



REVISION

Parámetros cardiometabólicos en el entrenamiento interválico de alta intensidad en personas con sobrepeso u obesidad: revisión bibliográfica

Cardiometabolic parameters in high intensity interval training in overweight or obese people: a bibliographic review

Julio Gallego-Méndez, David Ramos Escudero, José Carmelo Adsuar Sala,
Jorge Pérez-Gómez

*Departamento de didáctica de la expresión musical, plástica y corporal. Facultad de Ciencias del Deporte.
Universidad de Extremadura. España.*

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: jgallegoa@alumnos.unex.es (Julio Gallego-Méndez).

Recibido el 29 de diciembre de 2018; aceptado el 5 de febrero de 2019.

Como citar este artículo:

Gallego-Méndez J, Ramos Escudero D, Adsuar Sala JC, Pérez-Gómez J. Parámetros cardiometabólicos en el
entrenamiento interválico de alta intensidad en personas con sobrepeso u obesidad: revisión bibliográfica. JONNPR.
2019;4(3):361-86. DOI: 10.19230/jonnpr.2919

How to cite this paper (PROVISIONAL):

Gallego-Méndez J, Ramos Escudero D, Adsuar Sala JC, Pérez-Gómez J. Cardiometabolic parameters in high intensity
interval training in overweight or obese people: a bibliographic review. JONNPR. 2019;4(3):361-86. DOI:
10.19230/jonnpr.2919



This work is licensed under a Creative Commons
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License
La revista no cobra tasas por el envío de trabajos,
ni tampoco cuotas por la publicación de sus artículos.

Resumen

Objetivo. El propósito de la presente revisión fue conocer cómo se ven influenciados diferentes parámetros cardiometabólicos, y/o marcadores de salud cardiometabólica, en personas con sobrepeso u obesidad tras la aplicación de un programa de entrenamiento interválico de alta intensidad.

Método. Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed. Se obtuvieron un total de 93 artículos. Tras analizar su contenido y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, un total de 12 artículos fueron incluidos.

Resultados. Hay un mantenimiento o descenso significativo en ciertos casos del índice de masa corporal ($2,1 \pm 0,3\%$), masa corporal ($3,3\%$, $\approx 2\%$), masa grasa ($\approx 2\%$), y perímetro de cintura. Los efectos en los valores lipídicos varían mucho entre artículos mostrando resultados contradictorios: en algunos estudios



se han observado descensos significativos en colesterol ($32,4\pm 5,2\text{mg/dl}$) lipoproteínas de baja densidad ($25,8\pm 16,5\text{mg/dl}$) y triglicéridos ($22,9\pm 3,4\text{mg/dl}$), aunque otros estudios muestran que no existen cambios en estos parámetros o incluso se observa un ligero incremento tras la intervención. También existen disminuciones en el nivel de glucosa ($1,1\pm 0,11\text{mmol/l}$) y presión arterial diastólica y sistólica. El pico de consumo de oxígeno presentó aumentos significativos en la mayoría de estudios analizados ($27,7\pm 4,4\%$; $22,3\pm 3,5\%$; $9,1\%$; $7,9\%$; $7,9\%$).

Conclusión. El entrenamiento interválico de alta intensidad permite mejoras en: perímetro de la cintura, sensibilidad a la insulina, presión sanguínea y pico de consumo de oxígeno. También puede resultar efectivo para controlar el peso corporal y reducir la masa grasa. Sin embargo, no está claro que pueda ser efectivo para la modificación de los valores lipídicos por la controversia en los resultados.

Palabras clave

Entrenamiento interválico de alta intensidad; salud cardiometabólica; composición corporal; valores lipídicos; presión sanguínea; fitness cardiorrespiratorio; obesidad; sobrepeso; HIIT

Abstract

Objective. The purpose of the present review was to know the situation in regard to how different cardiometabolic parameters and/or cardiometabolic health markers are influenced in overweight or obese people when a high-intensity interval training programme is applied.

Methods. A bibliographic search was carried out in the PubMed database. A total of 93 articles were analyzed and after inclusion a exclusion criteria application it were reduced to 12 the useful articles.

Results. There is a maintenance or significant decrease in body mass index ($2.1\pm 0.3\%$), body mass (3.3% , $\approx 2\%$), fat mass ($\approx 2\%$), and waist circumference. The effects on lipid values are varied between articles, certain significant decreases have occurred in some articles when we look cholesterol ($32.4\pm 5.2\text{mg/dl}$), low-density lipoprotein ($25.8\pm 16.5\text{mg/dl}$) and tryglicerides ($22.9\pm 3.4\text{mg/dl}$), however other studies show that there are not changes in these parameters or even a slight increase after the intervention is observed. Some articles show a reduction on glucose ($1.1\pm 0.11\text{mmol/l}$), diastolic and systolic blood pressure. Oxygen consumption peak suffers a significative increasing in the majority of studies analyzed ($27.7\pm 4.4\%$, $22.3\pm 3.5\%$, 9.1% , 7.9% , 7.9%).

Conclusions. High-intensity interval training allows improvements in: waist circumference, insulin sensitivity, blood pressure, lipid profile and peak of oxygen consumption. It also could control body weight and reduce fat mass. However, it is not clear that it could be effective for the modification of lipid values due to the controversy in the results.

Keywords

High-intensity interval training; cardiometabolic health; body composition; lipid values; blood pressure; cardio respiratory fitness; obesity; overweight; HIIT



Introducción

Actualmente más del 35% de los hombres y cerca del 40% de las mujeres tienen obesidad o sobrepeso⁽¹⁾. Se trata de un problema mayor asociado con una calidad menor de vida en personas, que además ven aumentado el riesgo de sufrir una enfermedad crónica o disfunción metabólica como diabetes tipo II o una enfermedad cardiovascular⁽²⁾. Dicha obesidad está asociada con una baja capacidad aeróbica, la cual se relaciona con el riesgo de mortalidad relacionado con enfermedades cardiovasculares y metabólicas⁽³⁾. Las personas con sobrepeso y obesidad están definidas con un índice de masa corporal (IMC) de 25-29,9 y $\geq 30,0$ kg/m² respectivamente⁽⁴⁾.

Entre los factores de riesgo cardiovascular se sitúan la hipertensión, sedentarismo y otros marcadores sanguíneos como el colesterol, el nivel de triglicéridos, glucosa e insulinoresistencia⁽⁴⁾. Por lo general, la actividad física desciende este riesgo, promueve la salud cardiometabólica y reduce la posibilidad de sufrir obesidad^(5,6), controlando el peso, reduciendo la adiposidad central⁽⁷⁾ y la visceral⁽⁸⁾; disminuyendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, diabetes e hipertensión⁽⁶⁾, así como de morbilidad y mortalidad relacionadas con enfermedades metabólicas, pero no existe un programa de ejercicio establecido que mejore todos estos parámetros.

Debemos tener en cuenta que las recomendaciones sobre prescripción de ejercicio según el *American College of Sports Medicine*⁽⁹⁾ son: 150-250 min/semana de ejercicio a intensidad moderada para prevenir la ganancia de peso y más de 250 min/semana para producir una pérdida de peso significativa, en relación a estos valores la mayoría de personas achaca su inactividad a la falta de tiempo para practicar actividad física regular. Por ello se busca un entrenamiento eficiente con respecto al tiempo de práctica, siendo ahí donde aparece el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT).

El HIIT se considera un ejercicio muy eficiente en relación al tiempo empleado para su práctica. Podemos conseguir grandes mejoras a través de menos tiempo y volumen de entrenamiento. Se caracteriza por periodos a altas intensidades (máximas o supramáximas) seguidos de otros periodos de intensidades más bajas. En estos, podemos variar aspectos como las series, la intensidad y el tiempo de trabajo, los ciclos, el tipo y la intensidad de la recuperación. Por lo general, cuando se aplica el HIIT en personas con problemas de salud se emplean programas que incluyen trabajos con un máximo de 240 seg/serie con esfuerzos aeróbicos máximos o submáximos, con periodos de recuperación entre ellos⁽¹⁰⁾.

