

# **UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**GRADO EN FISIOTERAPIA**

**4º CURSO**

**2018-2019**

## **ALGORITMO BASADO EN LA EVIDENCIA PARA LA PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO INDIVIDUALIZADO EN LA OBESIDAD ADOLESCENTE (13-17 AÑOS)**

**AUTOR: ÁLVARO CUESTA GÓMEZ**

**DIRECTOR/A: MILAGROS ANTÓN OLÓRIZ**

**PRIMERA CONVOCATORIA: 20 DE MAYO**



## RESUMEN

**Introducción:** La obesidad adolescente es una patología en progreso y que conlleva numerosas comorbilidades tanto en esta época como en la edad adulta. Los tratamientos habitualmente se centran en recomendaciones sobre nutrición y actividad física, pero pocas veces se deriva a los pacientes a un programa de ejercicio físico.

**Objetivo:** Determinar qué métodos de ejercicio físico son óptimos para tratar las diferentes variables que ponen en riesgo la salud de los adolescentes obesos.

**Metodología:** Revisión bibliográfica a partir de fuentes de datos como PubMed, ScienceDirect, y Cochrane Library.

**Resultados:** Los tipos de ejercicio físico analizados mejoran la mayoría de las variables que se encuentran alteradas en la obesidad. Estos son: entrenamiento concurrente, entrenamiento interválico de alta intensidad, entrenamiento de fuerza y entrenamiento de resistencia aeróbica.

**Conclusiones:** Todos los tipos de ejercicio físico tienen efectos positivos en la obesidad. Se ha desarrollado un algoritmo de tratamiento para adolescentes obesos.

**PALABRAS CLAVE:** Obesidad adolescente; Entrenamiento aeróbico; Entrenamiento de fuerza; Entrenamiento concurrente; Entrenamiento interválico de alta intensidad

**PALABRAS TOTALES:** 14807



## ABSTRACT

**Background:** Obesity regarding adolescence is a progressing pathology that entails numerous comorbidities, not only as a teenager but also during adulthood. Treatments usually focus on nutrition and physical activity recommendations, whereas patients are barely referred to a physical exercise program.

**Purpose:** Determine which methods of physical exercise are optimal to treat the different variables that place at risk the health of obese adolescents.

**Methods:** Bibliographic review from databases such as PubMed, ScienceDirect, and Cochrane Library.

**Results:** The types of physical exercise analyzed improve most of the variables that are altered in obesity. These are: concurrent training, high intensity interval training, strength training and aerobic exercise training.

**Conclusion:** All types of physical exercise have positive effects on obesity. A treatment algorithm for obese adolescents has been developed.

**KEY WORDS:** Adolescent obesity; Aerobic training; Strength training; Concurrent training; High intensity interval training

**TOTAL WORDS:** 14807



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- **CC:** Circunferencia de la Cintura, Circunferencia Abdominal.
- **EA:** Entrenamiento Aeróbico.
- **EC:** Entrenamiento Concurrente.
- **EF:** Entrenamiento de Fuerza.
- **FC<sub>máx</sub>:** Frecuencia Cardíaca Máxima.
- **GC:** Grasa Corporal.
- **HIIT:** “High Intensity Interval Training”, Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad.
- **IMC:** Índice de Masa Corporal.
- **INE:** Instituto Nacional de Estadística.
- **MM:** Masa Magra.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **PC:** Peso Corporal.
- **PS:** Presión Sistólica.
- **SI:** Sensibilidad a la Insulina.
- **VO<sub>2</sub>máx:** Consumo Máximo de Oxígeno, Potencia Aeróbica Máxima



**ÍNDICE**

RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	iii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	v
ÍNDICE .....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Definición .....	1
Epidemiología.....	1
Etiología.....	3
Patogenia.....	4
Comorbilidades .....	5
Pronóstico .....	8
Diagnóstico.....	8
Prevención.....	9
Tratamiento.....	10
Justificación .....	15
OBJETIVOS.....	17
MATERIAL Y MÉTODOS .....	19
Fuentes de información utilizadas .....	19
Estrategia de búsqueda.....	19
Diagrama de flujo .....	20
Criterios de inclusión y exclusión .....	20
Calidad metodológica.....	21
RESULTADOS .....	27
DISCUSIÓN .....	45
Limitaciones del estudio .....	53
Fortalezas del estudio .....	53
CONCLUSIONES.....	55
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS .....	77



## INTRODUCCIÓN

### Definición

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa corporal (GC); que no afecta solo a la apariencia, sino que es un factor clave para desarrollar enfermedades (1,2). La diferencia entre ambas la marca el Índice de Masa Corporal (IMC) que hace referencia al peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros (1,3). El sobrepeso infantil se considera entre el percentil 85 y el 95 para sexo y edad y la obesidad infantil por encima del percentil 95 (4). También se puede hablar de la obesidad severa que se encuentra por encima del percentil 99 (5). En la Figura 1, se ilustra la variación del IMC en función de la edad, para determinar la obesidad infantil desde los 2 a los 20 años de vida (6).

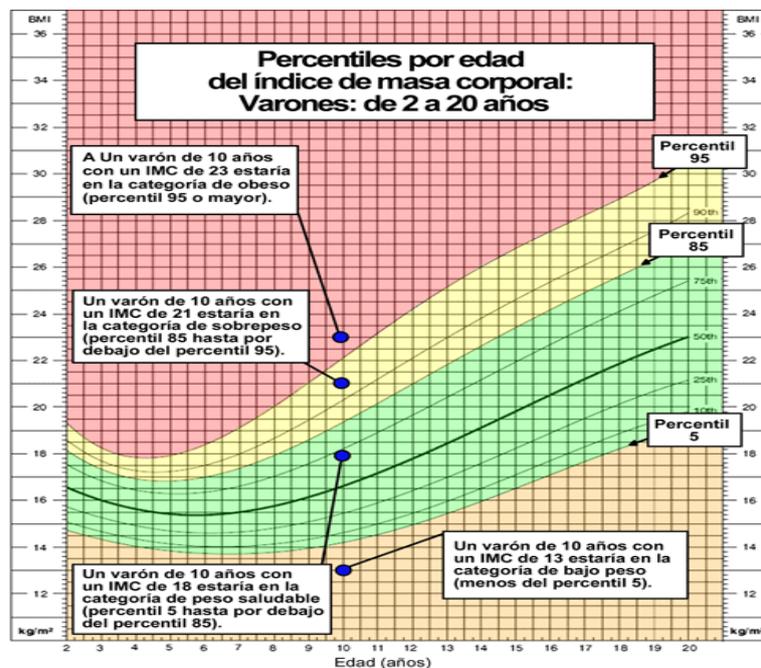


Figura 1. Variación del IMC en función de la edad (2-20 años) (6).

### Epidemiología

En el pasado la obesidad y el sobrepeso se describieron como un problema en países desarrollados e industrializados. Sin embargo, desde hace dos décadas la obesidad se encuentra en aumento en países de bajos y medianos ingresos, siendo más frecuente entre los hombres de mediana edad que viven en lugares urbanos de países con medianos y bajos ingresos. Advirtiendo este auge, la Organización Mundial de la

Salud (OMS) desarrolló un Plan de Acción Mundial en 2011 para orientar al control y prevención de enfermedades no transmisibles, donde se le da un gran papel a la creciente tendencia a la obesidad prevista para 2025 (2).

En la edad adulta, más de 1900 millones de personas en el mundo tienen sobrepeso (39% del total de adultos) y más de 650 millones (13% del total de adultos) tienen obesidad habiendo casi triplicado los datos entre 1975 y 2016. Este hecho indica la gran tendencia hacia la obesidad a nivel mundial (7). Todo esto coincide con el aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas como diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares y cánceres en adultos (2). En España, los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2017 indican que la obesidad ronda valores de un 16.7% y un 18.2% en las mujeres y en los hombres españoles, respectivamente (8).

La prevalencia de la obesidad infantil hasta los 5 años ha pasado de 11 millones en 1975 (0.8% de esta población) a 50 millones en 2016 (7% de esta población). Hay datos que avisan de que en comparación con los niños de bajo peso, se da un aumento de muertes y de morbilidades en los niños obesos o con sobrepeso (2).

La obesidad en la adolescencia (10 a 19 años, según OMS) en un continuo crecimiento acelerado y se ha convertido en un importante problema de salud debido al mayor riesgo de comorbilidades futuras (9–11). A esto se le añade que la obesidad infantil es un importante predictor de la obesidad a largo plazo con un 80% de posibilidades de que la enfermedad perdure (12,13). Con la obesidad severa se ha visto que el 71% de los adolescentes continuaron con esta condición en la edad adulta (5). La obesidad en la adolescencia se ha multiplicado por 10 en los últimos 40 años, pasando de 11 millones en 1975 (4% de esta población) a 124 millones en 2016 (18% de esta población). Además, 213 millones presentaban sobrepeso en 2016 sin llegar al umbral de la obesidad (2,7).

En la siguiente tabla del INE (Tabla 1), se observan valores referentes al peso respecto a los niños y niñas en España. Respecto los niños y niñas de 2 a 17 años, un 10.3% tienen obesidad y un 18.26% sobrepeso. La obesidad tiende a disminuir a medida que la edad de los sujetos avanza, dando su pico más alto de los 2 a los 4 años (19.94%) y el más bajo de los 15 a los 17 años (3.24%). Hablando del sobrepeso, tiende a

aumentar desde los 2-4 años (11.97%) hasta los 10-14 años (21.35%), donde al pasar a los 15-17 años cae (15.43%) disminuye. En lo referente al sexo, las niñas de 2-9 años son más propensas a la obesidad y al sobrepeso que los niños. Lo contrario sucede de los 2 a los 14 años donde los hombres aumentan sus tasas de dichas enfermedades (8).

**Tabla 1.** Valores del INE en función del peso para niños de 2-17 años (8).

	Total	Peso insuficiente	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
<b>AMBOS SEXOS</b>					
Total	100,00 <sup>1</sup>	13,30 <sup>1</sup>	58,13 <sup>1</sup>	18,26 <sup>1</sup>	10,30 <sup>1</sup>
De 2 a 4 años	100,00 <sup>1</sup>	23,07 <sup>1</sup>	45,03 <sup>1</sup>	11,97 <sup>1</sup>	19,94 <sup>1</sup>
De 5 a 9 años	100,00 <sup>1</sup>	14,20 <sup>1</sup>	49,32 <sup>1</sup>	20,53 <sup>1</sup>	15,96 <sup>1</sup>
De 10 a 14 años	100,00 <sup>1</sup>	9,29 <sup>1</sup>	64,67 <sup>1</sup>	21,35 <sup>1</sup>	4,69 <sup>1</sup>
De 15 a 17 años	100,00 <sup>1</sup>	10,42 <sup>1</sup>	70,90 <sup>1</sup>	15,43 <sup>1</sup>	3,24 <sup>1</sup>
<b>HOMBRES</b>					
Total	100,00 <sup>1</sup>	12,65 <sup>1</sup>	58,64 <sup>1</sup>	18,31 <sup>1</sup>	10,40 <sup>1</sup>
De 2 a 4 años	100,00 <sup>1</sup>	22,11 <sup>1</sup>	46,44 <sup>1</sup>	11,93 <sup>1</sup>	19,53 <sup>1</sup>
De 5 a 9 años	100,00 <sup>1</sup>	13,27 <sup>1</sup>	53,32 <sup>1</sup>	18,06 <sup>1</sup>	15,34 <sup>1</sup>
De 10 a 14 años	100,00 <sup>1</sup>	8,63 <sup>1</sup>	63,25 <sup>1</sup>	22,91 <sup>1</sup>	5,21 <sup>1</sup>
De 15 a 17 años	100,00 <sup>1</sup>	10,34 <sup>1</sup>	68,56 <sup>1</sup>	16,95 <sup>1</sup>	4,15 <sup>1</sup>
<b>MUJERES</b>					
Total	100,00 <sup>1</sup>	14,00 <sup>1</sup>	57,59 <sup>1</sup>	18,21 <sup>1</sup>	10,20 <sup>1</sup>
De 2 a 4 años	100,00 <sup>1</sup>	24,11 <sup>1</sup>	43,50 <sup>1</sup>	12,01 <sup>1</sup>	20,38 <sup>1</sup>
De 5 a 9 años	100,00 <sup>1</sup>	15,17 <sup>1</sup>	45,10 <sup>1</sup>	23,13 <sup>1</sup>	16,60 <sup>1</sup>
De 10 a 14 años	100,00 <sup>1</sup>	9,99 <sup>1</sup>	66,16 <sup>1</sup>	19,72 <sup>1</sup>	4,14 <sup>1</sup>
De 15 a 17 años	100,00 <sup>1</sup>	10,52 <sup>1</sup>	73,49 <sup>1</sup>	13,76 <sup>1</sup>	2,23 <sup>1</sup>

## Etiología

El sobrepeso y la obesidad se producen por una acumulación de GC debido a factores genéticos y hábitos y estilos de vida que crean un balance energético positivo (mayor ingesta calórica que gasto calórico) (9,12). Entre las causas de este balance energético positivo, destacan el aumento de la ingesta calórica, la disminución de la actividad física y el aumento del sedentarismo (1,3,14). Los factores de riesgo para desarrollar la obesidad son:

### Factores genéticos

Parecen ser responsables del 30% al 50% de la variación en la adiposidad. Aunque la obesidad poligénica es, con mucho, la más comúnmente observada, se han identificado varios defectos de un solo gen y síndromes asociados con la obesidad. Sin embargo, estos representan menos del 1% de la obesidad infantil en los centros

de atención terciaria (5). Se presentan síndromes como: el Síndrome de Prader-Willi (más común), el Síndrome de Turner, el Síndrome de X frágil, el Síndrome de Bardet-Biedl o el Síndrome de Alström (1). También se dan variaciones en genes como el Melanocortin-4-receptor (el más común)(5). Otros aspectos hacen referencia a la herencia hispánica, afroamericana, india americana o surasiática (15) o al alto peso al nacer (> 4kg)(3).

### Factores ambientales

Determinar estos factores es muy complicado. Desajustes psicosociales y emocionales contribuyen a esta patología (5). El comportamiento de cara a la alimentación es uno de los factores fundamentales junto a la actividad física, debido al aumento de calorías consumidas (5). Se destaca el mayor consumo de bebidas azucaradas (16), mayor consumo de alimentos fritos (17), consumo de aperitivos dulces (5), comida rápida (5), consumo de grandes porciones (5) o falta de vegetales frescos en el hogar (18).

Como segundo factor clave se encuentra el descenso de actividad física e incremento de actividades sedentarias, como ver la televisión o jugar a videojuegos, que comprometen las calorías quemadas (5,19).

Otro factor hace referencia al ambiente familiar, donde se ha evidenciado que la obesidad materna antes y durante el embarazo (20), el castigo físico y maltrato (21), ser hijo único o último hijo (22), ansiedad, depresión o estrés de los padres (2,15) o el tabaquismo materno (23) son claves a la hora de desarrollar obesidad. Los padres también deben controlar el castigar o premiar con alimentos a sus hijos (2).

### Enfermedades endocrinas

Aumentan el peso en menos de un 1% de los niños y adolescentes con obesidad. La mayoría de los niños están poco desarrollados, tienen poca altura y/o hipogonadismo. Algunos ejemplos son hipotiroidismo, déficit de la hormona del crecimiento y pseudohipoparatiroidismo (5).

### **Patogenia**

Tiene un origen multifactorial involucrando la interacción de muchos factores genéticos y ambientales generando una adaptación metabólica que lleva a la

acumulación de grasa y a gastar menos energía (3). La masa grasa tiende a acumularse en la parte superior del cuerpo o en la cavidad abdominal, lo que produce una gran cantidad de grasa visceral dando patologías en órganos como corazón, riñones o hígado (por ejemplo el hígado graso no alcohólico)(12,24). La obesidad se suele asociar con anomalías en la vía de la leptina, donde se suele dar más una resistencia que una disminución de la misma (1,3,15). La leptina es una adipocina que se expresa en el tejido adiposo en respuesta al aumento del almacenamiento de grasa para inducir saciedad y se correlaciona positivamente con el nivel de actividad física en la población (9,25). Los adolescentes obesos tienen las concentraciones séricas de leptina aumentadas, lo que indica resistencia a la acción de esta. Por otra parte, la hiperleptinemia se asoció con un estado proinflamatorio promoviendo la aterosclerosis y un deterioro en la pérdida de peso (9,26). Por ello, la reducción de la resistencia a la leptina llevaría a un mejor control de la ingesta alimentaria, lo cual se produce al perder aproximadamente el 10% del peso corporal (PC) inicial (9).

### **Comorbilidades**

La obesidad es una enfermedad inflamatoria sistémica leve la cual es un factor de riesgo importante para la hipertensión arterial, la diabetes tipo II, el cáncer, el asma, la apnea del sueño, la cardiopatía coronaria y otras enfermedades que podrían cronificarse y perdurar en la edad adulta (12,27). Además, la obesidad acelera el desarrollo de diversas comorbilidades que conducen a una reducción de la esperanza de vida (27–29).

### Enfermedades cardiovasculares o cardio-metabólicas

La grasa visceral se relaciona con el riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (30). De hecho, la obesidad es un factor de riesgo independiente de dichas patologías (28). En niños obesos, se ha observado disfunción endotelial. Esto es causado por una reducción de la biodisponibilidad de óxido nítrico, aumento de estrés oxidativo, aumento de expresión de factores protrombóticos y proinflamatorios y una vasorreactividad aumentada. En niños obesos, varios biomarcadores de inflamación y disfunción endotelial han sido identificados y están alterados en comparación con niños de peso normal (28). Además, se ha observado una mayor rigidez arterial en los adolescentes obesos, así como un aumento del

grosor íntima-media de la arteria carótida y de la masa ventricular izquierda. Esto indica signos tempranos de arterioesclerosis y riesgo cardiovascular (31).

Por otro lado, los niños obesos tienen más riesgo de presentar hiperinsulinemia, resistencia a la insulina, prediabetes y, como consecuencia, diabetes mellitus tipo 2.

La diabetes mellitus tipo II se caracteriza por hiperglucemia secundaria a la deficiencia de insulina y/o resistencia a la misma. La diabetes tipo II solía presentarse en la edad adulta. Sin embargo, con las altas tasas de obesidad y la falta de actividad física en niños y adolescentes se ha adelantado su edad de inicio (32). La resistencia a la insulina está fuertemente asociada con la obesidad, el síndrome metabólico y la diabetes tipo II en la edad adulta. Hay una mayor prevalencia de síndrome metabólico en adolescentes obesos resistentes a la insulina que en sensibles a la insulina, es decir, hay una asociación directa entre los trastornos metabólicos y la resistencia a la insulina. Además, alteraciones fisiológicas asociadas con la obesidad, como el aumento de citoquinas proinflamatorias y ácidos grasos libres, reducen la sensibilidad a la insulina (SI). Esta patología puede ser controlada con dieta y ejercicio físico (2).

### Enfermedades gastrointestinales

El hígado graso no alcohólico (EHGNA) es una enfermedad es un desequilibrio entre la oxidación, el transporte, la captación y la síntesis de ácidos grasos libres, generando una producción excesiva de especies reactivas de oxígeno, mayor estrés oxidativo y daño en los hepatocitos (33). Es una enfermedad causada tanto por la obesidad, el síndrome metabólico, la diabetes tipo II y la grasa visceral (34).

