantes que siguieran haciendo vida normal. Las características de los sujetos son ofrecidos en la Tabla 2.

Características	CON (n = 11)	HIIT (n = 7)
Edad (años)	19 ± 1,2	20 ± 1,4
Altura (cm)	176 ± 0,7	175 ± 0,6
Peso (kg)	69 ± 8,54	70,61 ± 7,94
Perímetro cintura (cm)	75,41 ± 2,28	77,29 ± 3,4
IMC (kg/m ²)	22,17 ± 1,27	23,09 ± 1,75

Tabla 2. Características de los participantes antes de la intervención.

Protocolo de evaluación

La evaluación de la condición física relacionada con la salud (HRF) se puede utilizar para conocer el nivel de condición física e identificar aquellos con mayores riesgos para la salud debido a niveles inadecuados. Los componentes de la HRF son la aptitud musculoesquelética, la aptitud motora, la aptitud cardiorrespiratoria, la composición corporal y el metabolismo.

La HRF puede ser definida como un estado caracterizado por (a) la capacidad de realizar actividades diarias con vigor y (b) la demostración de capacidades que están asociados con un bajo riesgo de desarrollo prematuro de enfermedades y condiciones relacionadas con la inactividad física. Una buena HRF se compone de resistencia aeróbica, control corporal, fuerza muscular, movilidad articular y un peso adecuado.

La batería de pruebas ALPHA-FIT, para adultos entre 18-69 años, consiste en siete pruebas de campo que representan los factores físicos más importantes para la salud y el funcionamiento físico: *2-km walk test* indicando la aptitud cardiorrespiratoria, *hand grip* que indica la fuerza muscular, *jump-and-reach* indicando fuerza y potencia de las extremidades inferiores, *modified push-up* que indica la resistencia muscular del tronco y la parte superior del cuerpo, *one-leg stand* que indica el equilibrio, y el índice de masa corporal (IMC) y la circunferencia de cintura que indica obesidad. Además existen tres tests secundarios como pruebas alternativas o adicionales: *dynamic sit-up* que indica la resistencia muscular del tronco, *shoulder-neck mobility* que indica flexibilidad y *figure-of-eight run* indicando equilibrio dinámico y agilidad.

Para evaluar la HRF de los participantes de este estudio se han realizado todas las pruebas de campo a excepción de *2-km walk test*, que ha sido sustituido por el test de *Course-Navette* para valorar la aptitud cardiorrespiratoria. Además, se ha añadido el test secundario *figure-of-eight run* (Figura 3).

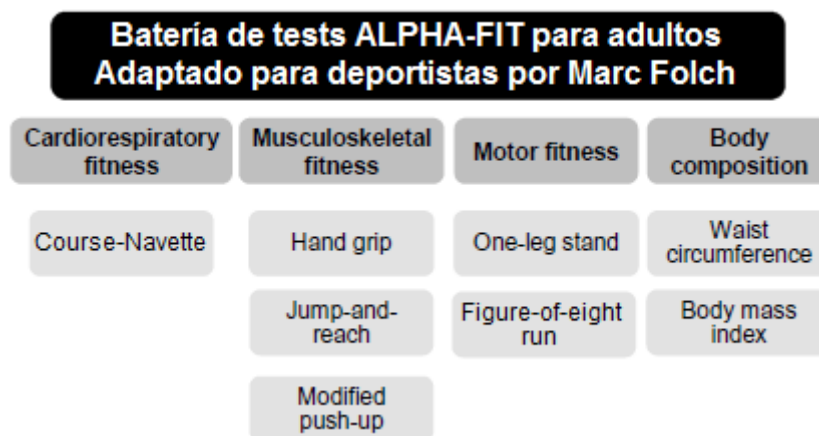


Figura 3. Batería de tests ALPHA-FIT adaptado para deportistas.