Cada vez existe más evidencia de que realizar ejercicio a una mayor intensidad como es el caso del HIIT, produce beneficios en determinados marcadores de salud: disminuye los riesgos de sufrir una enfermedad cardiometabólica y obtiene mayores mejoras en *fitness*



cardiorrespiratorio, salud cardiovascular^(11,12,13,14) y capacidad aeróbica⁽¹⁵⁾ en personas sanas o con enfermedades crónicas^(16,17,18,19). Mejora en los niveles de glucosa en reposo y la presión sanguínea en personas con sobrepeso y obesidad⁽²⁰⁾; reduce la masa corporal^(21,22), la masa grasa^(21,23,24) y el perímetro de la cintura^(24,25). Centrándonos en la pérdida de grasa, el HIIT reduce en menor medida el porcentaje de oxidación de grasa durante el ejercicio. No obstante, debemos fijarnos en que es el total de la grasa oxidada la que determina la pérdida de peso, debiendo tener en cuenta que cuanto más intensidad y duración tenga el ejercicio, mayor será la oxidación de grasa tras el mismo^(26,27). Sin embargo, es preciso considerar que según otros estudios, el HIIT a través de intervenciones de corta duración no afecta a aspectos como la composición corporal^(28,29,30).

En relación al *fitness* cardiorrespiratorio – que es la capacidad de los sistemas cardiovascular y respiratorio para soportar un ejercicio intenso y prolongado⁽³¹⁾ y se considera el mayor predictor para desarrollar una enfermedad cardiovascular y morir debido a ella⁽³²⁾ – debemos tener en cuenta el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) – que es el volumen máximo que puede alcanzar un individuo por minuto cuando realiza una prueba de esfuerzo máxima –, que según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se trata de su mejor indicador⁽¹⁾. Realizar ejercicio físico a intensidades de alrededor el 90% de éste, provoca mejoras mayores que el ejercicio de intensidad moderada^(33,34,35). En personas que poseen patologías crónicas será más útil utilizar el VO_{2pico} – que es el pico de consumo de oxígeno tolerado por un sujeto en un ejercicio máximo – ya que estas personas no están capacitadas para llegar a un $VO_{2m\acute{a}x}$.

Como consecuencia a estos resultados conflictivos en determinados parámetros, se debe seguir investigando a través de un control más minucioso de variables que puedan afectar a los valores obtenidos, tales como la realización de práctica física ajena al estudio, la alimentación o la medicación de los sujetos.

Debido a que la mayoría de personas con obesidad y/o sobrepeso son sedentarias o insuficientemente activas, y a que muchos acusan la falta de actividad física a la falta de tiempo, el objetivo de este trabajo es conocer la situación actual en lo referido a cómo afecta el HIIT a personas adultas con obesidad y/o sobrepeso centrandolo la atención en diferentes indicadores de salud cardiometabólica: composición corporal (índice de masa corporal (IMC), masa corporal (MC), masa grasa (MG)); sanguíneos (lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL), triglicéridos (TG), glucosa, insulina); presión arterial diastólica (PAD) y sistólica (PAS); *fitness* cardiorrespiratorio: consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) y pico de consumo de oxígeno (VO_{2pico}).



Métodos

Búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda en la base de datos bibliográficos PubMed introduciendo las palabras “*high-intensity interval training and obesity*” obteniendo un total de 137 artículos el 5 de mayo de 2018; a continuación se seleccionaron los filtros “*Humans*” y “*Spanish and English*” y se obtuvieron un total de 93 artículos.

Clasificación de artículos

La clasificación de los artículos se puede observar en la Figura 1. Tras analizar los títulos de cada uno de ellos se eliminaron aquellos que no incluían en sus estudios HIIT⁽⁹⁾, no se desarrollaban en personas adultas con obesidad o sobrepeso⁽²²⁾ y aquellos que no tenían relación con el tema a tratar⁽³⁶⁾. Quedaron 26 artículos; y tras leer dichos artículos se eliminaron los que no incluían parámetros de salud cardiometabólica⁽⁵⁾ y aquellos en los cuales se administraba una dieta que pudiera afectar a los resultados⁽⁸⁾. De este modo, se mantuvieron un total de 13 artículos que pasaron a ser analizados para la revisión final. (Figura 1)

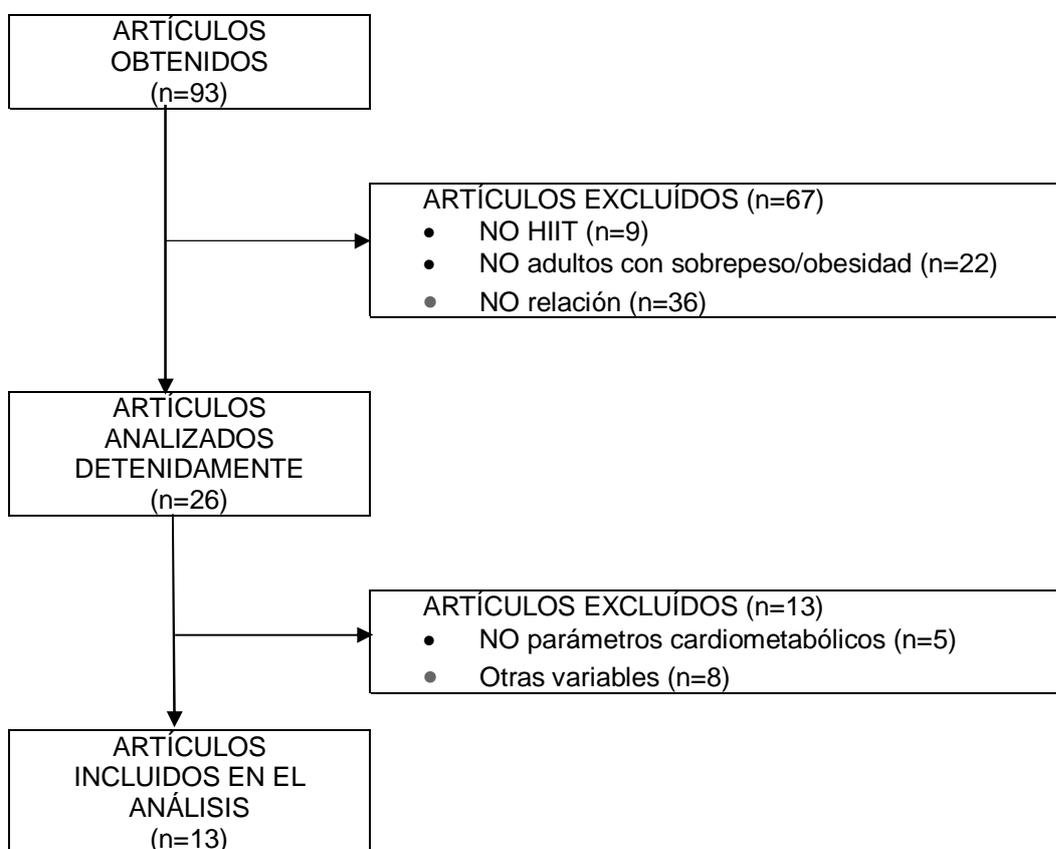


Figura 1. Clasificación de los artículos.



Criterios de inclusión

A la hora de incluir un artículo en la revisión final se tuvo en cuenta: a) Utilización de HIIT (o variante aeróbica). b) Personas con obesidad/sobrepeso: $IMC \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$. c) Personas adultas (≥ 18 años). d) Incluyen una valoración inicial y final de parámetros de salud cardiometabólica. e) Estudios escritos en inglés y español.

Criterios de exclusión

Se consideraba motivo de exclusión de esta revisión los siguientes puntos: a) Se aplica en animales. b) Utiliza un protocolo de intervención diferente al HIIT. c) Se aplica en personas sin obesidad o sobrepeso ($IMC < 25,0 \text{ kg/m}^2$). d) Se aplica en niños o adolescentes (< 18 años).

Resultados

A continuación, se recogen las características de los artículos en función de sus participantes y tipo de intervención llevada a cabo (Tabla 1) y los diferentes resultados expresados por sus autores en función de los parámetros analizados para esta revisión bibliográfica; se pueden observar los valores obtenidos para composición corporal y parámetros antropométricos (Tabla 2), la composición lipídica (Tabla 3) y los valores del metabolismo de la glucosa, presión arterial y consumo de oxígeno (Tabla 4).