Además, se ha visto también en adolescentes que el estrés oxidativo, la inflamación crónica y la resistencia a la insulina están asociados con la patogénesis y el progreso del EHGNA (24,34). Este progreso puede llevar a esteatohepatitis no alcohólica y, finalmente, a la cirrosis hepática (34). No suele dar síntomas, aunque pueden presentar fatiga y dolor en la parte superior derecha del abdomen (32).

Estos pacientes-tienden a la acumulación de grasa hepática (5). Se trata manejando los factores de riesgo y con un modo de vida saludables: bajar peso, dieta saludable con poca sal, aumentar la actividad física, vacunación contra la hepatitis, manejar la diabetes y la hipertensión arterial (32).

### Enfermedades endocrinas

La obesidad adolescente está asociada con una maduración sexual temprana en mujeres. Además, estos pacientes tienden a tener hiperandrogenismo y síndrome de ovario poliquístico (2,5).

El síndrome de ovario poliquístico (SOP) es la condición endocrina más común observada en mujeres con una prevalencia de 4-12%. Esto es una enfermedad en la que la mujer tiene niveles elevados de andrógenos, llegando a problemas como irregularidades menstruales, infertilidad, acné, aumento de vello o quistes en los ovarios. Esto no tiene cura, pero puede paliarse con dieta, ejercicio físico y fármacos anticonceptivos (2,32).

### Enfermedades pulmonares

Los niños obesos tienen mayor prevalencia de apnea obstructiva durante el sueño, de asma y de hipoventilación alveolar asociados con una gran desaturación de oxígeno (5).

### Enfermedades neurológicas

La obesidad infantil se asocia con mayor riesgo de hipertensión intracraneal de origen idiopático, con síntomas como dolor de cabeza, vómitos, dolor detrás del ojo y pérdida de visión (5).

### Enfermedades músculo esqueléticas.

En lo funcional, presentan múltiples problemas como discapacidad en el movimiento debida a la falta de actividad física. Esta disminución de la actividad física les lleva a la alteración de la biomecánica y a la falta de coordinación. Todo ello puede causar un aumento de la incidencia en el dolor del hombro, espalda y tobillo (2).

En lo estructural, poseen tendencia a la tibia en varo e incremento del dolor y del daño articular en el miembro inferior (5). Además, estos adolescentes tienen más riesgo de fracturas, en contraposición a los adultos obesos. Esto puede deberse a un mayor índice de caídas debido a la alteración biomecánica (2).

### Problemas psicosociales

Psicológicamente, estos niños están en riesgo de sufrir discriminación social afectando a la autoestima y provocando depresión (35). A menudo reciben burlas y acoso llevándoles a una calidad de vida relacionada con la salud disminuida como consecuencia, que no causa, de la obesidad (36). Perciben una mala imagen de sí mismos y tienen ansiedad y baja calidad de vida (5).

Otra consecuencia de la obesidad puede ser un rendimiento académico disminuido, con funciones como la atención y el control inhibitorio alteradas. Aquí entra en juego el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF), proteína que desempeña un papel fundamental en la neuroplasticidad cognitiva. Esta también participa en el fortalecimiento de la conectividad neuronal, en la oxidación de las grasas o en la captación de glucosa. En caso de la población obesa, el BDNF se cree que está disminuido aunque esta situación puede revertirse con el ejercicio físico (37).

### **Pronóstico**

La adolescencia es un periodo crucial para la adopción de patrones de estilo de vida saludables ya que hay evidencia de que una mala dieta, un bajo nivel físico y un aumento del síndrome metabólico en edades tempranas llevan a la obesidad y condicionan la edad adulta (38,39). Se conocen datos como que un mayor IMC en la adolescencia está asociado con mayor riesgo de muerte por causas cardiovasculares en la edad adulta (40). La obesidad adolescente se asocia con un aumento de la mortalidad en la mediana edad (41) y la relación cintura-altura con un resultado mayor de 0,65 a la edad de 12-39 años está asociada con un mayor riesgo de muerte antes de los 55 años en comparación con la relación cintura-altura < 0,5 (42).

### **Diagnóstico**

El diagnóstico de esta enfermedad se basa principalmente en el IMC anteriormente explicado. Sin embargo, esto tiene mucha limitación al no estimar el porcentaje de GC. Por ejemplo, atletas con un alto nivel de músculo pueden tener el IMC aumentado sin necesidad de tener obesidad al no tener acumulación excesiva de GC. Por ello, sería preferible aplicar otras técnicas como plicómetros, bioimpedancia o, la mejor, la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA)(2).

Una vez diagnosticada la enfermedad, se deben buscar las comorbilidades asociadas mediante la realización de pruebas como medición de la presión arterial, glucosa en plasma en ayunas, lípidos en ayunas, alanina aminotransferasa y biopsia hepática (20).

También hay una serie de biomarcadores sanguíneos relacionados con la enfermedad, entre los que destacan la adiponectina, la leptina y el colesterol total, el colesterol de alta densidad (HDL) y el colesterol de baja densidad (LDL)(43).

La adiponectina es una proteína secretada por el tejido adiposo que disminuye con el aumento del IMC y se encuentra reducida en sujetos obesos (43). Está inversamente relacionado con el desarrollo del síndrome metabólico, incrementando el marco proinflamatorio (26). Además, también se asocia inversamente con la resistencia a la insulina (44). Su asociación con la leptina en el ratio leptina/adiponectina también es un buen marcador de la inflamación (26).

Además, hay otros biomarcadores como la proteína de unión a ácido graso adipocito (10) o la adropina (27). La proteína de unión a ácido graso adipocito regula el transporte intracelular de ácidos grasos. Se encuentra aumentada en obesos y produce una acumulación de colesterol, triglicéridos y marcadores proinflamatorios contribuyendo al síndrome metabólico (10). Por otro lado, la adropina es una hormona reguladora de la SI y del equilibrio del metabolismo energético y se encuentra disminuida en individuos obesos (27).

### **Prevención**

La estrategia principal de prevención es el ejercicio físico. Diferentes organizaciones como el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de EE.UU. proponen que para la prevención y promoción de salud, los niños y adolescentes deberían de realizar 60 minutos o más diarios de actividad física aeróbica de intensidad moderada y debería de incluir 3 días a la semana de ejercicio aeróbico de intensidad vigorosa (11,45,46). Además, en estos 60 minutos diarios de actividad física, se recomienda realizar 3 días a la semana de fortalecimiento muscular y ejercicios osteogénicos (45,46). A pesar de las recomendaciones, se ha visto que el 80% de los adolescentes no llegan a estos niveles de actividad física (46). Por ello, se

ha visto que la relación obesidad-actividad física se encuentra en un círculo vicioso en el que poca actividad física conduce a la obesidad y esta a su vez a la disminución de la actividad física (47).

### **Tratamiento**

Se ha visto que la intervención ante la obesidad es más efectiva en niños que en adultos. Por ello, se debe implementar cuanto antes una terapia multidisciplinaria (médicos, nutricionistas, psicólogos, entrenadores...) para detener esta enfermedad (48). Los objetivos principales del tratamiento de la obesidad serían: cambiar los hábitos alimenticios y el comportamiento, reducir la GC, mantener la MM y mejorar las capacidades físicas para mejorar la regulación del peso a largo plazo (49). Para ello existen dos pilares fundamentales: alimentación saludable y realización regular de actividad física (50).

### Tratamiento quirúrgico

Como la obesidad infantil tiende a continuar en la edad adulta, la cirugía bariátrica se ha convertido en una técnica de tratamiento en auge en los últimos años para esta población. Se dan más en la edad adulta, aunque también puede darse en adolescentes (2). Para llegar a esta cirugía, se deben cumplir ciertos criterios relacionados con los años de evolución, el IMC, fracaso de otros tratamientos, adherencia al seguimiento post-quirúrgico. Hay 3 tipos de técnicas quirúrgicas: técnicas restrictivas, técnicas malabsortivas y técnicas mixtas. Sin embargo, conviene destacar que todas las técnicas tienen complicaciones a corto y/o a largo plazo (2,5).

### Tratamiento Farmacológico

Los medicamentos se pueden clasificar en medicamentos: que reducen el apetito, que reducen la absorción de macronutrientes y que aumentan la quema de grasa, aumentando el metabolismo.

Sin embargo, ninguno de estos grupos ha demostrado ser efectivo por sí mismo para perder peso y mantenerlo de forma significativa. Algunos estudios dicen que sí debido a que lo asocian con una dieta hipocalórica. Además, destacan numerosos aspectos adversos que hacen que no sea recomendable seguir este tipo de tratamiento. Por ello, los médicos deben tener en cuenta la relación riesgo/beneficio

al recetar estos fármacos en la población pediátrica y, de hacerlo, vigilarlo atentamente (2,51).

### Nutrición

Al hablar de la relación obesidad-alimentación, es lógico pensar que se comen más calorías de las necesarias en este tipo de personas (50). Para mitigar este aumento desproporcionado de ingesta calórica, se han propuesto los siguientes objetivos: educación nutricional tanto a los adolescentes como a los padres (4,15); respecto a los alimentos, se debe disminuir la ingesta de alimentos de alta densidad energética, de platos preparados y de bebidas azucaradas (lo cual reduce la ingesta calórica sin sensación de hambre) y aumentar el consumo de proteínas (52), verduras, frutas y hortalizas promoviendo una variedad de alimentos (1,3,50).

### Actividad física

En primer lugar, se distinguirá entre actividad física y ejercicio físico. La actividad física es cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía y el ejercicio físico es una variedad de actividad física planificada, estructurada, repetitiva y realizada con un objetivo relacionado con la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física (53).

El ejercicio físico ha demostrado ser la piedra angular para tratar la obesidad debido a la reducción de masa grasa (asociada con los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares) y a la generación de un balance energético negativo determinando el éxito a largo plazo para el tratamiento de la obesidad (24,48,49,54).

La adherencia al ejercicio es básica en estos pacientes ya que la actividad física disminuye sustancialmente en la adolescencia. Por ello, se ha probado que es importante tener más de una opción de ejercicio físico de cara a que el ejercicio físico será placentero (11,26). También se ha visto que establecer temprano la actividad física hace que esta se mantenga en la edad adulta (46). Por otro lado, una buena autopercepción física mejora la adherencia al tratamiento al tener actitudes más positivas y alta autoeficacia. Esto es mejorable, ya que se ha visto que el aumento de actividad física mejora el autoestima (47). Tipos de ejercicio físico:

### Entrenamiento de resistencia aeróbico (EA)

Aunque hay muchas definiciones de capacidad aeróbica, Zintl (1991) propone una de las más aceptadas y la define como “la capacidad de mantener física y psíquicamente un esfuerzo durante el mayor tiempo posible, sin que disminuya la intensidad de trabajo, o bien, recuperarse rápidamente después de un esfuerzo físico o psíquico” (55) o la capacidad que tiene una persona para mantener una intensidad durante el mayor tiempo posible con respecto al consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx). También se debe definir el  $VO_2$ máx, como la cantidad máxima de oxígeno que puede el organismo absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (56).

El ejercicio aeróbico produce una mejora de la salud física y psicológica (36,47). Sin embargo, en general no es bien tolerado y se considera incómodo en esta población (36). Además los efectos a largo plazo pueden caer debido a la falta de cumplimiento del programa causado por la monotonía de este tipo de ejercicio (44). El ejercicio aeróbico se puede clasificar en función de la intensidad en:

*Ejercicio aeróbico de Alta intensidad (HIT):* estos son aquellos que se realizan por encima del máximo estado estable de lactato o sobre el umbral anaeróbico, siendo el mejor entrenamiento para mejorar el  $VO_2$ máx.

*Ejercicio aeróbico de Moderada intensidad:* es aquel ejercicio que se encuentra entre el 70-85% de la  $FC$ máx (frecuencia cardíaca máxima). Es el ejercicio físico que se desarrolla entre el umbral aeróbico y umbral anaeróbico.

*Ejercicio aeróbico de Baja intensidad (LIT):* es aquel ejercicio aeróbico que se desarrolla por debajo del 70% de la  $FC$ máx. Es el ejercicio físico que se desarrolla por debajo del umbral aeróbico (57).

### Entrenamiento interválico

Además el ejercicio aeróbico-anaeróbico puede ser continuo o interválico: El entrenamiento interválico aeróbico se caracteriza por ser: 1) ejercicio físico discontinuo, 2) de corta duración y 3) incluir periodos de recuperación entre intervalos de ejercicio (pasivos o activos) (57).

*Entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT):* es un tipo de entrenamiento que consiste en sesiones cortas pero intensas (generalmente por encima del umbral de

lactato) de ejercicio intercaladas con periodos de descanso. Los principales atractivos son que necesita menos tiempo que el entrenamiento tradicional, además de percibirse como mucho más agradable en comparación a otros tipos de ejercicio (46,47,49).

Sin embargo, hay bastantes discrepancias entre los estudios que podrían deberse a la manipulación de sus diferentes variables: intensidad y duración del intervalo de trabajo, intensidad y duración del intervalo de descanso, modalidad del ejercicio, número de repeticiones, número de series o duración de recuperación entre series e intensidades (47,49). Por ello, se debería definir la combinación más adecuada para las mejoras de la salud.

Hay varios tipos de HIIT, entre los que destacan:

1. HIIT con intervalos largos: consiste en más de 2-3 minutos (min) de trabajo a una intensidad mayor a 95%  $VO_2$ máx intercalado con un descanso pasivo de menos de 2 min o uno activo (menos de 60-70%  $VO_2$ máx) durante más de 4-5 min. Suelen realizarse de 4 a 10 series en función del tiempo de trabajo.
2. HIIT con intervalos cortos: se realiza más de 15 segundos (s) de trabajo a una intensidad de 100-120%  $VO_2$ máx con un descanso pasivo menor a 15 s o uno activo (60-70%  $VO_2$ máx) mayor de 15 s. Se realizan 2-3 series de más de 8 min cada una.
3. Entrenamiento con sprint repetidos: está basado en un trabajo de más de 4 s a toda la intensidad que sea posible con un descanso activo de menos de 20 s al 55%  $VO_2$ máx. Se realizan 2-3 series de más de 6 sprint cada una.
4. Entrenamiento interválico de sprint: se constituye de un trabajo de más de 20 s a la máxima intensidad posible con un descanso pasivo de más de 2 min. Se realizan de 6 a 10 repeticiones (58,59).

#### Entrenamiento de fuerza (EF)

La definición de fuerza, aplicada al sistema neuromuscular, se puede dar desde un punto de vista mecánico o fisiológico. La fuerza mecánica, es la capacidad de inducir cambios en el estado de un cuerpo, mientras que la fuerza fisiológica se entiende como la capacidad que tiene el músculo para activarse y generar tensión (55).

En segundo lugar, se hablará de la aptitud muscular. Esto hace referencia a los caracteres observables de la fuerza, la potencia y la resistencia muscular, lo cual se asocia con el deterioro de la movilidad y la mortalidad a largo plazo. Aquí surge el término *disapenia* (déficit de potencia) que resalta la baja aptitud muscular y las limitaciones funcionales como producto de la baja actividad física y el sedentarismo (34).

Para evaluar la fuerza en niños y adolescentes, se recurre principalmente al test de salto horizontal con pies juntos y a la fuerza de presión manual con dinamometría al tener un grado alto de validez, fiabilidad y aplicabilidad (60).

De cara a evaluar la intensidad durante el entrenamiento, se usan escalas de esfuerzo subjetivo con escalas adaptadas desde los 4 años (como la escala EPIfant) y escalas de adultos (como la escala de Borg) desde los 13-15 años (61). La intensidad durante el entrenamiento también se puede evaluar con una repetición máxima (1RM) y con el carácter del esfuerzo.

Dado que la adolescencia muestra aumentos continuos de la masa muscular, la testosterona y la hormona del crecimiento, puede ser un periodo crítico para ganar masa muscular (14). Además, las mejoras en la fuerza se ven mucho antes que las del EA, lo que produce un aumento de la motivación, autoeficacia y adherencia (14). También mejora el autoconcepto que esta población tiene sobre sí misma (36).

#### Entrenamiento concurrente (EC)

Esto es la integración simultánea del entrenamiento de resistencia aeróbica y de fuerza muscular (45). Al entrenar ambas habilidades de manera simultánea, aparece la interferencia en el desarrollo de ambas capacidades, atribuyéndose a mayor fatiga, mayor catabolismo, patrones diferentes de reclutamiento y cambios en el tipo de fibra muscular. A esto se le ha llamado efecto de interferencia. Sin embargo, hay estudios que proponen que determinando la dosis adecuada no se dará este fenómeno (55). De cara a la población pediátrica, este entrenamiento ha demostrado ser eficaz aunque tiene una evidencia limitada (45).

**Justificación**

El tratamiento del sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes asociado al ejercicio físico, junto con la nutrición, ha demostrado ser el más recomendado para la obesidad debido a la gran relación beneficio/riesgo y a su bajo coste. Sin embargo, a pesar de que esto se incluye en gran cantidad de tratamientos, se hace en muchas ocasiones sin tener en cuenta las necesidades individuales de cada paciente. Por ello, se han revisado los métodos de ejercicio físico más utilizados y analizado cual mejora más cada variable de la obesidad.

La decisión de realizar este trabajo viene inducida por la gran necesidad que considero que tiene la sociedad española actualmente de realizar ejercicio físico de manera controlada y efectiva con resultados observados por los pacientes mismos de cara a mejorar su adherencia al tratamiento.

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica sobre la influencia que tienen los diferentes tipos de ejercicio físico en las diferentes variables de la obesidad, que predisponen al sujeto a futuras comorbilidades, con el fin de aportar una propuesta de tratamiento óptima para los pacientes.



**OBJETIVOS****Objetivo general:**

Este Trabajo de Fin de Grado tiene el objetivo de determinar qué métodos de ejercicio físico, según la evidencia científica, son óptimos para tratar las diferentes variables que ponen en riesgo la salud de los adolescentes obesos.

**Objetivos específicos:**

Los objetivos específicos son:

1. Determinar qué tipos de ejercicio físico son los que más evidencia científica tienen para tratar la obesidad.
2. Examinar los efectos que tienen los diferentes tipos de ejercicio físico en los diferentes factores de riesgo en la población adolescente obesa.
3. Conocer la adherencia que pueden tener los distintos tipos de ejercicio físico.
4. Realizar un algoritmo para personalizar un programa de entrenamiento de ejercicio físico en función de las variables que se encuentren alteradas en adolescentes obesos.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### Fuentes de información utilizadas

La búsqueda bibliográfica se ha realizado a través de las bases de datos Pubmed, Cochrane Library, ScienceDirect y Teseo. Por otro lado, también se ha buscado información en la Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra, Instituto Nacional de Estadística, Organización Mundial de la Salud y en el Instituto de Ciencias de Nutrición y Salud.

### Estrategia de búsqueda

Se han realizado diferentes búsquedas con diferentes procedimientos para revisar el mayor número posible de artículos. Todos los artículos han sido buscados combinando las palabras “obese or obesity and adolescents” sumándoles el tipo de ejercicio buscado en cada caso. En todos los casos se han buscado artículos con cualquier disponibilidad de texto, de humanos y recientes a 2009. Aunque la búsqueda de los artículos se ha mantenido bastante tiempo, hubo una búsqueda bibliográfica inicial en su momento que se ha ido completando de manera progresiva. La búsqueda inicial se realizó en PubMed de la siguiente manera:

Búsqueda 1: “(obese OR obesity) adolescent and (strength exercise OR resistance exercise)”

- 883 resultados (Humanos → Recientes a 2009).
- 591 resultados.
- Se consideran relevantes 7.