Se recopiló el material necesario y se informó de las instrucciones de las distintas pruebas. No se permitió ejercicios de calentamiento ni estiramientos antes de realizar las pruebas. Las mediciones de composición corporal (IMC y circunferencia de cintura) fueron realizadas en primer lugar, seguido de la aptitud motora, musculoesquelética y finalmente la aptitud cardiorrespiratoria. Por falta de tiempo se realizó el conjunto de pruebas en dos días separados.

Tests

1. Circunferencia de cintura

Objetivo: Estimar la cantidad de tejido adiposo visceral del tronco medio.

- Cinta métrica entre la costilla inferior y la cresta ilíaca.
- El resultado se lee durante la exhalación ligera.
- Se hace la media de 3 medidas redondeadas al 0,5 cm más cercano.
- > 102 cm (hombres) o > 88 cm (mujeres) supone un riesgo cardiovascular elevado.



2. Índice de Masa Corporal (IMC)

Objetivo: Estimar la grasa corporal relativa.

- $IMC = \text{peso} / \text{altura}^2 = \text{kg} / \text{m}^2$
- Un IMC por encima de 25 es clasificado como sobrepeso, por encima de 30 obesidad y por encima de 40 obesidad severa.



3. Mantenerse de pie a una pierna

Objetivo: Medir el control postural.

- Testear ambas piernas y elegir la pierna de preferencia.
- El talón del pie opuesto se coloca en la rodilla contra el lado interno de la pierna de apoyo.
- 2 pruebas, o bien 1 prueba con un límite de 60 segundos.
- El tiempo se detiene cuando se pierde el equilibrio (es decir, el pie de la pierna libre pierde el contacto de soporte o mueve la pierna de soporte).



4. Carrera de la figura del 8

Objetivo: Medir la agilidad y la potencia muscular de las extremidades inferiores.

- 2 conos separados por 10 metros.
- Marcar línea de salida/llegada al lado de un cono.
- 1 ensayo y 2 pruebas.
- Puntúa la prueba realizada a mayor velocidad.



5. Prensión manual

Objetivo: Medir la fuerza de agarre.

- El agarre del dinamómetro se ajusta al tamaño de la mano para llevar la segunda articulación del índice aproximadamente a un ángulo recto.
- Se escoge la mano de preferencia y se extiende el brazo.
- Se realizan 2 pruebas con un intervalo de 10 segundos entre ellos.
- Puntúa el mejor resultado.



6. Salto vertical

Objetivo: Medir la potencia extensora de piernas.

- Se pueden flexionar las rodillas e impulsarse con los brazos.
- Se realiza 1 ensayo y 2 pruebas de esfuerzo.
- La diferencia vertical entre la altura estando de pie y la altura del salto se mide en cm.
- Puntúa el mejor resultado.



7. Flexión de brazos modificados

Objetivo: Medir la capacidad de resistencia de los músculos extensores de las extremidades superiores y la capacidad de estabilidad del tronco.

- Mayor número de flexiones en 40 segundos.
- Empezar tendido prono sobre la esterilla, aplaudir palmas por detrás de la espalda, levantarse con codos extendidos por completo y tocar con una mano la otra mano.
- Si se tiene un rango de movimiento limitado en los hombros y es incapaz de aplaudir por detrás, puede aplaudir las manos a los lados laterales de los muslos.
- Se realiza 1 ensayo y 1 prueba de esfuerzo.



8. Course-Navette

Objetivo: Predecir el consumo máximo de oxígeno (VO₂max).

- Desplazarse de una línea a otra, situadas a 20 metros de distancia y haciendo el cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora.
- La velocidad inicial de la señal es de 8,5 km/h, y se incrementará en 0,5 km/h/min (1 minuto es igual a 1 periodo).
- La prueba termina cuando no es capaz de llegar por segunda vez consecutiva a una de las líneas con la señal de audio, o por fatiga.