Tabla 1. Características de los estudios

Estudio	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA			MÉTODO DE INTERVENCIÓN	
	Personas (n)	Edad (años)	IMC (kg/m ²)	Sesiones/Semanas	Protocolo
Alvarez et al., 2016 ⁽³⁶⁾	14	46±3	30,8±1,0	3/16	8-14 series de 30-58" al 90-100%FCr + 120" al ≤70FCr
Boyd et al., 2013 ⁽³⁷⁾	9	22,7±3,8	32,3±2,1	3/3	8-10 series de 60" al 100%PAM + 60" sin carga (80RPM)
Keating et al., 2014 ⁽¹⁰⁾	11	41,8	28,2	3/12	4-6 series de 30-60" al 120%VO _{2pico} + 120" baja intensidad
Kong, Fan, et al., 2016 ⁽³⁸⁾	13	21,5±4,0	25,8±2,6	4/5	60 series de 8"CCRM + 12" descanso pasivo
Kong, Sun, et al., 2016 ⁽³⁹⁾	10	19,8±0,8	25,5±2,1	4/5	60 series de 8"CCRM + 12" descanso pasivo
Maillard et al., 2016 ⁽⁴⁰⁾	8	69±1	32,6±1,7	2/16	60 series de 8" 77-85%FCm + 12" recuperación activa
Morales-Palomo et al., 2017 ⁽⁴¹⁾	23	53±9	33,0±3,8	3/16	4 series de 4' al 90%FCm + 3' al 70%FCm
Nikseresht et al., 2016 ⁽⁴²⁾	8	39,6±3,7	ND	3/12	4 series de 4' al 80-90%FCm + 3' al 65%FCm
Sawyer et al., 2016 ⁽⁴³⁾	9	35,6±8,9	37,4±6,2	3/8	10 series de 1' al 90-95%FCm + 1' baja intensidad (25-50W)
Schjerve et al., 2008 ⁽³⁾	14	46,9±2,2	36,6±1,2	3/12	4 series de 4' al 85-95%FCm + 3' al 50-60%FCm
Smith-Ryan et al., 2015 ⁽⁴⁴⁾	10	40,6±12,1	28,4±1,3	3/3	2MIN-HIIT: 5 series de 2' al 80-100%P + 1' de descanso
	10	36,5±12,3	32,1±4,4		1MIN-HIIT: 10 series de 1' al 90%P + 1' de descanso
Smith-Ryan et al., 2016 ⁽⁴⁵⁾	10	33,6±11,6	37,9±3,7	3/3	2MIN-HIIT: 5 series de 2' al 80-100%P + 1' de descanso
	11	33,2±12,8	33,9±6,1		1MIN-HIIT: 10 series de 1' al 90%P + 1' de descanso
Vella et al., 2017 ⁽⁴⁶⁾	8	18-44	29,9±3,3	4/8	10 series de 1' al 75-80%FCr + 1' al 35-40%FCr

CCRM = Cadencia contra resistencia máxima; **FCm** = Frecuencia cardiaca máxima; **FCr** = Frecuencia cardiaca reserva; **HIIT** = Entrenamiento interválico de alta intensidad; **IMC** = Índice de masa corporal; **MIN** = Minutos; **ND** = No datos; **P** = Potencia; **PAM** = Potencia aeróbica máxima; **RPM** = Revoluciones por minuto;



Tabla 2. Composición corporal y medidas antropométricas.

Estudio	IMC (kg/m ²)	MC (kg)	MG (kg)	%MG	Cint (cm)
Alvarez et al., 2016 ⁽³⁶⁾	↓S 2,1±0,3%	↓S 1,6±0,2	ND	ND	↓S 4,1±0,6
Boyd et al., 2013 ⁽³⁷⁾	NC	NC	ND	ND	↓NS
Keating et al., 2014 ⁽¹⁰⁾	ND	NC	NC	NC	↓NS
Kong, Fan, et al., 2016 ⁽³⁸⁾	NC	NC	NC	ND	ND
Kong, Sun, et al., 2016 ⁽³⁹⁾	NC	NC	NC	ND	ND
Maillard et al., 2016 ⁽⁴⁰⁾	NC	NC	↓NS≈2 29,1±2,9 a 28,3±2,9	↓NS 36,2±1,7 a 35,2±1,5	NC
Morales-Palomo et al., 2017 ⁽⁴¹⁾	1 ^a ↓S 32,9±0,8 a 32,1±0,7 2 ^a ↓NS 3 ^a ↓NS	1 ^a ↓S 95,05±2,9 a 92,6±2,5 2 ^a ↓NS 3 ^a ↓NS	ND	ND	1 ^a ↓S 2 ^a ↓NS 3 ^a ↓S
Nikseresht et al., 2016 ⁽⁴²⁾	ND	↓S 3,3%	ND	↓S 7,8%	↓S 102,6±6,6 a 95,6±4,8
Sawyer et al., 2016 ⁽⁴³⁾	NC	NC	↓NS 51,5±14,0 a 50,6±14,1	↓ST 45,6±5,3 a 44,8±5,8	↓S 117,4±18,8 a 114,7±19,4
Schjerve et al., 2008 ⁽³⁾	↓S 36,6±1,2 a 36,0±1,2	↓S 2%	↓S 2,2%	ND	ND
Smith-Ryan et al., 2015 ⁽⁴⁴⁾	ND	ND	NC	NC	ND
Smith-Ryan et al., 2016 ⁽⁴⁵⁾	ND	ND	↓NS 1,83±1,48 ↓NS 2,07±1,40	↓NS ↓NS	ND
Vella et al., 2017 ⁽⁴⁶⁾	ND	NC	NC	NC	101,3±3,2 a 104,5±1,5

Cint = Cintura; **IMC** = Índice de masa corporal; **MC** = Masa corporal; **MG** = Masa grasa; **NC** = No cambios; **ND** = No datos; **NS** = Cambio no significativo basal vs posintervención; **S** = Cambio significativo basal vs posintervención; **ST** = Cambio significativo basal vs posintervención en relación al tiempo de intervención



Tabla 3. Valores lipídicos.

Estudio	Col (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL (mg/dl)	TG (mg/dl)
Alvarez et al., 2016 ⁽³⁶⁾	↓NS 187±4 a 183±4	↑S 10,1±1,1	↓NS 128±4 a 126±5	↓S 22,9±3,4
Boyd et al., 2013 ⁽³⁷⁾	ND	ND	ND	ND
Keating et al., 2014 ⁽¹⁰⁾	NC	NC	NC	NC
Kong, Fan, et al., 2016 ⁽³⁸⁾	NC	NC	NC	NC
Kong, Sun, et al., 2016 ⁽³⁹⁾	ND	ND	ND	ND
Maillard et al., 2016 ⁽⁴⁰⁾	↓Ratio Total Col/HDL 185,57±11,6 a 181,7±19,33	↓Ratio Total Col/HDL 50,26±3,87 a 54,12±3,87	↑NS 100,52±11,6 a 104,38±11,6	NC
Morales-Palomo et al., 2017 ⁽⁴¹⁾	1 ^a ↑NS 193,3±6,7 a 196,1±6,5 2 ^a ↓S 197,5±7,6 a 182,3±7,1	ND	1 ^a ↑NS 130,2±5,7 a 133,7±5,9 2 ^a ↓S 127,9±6,2 a 114,9±6,2	ND
Nikseresht et al., 2016 ⁽⁴²⁾	↓S 224,5±28,9 a 192,1±23,7	↑S 33,8±3,9 a 43,6±8,0	↓S 132,2±26,2 a 106,4±9,7	↓NS 182,0±47,0 a 160,4±72,4
Sawyer et al., 2016 ⁽⁴³⁾	↑NS	NC	↑NS	NC
Schjerve et al., 2008 ⁽³⁾	NC	NC	NC	NC
Smith-Ryan et al., 2015 ⁽⁴⁴⁾	NC	NC	↑NS	NC
Smith-Ryan et al., 2016 ⁽⁴⁵⁾	↑NS NC	NC NC	NC ↑NS	NC NC
Vella et al., 2017 ⁽⁴⁶⁾	↓NS 173,97±15,46 a 146,91±7,73	↓NS 54,12±3,87 a 42,63±3,87	↓NS 115,98±15,46 a 92,78±3,87	↑NS 87,5±17,5 a 96,25±17,5

Col = Colesterol; **HDL** = Lipoproteínas de alta densidad; **LDL** = Lipoproteínas de baja densidad; **NC** = No cambios; **ND** = No datos; **NS** = Cambio no significativo basal vs posintervención; **S** = Cambio significativo basal vs posintervención; **TG** = Triglicéridos



Tabla 4. Glucosa, insulina, presión sanguínea y consumo de oxígeno.