Búsqueda 2: “(obese OR obesity) adolescent and (HIIT OR high intensity interval training)”

- 53 resultados (Humanos → Recientes a 2009).
- 43 resultados.
- Se consideran relevantes 5.

Búsqueda 3: “concurrent training and (obesity or obese) adolescents”

- 50 resultados (Humanos → Recientes a 2009).
- 36 resultados.

- Se consideran relevantes 5.

No se ha buscado entrenamiento de resistencia aeróbica por separado debido a que aparece como grupo de comparación en muchos de los estudios considerados relevantes.

Después de la búsqueda inicial, se han realizado búsquedas posteriores en las diferentes bases de datos mencionadas anteriormente.

### Diagrama de flujo

La siguiente figura (Figura 2) muestra la búsqueda inicial realizada. De inicio solo se utilizó Pubmed y en búsquedas posteriores se usaron otras bases de datos como ScienceDirect, y Cochrane Library con el fin de completar la revisión con un mayor número de artículos de cada entrenamiento de ejercicio físico.

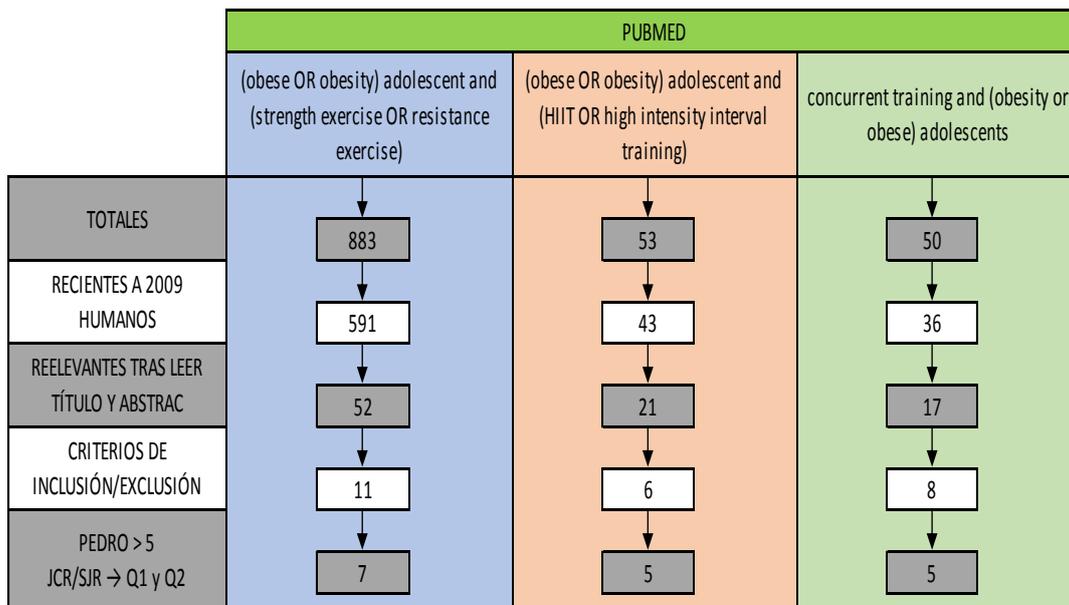


Figura 2. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.

### Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios para realizar la búsqueda fueron los siguientes:

- Criterios de inclusión:
  - Artículos a partir de 2009 hasta la actualidad.
  - Artículos de estudios en humanos.

- Artículos que incluyan a niños/as de entre 12 y 18 años (ambos incluidos).
- Artículos que incluyan a niños/as obesos o con sobrepeso.
- Artículos con PEDro >5 o JCR y/o SJR en primer o segundo cuartil.
- Artículos en inglés.
- Criterios de exclusión:
  - Artículos anteriores al 2009.
  - Artículos de estudios en animales.
  - Artículos que incluyan a niños/as con <12 o >19 años.
  - Artículos que incluyan a niños/as con peso bajo o normal.
  - Artículos con PEDro < 4 o JCR y/o SJR en tercer o cuarto cuartil o no indexada.
  - Artículos no publicados en inglés.

### **Calidad metodológica**

Para ello, se analizó tanto el factor de impacto (Tabla 2) de la revista como la escala PEDro (Pysiotherapy Evidence Database) para estudios controlados aleatorizados (Tabla 3) y la escala CASPe (Critical Appraisal Skills Programme Español) para estudios de cohorte (Tabla 4).

**Tabla 2.** Factor de impacto de las revistas en revisión.

Autor	Revista	Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición en categoría	Factor impacto	Categoría	Posición en categoría
Davis et al. (2009)(1)	Medicine and Science in Sports and Exercise	3.707	Sport Sciences	2/73 (Q1)	1.636	Sport Science	8/115 (Q1)
Davis et al. (2009)(2)	Obesity	3.366	Nutrition and Dietetics	13/66 (Q1)	1.838	Medicine (miscellaneous )	144/2878 (Q1)
Suh et al. (2011)	Diabetes and Metabolism Journal	N/A	N/A	N/A	0.706	Endocrinology, Diabetes and Metabolism	90/224 (Q2)
Lee et al. (2012)	Diabetes	7.895	Endocrinology & Metabolism	6/122 (Q1)	4.708	Endocrinology, Diabetes and Metabolism	3/224 (Q1)
Antunes et al. (2013)	Revista Paulista de Pediatría	N/A	N/A	N/A	0.121	Pediatrics, Perinatology and Child Health	227/275 (Q4)
Lee et al. (2013)	American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism	4.088	Physiology	10/81 (Q1)	2.483	Physiology (medical)	9/101 (Q1)
Racil et al. (2013)	European Journal of Applied Physiology	2.298	Sport Sciences	19/81 (Q1)	1.291	Sports Science	30/127 (Q1)
Schranz et al. (2013)	British Journal of Sports Medicine	4.171	Sport Sciences	6/81 (Q1)	1.892	Sport Science	15/127 (Q1)
Campos et al. (2014)	Journal of Strength and Conditioning Research	2.075	Sport Sciences	23/81 (Q2)	1.340	Sport Science	26/127 (Q1)
Sigal et al. (2014)	JAMA Pediatrics	7.148	Pediatrics	2/120 (Q1)	2.505	Pediatrics, Perinatology and Child Health	6/293 (Q1)
Antunes et al. (2015)	Archives of endocrinology and metabolism	2.380	Endocrinology & Metabolism	100/142 (Q3)	0.436	Endocrinology, Diabetes and Metabolism	138/235 (Q3)
Inoue et al. (2015)	Journal of Diabetes and Its Complications	2.955	Endocrinology & Metabolism	66/133 (Q2)	1.364	Internal Medicine	24/134 (Q1)
Blüher et al. (2016)	Metabolism: Clinical and Experimental	5.777	Endocrinology & Metabolism	16/138 (Q1)	2.251	Endocrinology, Diabetes and Metabolism	16/232 (Q1)
Lazzer et al. (2016)	Journal of Endocrinological Investigation	2.633	Endocrinology & Metabolism	79/138 (Q3)	0.780	Endocrinology, Diabetes and Metabolism	105/232 (Q2)
Racil et al. (2016)	Applied Physiology, Nutrition and Metabolism	N/A	N/A	N/A	0.889	Medicine miscellaneous	705/2864 (Q1)

Algoritmo para la prescripción de ejercicio físico en la obesidad adolescente

Racil et al. (2016)	Biology of Sport	1.436	Sport Sciences	47/81 (Q3)	0.710	Physical Therapy, Sports Therapy and Rehabilitation	51/183 (Q2)
Bharath et al. (2017)	European Journal of Applied Physiology	2.401	Sport Sciences	28/81 (Q2)	1.186	Medicine miscellaneous	441/2863 (Q1)
Vargas-Ortiz et al. (2017)	European Journal of Sport Science	2.576	Sport Sciences	22/81 (Q2)	1.122	Medicine miscellaneous	488/2863 (Q1)
Morrissey et al. (2018)	International Journal of Sports Medicine	2.453	Sport Sciences	28/81 (Q2)	1.217	Sport Science	26/127 (Q1)
Wong et al. (2018)	Pediatric Exercise Science	1.353	Pediatrics	81/124 (Q3)	0.892	Pediatrics, Perinatology and Child Health	68/301 (Q1)

**Leyenda:** Verde: revista que se encuentra en el primer cuartil; Amarillo: revista que se encuentra en el segundo cuartil; Naranja: revista que se encuentra en el tercer cuartil; Rosa medio: revista que se encuentra en el cuarto cuartil. Q: cuartil.

**Tabla 3.** Criterios de la escala PEDro que cumplen los ensayos clínicos evaluados (Anexo 1).

AUTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Davis et al. (2009)(1)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	6
Davis et al. (2009)(2)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	6
Suh et al. (2011)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	7
Lee et al. (2012)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	8
Lee et al. (2013)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	7
Racil et al. (2013)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	7
Schranz et al. (2013)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	6
Campos et al. (2014)	Verde	Rojo	Rojo	Verde	9							
Sigal et al. (2014)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	8
Inoue et al. (2015)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	5
Lazzer et al. (2016)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	7
Racil et al. (2016)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Verde	7
Racil et al. (2016)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	8
Bharath et al. (2017)	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	8
Vargas-Ortiz et al. (2017)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	5
Morrissey et al. (2018)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	Verde	Verde	7
Wong et al. (2018)	Verde	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Verde	Verde	5

**Leyenda:** Verde: cumple el criterio; Rojo: no cumple el criterio.

**Tabla 4.** Criterios de la escala CASPE que cumplen los estudios de cohorte (Anexo 2).

AUTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Antunes et al. (2013)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	N/A	N/A	Verde	Verde	Verde	9
Antunes et al. (2015)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	N/A	N/A	Verde	Verde	Verde	9
Blüher et al. (2016)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	N/A	N/A	Verde	Rojo	Verde	8

**Leyenda:** Verde: sí cumple el criterio. Rojo: no cumple el criterio.



## RESULTADOS

En el siguiente apartado se van a exponer los resultados (Tabla 4 y Tabla 5-8) obtenidos en la revisión bibliográfica en función de las variables evaluadas. Dentro de cada una, se analizará el impacto de los 4 tipos diferentes entrenamientos: resistencia aeróbica, fuerza muscular, concurrente (entrenamiento de resistencia aeróbica y fuerza muscular) y entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT).

### Grasa corporal (GC)

En la mayoría de los estudios se mide como porcentaje de GC, salvo en Davis et al. 2009 (1) y Davis et al. 2009 (2) (62,63) que lo mide con kilogramos de GC.

Entrenamiento de resistencia aeróbica: se observó una reducción del % de GC (2.2%-12.5%) en la mayoría de los estudios, excepto en Suh et al. 2011, Inoue et al. 2015, y Lazzer et al. 2016 (LIT) (49,64,65) (Tabla 5). Los dos primeros utilizaron una intensidad moderada (60-70%VO<sub>2</sub>máx, 30-60 min, 12-14 semanas) y el último una intensidad ligera (40%VO<sub>2</sub>máx, 45 min, durante 3 semanas).

Entrenamiento de fuerza: se observó una una reducción en la mayoría de los estudios en el % de GC, exceptuando en Suh et al. 2011 (64) que aumenta (Tabla 6) después de realizar un programa de fuerza de 12 semanas al 60%1RM (repetición máxima). La disminución de la GC medida en kilogramos solamente es significativa en Sigal et al. 2014 (13), donde realiza un programa de 3 series, 8 repeticiones al 8RM, durante 24 semanas, con 4 sesiones/semana; sin embargo, Davis et al. 2009 (1) (62) muestran un aumento de la GC (en kg) después de realizar un programa de 1-3 series, 8-15 repeticiones, 65-97% 8-15RM durante 16 semanas con 2 sesiones/semana.

Entrenamiento concurrente: en la mayoría de los estudios se observó una disminución de la GC tanto en % (2.8-16.8%) como en kg (3.3-24.0%) (Tabla 7). El de mayor mejora es el estudio de Inoue et al. 2015 (65), con un entrenamiento combinado aeróbico de 30 min al 70%VO<sub>2</sub>máx con uno de fuerza, 10 ejercicios, 3 series, 6-20 repeticiones, al fallo muscular durante 26 semanas.

HIIT: en la mayoría de los estudios se observó una reducción significativa (5.9-7.8%) en el porcentaje de GC después de 12 semanas de entrenamiento, 3 días a la semana a una intensidad entre 80-110%FCmáx y 100%VO<sub>2</sub>máx.

## **Circunferencia de la cintura (CC)**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: se observó una reducción significativa (1.9-8.3%) en Lee et al. 2012, Sigal et al. 2014, y Vargas-Ortiz et al. 2017 (13,66,67), con un entrenamiento de intensidad baja-moderada 50-85%VO<sub>2</sub>máx, durante 20-50 min, de una duración de 12-24 semanas y 3-4 sesiones por semana. Por otro lado, en Suh et al. 2011 y Lee et al. 2013 (64,68) no observaron una disminución de la CC. Estos 2 estudios realizaron un entrenamiento a intensidad baja-moderada a 50-75% VO<sub>2</sub>máx durante 40-60 min durante 12 semanas y 3 sesiones por semana.

Entrenamiento de fuerza: se observó un descenso (2.2-8.3%) en Lee et al. 2012, Sigal et al. 2014 y Vargas-Ortiz et al. 2017 (13,66,67). Estos realizaron un entrenamiento de 7-11 ejercicios, 2-3 series de 8-12 repeticiones al fallo muscular, durante 12-24 semanas, con 3-4 sesiones/semana. Sin embargo, Suh et al. 2011 y Lee et al. 2013 (64,68) no observaron cambios significativos con un entrenamiento de 8-10 ejercicios, 1-3 series, 6-15 repeticiones, con intensidad moderada (50-60%1RM).

Entrenamiento concurrente: los estudios de Sigal et al. 2014, Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (13,30,69) observaron una reducción (4.3-4.7%) de CC. El primero realiza un EA (Entrenamiento Aeróbico) a intensidad moderada (65-85%FCmáx) junto con un EF (Entrenamiento Fuerza) con de 3 series x 8 repeticiones al fallo muscular durante 24 semanas; mientras que los otros dos estudios realizaron un EA a intensidad ligera (40-70%FCmáx) durante 30 min además de un EF con 10 ejercicios, 1 serie x 15-20 repeticiones, a intensidad moderada durante 12 semanas con 3-5 sesiones/semana.

HIIT: se observó una reducción (3.2-3.6%) en Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1), y Racil et al. 2016 (2) (25,43,44). Dichos estudios realizaron un programa de resistencia aeróbica a una intensidad del 100-110%FCmáx o 100%VO<sub>2</sub>máx. Sin embargo, en el estudio de Blüher et al. 2016 no hubo cambios significativos.

## **Masa magra (MM)**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: hay una mayoría de estudios en los que no hubo cambios frente a los que sí. En los que sí lo hay, hay 3 estudios en los que disminuyó (4.9-6.6%) (Inoue et al. 2015, Lazzer et al. 2016 (LIT),y Lazzer et al. 2016

(HIT) (49,65)), y 1 en el que aumentó (1.4%) (Sigal et al. 2014 (13)). Los estudios que encontraron una disminución de la MM entrenaron a intensidad moderada (40-70%VO<sub>2</sub>máx) durante 31-60 min, con 3-10 sesiones/semana durante 3-14 semanas. Por otro lado, Sigal et al. 2014 (13) que observaron un aumento de la MM, entrenaron a intensidad moderada (65-85%VO<sub>2</sub>máx) durante 20-45 min con 4 sesiones/semana durante 24 semanas.

**Entrenamiento de fuerza:** la mayoría de los estudios observaron un aumento de la MM (1.9-5.1%), aunque hay 3 estudios en los que no (Davis et al. 2009 (1), Davis et al. 2009 (2), Lee et al. 2013 (62,63,68)). Estos 8-10 ejercicios, de 1-3 series x 6-15 repeticiones, a una intensidad cercana al fallo muscular. Además, tuvieron una duración de 12-16 semanas, realizando 2-3 sesiones por semana. Los estudios se realizaron en niñas excepto en Davis et al. 2009 (2) (63) que fue en un grupo mixto. Los estudios que aumentaron la MM tienen las similitudes de ir al fallo muscular, ser grupos mixtos o de chicos y de ser obesos (excepto Schranz et al. 2013 (70), que tienen sobrepeso).

**Entrenamiento concurrente:** en 5 estudios se observaron incrementos (0.5-6.1%), mientras que en 4 estudios no se observan cambios significativos. Respecto a los estudios que cambian, en Antunes et al. 2013 y Antunes et al. 2015 (el grupo de chicos) (39,71) realizaron un entrenamiento de 60 min dividido en 30min de EA a 65-85%FCmáx y 12 ejercicios de fuerza, de 1 serie x 15-20 repeticiones, a una intensidad de 65-75%RM. Campos et al. 2014 (72) tiene un EA de 30 min a 70% VO<sub>2</sub>máx y 10 ejercicios de fuerza, de 3 series x 6-20 repeticiones alternadas cada 3 semanas, con intensidad al fallo muscular. Sigal et al. 2014 (13) combina 20-45 min de EA al 65-85%FCmáx y 7 ejercicios de fuerza, de 3 series x 8 repeticiones a intensidad de 100% 8RM. Bharath et al. 2017 (30) combina 30min de EA al 40-70%FCmáx con 10 ejercicios de fuerza, de 1 serie x 15-20 repeticiones, con una intensidad moderada.

**HIIT:** solamente se han visto cambios significativos en 1 estudio de 3 que analiza esta variable. Lazzer et al. 2016 (49) observaron una reducción de 3.3% de la MM, donde realizaron un entrenamiento de HIIT de intervalos cortos de 1 serie de 6 repeticiones, donde 1 repetición equivale a 40 s (segundos) de trabajo a 100%VO<sub>2</sub>máx y 5 min de descanso activo al 40%VO<sub>2</sub>máx, con un tiempo de trabajo total de 4 min. Los 2 que

no ofrecen cambios significativos realizan un HIIT de intervalos largos (Morrisey et al. 2018 (73)) con 8-15 min de trabajo y un HIIT de intervalos cortos (Racil et al. 2016 (1) (44)) llegando a 6-8 min de trabajo.

### **Índice de Masa Corporal**

*Entrenamiento de resistencia aeróbica:* se observó una reducción (1.4-10.3%) en la mitad de los estudios, Campos et al. 2014, Sigal et al. 2014, Inoue et al. 2015, Lazzer et al. 2016 (LIT), y Morrissey et al. 2018 (13,49,65,72,73); mientras que en la otra mitad no se encuentran cambios. Tienen la similitud de que, si excluimos a Sigal et al. 2014 (13), entrenaron con una intensidad menor (40-70% VO<sub>2</sub>máx). Además, tienen una duración de entrenamiento larga con 40-60 min.