Intervención de ejercicio

Los participantes deportistas realizaron un protocolo HIIT de 20 min. El protocolo consistía en un intervalo de 40 seg de ejercicio a máxima intensidad seguido de 20 seg de recuperación para 6 ejercicios, realizados de forma consecutiva, y un total de 3 vueltas al circuito, con 1 min de recuperación entre vueltas. El protocolo fue realizado 2 días/semana para un total de 4 semanas, con un mínimo de 48 horas entre sesiones.

La intervención se constituye de ejercicios de aptitud motora, potencia y fuerza muscular, resistencia muscular y aptitud cardiorrespiratoria, seleccionados con un principio de transferencia en los distintos tests evaluados. Los participantes realizaron un circuito por sesión, alternativamente (Tabla 3, Tabla 4).

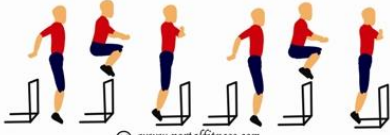




CIRCUITO HIIT A	
Saltos pliométricos, con rodillas arriba, entre 5 vallas de 30cm de altura + sprint 10m + sprint de vuelta	
Flexión de brazos con desplazamiento, mediante una abducción y adducción simultánea de extremidades	
Salto a la comba	
Alcance de 5 conos, de pie, en estabilidad monopodal. Cambio de pierna cada 10 alcances	
Lanzamiento de balón medicinal 3kg + sprint para recoger el balón y volver a lanzarlo en la dirección opuesta	
Peso muerto monopodal con pierna semirrígida y balón medicinal 6kg. Cambio de pierna cada 10 repeticiones	

Tabla 3. Circuito de entrenamiento HIIT A.




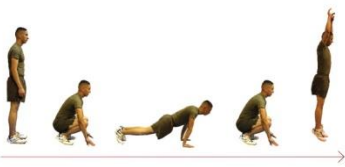


CIRCUITO HIIT B	
Saltos pliométricos monopodales entre 5 vallas de 30 cm + 6 skipping + sprint 5m + sprint de vuelta	
Alcance de 5 conos, manteniendo la estabilidad en plancha monopodal. Cambio de brazo cada 10 alcances	
10 sentadillas con balón medicinal de 6kg sobre la cabeza + sentadillas pliométricas sin balón hasta agotar el tiempo	
Burpees	
Lanzamiento de balón medicinal de 3kg al suelo	
Puente de glúteo sobre fitball	

Tabla 4. Circuito de entrenamiento HIIT B.

RESULTADOS

Los participantes anotaron en la ficha de mediciones de la batería ALPHA-FIT su puntuación realizada en cada prueba, fueron los participantes y no el evaluador debido a la falta de tiempo.

Se recogieron los resultados de cada participante (n = 18) en una hoja Excel (Figura 4) y se obtuvieron las puntuaciones medias para el peso corporal, IMC, *one-leg stand*, *figure-of-eight run*, *hand grip*, *jump-and-reach*, *modified push-ups* y *course-navette* del grupo control (CON) y del grupo de ejercicio (HIIT) antes de la intervención (Tabla 5).

Alumno	Gr	Edad	Altu	Cintura p	Peso	IMC p	1 leg stand p	8 run p	Handgrip p	Jump p	Pushups p	Coursenavette p
Pedro Lombardi	2	18	1,75	74	63,2	20,64	60	6,32	61	49	21	9
Bernabé Palomares	2	20	1,86	78	77,7	22,46	60	5,95	54	53	24	12
Alberto Arregui	1	18	1,73	74	64,9	21,68	60	5,75	40	50	24	13
Beggy Collado	1	19	1,81	80	76,7	23,41	60	6,85	60,5	56	22	12
Josep Oliver	2	19	1,74	75	71,2	23,52	60	5,84	47	56	18	15
Juan Carlos Calvente	1	19	1,70	75	65,7	22,73	60	6,04	48	55	20	10
Tito Vila	2	19	1,76	78,5	66,4	21,44	60	6	45	51	21	12
Juan Moreno	1	21	1,74	73	60,7	20,05	60	6	38	37	20	11
Guillermo Aragón	2	18	1,63	73	55,3	20,81	60	5,79	39	63	18	10
Luis García	2	20	1,74	73,5	68	22,46	60	5,82	45	41	19	12
Alberto Pomares	1	22	1,70	81	70,2	24,29	60	5,85	52	50	23	12
Victor Rivas	2	19	1,69	74	66	23,11	60	5,93	54	55	21	8
Beggy Brunel	2	18	1,87	79	82,5	23,59	60	6	47	48	21	10
Pau Vidal	2	19	1,83	76	79,2	23,65	60	5,82	51,5	58	21	8
Álex Rodríguez	1	21	1,70	77	71,9	24,88	60	6,01	48	65	24	10
Óscar García	2	22	1,80	76	71,4	22,04	60	6,32	56	67	21	13
Samir Sain	1	20	1,85	81	84,2	24,60	32	5,9	56	48	19	7
Guillermo Recio	2	18	1,70	72,5	58,1	20,10	60	5,72	52	50	24	12