Estudio	Glu (mmol/l)	Ins (iu/l)	PAD (mmHg)	PAS (mmHg)	VO _{2pico} (ml/kg/min)
Alvarez et al., 2016 ⁽³⁶⁾	↓S 1,1±0,11	ND	NC	↓S 3,7±0,5	ND
Boyd et al., 2013 ⁽³⁷⁾	NC	NC	ND	ND	↑S 27,7±4,4%
Keating et al., 2014 ⁽¹⁰⁾	NC	ND	NC	NC	↑S 22,3±3,5%
Kong, Fan, et al., 2016 ⁽³⁸⁾	ND	ND	ND	ND	↑S 9,1%
Kong, Sun, et al., 2016 ⁽³⁹⁾	↓S 4,5±0,2 a 4,4±0,4	ND	ND	ND	↑S 7,9%
Maillard et al., 2016 ⁽⁴⁰⁾	NC	ND	ND	ND	ND
Morales-Palomo et al., 2017 ⁽⁴¹⁾	1 ^a ↓S 2 ^a NC 3 ^a NC	ND	1 ^a ↓S 2 ^a ↓NS 3 ^a ↓NS	1 ^a ↓S 2 ^a ↓NS 3 ^a ↓NS	ND
Nikseresht et al., 2016 ⁽⁴²⁾	↓S 5,64±0,42 a 5,36±0,36	ND	ND	ND	↑S 39,4±4,6 a 45,6±4,6
Sawyer et al., 2016 ⁽⁴³⁾	NC	NC	ND	ND	ND
Schjerve et al., 2008 ⁽³⁾	NC	NC	↓S 7%	NC	ND
Smith-Ryan et al., 2015 ⁽⁴⁴⁾	2MIN ↓S 5,49±2,04 a 5,09±0,9 1MIN ↓S 4,93±0,36 a 4,89±0,42	2MIN ↓S 16,9±15,6 a 9,8±5,0 1MIN ↓S 13,7±8,6 a 12,7±6,1	ND	ND	2MIN ↑NS 2,7 = 5% 1MIN ↑NS 3,4 = 9,5%
Smith-Ryan et al., 2016 ⁽⁴⁵⁾	NC	NC	ND	ND	2MIN ↑NS 2,98±1,95ml/kg/min 1MIN ↑NS 1,80±1,86ml/kg/min
Vella et al., 2017 ⁽⁴⁶⁾	NC	NC	NC	NC	↑S 7,5%

Glu = Glucosa; **Ins** = Insulina; **NC** = No cambios; **ND** = No datos; **NS** = Cambio no significativo basal vs posintervención; **PAD** = Presión arterial diastólica; **PAS** = Presión arterial sistólica; **S** = Cambio significativo basal vs posintervención; **VO_{2pico}** = Pico de consumo de oxígeno



Debemos tener en cuenta que todos los resultados se han expresado en función de lo indicado por cada autor, por tanto ninguno de los datos mostrados en este apartado ha sido interpretado ni clasificado por propia interpretación de los autores de esta revisión; es por ello que están indicados en función de cada artículo con el porcentaje de variación, el cambio en valores numéricos o mostrando tanto los valores basales como los post intervención. Aquellos datos que según sus autores no sufrían variación alguna han sido suprimidos de las tablas para una mejor comprensión de las mismas.

Se ha observado que 3 sesiones de HIIT durante 16 semanas, con 8-14 series de 30-58" al 90-100% de la frecuencia cardíaca de reserva (FCr), acompañados de 120" a menos del 70% FCr permiten disminuir de manera significativa el IMC ($2,1\pm 0,3\%$), la MC ($1,6\pm 0,2\text{kg}$), el perímetro de cintura ($4,1\pm 0,6\text{cm}$), los TG en sangre ($22,9\pm 3,4\text{mg/dl}$), así como la glucosa ($1,1\pm 0,11\text{mmol/l}$) y la PAS ($3,7\pm 0,5\text{ mmHg}$), además, permite un aumento significativo en HDL⁽³⁶⁾ ($10,1\pm 1,1\text{mg/dl}$).

Es preciso destacar el trabajo realizado por Morales-Palomo⁽⁴¹⁾, el cual consistió en un estudio longitudinal realizado durante tres años consecutivos, aplicando 3 sesiones semanales durante las 16 primeras semanas de cada año. Se empleaban 4 series de 4' al 90% de la frecuencia cardíaca máxima (FC_{max}) seguidas de 3' al 70% FC_{max}, consiguiendo resultados variados en cada una de las intervenciones. Se produjo un descenso significativo de los valores de IMC, MC, perímetro de cintura, glucosa, PAS y PAD tras la primera intervención, debiendo tener en cuenta que aunque dichos valores también disminuyeron en las siguientes intervenciones, no lo hicieron de manera significativa a excepción del perímetro de cintura de la 3ª intervención. No obstante, a diferencia de la primera intervención, se produjo un descenso significativo del colesterol y LDL de la 2ª intervención. Un aspecto muy destacable fue que aunque tras cada intervención la mayoría de valores volvía a los basales, la PAS y la PAD no lo hacían, sino que se mantenían cerca de los obtenidos tras la aplicación del HIIT.

Según Nikseresht, Hafezi Ahmadi, & Hedayati⁽⁴²⁾ un programa de HIIT con 3 sesiones durante 12 semanas con 4 series largas de 4' al 80-90% de la FC_{max} y 3' al 65% FC_{max}, permiten disminuir de manera significativa la MC (3'3%), el %MG (7'8%), el perímetro de cintura, el colesterol, LDL y glucosa; también disminuye de manera no significativa los valores de TG y aumenta significativamente el VO_{2pico}.

Se puede comprobar que la mayoría de estudios analizados producen un aumento en mayor o menor medida del VO_{2pico}, (Tabla 4) lo cual sugiere que a pesar de las diferentes intensidades y volúmenes, el HIIT produce mejoras en dicho parámetro.



Discusión

Para una mejor comprensión se abordará este apartado en los siguientes subapartados: composición corporal y medidas antropométricas; valores lipídicos; metabolismo de la glucosa; presión sanguínea; pico de consumo de VO_2 ; limitaciones.

Composición corporal y medidas antropométricas

En la mayoría de estudios observados, sus autores no han obtenido variaciones en los valores finales con respecto a los basales cuando observamos el IMC, el cual se mantiene prácticamente en su mismo nivel; cabe destacar que según Alvarez et al.⁽³⁶⁾ realizar una intervención durante 16 semanas con 3 sesiones semanales empleando intensidades entre 90-100% FC_r provocó un descenso significativo en este valor del $2,1 \pm 0,3\%$. En esta misma línea, Morales-Palomo et al.⁽⁴¹⁾ pudieron comprobar que esa misma duración en semanas y sesiones, fue suficiente para reducir el IMC durante su primer año de intervención de $32,9 \pm 0,8$ a $32,1 \pm 0,7$ kg/m², además en las posteriores intervenciones en los dos años consecutivos también se produjo un descenso no significativo de este parámetro. Esto ya había sido demostrado por Schjerve et al.⁽³⁾, que consiguieron un descenso significativo del mismo con la aplicación de un entrenamiento de 3 sesiones semanales durante 12 semanas, utilizando en este caso valores del 85-96% FC_{max}. Por otro lado, la mayoría de estudios mostraron que no se produjo cambio en este parámetro^(37,38,39,40,43).

Con respecto a la MC, podemos encontrarnos con que aquellos que vieron reducido su IMC también redujeron su MC, lo que indica que dicho descenso está directamente relacionado. En el caso de Alvarez et al.⁽³⁶⁾ se produjo un descenso medio de $1,6 \pm 0,2$ kg; otros estudios⁽⁴¹⁾ observaron un descenso de 2,4 kg. Además también vieron reducida la MC durante las posteriores intervenciones; por último, se comprobó⁽³⁾ que tras la intervención el descenso de MC fue de un 2%. Cabe destacar, que una intervención con una duración de 12 semanas con 3 sesiones semanales consigue disminuir un 3'3% la MC cuando se emplean intensidades del 80-90% de la FC_{max}⁽⁴²⁾, por tanto este se trató de un método muy similar al ya utilizado por los nombrados Schjerve et al.⁽³⁾. La mayoría de estudios analizados no mostraron cambios tras la intervención^(37,10,38,39,40,43).