*Entrenamiento de fuerza:* presenta datos heterogéneos. Davis et al. (1) y Suh et al. 2011 (62,64) observaron un aumento (1.9-3.3%); Lee et al. 2012 (66) observaron un descenso (1.7%); y el resto no presenta cambios relevantes. Los 2 primeros realizaron un entrenamiento de 10 ejercicios (Davis et al. (1) (62) realiza 5 ejercicios por día), de 1-3 series x 8-12 repeticiones, a intensidad cerca del fallo muscular en grupos de chicas o mixto con sobrepeso durante 12-16 semanas y 3 sesiones por semana. Por otro lado, Lee et al. 2012 (66) realizaron 10 ejercicios a 2 x 8-12 al fallo muscular en chicos obesos durante 12 semanas y 3 sesiones por semana.

*Entrenamiento concurrente:* se observó una reducción (1.4-13.3%) en todos los estudios salvo en Antunes et al. 2013 (71). Inoue et al. 2015 (PO) (65) observaron una disminución del 10.3%, realizando 30 min, al 70% VO<sub>2</sub>máx y 10 ejercicios con 3 series x 6-20 repeticiones con rangos distintos de repeticiones cada semana e intensidad al fallo muscular durante 26 semanas con 3 sesiones por semana en un grupo mixto con obesidad.

*HIIT:* se encontró una reducción (6.9-15.9%) en Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1), Racil et al. 2013 (2), y Morrissey et al. 2018 (25,43,44), con la mayor reducción en el segundo. Racil et al. 2016 (1) (44) realizaron un entrenamiento de 2 series de 6-8 repeticiones, donde 1 repetición fueron 30 s al 100% VO<sub>2</sub>máx y 30 s al 50% VO<sub>2</sub>máx. Por otro lado, Blüher et al. 2016 y Lazzer et al. 2016 (10,49) no encontraron cambios significativos.

### **Presión sistólica (PS)**

Solamente se evalúa en 7 estudios (2 resistencia aeróbica, 1 de fuerza, 4 de concurrente y 3 de HIIT). Solo se observan cambios significativos con el entrenamiento de resistencia aeróbica y de fuerza de Sigal et al. 2014 (13); y con el entrenamiento de HIIT de Blüher et al. 2016 y Racil et al. 2016 (2) (10,25).

Entrenamiento de resistencia aeróbica: en Sigal et al. 2014 (13) observaron una disminución del 3.5% después de un programa de resistencia aeróbica, de 20-45 min al 65-85%FC<sub>máx</sub> durante 24 semanas con 4 sesiones por semana.

Entrenamiento de fuerza: en Sigal et al. 2014 (13) observaron una disminución del 3.4%, realizando 7 ejercicios con 3 series x 8 repeticiones al fallo muscular durante 24 semanas con 4 sesiones por semana.

Entrenamiento concurrente: no se observó cambios en ningún estudio.

HIIT: Blüher et al. 2016 (10) observaron una reducción del 6.0% y Racil et al. 2016 (2) (25) del 4.5%. En el primero realizaron un entrenamiento con una duración de 50 min y unas intensidades entre el 80 y 95%FC<sub>máx</sub>; en el segundo realizaron 3 series de 8-16 repeticiones con 15 s al 100%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> y 15 s al 50%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>.

### **Glucosa**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: se encontró una reducción (14.0%) en el estudio de Suh et al. 2011 (64), mientras que en el resto de los estudios no hay cambios. Este realizó un programa de resistencia aeróbica de 40 min a intensidad moderada-alta de 60-70%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> durante 12 semanas con 3 sesiones por semana.

Entrenamiento de fuerza: no se observó cambios significativos en ninguno de los estudios que la evalúan.

Entrenamiento concurrente: se observó una reducción (4.7-21.8%) en Davis et al. 2009 (1), Campos et al. 2014, Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (30,62,69,72); mientras que en los 2 grupos de Antunes et al. 2015 (39) no hubo cambios. Bharath et al. 2017, y Wong et al. 2018 (30,69) son los que tienen mayor reducción (21.8%) realizando un entrenamiento combinado de 30 min, al 40-70%FC<sub>máx</sub> y 10 ejercicios

con 1 serie x 15-20 repeticiones, a intensidad moderada o cercana al fallo muscular durante 12 semanas con 3-5 sesiones por semana.

HIIT: existen 2 estudios donde la glucosa disminuyó entre un 3.4-4.2% (Racil et al. 2016 (1), Racil et al. 2016 (2) (25,44)) y 3 que no hubo cambios. Los dos estudios primeros realizaron un entrenamiento de intervalos cortos con 2-3 series de 6-16 repeticiones, donde 1 repetición fueron 15-30 s al 100%VO<sub>2</sub>máx y 15-30 s al 50%VO<sub>2</sub>máx.

### **Insulina**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: dos de los 5 estudios que miden esta variable observaron una reducción (21.2-29.4%). Estos dos estudios son Suh et al. 2011 y Campos et al. 2014 (64,72) que realizaron un programa de 40-60 min de entrenamiento, a 60-70%VO<sub>2</sub>máx durante 3 días por semana, con una duración de 12 semanas a 1 año.

Entrenamiento de fuerza: solo se observó una disminución significativa de 21.2% en el estudio de Suh et al. 2011 (64), realizando un entrenamiento de 10 ejercicios a 1-3 series x 10-12 repeticiones al 60%1RM durante 12 semanas con 3 sesiones por semana. Por otro lado, Davis et al. 2009 (1), Davis et al. 2009 (2), Lee et al. 2013 y Vargas-Ortiz et al. 2017 (62,63,67,68) no observaron cambios.

Entrenamiento concurrente: 3 de los 4 estudios que analizan la variable tuvieron una reducción significativa (46.6-62.4%) (Campos et al. 2014, Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (30,69,72)). Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (30,69) realizaron un EA a intensidad ligera (40-70%FCmáx) durante 30 min y uno de fuerza de 10 ejercicios de 1 serie x 15-20 repeticiones, a intensidad moderada o cercana al fallo muscular con 3-5 sesiones por semana, durante 12 semanas. Campos et al. 2014 (72) realizaron durante 1 año, un EA de 60 min a intensidad ligera al 70%VO<sub>2</sub>máx combinado con uno de fuerza de 10 ejercicios de 3 series x 6-20 repeticiones, alternando repeticiones cada 3 semanas al fallo muscular.

HIIT: existen 5 estudios donde analizaron la insulina con 3 en los que se observó una reducción (25.7-27.2%). Estos son Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1) y Racil et al. 2016 (2) (25,43,44) donde los 2 primeros realizaron un HIIT de intervalos cortos con

2 series, 6-8 repeticiones donde 1 repetición equivale a 30 s a 100-110%FC<sub>máx</sub> y 30 s a 50%FC<sub>máx</sub>. Racil et al. 2016 (2) (25) realizaron 3 series, 8-16 repeticiones, donde 1 repetición fueron 15 s a 100%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> y 15 s al 50%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>. Todos realizaron 12 semanas con 3 sesiones por semana en chicas obesas.

### **Sensibilidad a la insulina (SI)**

Siempre que se encuentran cambios significativos, la SI mejora ya sea porque dicha sensibilidad aumenta o porque el HOMA se reduce (resistencia a la insulina disminuye). Esto conviene aclararlo ya que en la Tabla 5 la SI puede estar medida bien con el índice de SI o con el HOMA.

Entrenamiento de resistencia aeróbica: existen 3 estudios que aumentaron la SI y 2 en los que no cambió. Suh et al. 2011, Lee et al. 2013, y Campos et al. 2014 (64,68,72) presentaron cambios (28.9-80%) con un entrenamiento de intensidad ligera-moderada de 50-75%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub> durante 40-60 min con 3 sesiones por semana.

Entrenamiento de fuerza: existe 1 estudio que aumentó frente a 4 que no. Suh et al. 2011 (64) es el único que presentaron un aumento de la SI (11.1%) al igual que en el caso de la insulina.

Entrenamiento concurrente: hay 3 estudios, Campos et al. 2014, Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (30,69,72), en los que aumentó la SI (49.9-71.6%) al igual que en el caso de la insulina y 1 estudio en el que no, Davis et al. 2009 (1) (62).

HIIT: de 5 estudios que miden esta variable, hay 3 (Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1) y Racil et al. 2016 (2) (25,43,44)) en los que aumentó (28.3-29.5%), y 2 (Blüher et al. 2016 y Morrissey et al. 2018 (10,73)) en los que no cambió.

### **Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>)**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: existe un aumento (0.5-17.2%) en la mayoría de los estudios (Lee et al. 2013, Lazzer et al. 2016 (LIT), Lazzer et al. 2016 (HIT) y Vargas-Ortiz et al. 2017 (49,67,68)); salvo en Lee et al. 2012 (66). Lee et al. 2013 (68) encontraron un aumento con la única diferencia respecto al anterior de entrenar 40-60 min por sesión. Respecto a Lazzer et al. 2016 (49), el grupo de LIT entrenaron a intensidad ligera (40%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>) durante 45 min y el de HIT a moderada (70%VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>) durante 31 min, 10 sesiones por semana durante 3 semanas. Por último, Vargas-Ortiz

et al. 2017 (67) con un entrenamiento a una intensidad moderada de 60-80%VO<sub>2</sub>máx durante 20-50 min observaron mejoras en 12 semanas con 3 sesiones por semana.

Entrenamiento de fuerza: solamente en el estudio de Lee et al. 2012 (66) se observó una mejora significativa de un 23.3%. Este realiza un programa de entrenamiento durante 12 semanas con 3 sesiones por semana, con 10 ejercicios, 2 series x 8-12 repeticiones, con una intensidad al fallo muscular. Sin embargo, Lee et al. 2013, Vargas-Ortiz et al. 2017 (67,68) no observaron cambios.

Entrenamiento concurrente: solamente existe un estudio que evalúe esta variable. Bharath et al. 2017 (30) observó un aumento de 7.4% en el VO<sub>2</sub>máx, realizando un programa de resistencia aeróbica de 30 min, al 40-70%FCmáx y 10 ejercicios de fuerza con 1 serie x 15-20 repeticiones a una intensidad moderada.

HIIT: 4 de 6 estudios observaron un aumento entre el 2.2-10.9%. Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1) y Racil et al. 2016 (2) (25,43,44) realizaron un HIIT de intervalos cortos. Los primeros con 2 series de 6-8 repeticiones donde 1 repetición consiste en 30 s a 100-110%VO<sub>2</sub>máx, y 30 s al 50% VO<sub>2</sub>máx. El tercero, realizaron 3 series de 8-16 repeticiones, donde 1 repetición fue 15 s a 80%VO<sub>2</sub>máx y 15 s al 50%VO<sub>2</sub>máx, durante 12 semanas. Por último, Lazzer et al. 2016 (49) realizaron un HIIT de intervalos largos con 1 serie de 6 repeticiones en la que 1 repetición fueron 40 s a 100% VO<sub>2</sub>máx seguido de 5 min al 40%VO<sub>2</sub>máx.

### **Fuerza de miembro inferior y miembro superior**

Entrenamiento de resistencia aeróbica: se evaluó en los estudios de Lee et al. 2012 y Lee et al. 2013 (66,68) que no observaron cambios significativos en la fuerza.

Entrenamiento de fuerza: se mide en 5 estudios (Davis et al. 2009 (1), Davis et al. 2009 (2), Lee et al. 2012, Lee et al. 2013 y Schranz et al. 2013 (62,63,66,68,70)), en la que en la mayoría de ellos se observó mejoras significativas tanto en miembro inferior (36.8-46.8%) como en superior (21.0-37.5%). En el miembro inferior, los dos estudios con mayor mejora son Lee et al. 2012 y Schranz et al. 2013 (66,70) que realizaron 10 ejercicios de 2- 3 x 8-12 repeticiones al fallo muscular en chicos obesos, con 3 sesiones por semana durante 12-24 semanas. Para el miembro superior, el que más mejora es el estudio de Davis et al. 2009 (1) (62) con 10 ejercicios (5 por día), 1-3

*Algoritmo para la prescripción de ejercicio físico en la obesidad adolescente*

series, 8-15 repeticiones, con intensidad cercana al fallo muscular, 2 sesiones por semana durante 16 semanas.

Entrenamiento concurrente: solo se midió en Davis et al. 2009 (1) (62), donde se observó una mejora del 18.1% para el miembro inferior y 1.4% para el miembro superior. En dicho estudio realizaron un EF intercalando aeróbico en descansos. El EF fue 10 ejercicios (5 por día) con 1-3 series x 8-15 repeticiones cerca del fallo muscular y el EA fueron 30 min a intensidad desconocida.

HIIT: solo mide la fuerza en el miembro inferior en Racil et al. 2016 (1) (44) donde se encontró una mejoría de 10.4% en el miembro inferior.

**Tabla 5.** Tabla de los artículos seleccionados para esta revisión.

ESTUDIO	SUJETOS (n)	VARIABLES	INTERVENCIÓN DURACIÓN (sem) / FRECUENCIA (días/sem)/INTENSIDAD (I)	RESULTADOS
<b>Davis et al. 2009 (1)</b> (62)	50 (0♂, 50♀) 14-18 años	GC, MM, PC, IMC, Glu, Ins, SI, FM	C: 16/ 0 días/ I= Sin intervención.	N/A
			N: 16/1 días/ I= Educación nutricional.	N/A
			N + EF: 16 /2 / I= 10 ejercicios (5/día), 1-3 series, 8-15 repeticiones, 65-97% 8-15RM.	↑GC (kg), ↑PC, ↑IMC, ↑FM
			N + EC: 16 /2/ I= Fuerza intercalando aeróbico en descansos. EF: 10 ejercicios (5/día), 1-3 series, 8-15 repeticiones, 65-97% 8-15RM. EA: 30 min, intensidad desconocida.	↓GC (kg), ↓PC, ↓IMC, ↓Glu, ↑FM
<b>Davis et al. 2009 (2)</b> (63)	54 (28♂, 26♀) 14-18 años	GC, MM, PC, IMC, Glu, Ins, SI, FM	C: 16/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N: 16/ 1/ I= Educación nutricional.	N/A
			N + EF:16 /2/ I= 10 ejercicios (5/día), 1-3 series, 8-15 repeticiones, 65-97% 8-15RM.	↑FM (MMSS)
<b>Suh et al. 2011</b> (64)	30 (15♂, 15♀) 13.1 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, Glu, Ins, SI	GC: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N + EA: 12/ 3/ I=40 min a 60-70%VO <sub>2</sub> máx.	↓Glu, ↓Ins, ↑SI
			N + EF: 12/ 3/ I= 10 ejercicios, 1-3 series, 10-12 repeticiones, 60%RM.	↑GC, ↑MM, ↑PC, ↑IMC, ↓Ins, ↑SI
<b>Lee et al. 2012</b> (66)	45 (45 ♂, 0♀) 12-18 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, VO <sub>2</sub> máx, FM	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N + EA: 12/ 3/ I= 40 min a 50-75%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↓CC, ↓PC, ↑FM (MMII)
			N + EF: 12/ 3/ I= 10 ejercicios, 2 series, 8-12 repeticiones, 60%-100% 12RM.	↓GC (%), ↓CC, ↑MM, ↓PC, ↓IMC, ↑VO <sub>2</sub> máx, ↑FM
<b>Antunes et al. 2013</b> (74)	34 (22♂, 12♀), 12-15 años	GC, MM, PC, IMC	EC: 20/ 3/ I= 60 min: EA: 30 min a 65-85%FCmáx y EF: 12 ejercicios, 1 serie, 15-20 repeticiones, 65-75%RM.	↓GC (%), ↑MM (kg)
<b>Lee et al. 2013</b> (68)	44 (0♂, 44♀) 12-18 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, Glu, Ins, SI, VO <sub>2</sub> máx, FM	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N + EA: 12/ 3/ I= 40-60 min 50-75%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↑VO <sub>2</sub> máx
			N + EF: 12/ 3/ I= 8 ejercicios, 1-3 series, 6-15 repeticiones, 50-85%RM.	↓GC (%), ↑FM

**Leyenda:** ♂: niños; ♀: niñas; ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; FM: fuerza muscular; kg: kilogramos; MMII: miembros inferiores; MMSS: miembros superiores; C: grupo control; N: intervención nutricional; EA: entrenamiento de resistencia aeróbica; EF: entrenamiento de fuerza; EC: entrenamiento concurrente; RM: repetición máxima; cm: centímetros; N/A: no aplicable.  
 Significación estadística: p < 0.05.

Algoritmo para la prescripción de ejercicio físico en la obesidad adolescente

ESTUDIO	SUJETOS (n)	VARIABLES	INTERVENCIÓN DURACIÓN (sem) / FRECUENCIA (días/sem)/INTENSIDAD (I)	RESULTADOS
<b>Racil et al. 2013 (43)</b>	34 (0♂, 34♀) 15.9 años	GC, CC (cm), PC, IMC, Glu, Ins, HOMA, VO <sub>2</sub> máx	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N + HIIT: 12/ 3/ I= 2 series de 6-8 repeticiones, 1 repetición; 30 s a 100-110%FCmáx/ 30 s a 50%FCmáx.	↓GC (%), ↓CC, ↓PC, ↓IMC, ↓Ins, ↓HOMA, ↑VO <sub>2</sub> máx
			N + MIIT: 12/ 3/ I= 2 series de 6-8 repeticiones, 1 repetición; 30 s a 70-80%FCmáx / 30 s a 50%FCmáx.	N/A
<b>Schranz et al. 2013 (70)</b>	56 (56♂, 0♀) 13- 17 años	GC, MM, PC, IMC, FM	C: 24/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			EF: 24/ 3/ I= 10 ejercicios, 3 series, 8-12 repeticiones, intensidad progresiva.	↓GC (%), ↑MM (kg), ↑PC, ↑FM
<b>Campos et al. 2014 (72)</b>	42 (14♂, 28♀) 14-18 años	GC, MM, PC, IMC, Glu, Ins, HOMA	N + EA: 52/ 3/ I= 60 min al 70%VO <sub>2</sub> max.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC, ↓Ins, ↓HOMA
			N + EC: 52/ 3/ I= 60 min dividido en: EA: 60 min al 70%VO <sub>2</sub> max y EF: 10 ejercicios, 3 series, repeticiones alternadas cada 3 semanas de 6-20, intensidad al fallo muscular.	↓GC (%), ↑MM (kg), ↓PC, ↓IMC, ↓Glu, ↓Ins, ↓HOMA
<b>Sigal et al. 2014 (13)</b>	304 (91♂, 213♀) 14-18 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, PS	N: 24/ 0/ I= Intervención dietética.	N/A
			N + EA: 24/ 4/ I= 20-45 min al 65-85%FCmáx.	↓GC (%), ↓CC, ↑MM (kg), ↓IMC, ↓PS
			N + EF: 24/ 4/ I= 7 ejercicios, 3 series, 8 repeticiones, 8RM.	↓GC (%), ↓CC, ↑MM (kg), ↓PS
			N + EC: 24/ 4/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 20-45 min al 65-85%FCmáx y EF: 7 ejercicios, 3 series, 8 repeticiones, 100% 8RM.	↓GC (%), ↓CC, ↑MM (kg), ↓IMC
<b>Antunes et al. 2015 (39)</b>	25 (13♂, 12♀) 12-15 años	GC, MM, PC, IMC, PS, Glu	EC (♀): 20/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min 65-85%FCmáx y EF: 12 ejercicios, 1 serie, 15-20 repeticiones, desde intensidad ligera a 55%RM.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC
			EC (♂): 20/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min 65-85%FCmáx y EF: 12 ejercicios, 1 serie, 15-20 repeticiones, desde intensidad ligera a 55%RM.	↓GC (%), ↑MM, ↓PC, ↓IMC

**Leyenda:** ♂: niños; ♀: niñas; ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; FM: fuerza muscular; kg: kilogramos; C: grupo control; N: intervención nutricional; EA: entrenamiento de resistencia aeróbica; EF: entrenamiento de fuerza; EC: entrenamiento concurrente; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; MIIT: entrenamiento interválico de moderada intensidad; FCmáx: frecuencia cardiaca máxima; RM: repetición máxima; cm: centímetros; N/A: no aplicable.  
Significación estadística: p < 0.05.