Figura 4. Puntuaciones individuales de los participantes antes de la intervención.

Variable	CON	HIIT
Peso (kg)	69	70,61
Perímetro de cintura (cm)	75,41	77,29
IMC (kg/m ²)	22,17	23,09
One-leg stand (seg)	60	56
Figure-of-eight run (seg)	5,95	6,04
Hand grip (kg)	50,14	48,93
Jump-and-reach (cm)	53,64	51,57
Modified push-up (reps)	20,82	21,71
Course-Navette (periodos)	11	10,71

Tabla 5. Media de los resultados de los grupos CON y HIIT antes de la intervención.

A continuación clasificamos los niveles de composición corporal y los niveles de condición física obtenidos por los participantes en comparación con los valores medios de referencia de la población adulta, recogidos en la batería ALPHA-FIT por el UKK Institute.

Circunferencia de cintura

Según los autores, una circunferencia superior a 102 cm en hombres y 88 en mujeres se asocia a un elevado riesgo cardiovascular. Los sujetos participantes no presentan riesgo cardiovascular.

Índice de Masa Corporal (IMC)

Todos los participantes se encuentran en un peso adecuado (IMC 18,5 – 24,9).

One-leg stand

El 5,55% (n = 1) ha obtenido un control postural medio (30-59 seg), mientras que el 94,45% de los sujetos (n = 17) han mostrado un alto control postural completando los 60 seg de test.

Figure-of-eight run

La totalidad de los participantes ha obtenido la máxima puntuación ($\leq 6,9$ seg) en la escala de clasificación para la agilidad y potencia muscular de extremidades inferiores.

Hand grip

Una fuerza muscular reducida, medida por la fuerza de agarre, se ha asociado a un elevado riesgo cardiovascular (Leong et al., 2015). Se ha obtenido la fuerza de agarre por medio de una clasificación expresada en quintiles, en relación al peso corporal, mediante la ecuación *Newton** / *kg de peso corporal* (*1 kg equivale a 10 Newtons aproximadamente). Más de la mitad de los participantes (55,55%, n = 10) han obtenido unos valores medios (3r quintil), el 5,55% (n = 1) han obtenido valores pobres (2º quintil) y el 38,88% valores altos (n = 4 para el 4º quintil, n = 3 para el 5º quintil).

Peso	Hand grip	Resultado
63,2	61	9,7
77,7	54	6,9
64,9	40	6,2
76,7	60,5	7,9
71,2	47	6,6
65,7	48	7,3
66,4	45	6,8
60,7	38	6,3
55,3	39	7,1
68	45	6,6
70,2	52	7,4
66	54	8,2
82,5	47	5,7
79,2	51,5	6,5
71,9	48	6,7
71,4	56	7,8
84,2	56	6,7
58,1	52	9,0

Fitness			
Category			20-29
1	poorest quintile	men	≤ 5.8
		women	≤ 4.1
2	2nd quintile	men	5.9-6.6
		women	4.2-4.7
3	3rd quintile	men	6.1-7.2
		women	4.8-5.2
4	4th quintile	men	7.3-7.9
		women	5.3-5.9
5	best quintile	men	≥ 8.0
		women	≥ 6.0

Figura 5. Cálculo de las puntuaciones individuales de los participantes para el test de hand grip y categorías de aptitud física.