En cuanto a la MG podemos destacar que a pesar de que existen disminuciones en los valores post intervención con respecto a los basales de algunos estudios, no se produce una variación significativa en ninguno de ellos. Se ven pequeñas disminuciones tras una intervención de 5 semanas con 4 sesiones por semana empleando series de máxima intensidad y corta duración⁽³⁹⁾ (8"), y tras la metodología aplicada por Sawyer et al.⁽⁴³⁾ que



incluye 8 semanas con 3 sesiones semanales con 1' al 90-95% FC_{max} . Además, tras 12 semanas con 2 sesiones semanales con intensidades de 77-85% FC_{max} y poca duración⁽⁴⁰⁾ y tras 3 semanas con 3 sesiones semanales empleando el método 1MIN-HIIT o 2MIN-HIIT se produce un descenso de alrededor de 2kg de MG⁽⁴⁵⁾, esto es comparable a resultados anteriormente obtenidos, en los cuales se produjeron descensos de 1,9kg tras 12 semanas de entrenamiento⁽⁴⁷⁾. Otros estudios en cambio no mostraron cambios en este parámetro^(10,38,45). Los resultados obtenidos en cuanto a la MG y %MG muestran que el HIIT apenas produce una disminución de los mismos, pero se sugiere que series de más de 30" provocan mayor disminución de estos⁽²²⁾, además, existe la hipótesis de que iniciar la intervención con valores altos de MG puede provocar que dicho descenso sea mayor⁽²³⁾.

Si nos centramos en el %MG podemos observar que los valores finales apenas se ven influidos con respecto a los basales, según lo indicado por los autores se producen cambios significativos gracias al entrenamiento aplicado por Schjerve et al.⁽³⁾ que consiguieron reducir la MG un 2'2% en un periodo de 12 semanas, apoyando esto destacamos el descenso en un 7'8% de este valor tras la aplicación de igual duración⁽⁴²⁾. Disminuciones no significativas de este parámetro se observaron también tras intervenciones de 12 semanas con 2 sesiones semanales⁽⁴⁰⁾, 8 semanas con 3 sesiones semanales⁽⁴³⁾ y 3 semanas con 3 sesiones semanales⁽⁴⁵⁾; tomando este último método es destacable tener en cuenta que se produce una disminución significativa del %MG con relación al tiempo de entrenamiento, no obstante, estos mismos autores no observaron dichos cambios significativos tras aplicar el mismo método un año previo⁽⁴⁴⁾, siendo aplicados el primero en hombres y el segundo en mujeres. La controversia y falta de beneficios claros no permite indicar que el HIIT produzca un beneficio en los niveles de MG total en personas con sobrepeso u obesidad, ya que determinados artículos muestran que el HIIT reduce la MG total^(21,22,28); pero por otro lado, en uno de los artículos incluidos en esta revisión, el cual se centra en las mejoras grasas a través del ejercicio continuo y el HIIT y en otros que también controlaban esta MG, no se producen mejoras^(10,44); no obstante teniendo en cuenta que ciclos de alta intensidad como el HIIT aumentan significativamente el nivel de catecolaminas y la hormona del crecimiento, que estimulan la lipólisis^(22,48) se sugiere que el HIIT podría ser efectivo para reducir en concreto la grasa visceral⁽⁴⁹⁾.

Por último, podemos encontrarnos con que en cuanto al perímetro de cintura, los artículos coinciden con un descenso mayor o menor de la misma tras la aplicación del entrenamiento. Teniendo en cuenta los estudios analizados, el perímetro cintura disminuye de manera significativa⁽³⁶⁾ $4,1 \pm 0,6$ cm. Se produjeron descensos significativos también tras intervenciones de 12⁽⁴²⁾ y 8 semanas⁽⁴³⁾, pudiendo emplearse tanto períodos de larga duración



(4') como otros más cortos (1') respectivamente. En relación con estos periodos más largos, en las intervenciones 1ª y 2ª del estudio de Morales-Palomo et al.⁽⁴¹⁾ se produce una disminución significativa de dicho perímetro y en la 3ª disminuye de manera no significativa. Hay que añadir que otros estudios^(37,10) mostraron también una disminución del perímetro de cintura empleando 3 sesiones durante 3 semanas en el primer caso y 3 sesiones durante 12 semanas en el segundo, en ambos casos las intensidades eran máximas e incluso alcanzaban el 120%VO_{2pico}⁽¹⁰⁾. Al contrario que todos los estudios previamente nombrados, uno de los analizados provoca un aumento post-intervención del perímetro de cintura de 101,3±3,2 a 104,5±1,5cm, no concluyendo por qué se produce dicho aumento⁽⁴⁶⁾. Únicamente hubo un estudio de los analizados que no mostró variación en el perímetro de cintura⁽⁴⁰⁾.

Valores lipídicos

Los lípidos sanguíneos están asociados con las enfermedades cardiovasculares⁽⁵⁰⁾; al observar los valores de colesterol nos encontramos con que según Nikseresht et al.⁽⁴²⁾ en 12 semanas se consigue disminuir de manera significativa el nivel sanguíneo de colesterol pasando de 224,5±28,9 a 192,1±23,7mg/dl, también se consiguió un descenso significativo de este valor durante la 2ª intervención de 16 semanas realizada por Morales-Palomo et al.⁽⁴¹⁾, no obstante en las otras dos intervenciones esto no se produjo, y en la 1ª incluso el colesterol post intervención se vio aumentado respecto al basal; este aumento también se produjo tras la aplicación del método de Sawyer et al.⁽⁴³⁾ y en 1MIN-HIIT⁽⁴⁵⁾. El resto de autores mostraron un ligero descenso del colesterol, pero debemos especificar que según sus autores dichos cambios no se consideran cambios significativos en los valores^(44,46).

En la mayoría de artículos que incluyen el análisis de HDL durante sus intervenciones muestran un aumento de sus valores post-intervención con respecto a los basales a excepción del artículo de Vella et al.⁽⁴⁶⁾ que muestra una disminución tras 8 semanas de intervención de 54,12±3,87 a 42,63±3,87mg/dl. Por el contrario, se produjo un aumento significativo de 10,1±1,1mg/dl tras 16⁽³⁶⁾ y 12⁽⁴²⁾ semanas de intervención; en concordancia con esto se produjo un aumento significativo después de 4 meses de intervención en personas con obesidad, no obstante debemos tener en cuenta que la falta de entrenamiento devuelve estos valores a su estado basal⁽⁵¹⁾. A partir del estudio de Kong, Fan, et al.⁽³⁸⁾ podemos obtener que 5 semanas con 4 sesiones semanales son suficientes para aumentar de manera no significativa la cantidad de HDL existente, dicho aumento se produce en la misma medida cuando se aplica una intervención durante 16 semanas con 3 sesiones semanales⁽⁴⁰⁾; debemos tener en cuenta que en ambos casos emplean un gran número de series con baja duración de cada una de ellas



(8^o). Los demás artículos muestran un aumento reducido de la cantidad de HDL intragrupo post-intervención con respecto al basal^(43,44,45).

En cuanto a las LDL podemos comprobar que solo se da una disminución significativa tras la aplicación de una intervención de 12 semanas con 3 sesiones por semana⁽⁴²⁾. En el caso de la 2^a intervención de 16 semanas con 3 sesiones semanales y ciclos largos de alta intensidad (4' al 90% FC_{max}) también se produce una disminución significativa, no obstante esta no se da ni en la 1^a (en la que se ve incluso aumentados los valores post-intervención con respecto a los basales) ni en la 3^a. Los resultados en el resto de estudios son bastante conflictivos, ya que podemos comprobar que en algunos casos se produce un aumento de los resultados post-intervención con respecto a los basales^(40,41,43,44,45) (1^a intervención, 1MIN-HIIT y 2MIN-HIIT respectivamente), y en otros casos se produce una disminución^(36,38,44,45) (2MIN-HIIT y 1MIN-HIIT respectivamente) la cual es especialmente notoria en el estudio realizado por Vella et al.⁽⁴⁶⁾.