ESTUDIO	SUJETOS (n)	VARIABLES	INTERVENCIÓN DURACIÓN (sem) / FRECUENCIA (días/sem)/INTENSIDAD (I)	RESULTADOS
Inoue et al. 2015 (65)	80/45 (17♂, 28♀) 15-18 años	GC, MM, PC, IMC	N + EA: 26/ 3/ I = 60 min al 70%VO <sub>2</sub> máx hasta semana 14, que empieza a hacer: 30 min al 70%VO <sub>2</sub> máx y 10 ejercicios, 3 series, 15-20 repeticiones, 25%RM.	↓GC (kg), ↓MM (kg), ↓PC, ↓IMC
			N + EC (PL): 26/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min al 70%VO <sub>2</sub> máx. EF: 10 ejercicios, 3 series, 6-20 repeticiones.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC
			N + EC (PO): 26/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min al 70%VO <sub>2</sub> máx. EF: 10 ejercicios, 3 series, 6-20 repeticiones.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC
Blüher et al. 2016 (10)	28/20 (13♂, 15♀) 13-18 años	GC, CC (cm), PC, IMC, PS, Glu, Ins, HOMA	HIIT: 26/ 2/ I= 50 min de sesión con un trabajo al 80-95%FCmáx y un descanso al 50-60%FCmáx. Tiempos de intervalos, series y repeticiones no definidos.	↓PS
Lazzer et al. 2016 (49)	30 (30♂, 0♀) 15-17 años	GC, MM, PC, IMC, VO <sub>2</sub> máx	N + LIT: 3/ 10/ I= 45 min al 40%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (kg), ↓MM (kg), ↓PC, ↓IMC
			N + HIT: 3/ 10/ I = 31 min al 70%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↓MM (kg), ↑VO <sub>2</sub> máx
			N + HIIT: 3/ 10/ I= 1 serie de 6 repeticiones, 1 repetición; 40 s a 100%VO <sub>2</sub> máx/ 5 min al 40%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (kg), ↓MM (kg), ↑VO <sub>2</sub> máx
Racil et al. 2016 (1) (44)	75 (0 ♂, 75♀) 16.6 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, Glu, Ins, HOMA, VO <sub>2</sub> máx, FM	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			N + HIIT: 12/ 3/ I= 2 serie de 6-8 repeticiones, 1 repetición; 30 s a 100%VO <sub>2</sub> máx / 30 s al 50%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↓CC, ↓PC, ↓IMC, ↓Glu, ↓Ins, ↓HOMA, ↑VO <sub>2</sub> máx, ↑FM
			N + HIIT + EP: 12/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: HIIT: 2 series de 6-8 repeticiones, 1 repetición; 30 s a 100%VO <sub>2</sub> máx / 30 s al 50%VO <sub>2</sub> máxy y EP: 3 series de 4 repeticiones, 1 repetición; 15 s trabajo a máxima intensidad / 15 s de descanso pasivo.	N/A
<p><b>Leyenda:</b> ♂: niños; ♀: niñas; ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; FM: fuerza muscular; kg: kilogramos; C: grupo control; N: intervención nutricional; EA: entrenamiento de resistencia aeróbica; EF: entrenamiento de fuerza; EC: entrenamiento concurrente; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; LIT: entrenamiento aeróbico de baja intensidad; HIT: entrenamiento aeróbico de alta intensidad; EP: entrenamiento pliométrico; RM: repetición máxima; cm: centímetros; N/A: no aplicable. Significación estadística: p &lt; 0.05.</p>				

Algoritmo para la prescripción de ejercicio físico en la obesidad adolescente

ESTUDIO	SUJETOS (n)	VARIABLES	INTERVENCIÓN DURACIÓN (sem) / FRECUENCIA (días/sem)/INTENSIDAD (I)	RESULTADOS
<b>Racil et al. 2016 (2) (25)</b>	47 (0♂, 47♀) 14.2 años	GC, CC (cm), PC, IMC, PS, Glu, Ins HOMA, VO <sub>2</sub> máx	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			HIIT: 12/ 3/ I= 3 series de 8-16 repeticiones (4 más/4 sem), 1 repetición; 15 s a 100%VO <sub>2</sub> máx / 15 s al 50%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↓CC, ↓PC, ↓IMC, ↓PS, ↓Glu, ↓Ins, ↓HOMA, ↑VO <sub>2</sub> máx
			MIIT: 12/ 3/ I= 3 series de 8-16 repeticiones (4 más/4 sem), 1 repetición; 15 s a 80%VO <sub>2</sub> máx / 15s al 50%VO <sub>2</sub> máx.	N/A
<b>Bharath et al. 2017 (30)</b>	40 (0♂, 40♀) 14.7 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, PS, Glu, Ins, HOMA, VO <sub>2</sub> máx	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			EC: 12/ 5/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min al 40-70%FCmáx y EF: 10 ejercicios, 1 serie, 15-20 repeticiones, a intensidad moderada.	↓GC (%), ↓CC, ↑MM (%), ↓PC, ↓IMC, PS, ↓Glu, ↓Ins, ↓HOMA, ↑VO <sub>2</sub> máx
<b>Vargas-Ortiz et al. 2017 (67)</b>	43 (43♂, 0♀) 16.7 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, Glu, Ins, HOMA, VO <sub>2</sub> máx	N + EA: 12/ 3/ I= 20-50 min al 60-80%VO <sub>2</sub> máx.	↓GC (%), ↓PC
			N + EF: 12/ 3/ I= 11 ejercicios, 2 series, 12 repeticiones, 12RM.	↓PC, ↑MM (cm <sup>2</sup> )
<b>Morrissey et al. 2018 (73)</b>	29 (8♂, 21♀) 12-16 años	GC, CC (cm), MM, PC, IMC, PS, Glu, Ins, HOMA	N + EA: 12/ 3/ I= 40-60 min al 60-70%FCmáx.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC
			N + HIIT: 12/ 3/ I= 4-6 repeticiones, 1 repetición; 2-2.30 min a 80-90%FCmáx / 1.30 min al 55%FCmáx.	↓GC (%), ↓PC, ↓IMC
<b>Wong et al. 2018 (69)</b>	30 (0♂, 30♀) 15.2 años	GC, CC (cm), PC, IMC, Glu, Ins, HOMA	C: 12/ 0/ I= Sin intervención.	N/A
			EC: 12/ 3/ I= Entrenamiento combinado de: EA: 30 min al 40-70%FCmáx y EF: 10 ejercicios, 1 serie, 16-20 repeticiones, a intensidad 18/20 según escala de Borg.	↓GC (%), ↓CC, ↓PC, ↓IMC, ↓Glu, ↓Ins, ↓HOMA

Leyenda: ♂: niños; ♀: niñas; ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; kg: kilogramos; C: grupo control; N: intervención nutricional; EA: entrenamiento de resistencia aeróbica; EF: entrenamiento de fuerza; EC: entrenamiento concurrente; HIIT: entrenamiento interválico de alta intensidad; MIIT: entrenamiento interválico de moderada intensidad; FCmáx: frecuencia cardiaca máxima; RM: repetición máxima; cm: centímetros; N/A: no aplicable.  
Significación estadística: p < 0.05.

**Tabla 6.** Cambios relativos ( $\Delta$  %) de las variables seleccionadas después de un entrenamiento de resistencia aeróbica.

Autor	GC (%)	GC (kg)	CC (cm)	MM (kg)	PC (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	PS (mmhg)	Glu	Ins	SI	VO <sub>2</sub> max	FM
Suh et al. 2011	↓0.8% (n.s)	N/A	↓0.8% (n.s)	↓0.7% (n.s)	↓0.8% (n.s)	↓1.7% (n.s)	N/A	↓14.0%	↓21.2%	↑80%	N/A	N/A
Lee et al. 2012	↓6.0%	↓6.4% (n.s)	↓1.9%	↑3.2% (n.s)	↓0.1%	↓0.8% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	↑29.0% (n.s)	MMII ↑9.6% (n.s) MMSS ↑3.5% (n.s)
Lee et al. 2013	↓3.5%	↓5.5% (n.s)	↓2.3% (n.s)	↑0.6% (n.s)	↓1.5% (n.s)	↓1.4% (n.s)	N/A	↓2.3% (n.s)	↓26.6% (n.s)	↑32.8%	↑17.2%	↑7.3% (n.s)
Campos et al. 2014	↓12.5%	↓16.9%	N/A	↑0.2% (n.s)	↓11.0%	↓10.3%	N/A	↑2% (n.s)	↓29.4%	↓28.9% (HOMA)	N/A	N/A
Sigal et al. 2014	↓2.2%	↓2.4% (n.s)	↓3.1%	↑1.4%	↓0.1% (n.s)	↓1.4%	↓3.5%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inoue et al. 2015	↓5.2% (n.s)	↓12.5%	N/A	↓5.0%	↓7.9%	↓7.7%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Lazzer et al. 2016 (LIT)	↓2.1% (n.s)	↓9.9%	N/A	↓6.6%	↓7.4%	↓7.5%	N/A	N/A	N/A	N/A	↑0.5%	N/A
Lazzer et al. 2016 (HIT)	↓0.8%	↓6.3%	N/A	↓4.9%	↓5.3% (n.s)	↓5.6% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	↑11.1%	N/A
Vargas-Ortiz et al. 2017	↓3.6%	N/A	↓8.3%	↑3.1% (n.s)	↓0.3% (n.s)	↑0.3% (n.s)	N/A	↑2.0% (n.s)	↓4.2% (n.s)	↓5.5% (n.s)	↑11.2%	N/A
Morrissey et al. 2018	↓4.6%	N/A	N/A	↓1.9% (n.s)	↓7.8%	↓7.6%	↓0.6% (n.s)	↑12.2% (n.s)	↑3.5% (n.s)	↑9.0% (n.s)	N/A	N/A

**Leyenda:** ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; kg: kilogramos; cm: centímetros; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; mmhg: milímetros de mercurio; n.s.: cambio no significativo; N/A: no aplicable; LIT: entrenamiento aeróbico de baja intensidad; HIT: entrenamiento aeróbico de alta intensidad.  
 Significación estadística: p<0.05

**Tabla 7.** Cambios relativos ( $\Delta$  %) de las variables seleccionadas después de un entrenamiento de fuerza.

Autor	GC (%)	GC (kg)	CC (cm)	MM (kg)	PC (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	PS (mmhg)	Glu	Ins	SI	VO <sub>2</sub> max	FM
Davis et al. 2009 (1)	N/A	↑1.7%	N/A	↑2.9% (n.s)	↑2.8%	↑3.3%	N/A	↓4.1% (n.s)	↓2.7% (n.s)	↓23.5% (n.s)	N/A	MMII ↑36.8% MMSS ↑37.5%
Davis et al. 2009 (2)	N/A	↓3.5% (n. s)	N/A	↑1.9% (n.s)	↓0.3% (n.s)	↔0% (n. s.)	N/A	↓2.6% (n.s)	↓2.6% (n. s.)	↔0% (n.s)	N/A	MMII ↑20.2% (n.s) MMSS ↑21.0%
Suh et al. 2011	↑4.0%	N/A	↓0.1% (n.s)	↑1.9%	↑2.3%	↑1.9%	N/A	↓6.1% (n.s)	↓21.2%	↑11.1%	N/A	N/A
Lee et al. 2012	↓5.7%	↓5.7% (n.s)	↓3.2%	↑5.1%	↓0.6%	↓1.7%	N/A	N/A	N/A	N/A	↑23.3%	MMII ↑46.8% MMSS ↑27.4%
Lee et al. 2013	↓3.2%	↓4.4% (n.s)	↓1.6% (n.s)	↑2.6% (n.s)	↓0.3% (n.s)	↓0.8% (n.s)	N/A	↑0.6% (n.s)	↓2.8% (n.s)	↑1.7% (n.s)	↑11.8% (n.s)	↑45%
Schranz et al. 2013	↓3.5%	N/A	N/A	↑4.3%	↑4.0%	↑0.9% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	MMII ↑40.2% MMSS ↑32.3%
Sigal et al. 2014	↓3.2%	↓2.7%	↓2.2%	↑2.8%	↑0.3% (n.s)	↓1.4% (n.s)	↓3.4%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vargas-Ortiz et al. 2017	↓2.0% (n.s)	N/A	↓8.3%	↑4.5%	↑0.5% (n.s)	↓0.3% (n.s)	N/A	↔0% (n.s)	↓1.8% (n.s)	↔0% (n.s)	↑2.5% (n.s)	N/A

**Leyenda:** ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; MMII: miembros inferiores; MMSS: miembros superiores; kg: kilogramos; cm: centímetros; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; mmhg: milímetros de mercurio; n.s.: cambio no significativo; N/A: no aplicable.  
Significación estadística: p<0.05.

**Tabla 8.** Cambios relativos ( $\Delta$  %) de las variables seleccionadas después de un entrenamiento concurrente (resistencia aeróbica y fuerza).

Autor	GC (%)	GC (kg)	CC (cm)	MM (kg)	PC (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	PS (mmhg)	Glu	Ins	SI	VO <sub>2</sub> max	FM
Davis et al. 2009 (1)	N/A	↓3.9%	N/A	↑0.8% (n.s)	↓0.9%	↓1.4%	N/A	↓4.7%	↓1.7% (n.s)	↑7.1% (n.s)	N/A	MMII↑18.15% MMSS↑1.4%
Antunes et al. 2013	↓7.9%	↓9.3%	N/A	↑4.9%	↑0.1% (n.s)	↓2.0% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Campos et al. 2014	↓10.5%	↓21.1%	N/A	↑6.1%	↓12.4%	↓13.3%	N/A	↓6.1%	↓46.6%	↓49.9% (HOMA)	N/A	N/A
Sigal et al. 2014	↓2.8%	↓3.3%	↓4.3%	↑1.4%	↓0.8% (n.s)	↓2.6%	↓0.9% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Antunes et al. 2015 (chicas)	↓6.8%	N/A	N/A	↑2.3% (n.s)	↓3.4%	↓4.4%	↓1.1% (n.s)	↑3.5% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A
Antunes et al. 2015 (chicos)	↓7.3%	N/A	N/A	↑5.4%	↓1.8%	↓3.7%	↓0.8% (n.s)	↔0% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inoue et al. 2015 (PL)	↓14.1%	↓18.2%	N/A	↑3.0% (n.s)	↓8.8%	↓9.1%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inoue et al. 2015 (PO)	↓16.8%	↓24.0%	N/A	↑2.7% (n.s)	↓9.7%	↓10.2%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Bharath et al. 2017	↓7.9%	N/A	↓4.7%	↑0.5%	↓8.1%	↓10%	↓0.8% (n.s)	↓21.8%	↓62.4%	↓71.6% (HOMA)	↑7.4%	N/A
Wong et al. 2018	↓8.3%	N/A	↓4.7%	N/A	↓8.1%	↓9.3%	N/A	↓21.8%	↓62.4%	↓71.6% (HOMA)	N/A	N/A

**Leyenda:** ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; MMII: miembros inferiores; MMSS: miembros superiores; kg: kilogramos; cm: centímetros; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; mmhg: milímetros de mercurio; n.s.: cambio no significativo; N/A: no aplicable; PL: periodización lineal; PO: periodización ondulada.  
 Significación estadística: p<0.05

**Tabla 9.** Cambios relativos ( $\Delta$  %) de las variables seleccionadas después de un entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT).

Autor	GC (%)	GC (kg)	CC (cm)	MM (kg)	PC (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	PS (mmhg)	Glu	Ins	SI	VO <sub>2</sub> max	FM
Racil et al. 2013	↓7.8%	N/A	↓3.6%	N/A	↓3.8%	↓13.8%	N/A	↓2.2% (n.s)	↓27.2%	↓29.5%	↑7.0%	N/A
Blüher et al. 2016	↓6.2% (n.s)	N/A	↓4.0% (n.s)	N/A	↓0.2% (n.s)	↓2.6% (n.s)	↓6.0%	↓2.8% (n.s)	↓16.1% (n.s)	↓13.8% (HOMA) (n.s)	N/A	N/A
Lazzer et al. 2016	↓1.9% (n.s)	↓5.8%	N/A	↓3.3%	↓4.5% (n.s)	↓4.6% (n.s)	N/A	N/A	N/A	N/A	↑9.9%	N/A
Racil et al. 2016 (1)	↓7.1%	N/A	↓3.2%	↑0.6% (n.s)	↓3.8%	↓15.9%	N/A	↓3.4%	↓25.8%	↓28.3% (HOMA)	↑10.9%	MMII ↑10.4%
Racil et al. 2016 (2)	↓9.6%	N/A	↓3.2%	N/A	↓3.7%	↓9.2%	↓4.5%	↓4.2%	↓25.7%	↓28.7% (HOMA)	↑2.2%	N/A
Morrissey et al. 2018	↓5.9%	N/A	N/A	↑1.4% (n.s)	↓6.7%	↓6.9%	↓0.7% (n.s)	↓12.2% (n.s)	↓10.6% (n.s)	↓11.8% (HOMA) (n.s)	N/A	N/A

**Leyenda:** ↑: aumenta; ↓: disminuye; GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; PC: peso corporal; IMC: Índice de Masa Corporal; PS: presión sistólica; Glu: glucosa; Ins: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; HOMA: "homeostatic model assessment"; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno; MMII: miembros inferiores; kg: kilogramos; cm: centímetros; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; mmhg: milímetros de mercurio; n.s.: cambio no significativo; N/A: no aplicable;  
Significación estadística: p<0.05



## DISCUSIÓN

Al comienzo de cada variable, se refleja la media aritmética de los cambios relativos significativos obtenidos en las tablas 6-9. Para ello, se suman todos los cambios significativos en la variable y se dividen entre el número total de estudios que miden la variable dentro de cada entrenamiento (EC: Entrenamiento concurrente; EA: Entrenamiento de resistencia Aeróbica; EF: Entrenamiento de Fuerza; HIIT: Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad).

### Grasa corporal

Por orden de relevancia, se observó una reducción en % de grasa corporal: EC (M=9.1), HIIT (M=5.06), EA (M=3.3) y EF (M=1.9).

El EC es el que mayor disminuye la GC, ya que todos los estudios producen reducciones tanto en % de GC (2.8%-16.8%) como en kg de GC (3.3%-24.0%). La diferencia del cambio relativo se puede deber a que en Sigal et al. 2014 (13) (disminuye 2.8%) se realizó en individuos con sobrepeso y obesos y en Inoue et al. 2015 (65) (disminuye 16.8%) se realizó solo con obesos, ya que el tipo de entrenamiento fue similar entre los estudios.