Jump-and-reach

La aptitud física para el salto vertical se mide en base a la diferencia vertical entre la altura estando de pie y la altura del salto se mide en cm. El 11,1% de los sujetos (n = 2) ha obtenido un salto vertical pobre (37-41 cm de salto), mientras que el 88,9% (n = 16) posee una excelente potencia extensora de piernas (≥ 45 cm de salto).

Modified push-up

El 100% de los participantes han logrado la máxima puntuación en la escala de clasificación (≥ 17 flexiones de brazos).

Course-Navette

Una baja capacidad aeróbica aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas, así lo manifiestan los autores de la batería. Para el cálculo del VO₂max se tiene en cuenta la velocidad final alcanzada (VFA) mediante la siguiente ecuación propuesta por Leger et al. (1988) para mayores de 18 años: $VO_{2max} = (6 * VFA) - 27,4$ (Figura 6). De acuerdo al consumo máximo de oxígeno (VO₂max) y condición física asociada (Figura 6), el 55,55% (n = 10) de los participantes poseen una condición física cardiorrespiratoria superior (≥ 52,5 ml/kg/min), un 5,55% (n = 1) tienen una condición excelente, un 22,22% (n = 4) tienen un nivel de condición bueno y el 16,66% (n = 3) una condición regular (40-45 ml/kg/min).

Edad	Periodo	VFA	VO2max	Nivel	Nivel de condición física						
18	9	12,5	47,6	Bueno	Edad	Muy pobre	Pobre	Regular	Bueno	Excelente	Superior
20	12	14	56,6	Superior	13-19	<35.0	35.0 – 38.3	38.4 – 45.1	45.2 – 50.9	51.0 – 55.9	>55.9
18	13	14,5	59,6	Superior	20-29	<33.0	33.0 – 36.4	36.5 – 42.4	42.5 – 46.4	46.5 – 52.4	>52.4
19	12	14	56,6	Superior	30-39	<31.5	31.5 – 35.4	35.5 – 40.9	41.0 – 44.9	45.0 – 49.4	>49.4
19	15	15,5	65,6	Superior	40-49	<30.2	30.2 – 33.5	33.6 – 38.9	39.0 – 43.7	43.8 – 48.0	>48.0
19	10	13	50,6	Bueno	50-59	<26.1	26.1 – 30.9	31.0 – 35.7	35.8 – 40.9	41.0 – 45.3	>45.3
19	12	14	56,6	Superior	60+	<20.5	20.5 – 26.0	26.1 – 32.2	32.3 – 36.4	36.5 – 44.2	>44.2
21	11	13,5	53,6	Superior							
18	10	13	50,6	Bueno							
19	8	12	44,6	Regular							
22	12	14	56,6	Superior							
19	8	12	44,6	Regular							
21	10	13	50,6	Excelente							
22	13	14,5	59,6	Superior							
20	7	11,5	41,6	Regular							
18	12	14	56,6	Superior							
Condición física cardiorrespiratoria respecto al consumo máximo de oxígeno (VO2max) (Heyward, 1998)											
Velocidad inicial (km/h):	8,5										
Incremento (km/h/min):	0,5										
1 min = 1 periodo											
VFA = Velocidad final alcanzada											

Figura 6. Cálculo de la condición física de los participantes para el test de Course-Navette según el periodo y velocidad final alcanzada (VFA) y VO2max asociado.