Nos encontramos de nuevo con la controversia de resultados, en este caso con respecto a la concentración de TG. Se puede comprobar la disminución significativa de TG en 22,9±3,4mg/dl tras 16 semanas de intervención⁽³⁶⁾, apoyando a esto se produce una disminución pero no significativa de los mismos gracias a métodos de 5⁽³⁸⁾, 12 semanas⁽⁴²⁾ y 3 semanas de intervención en el grupo 2MIN-HIIT⁽⁴⁴⁾; según Elmer, Laird, Barberio, & Pascoe⁽⁵²⁾ un programa de HIIT durante 8 semanas disminuye significativamente los triglicéridos en hombres.

En contra de esto, nos encontramos con que según determinados autores^(11,23,44,45,46) no se producen mejoras en los niveles de colesterol, LDL y TG (2MIN-HIIT; 1 y 2MIN-HIIT respectivamente). Además según algunos estudios 6 semanas son suficientes para ver reducido el colesterol total y el nivel de triglicéridos en personas adultas, jóvenes, con obesidad y sobrepeso⁽⁵⁰⁾.

Metabolismo de la glucosa

En base al estudio de Kong, Sun, et al.⁽³⁹⁾ un método que sigue 5 semanas con gran cantidad de series de poco tiempo (8^o) es eficiente con respecto al tiempo de aplicación para disminuir de manera significativa el nivel de glucosa, estudios previos ya mostraban que el ejercicio de corta duración mejoraba el control de la glucosa^(53,54,55). Esto va en concordancia con los estudios realizados por Alvarez et al.⁽³⁶⁾ observaron que 16 semanas de intervención con series de unos 30-60" permitían disminuir de manera significativa el nivel de glucosa 1,1±0,11mmol/l. Este descenso significativo post-intervención de 16 semanas también se produjo en la 1^a intervención de Morales-Palomo et al.⁽⁴¹⁾; además, Nikseresht et al.⁽⁴²⁾,



demonstraron que con la aplicación durante 12 semanas de series largas (4') era suficiente para producir un descenso significativo de este parámetro; hay que tener en cuenta que con tan solo 3 semanas de intervención aplicando 2MIN-HIIT y 1MIN-HIIT también se observa un descenso significativo⁽⁴⁴⁾, en relación a estos autores, un artículo publicado posteriormente por ellos mismos indica que la concentración de insulina mejoró en un 46% siguiendo el mismo protocolo de intervención⁽⁴⁵⁾; literatura previa ya mostraba un efecto positivo tanto en sensibilidad a la insulina – sin mejorar sus parámetros de glucosa^(6,56) – como en glucosa sanguínea en personas con sobrepeso^(57,58). En el resto de estudios no se vieron cambios tras la intervención en el nivel de glucosa; con respecto al de insulina, se produjeron descensos no significativos en los artículos incluidos^(37,43). Otros estudios previos incluyendo series de corta duración (8-30") no mostraron influencia en insulina y lípidos sanguíneos^(21,59).

Presión sanguínea

En cuanto a la presión sanguínea son poco los artículos incluidos en este aspecto, destacando que tanto la presión arterial diastólica (PAD) como la presión arterial sistólica (PAS) se ven reducidas tras las respectivas intervenciones. Se produjo un descenso significativo del 7% (6-8mmHg) de la PAD tras aplicar un programa durante 12 semanas con series largas⁽³⁾ (4'), con la misma duración y series más cortas (30-60") se produjo un descenso no significativo PAD y PAS, siendo mayor el descenso de la segunda⁽¹⁰⁾; también se produjo una pequeña disminución de este parámetro con la metodología de 8 semanas aplicada por Vella et al.⁽⁴⁶⁾, la cual a su vez produjo un aumento de la PAS. Ambos parámetros disminuyeron significativamente en la 1ª intervención y de manera no significativa tras la 2ª y 3ª intervención al aplicar un protocolo de 16 semanas con series largas⁽⁴¹⁾ (4'), por último y de acuerdo con esto, según Alvarez et al.⁽³⁶⁾ se produjo un descenso significativo de 3,7±0,5mmHg en la PAS post intervención con respecto al nivel basal. Por tanto observamos que este ejercicio tiene un efecto positivo en la presión sanguínea, como ya habían indicado otros autores^(51,60). Cabe destacar que un descenso de 6-8mmHg de la PAD se tradujo en un descenso del 30% riesgo de padecer una muerte prematura⁽⁶¹⁾. A favor de este descenso en la PAS, nos encontramos con un estudio que muestra la reducción de ≈13mmHg de la misma⁽⁶²⁾; por el contrario existen otras intervenciones que no han mostrado ninguna mejora de presión sanguínea^(63,64).

Pico de consumo de VO₂

El VO_{2pico} se ve aumentado en todos los estudios que incluyen dicho parámetro en sus análisis, podemos encontrar que con 3 semanas es suficiente para producir un aumento significativo del mismo aumentando en un 27,7±4,4%⁽³⁷⁾, además también con periodos de



igual duración se produjeron aumentos no significativos de dicho valor en los estudios realizados por Smith-Ryan et al.^(44,45) siendo de un 5% (2,7ml/kg/min) y 9% (3,4ml/kg/min) en 2MIN-HIIT y 1MIN-HIIT respectivamente para el estudio de 2015 y de 2,98±1,95ml/kg/min (2MIN-HIIT) y 1,80±1,86ml/kg/min (1MIN-HIIT) para el de 2016; un aumento similar se produjo en programa de 12 semanas de HIIT con una población similar⁽⁵⁹⁾. Con intervenciones de 5 semanas y mismo protocolo se produjo un aumento significativo del VO_{2pico} según Kong, Fan, et al.⁽³⁸⁾ y Kong, Sun, et al.⁽³⁹⁾ del 9,1 y 7,9% respectivamente, además previamente la aplicación del mismo protocolo durante 15 semanas produjo un aumento del 15% del VO_{2pico} ⁽²²⁾, por tanto la menor magnitud del aumento de este parámetro se puede deber a la menor duración de la intervención. Con respecto al 1MIN-HIIT, debemos tener en cuenta que se produce un aumento significativo del 7,5% del VO_{2pico} empleando series de 1' durante 8 semanas⁽⁴⁶⁾ lo que clínicamente es significativo y reduce el riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular un 14%⁽⁶⁵⁾. También los métodos de 12 semanas de duración ya sea empleando series medias⁽¹⁰⁾ (30-60") o largas⁽⁴²⁾ (4') produjeron un aumento en los sujetos del 22,3±3,5% en el primer caso y un cambio de 39,4±4,6 a 45,6±4,6ml/kg/min en el segundo caso.

Por tanto, el HIIT es un buen método para favorecer el aumento del consumo de oxígeno incluso en 3 semanas; se ha comprobado que la mejora del VO_{2pico} es dependiente de la intensidad y volumen del entrenamiento⁽³⁷⁾, por lo que realizar ejercicio con una intensidad más alta provoca un mismo⁽⁶⁶⁾ o incluso mayor^(67,68) aumento de VO_{2pico} que el entrenamiento de resistencia, a pesar del bajo volumen de entrenamiento empleado para el HIIT. Teniendo en cuenta que el *fitness* cardiorrespiratorio es un potente predictor de salud y mortalidad⁽⁶⁹⁾, se debe tener en cuenta el HIIT como medio para disminuir el riesgo cardiometabólico en personas con sobrepeso, teniendo en cuenta que cada 1-MET que se mejore en este *fitness*, se asoció con una disminución del riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular de un 15%⁽⁷⁰⁾.

Destacar también que según dos de los artículos analizados – los cuales no incluían entre sus parámetros el VO_{2pico} – en relación al volumen de oxígeno máximo ($VO_{2máx.}$), se pudo observar un aumento significativo del 33% tras una intervención de 12 semanas con series largas⁽³⁾ y no significativo tras la aplicación de 8 semanas con series medias (1') de 2,19±0,65l/min⁽⁴³⁾.

Limitaciones

La presente revisión cuenta con algunas limitaciones; la fuente de información se ha establecido en una sola base de datos. Desconocemos si utilizar más bases de datos podría haber aportado más estudios relacionados con la temática tratada; el idioma también puede ser



otra limitación ya que sólo los estudios publicados en inglés o español fueron incluidos. De igual modo, estudios escritos en otra lengua relacionados en este tema habrán quedado fuera de esta revisión.