El entrenamiento de resistencia aeróbica es el que más se puede acercar al EC al disminuir entre 0.8%-12.5% en % y de 6.3-16.9% en kg. El estudio de Inoue et al. 2015 (65) no hubo cambios significativos probablemente por hacer solo 30 min de ejercicio aeróbico a moderada intensidad. Por otro lado, Lazzer et al. 2016 (49) (LIT) es el único estudio donde realizaron una intensidad ligera (40%VO<sub>2</sub>máx ) que podría explicar la no reducción de GC.

En el HIIT, siempre observó un descenso significativo de la GC oscilando entre 5.9-9.6%. Lazzer et al. 2016 (49) no observaron cambios y podría deberse a que solo se hacen 4 min totales de trabajo a alta intensidad (100% VO<sub>2</sub>máx), siendo 10 min el mínimo para crear adaptaciones a esa intensidad.

Por último, en el EF, la GC aumentó en 2 estudios y disminuyó entre 3.2-5.7% en % y 2.7-5.7% en kg. En el estudio de Davis et al. 2009 (1) (62) aumentó la GC, que podría deberse a que son niñas con sobrepeso y es el estudio que menos ejercicios realiza

por sesión con 5; mientras que en Suh et al. 2011 (64) fueron niños y niñas con sobrepeso.

### **Circunferencia de la cintura (CC)**

Por orden de relevancia, se da una reducción en cm: EC (M=4.56), HIIT (M=2.50), EF (M=1.52) y EA (M=1.47).

El EC es el que más disminuye la CC (4.3-4.7%). Esto puede deberse a que solo hay 3 estudios que midan esta variable en comparación con los demás. Además, ninguno de estos estudios aporta datos de grupos con sobrepeso. Los mejores resultados se obtienen en Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (4.7%) (30,69) que realizaron un EA de intensidad ligera y otro de fuerza a intensidad moderada. Sin embargo, en el estudio de Sigal et al. 2014 (13) (4.3%) realizaron un EA de intensidad moderada y de fuerza al fallo muscular.

En el EF, junto con el aeróbico, es el que mayor cambio relativo ofrece (8.3%) (Vargas-Ortiz et al. 2017 (67)). En este se realizaron 11 ejercicios de 2 series x 12 repeticiones a una intensidad al fallo muscular. Los estudios que no ofrecen cambios son los de Suh et al. 2011 (64) y Lee et al. 2013 (68). Estos difieren del primero en que tienen un menor número de ejercicios, menor o igual número de series y una intensidad que no es al fallo muscular. Por todo ello, el volumen de entrenamiento y la intensidad de este es mayor en Vargas-Ortiz et al. 2017 (67), lo cual podría ser determinante.

En el entrenamiento de HIIT, aunque existe un intervalo de reducción de la CC de 3.2-3.6%, solamente se observó un resultado no significativo en comparación con los dos que se observó en el EF y en el aeróbico. Mientras que en Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1), y Racil et al. 2016 (2) (25,43,44) obtuvieron buenos resultados con una intensidad de trabajo del 100-110%VO<sub>2</sub>máx, en Blüher et al. 2016 (10) la intensidad de trabajo oscila entre el 80-95% VO<sub>2</sub>máx. Esto podría sugerir que, mientras los primeros son de intervalos cortos, este último fue de intervalos largos. Por lo que en la intensidad de trabajo máxima y en la duración de los intervalos podría residir la diferencia entre los grupos.

Finalmente, con el EA se observó un cambio relativo (8.3%) en el estudio de Vargas-Ortiz et al. 2017 (67). En este estudio realizaron un programa de 20-50 min a

intensidad baja-moderada (60-80%VO<sub>2</sub>máx) en chicos obesos durante 12 semanas, 3 sesiones/semana. Suh et al. 2011 (64) y Lee et al. 2013 (68) no observaron cambios significativos, realizando un programa de entrenamiento de una intensidad entre el 50-75%VO<sub>2</sub>máx, con una duración de 40-60 min. La intensidad es un poco más baja en los segundos estudios, pero el tiempo de trabajo es mayor en los mismos. Respecto a los sujetos, en el estudio donde se observó cambios son niños obesos y en los otros son chicas obesas o un grupo mixto con sobrepeso. Debido a que todos sufrieron intervención nutricional, la diferencia podría deberse a la intensidad y al sexo.

### **Masa magra**

Por orden de relevancia se da un aumento en kg: EF (M=2.32), EC (M=1.83), HIIT (M=-0.33) y EA (M=-1.51).

En el EF, siendo el que mayores mejoras ofrece, se encontró un aumento relativo de 1.9-5.1% en 5 estudios; mientras que 3 estudios no hubo cambios. Como se ha visto anteriormente, los que no ofrecen cambios no llegan al fallo muscular, mientras los otros sí. Por otro lado, los que aportan mejores resultados son grupos mixtos o de chicos además de obesos. Estas tres diferencias parecen ser determinantes debido a que los niños tienden a tener más facilidad para ganar MM y los obesos suelen partir de menores niveles de la misma, por lo que la ganancia será más rápida. Al hablar del fallo muscular, resulta relevante como los grupos que llegan a la fatiga consiguen mayores resultados que los que no.

Respecto al EC, se encuentra un aumento de entre 0.5-6.1%. Este cambio de 6.1% es el de mayor valor relativo (Campos et al. 2014 (72)) con un año de duración, con 3 sesiones por semana en un grupo mixto de obesos. En este estudio realizaron un EA de 60 min al 70% VO<sub>2</sub>máx, al que se le añade uno de fuerza con 10 ejercicios a 3 series x 6-20 repeticiones, alternando el rango de repeticiones según la semana y una intensidad al fallo muscular. La principal diferencia con los estudios anteriormente descritos en los resultados que no ofrecían resultados significativos, son las semanas de duración de la intervención (mayor número de semanas produce mayores aumentos en la MM). Además, la intensidad del EF de Davis et al. 2009 (1) (62) y Antunes et al. 2015 (39) no iba al fallo muscular y el volumen de entrenamiento

también es menor, llevando esto a cambios no significativos. En resumen, las semanas de duración del estudio y la intensidad y el volumen del EF parecen determinantes.

El HIIT tiene un estudio en el que la MM disminuyó (3.3%) (Lazzer et al. 2016 (49)) y 2 en los que no hubo cambios (Racil et al. 2016 (1), Morrissey et al. 2018 (44,73)). El primero tiene un tiempo de trabajo total de intervalos cortos de 4 min a 100%VO<sub>2</sub>máx, el segundo de intervalos cortos con 6-8 min de trabajo y, el último, de intervalos largos con 8-15 min de trabajo. Otra diferencia es que Lazzer et al. 2016 (49) tuvieron un grupo de chicos con obesidad y realizaron 3 semanas con 10 sesiones por semana; Racil et al. 2016 (1) (44) tuvieron un grupo de chicas con obesidad y realiza 12 semanas con 3 sesiones por semana; Morrissey et al. 2018 (73) fueron un grupo mixto con obesidad y realizaron 12 semanas con 3 sesiones por semana.

El EA es el que más MM se pierde (4.9-6.6%). Al comparar el estudio que más disminuyó (6.6%) (49) (LIT), con el único que incrementó (1.4%), (13), se observan bastantes diferencias. Al comparar los estudios, se observa que el grupo de ganancia de MM realizó más intensidad, menos tiempo de entrenamiento y una mayor distribución del entrenamiento con menos sesiones por semana en 21 semanas más.

### **IMC**

Por orden de relevancia, se da una reducción en kg/m<sup>2</sup>: HIIT (M=7.6), EC (M=6.4), EA (M=3.45) y EF (M=-0.4).

El HIIT es el ejercicio físico que obtiene mejores resultados (6.9-15.9%). En el apartado de resultados se ha observado que el estudio con mayor mejora relativa es Racil et al. 2016 (1) (44). También hay 2 que no encontraron (10,49). Puesto que Blüher et al. 2016 (10) no define de forma completa el entrenamiento, se comparan los otros. El tiempo de trabajo es mayor en Racil et al. 2016 (1) (44) con 6-8 min al 100%VO<sub>2</sub>máx mientras realizaron un entrenamiento de intervalos cortos. Por otro lado, Lazzer et al. 2016 (49) realizaron 4min de trabajo al 100% VO<sub>2</sub>máx con intervalos largos. Los 2 se desarrollaron en obesos, pero Racil et al. 2016 (1) (44) solo lo realizó en chicas mientras el otro es solo en chicos. La duración y la cantidad de sesiones totales realizadas difiere con 3 semanas y 30 entrenamientos en Lazzer et al. 2016

(49) frente a 12 semanas con 36 entrenamientos en Racil et al. 2016 (1) (44). Por ello, se podría concluir que el tiempo de trabajo, el entrenamiento en periodos cortos, la intervención en chicas y, sobre todo, la duración del estudio son claves. Esta última podría ser la más relevante ya que la pérdida de peso podrá ser mayor en 12 que en 3 semanas.

El EC solo tiene 1 estudio sin cambios significativos (71). En contraposición Inoue et al. 2015 (PO) (65) es el estudio con mayores cambios (13.3%). La diferencia reside en que el estudio de Inoue et al. 2015 (PO) (65), la intensidad del EA y de fuerza; el volumen y la periodización del EF; y la duración del estudio son mayores.

En el EA, los resultados fueron muy heterogéneos con la mitad de los estudios que la reducen (1.4-10.3%) y la otra mitad sin cambios significativos. Después de analizar los entrenamientos, se observa que una menor intensidad y un tiempo mayor de ejercicio son los factores que diferencian a los estudios con cambios. Esto resulta sorprendente, ya que la tendencia es a creer que mayores intensidades darán mejores resultados para la pérdida de peso.

En el EF, al ser el grupo que más aumenta la MM, puede que si el IMC no cambia o aumenta esto no sea un dato negativo, en caso de que la masa grasa permanezca constante o se reduzca ligeramente. Al hablar de resultados, se observa que aumentó, disminuyó o no cambió el IMC. Se observó que en los grupos de Davis et al. (1) y Suh et al. 2011 (62,64) que aumentó el IMC, la MM permanece constante y la masa grasa aumenta por lo que este aumento sería perjudicial para los sujetos. En Lee et al. 2012 (66), se da una situación ideal con reducción de IMC y masa grasa y aumento de la MM. Parecen relevantes el sexo (varón) y la intensidad al fallo muscular para generar estas adaptaciones, ya que el volumen de entrenamiento y la duración del estudio es similar.

### **Presión sistólica**

Por orden de relevancia, se da un descenso en mmHg: HIIT (M=3.5), EF (M=3.4), EA (M=1.75) y EC (M=0).

La limitación más importante es que apenas hay estudios que midan esta variable, por lo que no se puede sacar conclusiones claras acerca de ella. El EF tiene solo 1

estudio (Sigal et al. 2014 (13)) donde se observó un descenso significativo de la PS (presión sistólica). El EA tiene 1 estudio en el que el descenso fue significativo (Sigal et al. 2014 (13)) y otro en el que no (Morrissey et al. 2018 (73)). El EC es el que más estudios tiene que analicen esta variable (13,30,39), sin disminución significativa.

### **Glucosa**

Por orden de relevancia, se da una reducción: EC (M=9.0), EA (M=2.8), HIIT (M=1.5) y EF (M=0).

El EC es el que más disminuye la glucosa (4.7-21.8%) y, además, es el entrenamiento con más estudios que miden esta variable. Al comparar los estudios en los que más disminuye (Bharath et al. 2017 y Wong et al. 2018 (30,69)) con los que no cambia (Antunes et al. 2015 (39)), se observa que la intensidad del EA es ligera en los primeros y moderada en el segundo. Respecto a la fuerza, la intensidad de los primeros es más cercana al fallo muscular sin llegar a él, mientras que el volumen de entrenamiento es mayor en los segundos si se tiene en cuenta el número de ejercicios.

Al hablar del EA, solo se observa una mejora, aunque bastante grande (14.0%), en el estudio de Suh et al. 2011. Este destaca por la duración de 40 min de entrenamiento y por la intensidad moderada-alta respecto al resto.

En el HIIT existe heterogeneidad con 2 estudios con reducción (Racil et al. 2016 (1), Racil et al. 2016 (2) (25,44)) y 3 estudios sin ella (10,25,73). En los dos estudios que no hubo cambio se sigue un protocolo de intervalos largos con 80-95%FCmáx de intensidad de trabajo. Por otro lado, donde si hay cambio significativo se utiliza un protocolo de intervalos cortos con una intensidad de 100%VO<sub>2</sub>máx. Por ello, lo que parece determinante es la intensidad del ejercicio físico.

### **Insulina**

Por orden de relevancia, se da una reducción: EC (M=42.8), HIIT (M=19.6), EA (M=10.1) y EF (M=4.2).

El EC es el que mayor reducción significativa se observa. La intensidad del EA fue ligera con 40-70%FCmáx en los estudios con mayor cambio (Bharath et al. 2017, Wong et al. 2018 (30,69)), al igual que ocurre con la duración del entrenamiento, que

fue menor con 30 min. Respecto al EF, la intensidad fue similar (cercana al fallo muscular) y el volumen de entrenamiento fue mayor en Davis et al. 2009 (1) (62) que no observó disminución. Por otro lado, todos los grupos tienen obesidad menos el de Davis et al. 2009 (1) (62), lo cual podría ser clave para la reducción significativa.

Respecto al HIIT, se observa gran disminución en los 3 estudios que utilizaron un tipo de HIIT de intervalos cortos (Racil et al. 2013, Racil et al. 2016 (1), Racil et al. 2016 (2) (25,43,44)). Además, estos tienen una intensidad de trabajo mayor (100-110%VO<sub>2</sub>máx) que en otros estudios que no observaron disminución.

En el EA, existen más estudios que no cambian que los que sí. Suh et al. 2011 (64) y Campos et al. 2014 (72) observaron disminuciones de la insulina con un programa de intensidad ligera-moderada (60-70%VO<sub>2</sub>máx) y un tiempo de 40-60 min de duración.

El EF es el que peores resultados tiene con 1 resultado positivo de los 5 estudios que analizaron la insulina. Suh et al. 2011 (64) con una mejora de 21.2% realizaron más volumen y menor intensidad respecto a los otros estudios (62,63,68).

### **Sensibilidad a la insulina (SI)**

Si la SI aumenta se presupone que habrá menor cantidad de insulina en sangre. Por ello, salvo en el estudio de Lee et al. 2013 (68) donde la insulina no cambió y la SI aumentó, todos los estudios que miden la variable observaron un aumento en la sensibilidad, seguido de un descenso de la cantidad de insulina en sangre. Por orden de importancia, se da un aumento de la sensibilidad de la insulina: EC (M=48.2), EA (M=28.3), HIIT (M=17.3) y EF (M=2.2).

### **Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx)**

Por orden de relevancia, se da un aumento en ml/kg/min: EA (M=8), EF (M=7.7), HIIT (M=7.5) y EC (M=7.4). Estos resultados son atípicos y pueden estar sesgados por la poca cantidad de estudios que analizan esta variable.

El EA solo tiene un estudio que no mejora (Lee et al. 2012 (66)), lo cual puede ponerse en duda ya que la mejora relativa es mayor que cualquier otro (29.0%). Si se excluye este dato, se observa que la mayor mejora es la de Lee et al. 2013 (68) con un entrenamiento de larga duración (40-60 min) y de intensidad ligera-moderada. Sin embargo, el grupo LIT de Lazzero et al. 2016 (49) realizaron con una intensidad ligera

y no obtuvo apenas mejoría (0.5%), al contrario que el grupo de HIT de este y el estudio de Vargas-Ortiz et al. 2017 (67) que con menor tiempo y más intensidad consiguieron mejoras mayores (11.1-11.2%). Por ello, se podría deducir que una mayor duración e intensidad más elevada es lo que más mejora esta variable.

El EF tiene un estudio con la mayor mejora, Lee et al. 2012 (66) con un valor de 23.3%, pero los otros 2 que evalúa, Lee et al. 2013, Vargas-Ortiz et al. 2017 (67,68), no aportan cambios. El segundo tiene mayor volumen. Sin embargo, respecto a Lee et al. 2013 (68) tiene la diferencia de que este tiene menor volumen de entrenamiento y menor intensidad sin llegar al fallo. Aunque los resultados no son concluyentes por su heterogeneidad, se podría concluir que un entrenamiento con más volumen (repeticiones) es necesario para mejorar el  $VO_2$ máx con el EF.

Al valorar el HIIT, los 4 estudios que lo evalúan observaron un aumento de 2.2-10.9%, siendo Racil et al. 2016 (1) (44) con un entrenamiento de intervalos cortos y un tiempo de trabajo de 6-8 min al 100% $VO_2$ máx en el que mayor mejora se observó. Por ello, se puede deducir que, a mayor intensidad de trabajo, mayores incrementos del  $VO_2$ máx.

Respecto al EC, solo hay un estudio que evalúe la variable por lo que no se pueden sacar conclusiones acerca de ello.

### **Fuerza de miembro inferior y superior**

Por orden de relevancia, se da un aumento en MMII: EF (M=33.7), EC (M=18.1), HIIT (M=10.4) y EA (M=0). En el MMSS: EF (M=32.6), EC (M=1.4) y EA y HIIT (M=0).

El mejor entrenamiento para mejorar la fuerza, como se esperaba, es el propio EF. Tras analizar los entrenamientos, parece que para el miembro inferior lo mejor es entrenar a una intensidad al fallo muscular, con alto volumen de entrenamiento y 3 sesiones por semana para crear adaptaciones tanto a corto (Lee et al. 2012 (66)) como a medio plazo (Schranz et al. 2013 (70)). Algunos de los estudios llegan hasta el fallo muscular (carácter del esfuerzo máximo), sin embargo, estudios en poblaciones adultas sugieren que los protocolos de EF de moderada intensidad sin llegar al fallo son igual de eficaces en la mejora del incremento de la fuerza y MM. Por otro lado, para el miembro superior las mayores mejoras se observan en Davis et al. 2009 (1)

(62) con menor intensidad (sin llegar al fallo), menor volumen de entrenamiento y menos sesiones por semana. La diferencia entre los miembros podría deberse a que el miembro superior al no haberse trabajado casi nunca, con menor intensidad se puede encontrar más mejoras y también se puede fatigar antes.

Los otros 3 tipos de ejercicio tienen poca evidencia de esta variable, ya que se realiza la medición en pocos estudios. El EC, al tener un componente de EF y ofrecer mayores mejoras que los otros 2 en el estudio que lo analiza (Davis et al. 2009 (1) (62)), se podría decir que es el segundo con más relevancia para mejorar la fuerza.

### **Limitaciones del estudio**

Este estudio ha tenido la gran limitación de que no hay muchos estudios que midan la mayoría de las variables expuestas.

Se tiene una gran limitación en el control de las actividades de los participantes fuera de los estudios experimentales. Tanto la actividad física de los sujetos como la dieta seguida fuera de los protocolos de estudio es muy difícil de controlar. Muchos de los estudios piden un control de la dieta, pero pocos una actividad física similar de todos los sujetos en lo que no hace referencia al protocolo. La dieta suelen ser recomendaciones que pueden no seguir los participantes sin que lo sepan los evaluadores.

Otra limitación es la adherencia de los pacientes que comienzan los estudios. Muchos de los participantes de los estudios no acaban toda la terapia, lo cual lleva a un gran sesgo en el estudio.

Por último, la falta de seguimiento a largo plazo después de finalizar el periodo de ejercicio en muchos de los estudios se evalúa. Aunque no se haya evaluado, es importante de cara a saber si los individuos siguen realizando ejercicio físico o como se encuentran los individuos que no siguen con ello.