Edad	Muy pobre	Pobre	Regular	Bueno	Excelente	Superior
13-19	<35.0	35.0 – 38.3	38.4 – 45.1	45.2 – 50.9	51.0 – 55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0 – 36.4	36.5 – 42.4	42.5 – 46.4	46.5 – 52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5 – 35.4	35.5 – 40.9	41.0 – 44.9	45.0 – 49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2 – 33.5	33.6 – 38.9	39.0 – 43.7	43.8 – 48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1 – 30.9	31.0 – 35.7	35.8 – 40.9	41.0 – 45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5 – 26.0	26.1 – 32.2	32.3 – 36.4	36.5 – 44.2	>44.2

Figura 7. Condición física cardiorrespiratoria respecto al consumo máximo de oxígeno (VO2max) en términos de ml/kg/min (Heyward, 1998).

Tras el periodo de intervención de ejercicio, los participantes realizaron una vez más las pruebas de evaluación (Tabla 6), a excepción del *hand grip*, que no se pudo disponer del instrumento pertinente. Para comprobar el cambio en la puntuación pre- y post-intervención de CON y HIIT se utilizó la prueba *t* de Student (*t-paired test*) mediante el paquete estadístico SPSS. El tamaño del efecto se calculó con intervalos de confianza del 95%. Se aceptó una significación estadística de $P < 0,05$. También se ha decidido incluir el porcentaje (%) de mejora. Los valores obtenidos se presentan como medias en la Tabla 7.

Variable	CON	HIIT
Peso corporal (kg)	67,51	66,73
IMC (kg/m ²)	21,79	21,93
One-leg stand (seg)	60	60
Figure-of-eight run (seg)	5,87	5,85
Jump-and-reach (cm)	55,36	56,86
Modified push-up (reps)	25,91	25,71
Course-Navette (periodos)	11,18	11,71

Tabla 6. Media de los resultados de los grupos CON y HIIT posterior a la intervención.

Variable	CON			
	PRE	POST	Sig. (bilateral)	Dif. (%)
Peso corporal (kg)	69	67,51	,468	2,16
IMC (kg/m ²)	22,17	21,79	,542	1,49
One-leg stand (seg)	60	60	1,000	0
Figure-of-eight run (seg)	5,95	5,87	,117	1,34
Jump-and-reach (cm)	53,64	55,36	,242	3,21
Modified push-up (reps)	20,82	25,91	,000*	24,45
Course-Navette (periodos)	11	11,18	,659	1,64

Variable	HIIT			
	PRE	POST	Sig. (bilateral)	Dif. (%)
Peso corporal (kg)	70,61	66,73	,200	5,49
IMC (kg/m ²)	23,09	21,93	,199	5,02
One-leg stand (seg)	56	60	,356	7,14
Figure-of-eight run (seg)	6,04	5,85	,204	3,14
Jump-and-reach (cm)	51,57	56,86	,080	10,26
Modified push-up (reps)	21,71	25,71	,003*	18,42
Course-Navette (periodos)	10,71	11,71	,134	9,34

Tabla 7. Media de los resultados de los grupos CON y HIIT pre- y post-intervención, significación estadística y porcentaje de diferencia. *Interacción grupo x tiempo significativa ($P < 0,05$).

Contrariamente a nuestra hipótesis, tan sólo en la prueba de flexiones de brazos se obtuvo una mejora significativa ($P < 0,05$) y, además, para ambos grupos.

Curiosamente, el % de mejora fue mayor en CON comparado con HIIT (24,45% vs. 18,42%). La prueba de salto vertical también obtuvo una mejora notable en HIIT (10,26%) en comparación con el grupo CON (3,21%) tras la intervención, aunque no llegó a alcanzar la significación estadística ($P < 0,05$). Para la carrera de la figura del ocho y el test de Course-Navette, el % de mejora también fue superior en el grupo HIIT.

Finalmente, el cambio en la composición corporal tampoco fue significativo, aunque este cambio fue mayor en HIIT que en CON. Mientras que el peso en la línea de base era menor en CON que en HIIT (69 vs. 70,61 kg), tras el periodo de intervención se revirtió la situación, siendo finalmente menor en HIIT comparado con el grupo CON (66,73 vs. 67,51 kg).