Por último, en estudios tan específicos se debe llevar un control muy exhaustivo de los sujetos, puesto que cualquier cambio fuera del estudio como son el ejercicio físico añadido, el no control de la dieta, y la medicación, afectarán a los resultados obtenidos, pudiendo hacerlo en gran medida. Por ello será necesario también el control de dichos aspectos a la hora de sacar conclusiones y conocer si los cambios se deben al HIIT o a otros variables que no están bajo control.

Conclusión

Como conclusión final se puede afirmar, en base a los resultados obtenidos, que el HIIT puede considerarse un método muy eficiente para mejorar la salud de las personas con sobrepeso u obesidad con respecto al tiempo de entrenamiento utilizado durante sus sesiones. Tras realizar un análisis de los artículos, se ha constatado que este tipo de entrenamiento afecta positivamente al perímetro de la cintura, a la sensibilidad a la insulina, a la presión sanguínea y al pico de consumo de oxígeno, empleando niveles de práctica deportiva menores a los recomendados por el *American College of Sports Medicine*⁹; destacando sobre los demás el aumento que se produce en la totalidad de artículos en el $VO_{2\text{pico}}$, que se producirá en mayor o menor medida en función de la intensidad y el volumen de entrenamiento.

Además, se considera un método efectivo para el mantenimiento del peso corporal, permite reducir la MG conforme mayor sea el volumen de entrenamiento, y podría ser efectivo para reducir la grasa visceral. Los resultados relacionados con los valores lipídicos muestran una gran controversia, a pesar de que ciertos artículos muestran un aumento de HDL (que disminuye a su estado basal tras abandonar el entrenamiento) y un descenso de LDL y TG, otros establecen que no se producen cambios, por lo que no se puede esclarecer si es un método realmente útil si buscamos afectar positivamente a dichos parámetros. Estudios más exhaustivos serán necesarios para conseguir esclarecer cómo afecta el HIIT a cada uno de estos parámetros observados, por lo que futuras investigaciones deberían controlar todas las variables que pueden influir en los resultados y aplicar la intervención en una muestra mayor con el fin de obtener resultados más generalizados para una población con sobrepeso u obesidad.



Declaración de autoría

Respecto a la contribución de los diferentes autores para la elaboración del presente trabajo se afirma que todas las personas incluidas como autores cumplen los criterios de autoría, y que no se excluye a nadie que también los cumpla.

Financiación

Sin financiación.

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés.

Referencias

1. WHO. (2015). Obesity and overweight: fact sheet N^o 311 (updated January 2015). Janeiro 2015. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en>
2. Matsuzawa, Y., Funahashi, T., & Nakamura, T.. The Concept of Metabolic Syndrome: Contribution of Visceral Fat Accumulation and Its Molecular Mechanism. *J Atheroscler Thromb.* 2011; 18(8), 629–639. <https://doi.org/10.5551/jat.7922>
3. Schjerve, I. E., Tyldum, G. a, Tjønnna, A. E., Stølen, T., Loennechen, J. P., Hansen, H. E. M., Haram, P.M., Heinrich, G., Bye, A., Najjar, S.M., Smith, G. L., Slørdahl, S.A., Kemi, O.J., Wisløff, U.. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. *Clin Sci (Lond).* 2008; 115(9), 283–293. <https://doi.org/10.1042/CS20070332>
4. National Heart Lung and Blood Institute, & National Institutes of Health (NIH) National Heart, Lung, and Blood Institute, N. . Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The Evidence Report, NIH Publication No. 98-4083. *WMJ official publication of the State Medical Society of Wisconsin.* 1998; (Vol. 158). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2003/>
5. Anderssen, S. A., Carroll, S., Urdal, P., & Holme, I. . Combined diet and exercise intervention reverses the metabolic syndrome in middle-aged males: Results from the Oslo Diet and Exercise Study. *Scand J Med Sci Sports.* 2007; 17(6), 687–695. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00631.x>



6. Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C.A., Heath, G.W., Thompson, P.D., Bauman, A. . Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8), 1423-1434. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27>
7. Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. . The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2017; 18(6), 635–646. <https://doi.org/10.1111/obr.12532>
8. Verheggen, R. J. H. M., Maessen, M. F. H., Green, D. J., Hermus, A. R. M. M., Hopman, M. T. E., & Thijssen, D. H. T. . A systematic review and meta-analysis on the effects of exercise training versus hypocaloric diet: distinct effects on body weight and visceral adipose tissue. *Obes Rev.* 2016; 17(8), 664–690. <https://doi.org/10.1111/obr.12406>
9. American College of Sports Medicine. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults - Position Stand. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(2), 459–471. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>
10. Keating, S. E., Machan, E. A., O'Connor, H. T., Gerofi, J. A., Sainsbury, A., Caterson, I. D., & Johnson, N. A. . Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *J Obes.* 2014; vol. 2014, Article ID 834865, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2014/834865>
11. Kessler, H. S., Sisson, S. B., & Short, K. R. . The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Med.* 2012; 42(6), 489–509. <https://doi.org/10.2165/11630910-000000000-00000>
12. Madsen, S. M., Thorup, A. C., Overgaard, K., & Jeppesen, P. B. . High intensity interval training improves glycaemic control and pancreatic β cell function of type 2 diabetes patients. *PLoS One.* 2015; 10(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133286>
13. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. . The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015; 45(5), 679–692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z>
14. Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. . High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2014; 48(16), 1227-1234. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013->



092576

15. Gormley, S. E., Swain, D. P., High, R., Spina, R. J., Dowling, E. A., Kotipalli, U. S., & Gandrakota, R. . Effect of intensity of aerobic training on VO₂max. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(7), 1336–1343. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816c4839>
16. Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. . VO₂max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *PLoS One.* 2013; 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073182>
17. Elliott, A. D., Rajopadhyaya, K., Bentley, D. J., Beltrame, J. F., & Aromataris, E. C. . Interval Training Versus Continuous Exercise in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-Analysis. *Heart Lung Circ.* 2015; 24(2), 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.09.001>
18. Liou, K., Ho, S., Fildes, J., & Ooi, S.-Y. . High Intensity Interval versus Moderate Intensity Continuous Training in Patients with Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Physiological and Clinical Parameters. *Heart Lung Circ.* 2016; 25(2), 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2015.06.828>
19. Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. . Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Med.* 2015; 45(10), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
20. Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. . Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med.* 2017; 51(6), 494-503. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>
21. Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. H.. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes.* 2012; vol. 2012, Article ID 480467, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2012/480467>
22. Trapp, E., Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. H. . The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women . *Int J Obes.* 2008; 32(4), 684–691. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803781>
23. Boutcher, S. H. . High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes.* 2011; vol. 2011, Article ID 868305, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
24. MacPherson, R. E. K., Hazell, T. J., Olver, T. D., Paterson, D. H., & Lemon, P. W. R. . Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(1), 115–122. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181e5eacd>



25. Hazell, T. J., Hamilton, C. D., Olver, T. D., & Lemon, P. W. R. . Running sprint interval training induces fat loss in women. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014; 39(March), 944–950. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0503>
26. Bahr, R., & Sejersted, O. M. . Effect of intensity of exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Metabolism.* 1991; 40(8), 836–841. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(91\)90012-L](https://doi.org/10.1016/0026-0495(91)90012-L)
27. Gillette, C. a, Bullough, R. C., & Melby, C. L. . Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *Int J Sport Nutr.* 1994; 4, 347–360. <https://doi.org/10.1123/ijns.4.4.347>
28. Gillen, J. B., Percival, M. E., Ludzki, A., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. . Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity.* 2013;21(11), 2249–2255. <https://doi.org/10.1002/oby.20379>
29. Metcalfe, R. S., Babraj, J. A., Fawcner, S. G., & Volvaard, N. B. J. . Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: Beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 112(7), 2767–2775. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2254-z>
30. Perry, C. G. R., Heigenhauser, G. J. F., Bonen, A., & Spriet, L. L. . High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008; 33(6), 1112–1123. <https://doi.org/10.1139/H08-097>
31. Vicente Campos, D. *Actividad física, fitness cardiorrespiratorio y factores de riesgo metabólico en niños y adolescentes.* Universidad Europea de Madrid. 2010.
32. Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. . Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA.* 1989; 262(17), 2395–2401. <https://doi.org/10.1001/jama.1989.03430170057028>.
33. Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., Hoff, J. . Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_2\text{max}$ more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
34. Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., & Slørdahl, S. A. . High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2004; 11(3), 216–222. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c>



35. Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P. M., Tjønnå, A.E., Helgerud, J., Slørdahl, S.A., Lee, S.J., Videm, V., Bye, A., Smith, G.L., Najjar, S.M., Ellingsen, Ø., Skjærpe, T. . Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: A randomized study. *Circulation*. 2007; 115(24), 3086–3094.
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>
36. Alvarez, C., Ramirez-Campillo, R., Martinez-Salazar, C., Mancilla, R., Flores-Opazo, M., Cano-Montoya, J., & Ciolac, E. G. . Low-Volume High-Intensity Interval Training as a Therapy for Type 2 Diabetes. *Int J Sports Med*. 2016; 37(9), 723–729.
<https://doi.org/10.1055/s-0042-104935>
37. Boyd, J. C., Simpson, C. A., Jung, M. E., & Gurd, B. J. . Reducing the Intensity and Volume of Interval Training Diminishes Cardiovascular Adaptation but Not Mitochondrial Biogenesis in Overweight/Obese Men. *PLoS One*. 2013; 8(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068091>
38. Kong, Z., Fan, X., Sun, S., Song, L., Shi, Q., & Nie, J. . 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*. 2016; 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158589>
39. Kong, Z., Sun, S., Liu, M., & Shi, Q. . Short-Term High-Intensity Interval Training on Body Composition and Blood Glucose in Overweight and Obese Young Women. *J Diabetes Res*. 2016; vol. 2016, Article ID 4073618, 1-9.
<https://doi.org/10.1155/2016/4073618>
40. Maillard, F., Rousset, S., Pereira, B., Traore, A., de Pradel Del Amaze, P., Boirie, Y., Duclos, M., Boisseau, N. . High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes Metab*. 2016; 42(6), 433–441.
<https://doi.org/10.1016/j.diabet.2016.07.031>
41. Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., Lopez-Galindo, P. L., Fernandez-Martin, J., & Mora-Rodriguez, R. . Effects of repeated yearly exposure to exercise-training on blood pressure and metabolic syndrome evolution. *J Hypertens*. 2017; 35(10), 1992–1999. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001430>
42. Nikseresht, M., Hafezi Ahmadi, M. R., & Hedayati, M. . Detraining-induced alterations in adipokines and cardiometabolic risk factors after nonlinear periodized resistance and aerobic interval training in obese men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016; 41(10), 1018–1025. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0693>
43. Sawyer, B. J., Tucker, W. J., Bhammar, D. M., Ryder, J. R., Sweazea, K. L., & Gaesser, R. A. . High-intensity interval training improves cardiometabolic health in obese men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016; 41(10), 1026–1033. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0694>



- G. A. . Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. *J Appl Physiol.* 2016;121(1), 279–288. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00024.2016>
44. Smith-Ryan, A. E., Melvin, M. N., & Wingfield, H. L. . High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *Phys Sportsmed.* 2015; 43(2), 107–113. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1037231>
45. Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., Wingfield, H. L., & Blue, M. N. M. . Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic risk factors in overweight/obese women. *J Sports Sci.* 2016;34(21), 2038–2046. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1149609>
46. Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. . High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(9), 1203–1211. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1359679>
47. Zhang, H., Tong, T. K., Qiu, W., Wang, J., Nie, J., & He, Y. . Effect of High-Intensity Interval Training Protocol on Abdominal Fat Reduction in Overweight Chinese Women: a Randomized Controlled Trial. *Kinesiology.* 2015; 47(1), 57–66.
48. Christmass, M. A., Dawson, B., & Arthur, P. G. . Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999; 80(5), 436–447. <https://doi.org/10.1007/s004210050615>
49. Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., Gaesser, G.A., Weltman, A. . Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(11), 1863–1874. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181801d40>
50. Fisher, G., Brown, A. W., Bohan Brown, M. M., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., Resuehr, H., George, B., Allison, D. B. . High intensity interval- vs moderate intensity-training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: A Randomized controlled trial. *PLoS One.* 2015;10(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138853>
51. Mora-Rodriguez, R., Ortega, J. F., Hamouti, N., Fernandez-Elias, V. E., Cañete Garcia-Prieto, J., Guadalupe-Grau, A., Saborido, A., Martin-Garcia, M., Guio de Prada, M., Martinez-Vizcaino, V. . Time-course effects of aerobic interval training and detraining in patients with metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2014; 24(7), 792–798. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.01.011>
52. Elmer, D. J., Laird, R. H., Barberio, M. D., & Pascoe, D. D. . Inflammatory, lipid, and



- body composition responses to interval training or moderate aerobic training. *Eur J Appl Physiol.* 2016; 116(3), 601–609. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3308-4>
53. Francois, M. E., Baldi, J. C., Manning, P. J., Lucas, S. J. E., Hawley, J. A., Williams, M. J. A., & Cotter, J. D. . “Exercise snacks” before meals: A novel strategy to improve glycaemic control in individuals with insulin resistance. *Diabetologia.* 2014; 57(7), 1437–1445. <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3244-6>
54. Nie, J., Kong, Z., Baker, J. S., Tong, T. K., Lei, S. H., & Shi, Q. . Acute changes in glycemic homeostasis in response to brief high-intensity intermittent exercise in obese adults. *J Exerc Sci Fit.* 2012; 10(2), 97–100. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2012.10.007>
55. Trost, S. G., Owen, N., Bauman, A. E., Sallis, J. F., & Brown, W. . Correlates of adults’ participation in physical activity: Review and update. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(12), 1996-2001. <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00020>
56. Whyte, L. J., Gill, J. M. R., & Cathcart, A. J. . Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism.* 2010; 59(10), 1421–1428. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.01.002>
57. Hood, M. S., Little, J. P., Tarnopolsky, M. A., Myslik, F., & Gibala, M. J. . Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43(10), 1849–1856. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182199834>
58. Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. a, Punthakee, Z., Jung, M.E., Gibala, M. J. . Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol (1985).* 2011; 111(6), 1554–1560. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
59. Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., Bülow, J., Randers, M.B., Nielsen, J.J., Aagaard, P., Krstrup, P. . High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(10), 1951–1958. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d99203>
60. Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognmo, Ø., Stølen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., Loennechen, J.P., Al-Share, Q.Y., Skogvoll, E., Slørdahl, S.A., Kemi, O.J., Najjar, S.M., Wisløff, U. . Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome. *Circulation.* 2008; 118(4), 346–354. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.772822>
61. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, Collins R, P. R. . Age-specific relevance of blood pressure to vascular disease in one million people in 61 cohort studies. *Prospective Studies Collaboration. Lancet.* 2002;360(9349), 1903-1913.



-
- [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)11911-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(02)11911-8)
62. Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. . Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 24(2),69-76. <https://doi.org/10.1111/sms.12112>
63. Hollekim-Strand, S. M., Bjørgaas, M. R., Albrektsen, G., Tjønnå, A. E., Wisløff, U., & Ingul, C. B. . High-intensity interval exercise effectively improves cardiac function in patients with type 2 diabetes mellitus and diastolic dysfunction: A randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol*. 2014; 64(16), 1758-1760. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.07.971>
64. Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S., Nielsen, J., Thomsen, C., Pedersen, B., & Solomon, T. . The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. *Diabetes Care*. 2013; 36(2), 228–236. <https://doi.org/10.2337/dc12-0658>.
65. Lee, D. C., Sui, X., Artero, E. G., Lee, I. M., Church, T. S., McAuley, P. A., Stanford, F.C., Kohl, H.W., Blair, S. N. . Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the aerobics center longitudinal study. *Circulation*. 2011; 124(23), 2483–2490.
66. McKay, B. R., Paterson, D. H., & Kowalchuk, J. M. . Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol* (1985). 2009; 107(1), 128–138. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90828.2008>
67. Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., Hoff, J. . Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_2\text{max}$ more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
68. Tjønnå, A.E., Stølen, T.O., Bye, A., Volden, M., Slørdahl, S.A., Ødegård, R., Skogvoll, E., Wisløff, U. . Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci (Lond)*. 2009; 116(4), 317–326. <https://doi.org/10.1042/CS20080249>
69. ACSM guidelines. . ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins. 2017.
70. Kodama, S. . Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women. *JAMA*. 2009; 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>