### **Fortalezas del estudio**

Al igual que la presencia de estudios que no miden todas las variables es una limitación, la inclusión en la revisión de muchas de las variables que se presentan alteradas en el sobrepeso y la obesidad es una gran fortaleza de cara a la individualización del ejercicio.

Además, la gran cantidad de estudios incluidos en la revisión hace que esté soportada por mucha evidencia científica. Esta evidencia también tiene el beneficio de que posee gran calidad metodológica y se centra en un grupo de población especial con edades que oscilan únicamente en 6 años de diferencia.

Por último, el cálculo del cambio relativo de todos los estudios aporta un dato muy valioso, al destacar más unas mejoras que otras; lo cual ha permitido establecer un algoritmo según el ejercicio dentro de cada variable.

## **CONCLUSIONES**

1. Todos los tipos de ejercicio físico observan efectos beneficiosos en las variables que se encuentran alteradas en la obesidad.
2. El entrenamiento concurrente es el mejor de forma general para todas las variables, seguido del Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) y de los entrenamientos de fuerza y aeróbico por igual.
3. El entrenamiento de resistencia aeróbica es el mejor ejercicio físico para aumentar el consumo máximo de oxígeno.
4. El entrenamiento de fuerza es el mejor ejercicio físico para aumentar la masa magra y la fuerza muscular.
5. El entrenamiento concurrente es el mejor ejercicio físico para reducir la grasa corporal, la circunferencia de la cintura, la glucosa, la insulina y la resistencia a la insulina.
6. El Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT) es el mejor ejercicio físico para reducir el índice de masa corporal y la presión sistólica.



## **PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

### **Introducción**

El sobrepeso y la obesidad son grandes problemas para la sociedad actual. Estos problemas se acentúan en los menores de edad, donde las tasas de estas patologías están en aumento. Esto ha hecho que numerosas enfermedades, como la diabetes tipo II, la hipertensión, hígado graso no alcohólico..., aparezcan en esta etapa de la vida en la que no solían estar presentes.

Los principales problemas que llevan a la población hacia la obesidad son una incorrecta alimentación y, sobre todo, una muy baja actividad física. Solo con aumentar la actividad física y el ejercicio físico, se han visto múltiples mejoras en las diferentes variables que se encuentran afectadas en la obesidad. Además, cada tipo de ejercicio físico da mejores resultados para una u otra de estas variables.

Por todo ello, se ha decidido hacer una intervención en la que según las variables que se encuentren afectadas dentro de cada sujeto se realizará un tipo distinto de programa de ejercicio físico según un algoritmo que se expondrá a continuación.

### **Objetivos**

1. Examinar las variables alteradas de los pacientes obesos o con sobrepeso de 13 a 17 años antes de iniciar el programa de ejercicio físico para individualizar el ejercicio físico, con el objetivo de disminuir la obesidad y el sobrepeso y los factores de riesgo asociados.
2. Realizar un algoritmo, en función de las variables alteradas, del tipo de ejercicio que le aportará más beneficios de forma global para mejorar dichas variables.
3. Desarrollar el programa de ejercicio físico más eficaz de manera individualizada a aplicar según el resultado del algoritmo.
4. Potenciar la adherencia al tratamiento.

### **Criterios de inclusión:**

1. IMC > p85 según la tabla para niños y niñas de 2 a 20 años del Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.
2. Edad entre 13 y 17 años.
3. Posibilidad de asistir al centro de tratamiento 3 días por semana.
4. Firmar un consentimiento informado por parte del tutor legal (Anexo 3).

### **Criterios de exclusión:**

1. IMC < p85 según la tabla para niños y niñas de 2 a 20 años de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades.
2. Edad de menos de 13 o más de 17 años.
3. Presentar alguna enfermedad en estado agudo: infección, fiebre, lesión traumática, dolor muscular...
4. Padecer alguna patología no controlada.
5. Pacientes con alguna limitación física, psíquica o social para realizar ejercicio físico.
6. Pacientes embarazadas.
7. Imposibilidad de asistir al centro de tratamiento 3 días por semana.
8. No presentar un consentimiento informado por parte del tutor legal.

### **Mediciones**

#### Variables antropométricas (GC, CC, MM, PC, altura, PS)

*Bioimpedanciómetro:* se usará para medir la GC en porcentaje y kilogramos; la MM en porcentaje y kilogramos; y el PC. Se utilizará la Tanita InnerScan V BC-545N con el fin de detectar estas variables, al no disponer de una máquina que mida la densitometría ósea (DEXA), que sería más precisa, por su elevado coste. El paciente se colocará en bipedestación, sin calcetines y en ropa interior sobre la báscula mientras agarra los electrodos manuales en un estado de ayunas sin haber comido nada durante 8 horas.

*Estadiómetro:* se usará para medir la altura. Se utilizará el Estadiómetro Portátil ADE MZ10042. El paciente se colocará en bipedestación sobre la plataforma, sin calcetines, con los talones apoyados en las bases posteriores y realizará una

espiración máxima. Se realizarán 3 mediciones y se calculará la media para mayor precisión.

*Cinta métrica:* se usará para medir el perímetro de la cintura. Se utilizará la Cinta Seca 201. El paciente se colocará en bipedestación, pies juntos, tronco erguido y miembros superiores relajados. Se realizará una marca con un bolígrafo en extremo superior de cresta ilíaca y extremo inferior de última costilla. Tras ello, se medirá la distancia entre esos puntos y se medirá el perímetro de la cintura desde ahí.

*Esfingomanómetro:* se usará para medir la PS. Se utilizará el tensiómetro Omron M3 Intellisense HEM-7131-E. El paciente, tras indicarle 5 min de reposo y no haber comido ni bebido sustancias excitantes, ni fumado 30 min antes, se coloca con todo su cuerpo relajado en sedestación. Se coloca el brazo dominante a la altura del corazón con la mano relajada y se le coloca el manguito en contacto con la piel del brazo. Se le indica al paciente que no hable y se realiza la medición.

#### Variables sanguíneas: glucosa, insulina y SI

*Análisis de sangre en ayunas:* se usará para medir la glucosa, la insulina y la SI. Para la glucosa y la insulina, se les solicitará que pidan dichos análisis en el centro de salud en el que estén asignados. Una vez obtenidos, se calculará la SI con la evaluación del modelo de homeostasis para la resistencia a la insulina (HOMA-IR). HOMA-IR se calculará utilizando la ecuación  $HOMA-IR = (insulina \text{ en ayunas } (\mu U / mL) \times glucosa \text{ en ayunas } (mmol / l)) / 22.5$ .

#### Fuerza muscular

*Salto horizontal:* se utilizará para medir la fuerza del miembro inferior. Se realizará un salto horizontal sobre el suelo con los brazos libres. El participante se colocará detrás de la línea de salida, con los pies juntos y saltará hacia adelante lo más lejos posible. La distancia se mide desde la línea de despegue hasta la parte posterior del talón más cercano a la línea de despegue. La prueba se repetirá dos veces y se escogerá la mejor puntuación (en cm). Se deberá aterrizar de pie y quedarse en la posición para que el salto sea válido.

*Fuerza de agarre:* se usará para medir la fuerza del miembro superior. Se usará el dinamómetro Smedley III. La fuerza de agarre es dos veces en cada mano

(alternativamente). Los participantes en bipedestación separarán los pies ligeramente y el dinamómetro se mantendrá alineado con el antebrazo ligeramente alejado del cuerpo al nivel del muslo. Se le pedirá que aprieten el dinamómetro lo más fuerte posible, exhalando mientras aprieten. Los valores más altos alcanzados por cada mano se considerarán las puntuaciones de fuerza de la mano derecha y mano izquierda.

#### Potencia aeróbica máxima o Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx)

*Test de Course-Navette*: se usará para evaluar la potencia aeróbica máxima. La prueba se realizará en una superficie sin inclinación de 20 m de largo. Tras ello, se utilizarán las ecuaciones propuestas por Léger et al. 1988 (75) para estimar el VO<sub>2</sub>máx. La fiabilidad y validez de esta prueba para predecir el VO<sub>2</sub>máx en niños y adolescentes han sido suficientemente demostradas en Van Mechlen et al. 1986 y Liu et al. 1992 (76,77). Para obtener el VO<sub>2</sub>máx a partir del resultado obtenido en el Course-Navette es suficiente con introducir la edad (E) y la velocidad final (V = 8 + 0,5 x último estadio completado) en la siguiente fórmula:  $VO_2máx = 31,025 + 3,238V - 3,248E + 0,1536VE$ . Durante la prueba, cada participante llevará puesto un Pulsómetro Polar en la muñeca para detectar la FCmáx durante la prueba.

#### **Elección del tipo de intervención de ejercicio físico**

Para elegir el tipo de intervención con ejercicio físico se realizará el algoritmo donde se obtendrá el tipo de ejercicio físico más adecuado para cada persona.

En la **primera fase** del algoritmo, se establecerá qué variables serán positivas de acuerdo a los siguientes criterios:

- GC: estar en un percentil > 85 en la tabla del estudio de McCarthy et al. 2006 (78).
- CC: tener una CC menor que el percentil 25 según la tabla del estudio de Arriba Muñoz et al. 2016 (79).
- MM: tener una MM menor que el 75% de la media de los valores que aporta la tabla de Clark et al. 2016 (80).

- IMC: tener un IMC mayor del percentil 85 según la tabla para niños o niñas de 2 a 20 años de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (6).
- PS: tener una PS mayor que 130 mmHg o estar medicado con anti-hipertensivos (81).
- Glucosa: tener la glucosa en ayunas mayor que 5.6 mmol/L o 100 mg/dL (81).
- Insulina: tener la insulina en ayunas mayor que 15 $\mu$ U/mL (82).
- SI (HOMA): tener la resistencia a la insulina en ayunas mayor que 3.16 (82).
- VO<sub>2</sub>máx: tener un resultado en la prueba del Course-Navette menor que el percentil 30 según la tabla del estudio de Ortega et al. 2005 (83).
- FM en MMII: tener una distancia de salto horizontal menor al percentil 20 según la tabla 3 del estudio de Castro-Piñero et al. 2019 (60) según edad y sexo.
- FM en MMSS: tener una fuerza de prensión manual relativa al peso corporal menor al percentil 25 según la tabla 3 del estudio de Castro-Piñero et al. 2019 (60) según edad y sexo.

Una vez recogido el análisis de variables de cada paciente, se analizará las variables alteradas o positivas, que se intentarán mejorar en cada paciente de manera individual, mediante la utilización del algoritmo propuesto.

La **segunda fase** del algoritmo será asignar un valor de 1-4 a cada variable en función del tipo de ejercicio físico que más va a mejorar dicha variable, siendo el valor de 1 el tipo de ejercicio físico que menos mejora la variable y 4 el tipo de ejercicio físico que más mejora la variable. Si la variable no está alterada no se le dará puntuación. Para ello, se ha utilizado los cambios relativos (% de cambio) de cada variable observados con cada tipo de ejercicio físico en los resultados y discutidos en el apartado de la discusión del TFG. De esta manera, se han otorgado los siguientes valores:

- Puntuación de 1: tipo de ejercicio físico que menos mejora la variable.
- Puntuación de 2: segundo tipo de ejercicio físico que menos mejora la variable.
- Puntuación de 3: segundo tipo de ejercicio físico que más mejora la variable.
- Puntuación de 4: tipo de ejercicio físico que más mejora la variable.

Se ha realizado una tabla (Tabla 7) donde se observa las variables con el tipo de ejercicio físico y la puntuación otorgada (1-4) para cada variable, según lo explicado anteriormente.

**Tabla 7.** Algoritmo para la obtención del programa de ejercicio físico individualizado.

	GC	CC	MM	IMC/PC	PS	GLU	INS	SI	VO <sub>2</sub> máx	FM
AERÓBICO	2	1	1	2	2	3	2	3	4	1
FUERZA	1	2	4	1	3	1	1	1	3	4
CONCURRENTE	4	4	3	3	1	4	4	4	3	3
HIIT	3	3	2	4	4	2	3	2	4	2

**Leyenda:** GC: grasa corporal; CC: circunferencia de la cintura; MM: masa magra; IMC/PC: índice de masa corporal y peso corporal; PS: presión sistólica; GLU: glucosa; INS: insulina; SI: sensibilidad a la insulina; VO<sub>2</sub>máx: capacidad aeróbica máxima; FM: fuerza muscular. Rojo: 1 punto, Naranja: 2 puntos, Amarillo: 3 puntos, Verde: 4 puntos.

Se procederá a realizar una suma con cada ejercicio físico con la puntuación asignada a cada variable positiva. De tal manera, que el ejercicio físico con mayor puntuación, será el que se llevará a cabo. En caso de empate, se realizaría en este orden al ser el que resulta de sumar si todas las variables fueran positivas: concurrente (31 puntos), HIIT (27 puntos) y fuerza o aeróbico (21 puntos). En caso de empate entre fuerza y aeróbico, decidirá el paciente.

Por ejemplo: tenemos un paciente con la GC positiva, IMC positivo, PS positiva y un VO<sub>2</sub>máx positivo, según los criterios para ser positivos. Por tanto, tenemos 4 variables alteradas para obtener el ejercicio físico ideal.

	GC	IMC	PS	VO <sub>2</sub> máx	Total
<b>AERÓBICO</b>	2	2	2	4	2+2+2+4=10
<b>FUERZA</b>	1	1	3	3	1+1+3+3=8
<b>CONCURRENTE</b>	4	3	1	1	4+3+1+1=9
<b>HIIT</b>	3	4	4	2	3+4+4+2=13

Tras realizar estos cálculos, se obtiene que para este paciente el mejor ejercicio físico sería el HIIT al ser el de mayor puntuación.

### Intervención

Se procederá a la asignación al programa de ejercicio físico más adecuado para cada paciente. Estos programas se han realizado en base a los dos estudios con mejores resultados en las diferentes variables con alguna modificación.

Las sesiones se realizarán en una sala que dispondrá de 10 tapices, 10 pulsómetros, pares de mancuernas con pesos incrementales desde 2.5 kg hasta 30 kg, 5 bancos reclinables y 10 esterillas.

La intervención durará 20 semanas y se realizarán 3 sesiones por semana en días alternos (lunes, miércoles y viernes) en un horario definido. Cada entrenamiento, excepto el HIIT, tendrá una duración de 65 min (calentamiento y vuelta a la calma incluidos). Las sesiones se desarrollarán de manera grupal, a cada grupo le corresponderá un horario estipulado previamente y estarán controlados por un fisioterapeuta. Los niños y niñas que realicen el programa deberán asistir siempre en el mismo horario (de 16 h a 20 h) por motivos de organización y disponibilidad de material.

La sesión de entrenamiento consistiría en 10 min de calentamiento, 50 min de parte principal y 5 min de vuelta a la calma.

Calentamiento: consiste en 10 minutos repartidos en 2 bloques. El primer bloque se basa en 5 min de calentamiento aeróbico en tapiz al 60% FCmáx. Tras ello, se realizarán 2 series de 10 saltos verticales bipodales submáximos y 2 series de 10 flexiones de brazos (con o sin rodillas apoyadas en función de la intensidad). El

calentamiento no debe sobrepasar una intensidad de 12-13/20 en la Escala de Borg (Anexo 4).

Entrenamiento de resistencia aeróbica (EA) (64,73): se realizará en tapiz durante 50 min a una intensidad moderada al 70-80%FCmáx. En caso de incapacidad para acabar el entrenamiento de forma continua, habrá la posibilidad de hacer un descanso de 3 min para seguir con el mismo.

Habrà un periodo de adaptación de 4 semanas. Las 2 primeras semanas dividirán el entrenamiento en 4 series de 10 min cada una con 2 min de descanso entre series. Las 2 siguientes se divide en 2 series de 20 min con descanso de 4 min entre ellas.

Entrenamiento de fuerza (EF) (64,66): 10 ejercicios con 3 series de 8-12 repeticiones con una intensidad del 45 al 67% 1RM. Se utilizará una cadencia en la que se les indicará que la fase concéntrica sea realizada a la máxima velocidad posible, estén 1 s en la fase isométrica y 2-3 s en la fase excéntrica. Se dejará un descanso de 1:30-2:00 min entre series. Los ejercicios se dividen en 5 de miembro inferior y 5 de miembro superior y cada sesión se empieza por un grupo muscular de forma alternada.

- Miembro superior (en orden): “press” banca, “press” banca inclinado, remo horizontal, remo vertical y “press” militar (Anexo 5).
- Miembro inferior (en orden): media sentadilla, peso muerto, zancada, “hip-thrust” y sentadilla monopodal con pierna libre en apoyo (Anexo 6).

Las primeras 4 semanas se les hará un periodo de adaptación con los mismos ejercicios, series y repeticiones, pero con una intensidad desde 10-11/20 según la Escala de Borg las 2 primeras semanas, hasta 12/20 las 2 siguientes. Esta semana trabajarán al 40-45% 1RM y se les empezará a instruir en el uso del carácter del esfuerzo preguntándoles siempre cuantas repeticiones más creen que podrían hacer hasta el agotamiento (carácter de esfuerzo máximo). Se trabajará con un carácter de esfuerzo submáximo:

- De la semana 4 a la 8, realizarán una intensidad del 45 al 52.5% 1RM dejando unas 9 repeticiones sin hacer hasta la fatiga muscular.

- De la semana 9 a la 12, realizarán una intensidad de 50-62% 1RM dejando unas 7 repeticiones sin hacer hasta la fatiga muscular.
- De la semana 13 hasta la 20, realizarán una intensidad de 57-67% 1RM dejando unas 5-6 repeticiones sin hacer hasta la fatiga muscular.

Entrenamiento concurrente (EC) (30,65): ejercicio físico-combinado de resistencia aeróbica y de fuerza. El EA se realizará en tapiz y consiste en 30 min a intensidad moderada al 70-80%FCmáx. El EF contiene 10 ejercicios (mismos que el EF) de 1 serie con intensidad y repeticiones con una programación igual que el entrenamiento de fuerza. La cadencia y los descansos serán iguales que en el EF.

También habrá 4 semanas de adaptación como en los casos anteriores. El aeróbico se fraccionará en 3 series de 8 min cada una con 2 min de descanso las primeras 2 semanas y 2 series de 13 min con 2 min de descanso las 2 siguientes. El EF seguirá una adaptación igual que en el caso anterior.

HIIT (43,44): se realizará un HIIT de intervalos cortos realizado en tapiz. Consiste en 3 series de 8 repeticiones con 5 min de descanso entre series al 50% velocidad máxima (Vmáx) de VO<sub>2</sub>máx. Una repetición consiste en 30 segundos al 100%Vmáx de VO<sub>2</sub>máx seguidos de 30 segundos al 50%Vmáx de VO<sub>2</sub>máx. Esto hace un tiempo de trabajo al 100%Vmáx de VO<sub>2</sub>máx de 12 min.

Habrà un periodo de adaptación de 4 semanas. Las 2 primeras se modificarà el número de repeticiones a 4 (6 min de tiempo de trabajo) y las 2 siguientes a 6 (9 min de tiempo de trabajo). Por lo demás, todo permanece constante.

Vuelta a la calma: consiste en 5 min de ejercicio aeróbico al 60-65% FCmáx y 2 min de relajación mediante respiraciones profundas.