DISCUSIÓN

Contrariamente a nuestra hipótesis, una intervención de 4 semanas de duración con dos sesiones/semana de alta intensidad, no es suficiente para obtener mejoras significativas en la condición física y composición corporal en jóvenes deportistas, a diferencia de los resultados obtenidos por Lanzi et al. (2015) que con un volumen total de entrenamiento similar, 8 sesiones de 30 minutos a lo largo de 2 semanas, obtuvieron mejoras en términos de IMC y VO₂max, sin embargo los sujetos participantes eran obesos grado II y III.

Una posible explicación a la diferencia entre estudios viene dada por la reserva total de adaptación, también conocida como los límites potenciales de adaptación o comúnmente margen de mejora. Es la capacidad potencial que tiene el organismo para lograr un nuevo estadio de rendimiento. El grado de desarrollo de condición física de un deportista es superior al de una persona sedentaria, por lo que las personas deportistas necesitan de estímulos más frecuentes, de mayor volumen e intensidad para lograr una pequeña adaptación. En personas sedentarias ocurre a la inversa, un pequeño estímulo es suficiente para obtener un alto nivel de adaptación.

Más de la mitad de nuestros sujetos participantes tenían una condición física cardiorrespiratoria superior, por encima de los 52,5 ml/kg/min (Heyward, 1998). Este hecho dificulta la consecución de un mayor nivel para este parámetro, más aún en un breve periodo de intervención como son 4 semanas.

No obstante un 55,55% han mostrado una fuerza de agarre limitada, obteniendo unos valores clasificados como medios en el test de *hand grip*, posiblemente debido a que no trabajan este tipo de fuerza en su vida cotidiana y respectivas disciplinas deportivas. La media de ambos grupos (CON = 50,14kg; HIIT = 48,93kg) está ligeramente por debajo de los resultados presentados por Luna-Heredía et al. (2005) en adultos varones residentes en Madrid, España (media = 50,9kg).

Cabe mencionar que el pequeño tamaño de la muestra en este estudio ($n = 18$) limita la capacidad de sacar conclusiones sobre la efectividad de una intervención de ejercicio de alta intensidad en jóvenes deportistas. Del mismo modo, el estilo de vida de los participantes fuera de la intervención puede haber influenciado en los resultados de esta investigación. Por otra parte, el breve periodo de intervención, 4 semanas, puede haber sido un inconveniente para obtener mejoras significativas. Creemos que un mayor periodo de exposición al protocolo podría ayudar a alcanzar la significación. Por último, reconocemos que, por motivos varios, no todos los sujetos cumplieron con absoluta asistencia a las sesiones de ejercicio.

En general, los resultados de este estudio muestran que 4 semanas de entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) no fue suficiente para mejorar la composición corporal y la condición física en jóvenes deportistas.

CONCLUSIONES

Finalizado el trabajo de investigación, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En relación al objetivo 1, existe una bibliografía extensa y variada en los últimos 5 años referente al entrenamiento aeróbico y específicamente al entrenamiento interválico de alta intensidad.
2. En relación al objetivo 2, se ha utilizado un paquete estadístico para analizar los resultados obtenidos en la evaluación de la intervención y se han comparado con los valores medios de referencia de la población adulta.
3. En relación al objetivo 3, el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) no produce mejoras significativas en la composición corporal y condición física a corto plazo en jóvenes deportistas.

Personalmente, estoy muy satisfecho con el trabajo de campo realizado para este Trabajo de Fin de Máster. A pesar de que los resultados no han sido los esperados, el proceso de investigación, aplicación y análisis, así como la experiencia con todos los participantes en este estudio ha sido muy gratificante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANIBES. Estudio de Antropometría, Ingesta y Balance Energético en España. Recuperado 16 de julio de 2017, de http://www.fen.org.es/anibes/archivos/documentos/ANIBES_numero_6.pdf
2. Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 494–503.
3. Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., Macdonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of Physiology*, 586(1), 151–60.
4. Ciolac, E. G., Bocchi, E. A., Bortolotto, L. A., Carvalho, V. O., Greve, J. M., & Guimarães, G. V. (2010). Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertension Research*, 33(8), 836–843.
5. Fisher, G., Brown, A. W., Bohan Brown, M. M., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., ... Allison, D. B. (2015). High Intensity Interval- vs Moderate Intensity- Training for Improving Cardiometabolic Health in Overweight or Obese Males: A Randomized Controlled Trial. *PLOS ONE*, 10(10), e0138853.
6. Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084.
7. Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58–63.

8. Gillen, J. B., Martin, B. J., MacInnis, M. J., Skelly, L. E., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2016). Twelve Weeks of Sprint Interval Training Improves Indices of Cardiometabolic Health Similar to Traditional Endurance Training despite a Five-Fold Lower Exercise Volume and Time Commitment. *PLOS ONE*, *11*(4), e0154075.
9. Hazell, T. J., Hamilton, C. D., Olver, T. D., & Lemon, P. W. R. (2014). Running sprint interval training induces fat loss in women. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *39*(8), 944–950.
10. Heyward, V. H. (1998). *The Physical Fitness Specialist Certification Manual*, The Cooper Institute for Aerobics Research, Dallas TX, revised 1997 printed in *Advance Fitness Assessment & Exercise Prescription*, 3rd Edition, p48.
11. Kong, Z., Fan, X., Sun, S., Song, L., Shi, Q., & Nie, J. (2016). Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-to-Vigorous Continuous Training for Cardiometabolic Health and Exercise Enjoyment in Obese Young Women: A Randomized Controlled Trial. *PloS One*, *11*(7), e0158589.
12. Lanzi, S., Codecasa, F., Cornacchia, M., Maestrini, S., Capodaglio, P., Brunani, A., ... Malatesta, D. (2015). Short-term HIIT and Fat_{max} training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. *Obesity*, *23*(10), 1987–1994.
13. Léger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *49*(1), 1–12. Retrieved from
14. Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A., ... Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study investigators. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *The Lancet*, *386*(9990), 266–273.
15. Luna-Heredia, E., Martín-Peña, G., Ruiz-Galiana, J., McCracken, D., Goode, R. C., & McLeod, R. S. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, *24*(2), 250–8.

16. MACPHERSON, R. E. K., HAZELL, T. J., OLVER, T. D., PATERSON, D. H., & LEMON, P. W. R. (2011). Run Sprint Interval Training Improves Aerobic Performance but Not Maximal Cardiac Output. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(1), 115–122.
17. Massy-Westropp, N. M., Gill, T. K., Taylor, A. W., Bohannon, R. W., & Hill, C. L. (2011). Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes*, 4, 127.
18. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Encuesta de hábitos deportivos en España 2015. Recuperado 16 de julio de 2017, de <https://www.mecd.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/deporte/encuesta-habitos-deportivos.html>
19. Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 496–502.
20. NYBO, L., SUNDSTRUP, E., JAKOBSEN, M. D., MOHR, M., HORNSTRUP, T., SIMONSEN, L., ... KRUSTRUP, P. (2010). High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(10), 1951–1958.
21. Pombo, M. J. Teoría y Práctica del Entrenamiento Deportivo. Universidade da Coruña (UDC). Curso 2013-2014.
22. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(5), 679–692.
23. Reuter, B. H. & Hagerman, P. S. Essentials of Strength Training and Conditioning (3rd ed). Baechle T & Earle R, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008. pp. 499. 8.

24. Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M., & Matsuo, A. (2007). Physiological Responses to Interval Training Sessions at Velocities Associated With $\dot{V}O_2\text{max}$. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 188.
25. Schoenfeld, B., & Dawes, J. High-Intensity Interval Training: Applications for General Fitness Training. Recuperado 16 de julio de 2017, de http://www.lookgreatnaked.com/articles/high_intensity_interval_training.pdf
26. Trapp, E. G., Chisholm, D. J., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity*, 32(4), 684–691.