### **Adherencia**

Como se ha visto en muchos de los estudios, esto es un gran problema. Para combatirlo, se utilizarà un entrenamiento grupal, reevaluación constante del individuo, refuerzo positivo, ningún coste económico del entrenamiento, recordatorios a través de las redes sociales de todos los días de entrenamiento y post en dichas redes con imágenes o frases motivadoras. Las redes sociales también se

utilizarán como elemento de educación para los hábitos saludables como actividad física fuera del entrenamiento, nutrición, descanso y prevención de estrés.

**AGRADECIMIENTOS**

Una vez concluido el trabajo, cabe agradecer la ayuda de numerosas personas que han contribuido con su apoyo físico y psicológico en la elaboración de este proyecto.

Alazne Antón, tutora de este trabajo. Agradecer su gran actitud, contribución e implicación en la ayuda a la búsqueda de información, en la presencia y apoyo, en las numerosas correcciones, en la ayuda para la redacción de este proyecto y, sobre todo, en los numerosos conocimientos aportados.

Mixelko Sánchez, informático del campus de Tudela. Agradecer su ayuda a dar formato a este proyecto tanto con los seminarios como con las sesiones individuales.

Ana Campos, por sus grandes conocimientos acerca de Word y ayudarme en los últimos detalles del formato del proyecto.

Mis familiares, amigos, amigas, compañeros y compañeras por apoyarme en los momentos en los que se necesita un apoyo moral para superar ciertas situaciones donde hacerlo solo hubiera sido mucho más difícil.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Santo Domingo L, Scheimann AO. Overview of the epidemiology and management of childhood obesity. *Minerva Pediatr.* 2012;64(6):607–13.
2. Greydanus DE, Agana M, Kamboj MK, Shebrain S, Soares N, Eke R, et al. Pediatric obesity: Current concepts. *Dis--Mon DM.* 2018;64(4):98–156.
3. Han JC, Lawlor DA, Kimm SYS. Childhood obesity. *Lancet Lond Engl.* 2010;375(9727):1737–48.
4. Rao G. Childhood obesity: highlights of AMA Expert Committee recommendations. *Am Fam Physician.* 2008;78(1):56–63.
5. Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(2):251–65.
6. Acerca del índice de masa corporal para niños y adolescentes | Peso Saludable | DNPAO | CDC [Internet]. 2019 [cited 2019 Apr 16]. Available from: [https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/childrens\\_bmi/acerca\\_indice\\_masa\\_corporal\\_ninos\\_adolescentes.html](https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/assessing/bmi/childrens_bmi/acerca_indice_masa_corporal_ninos_adolescentes.html)
7. OMS | Obesidad [Internet]. WHO. [cited 2019 Feb 11]. Available from: <http://www.who.int/topics/obesity/es/>
8. INEbase / Sociedad /Salud /Encuesta nacional de salud / Resultados [Internet]. [cited 2019 Feb 11]. Available from: [http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176783&menu=resultados&idp=1254735573175](http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176783&menu=resultados&idp=1254735573175)
9. Ackel-D'Elia C, Carnier J, Bueno CR, Campos RMS, Sanches PL, Clemente APG, et al. Effects of different physical exercises on leptin concentration in obese adolescents. *Int J Sports Med.* 2014;35(2):164–71.
10. Blüher S, Käßplinger J, Herget S, Reichardt S, Böttcher Y, Grimm A, et al. Cardiometabolic risk markers, adipocyte fatty acid binding protein (aFABP) and the impact of high-intensity interval training (HIIT) in obese adolescents. *Metabolism.* 2017;68:77–87.
11. Lee S, Spector J, Reilly S. High-intensity interval training programme for obese youth (HIP4YOUTH): A pilot feasibility study. *J Sports Sci.* 2017;35(18):1–5.
12. Monteiro PA, Chen KY, Lira FS, Saraiva BTC, Antunes BMM, Campos EZ, et al. Concurrent and aerobic exercise training promote similar benefits in body composition and metabolic profiles in obese adolescents. *Lipids Health Dis.* 2015;14.
13. Sigal RJ, Alberga AS, Goldfield GS, Prud'homme D, Hadjiyannakis S, Gougeon R, et al. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Percentage Body Fat and Cardiometabolic Risk Markers in Obese Adolescents: The Healthy Eating Aerobic and Resistance Training in Youth Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr.* 2014;168(11):1006–14.

14. Alberga AS, Prud'homme D, Sigal RJ, Goldfield GS, Hadjiyannakis S, Phillips P, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on cardiorespiratory and musculoskeletal fitness in adolescents with obesity: the HEARTY trial. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. 2016;41(3):255–65.
15. Huang JS, Barlow SE, Quiros-Tejeira RE, Scheimann A, Skelton J, Suskind D, et al. Childhood Obesity for Pediatric Gastroenterologists. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2013;56(1):99–109.
16. Te Morenga L, Mallard S, Mann J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ*. 2012;346:e7492.
17. Taveras EM, Berkey CS, Rifas-Shiman SL, Ludwig DS, Rockett HRH, Field AE, et al. Association of consumption of fried food away from home with body mass index and diet quality in older children and adolescents. *Pediatrics*. 2005;116(4):e518-524.
18. Boles RE, Scharf C, Filigno SS, Saelens BE, Stark LJ. Differences in home food and activity environments between obese and healthy weight families of preschool children. *J Nutr Educ Behav*. 2013;45(3):222–31.
19. O'Brien M, Nader PR, Houts RM, Bradley R, Friedman SL, Belsky J, et al. The ecology of childhood overweight: a 12-year longitudinal analysis. *Int J Obes*. 2005;31(9):1469–78.
20. Mendez R, Grissom M. Disorders of childhood growth and development: childhood obesity. *FP Essent*. 2013;410:20–4.
21. Afifi TO, Mota N, MacMillan HL, Sareen J. Harsh physical punishment in childhood and adult physical health. *Pediatrics*. 2013;132(2):e333-340.
22. Haugaard LK, Ajslev TA, Zimmermann E, Ängquist L, Sørensen TIA. Being an only or last-born child increases later risk of obesity. *PloS One*. 2013;8(2):e56357.
23. Oken E, Levitan EB, Gillman MW. Maternal smoking during pregnancy and child overweight: systematic review and meta-analysis. *Int J Obes*. 2008;32(2):201–10.
24. González-Ruiz K, Correa-Bautista JE, Izquierdo M, García-Hermoso A, Dominguez-Sanchez MA, Bustos-Cruz RH, et al. Effects of an exercise program on hepatic metabolism, hepatic fat, and cardiovascular health in overweight/obese adolescents from Bogotá, Colombia (the HEPAFIT study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2018;19(1):330.
25. Racil G, Coquart J, Elmontassar W, Haddad M, Goebel R, Chaouachi A, et al. Greater effects of high- compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biol Sport*. 2016;33(2):145–52.
26. Dâmaso AR, da Silveira Campos RM, Caranti DA, de Piano A, Fisberg M, Foschini D, et al. Aerobic plus resistance training was more effective in improving the visceral adiposity, metabolic profile and inflammatory markers than aerobic training in obese adolescents. *J Sports Sci*. 2014;32(15):1435–45.

27. Zhang H, Jiang L, Yang Y-J, Ge R-K, Zhou M, Hu H, et al. Aerobic exercise improves endothelial function and serum adiponin levels in obese adolescents independent of body weight loss. *Sci Rep.* 2017;7.
28. Tenório TRS, Balagopal PB, Andersen LB, Ritti-Dias RM, Hill JO, Lofrano-Prado MC, et al. Effect of Low- Versus High-Intensity Exercise Training on Biomarkers of Inflammation and Endothelial Dysfunction in Adolescents With Obesity: A 6-Month Randomized Exercise Intervention Study. *Pediatr Exerc Sci.* 2018;30(1):96–105.
29. Bruyndonckx L, Hoymans VY, Guchtanaere AD, Helvoirt MV, Craenenbroeck EMV, Frederix G, et al. Diet, Exercise, and Endothelial Function in Obese Adolescents. *Pediatrics.* 2015;135(3):e653–61.
30. Bharath LP, Choi WW, Cho J-M, Skobodzinski AA, Wong A, Sweeney TE, et al. Combined resistance and aerobic exercise training reduces insulin resistance and central adiposity in adolescent girls who are obese: randomized clinical trial. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(8):1653–60.
31. Horner K, Kuk JL, Barinas-Mitchell E, Drant S, DeGroff C, Lee S. Effect of Aerobic versus Resistance Exercise on Pulse Wave Velocity, Intima Media Thickness and Left Ventricular Mass in Obese Adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 2015;27(4):494–502.
32. MedlinePlus - Información de Salud de la Biblioteca Nacional de Medicina [Internet]. [cited 2019 Feb 24]. Available from: <https://medlineplus.gov/spanish/>
33. de Lira CT, Dos Santos MA, Gomes PP, Fidelix YL, Dos Santos AC, Tenório TR, et al. Aerobic training performed at ventilatory threshold improves liver enzymes and lipid profile related to non-alcoholic fatty liver disease in adolescents with obesity. *Nutr Health.* 2017;23(4):281–8.
34. Ramírez-Vélez R, Izquierdo M, Correa-Bautista JE, Tordecilla-Sanders A, Correa-Rodríguez M, Schmidt Rio-Valle J, et al. Grip Strength Moderates the Association between Anthropometric and Body Composition Indicators and Liver Fat in Youth with an Excess of Adiposity. *J Clin Med.* 2018;7(10).
35. Gruenfeld EA, Zagarins SE, Walker AP, Skinner SS. Fun and Fit: Evaluation of a Pediatric Exercise Program. *J Pediatr Nurs.* 2013;28(6):557–62.
36. Goldfield GS, Kenny GP, Alberga AS, Tulloch HE, Doucette S, Cameron JD, et al. Effects of aerobic or resistance training or both on health-related quality of life in youth with obesity: the HEARTY Trial. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* 2017;42(4):361–70.
37. Goldfield GS, Kenny GP, Prud'homme D, Holcik M, Alberga AS, Fahnestock M, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on brain-derived neurotrophic factor in adolescents with obesity: The hearty randomized controlled trial. *Physiol Behav.* 2018;191:138–45.
38. Agostinis-Sobrinho C, Santos R, Rosário R, Moreira C, Lopes L, Mota J, et al. Optimal Adherence to a Mediterranean Diet May Not Overcome the Deleterious Effects of Low Physical Fitness on Cardiovascular Disease Risk in Adolescents: A Cross-Sectional Pooled Analysis. *Nutrients.* 2018;10(7).

39. Antunes B de MM, Christofaro DGD, Monteiro PA, Silveira LS, Fernandes RA, Mota J, et al. Effect of concurrent training on gender-specific biochemical variables and adiposity in obese adolescents. *Arch Endocrinol Metab.* 2015;59(4):303–9.
40. Twig G, Yaniv G, Levine H, Leiba A, Goldberger N, Derazne E, et al. Body-Mass Index in 2.3 Million Adolescents and Cardiovascular Death in Adulthood. *N Engl J Med.* 2016;374(25):2430–40.
41. Bjørge T, Engeland A, Tverdal A, Smith GD. Body mass index in adolescence in relation to cause-specific mortality: a follow-up of 230,000 Norwegian adolescents. *Am J Epidemiol.* 2008 ;168(1):30–7.
42. Saydah S, Bullard KM, Imperatore G, Geiss L, Gregg EW. Cardiometabolic risk factors among US adolescents and young adults and risk of early mortality. *Pediatrics.* 2013;131(3):e679-686.
43. Racil G, Ben Ounis O, Hammouda O, Kallel A, Zouhal H, Chamari K, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(10):2531–40.
44. Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, Ben Abderrahmane A, De Sousa MV, Chamari K, et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab.* 2016;41(1):103–9.
45. García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, Ramírez-Campillo R, Peterson MD, Martínez-Vizcaíno V. Concurrent aerobic plus resistance exercise versus aerobic exercise alone to improve health outcomes in paediatric obesity: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018;52(3):161–6.
46. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(19):1253–61.
47. Rey O, Vallier J-M, Nicol C, Mercier C-S, Maïano C. Effects of Combined Vigorous Interval Training Program and Diet on Body Composition, Physical Fitness, and Physical Self-Perceptions Among Obese Adolescent Boys and Girls. *Pediatr Exerc Sci.* 2016;29(1):73–83.
48. Silva HJ, Andersen LB, Lofrano-Prado MC, Barros MV, Freitas IF, Hill J, et al. Improvements on Cardiovascular Diseases Risk Factors in Obese Adolescents: A Randomized Exercise Intervention Study. *J Phys Act Health.* 2015;12(4):553–60.
49. Lazzer S, Tringali G, Caccavale M, De Micheli R, Abbruzzese L, Sartorio A. Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. *J Endocrinol Invest.* 2017;40(2):217–26.
50. Basilio Moreno Esteban, A. *Nutrición. Actividad Física y Prevención de la Obesidad.* Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana; 2006.
51. Publishing HH. Keeping weight-loss drugs in perspective [Internet]. Harvard Health. [cited 2019 May 11]. Available from:

[https://www.health.harvard.edu/newsletter\\_article/Keeping\\_weight-loss\\_drugs\\_in\\_perspective](https://www.health.harvard.edu/newsletter_article/Keeping_weight-loss_drugs_in_perspective)

52. Papadaki A, Linardakis M, Larsen TM, van Baak MA, Lindroos AK, Pfeiffer AFH, et al. The effect of protein and glycemic index on children's body composition: the DiOGenes randomized study. *Pediatrics*. 2010;126(5):e1143-1152.
53. OMS | Actividad física [Internet]. WHO. [cited 2019 Apr 8]. Available from: <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/>
54. Marson EC, Delevatti RS, Prado AKG, Netto N, Kruegel LFM. Effects of aerobic, resistance, and combined exercise training on insulin resistance markers in overweight or obese children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Prev Med*. 2016;93:211–8.
55. Varela Sanz A. Efectos del entrenamiento concurrente, polarizado y tradicional, sobre la condición física saludable. 2014 [cited 2019 Jan 31]; Available from: <http://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/12463>
56. Vivian H. Heyward. Evaluación de la aptitud física y Prescripción del ejercicio. 5th ed. Médica Panamericana; 2008.
57. José López Chicharro, Davinia Vicente Campos, Jorge Cancino. Fisiología del Entrenamiento Aeróbico. 3th ed. Médica Panamericana; 2013.
58. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med Auckl NZ*. 2013;43(5):313–38.
59. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med Auckl NZ*. 2013;43(10):927–54.
60. Castro-Piñero J, Laurson KR, Artero EG, Ortega FB, Labayen I, Ruperez AI, et al. Muscle strength field-based tests to identify European adolescents at risk of metabolic syndrome: The HELENA study. *J Sci Med Sport*. 2019; pii: S1440-2440(18)30978-2.
61. Rodríguez Núñez I. Escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant): validación en niños y adolescentes chilenos. *Rev Chil Pediatr*. 2016;87(3):211–2.
62. Davis JN, Tung A, Chak SS, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Alexander KE, et al. Aerobic and strength training reduces adiposity in overweight Latina adolescents. *Med Sci Sports Exerc*;41(7):1494–503.
63. Davis JN, Kelly LA, Lane CJ, Ventura EE, Byrd-Williams CE, Alexander KA, et al. Randomized control trial to improve adiposity and insulin resistance in overweight Latino adolescents. *Obes Silver Spring Md*. 2009;17(8):1542–8.
64. Suh S, Jeong I-K, Kim MY, Kim YS, Shin S, Kim SS, et al. Effects of resistance training and aerobic exercise on insulin sensitivity in overweight Korean adolescents: a controlled randomized trial. *Diabetes Metab J*. 2011;35(4):418–26.
65. Inoue DS, De Mello MT, Foschini D, Lira FS, De Piano Ganen A, Da Silveira Campos RM, et al. Linear and undulating periodized strength plus aerobic training promote similar

- benefits and lead to improvement of insulin resistance on obese adolescents. *J Diabetes Complications*. 2015;29(2):258–64.
66. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. Effects of Aerobic Versus Resistance Exercise Without Caloric Restriction on Abdominal Fat, Intrahepatic Lipid, and Insulin Sensitivity in Obese Adolescent Boys. *Diabetes*. 2012;61(11):2787–95.
  67. Vargas-Ortiz K, Pérez-Vázquez V, Figueroa A, Díaz FJ, Montaña-Ascencio PG, Macías-Cervantes MH. Aerobic training but no resistance training increases SIRT3 in skeletal muscle of sedentary obese male adolescents. *Eur J Sport Sci*. 2018;18(2):226–34.
  68. Lee S, Deldin AR, White D, Kim Y, Libman I, Rivera-Vega M, et al. Aerobic exercise but not resistance exercise reduces intrahepatic lipid content and visceral fat and improves insulin sensitivity in obese adolescent girls: a randomized controlled trial. *Am J Physiol - Endocrinol Metab*. 2013;305(10):E1222–9.
  69. Wong A, Sanchez-Gonzalez MA, Son W-M, Kwak Y-S, Park S-Y. The Effects of a 12-Week Combined Exercise Training Program on Arterial Stiffness, Vasoactive Substances, Inflammatory Markers, Metabolic Profile, and Body Composition in Obese Adolescent Girls. *Pediatr Exerc Sci*. 2018;30(4):480–6.
  70. Schranz N, Tomkinson G, Parletta N, Petkov J, Olds T. Can resistance training change the strength, body composition and self-concept of overweight and obese adolescent males? A randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2014;48(20):1482–8.
  71. Antunes B de MM, Monteiro PA, Silveira LS, Cayres SU, Silva CB da, F. Júnior IF. Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2013;31(3):371–6.
  72. Campos RMS, de Mello MT, Tock L, Silva PL, Masquio DCL, de Piano A, et al. Aerobic plus resistance training improves bone metabolism and inflammation in adolescents who are obese. *J Strength Cond Res*. 2014;28(3):758–66.
  73. Morrissey C, Montero D, Raverdy C, Masson D, Amiot M-J, Vinet A. Effects of Exercise Intensity on Microvascular Function in Obese Adolescents. *Int J Sports Med*. 2018;39(6):450–5.
  74. Antunes Bde M, Monteiro PA, Silveira LS, Cayres SU, Silva CB, F IF Jr. Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2013;31(3):371-6.
  75. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93–101.
  76. Liu NY, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63(4):360–5.
  77. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur J Appl Physiol*. 1986;55(5):503–6.
  78. McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, Prentice AM. Body fat reference curves for children. *Int J Obes* 2005. 2006;30(4):598–602.

79. Arriba Muñoz A de, López Úbeda M, Rueda Caballero C, Labarta Aizpún JI, Ferrández Longás Á. Valores de normalidad de índice de masa corporal y perímetro abdominal en población española desde el nacimiento a los 28 años de edad. *Nutr Hosp.* 2016;33(4):887–93.
80. Clark P, Denova-Gutiérrez E, Ambrosi R, Szulc P, Rivas-Ruiz R, Salmerón J. Reference Values of Total Lean Mass, Appendicular Lean Mass, and Fat Mass Measured with Dual-Energy X-ray Absorptiometry in a Healthy Mexican Population. *Calcif Tissue Int.* 2016;99(5):462–71.
81. Zimmet P, Alberti KGM, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents - an IDF consensus report. *Pediatr Diabetes.* 2007;8(5):299–306.
82. Nogueira-de-Almeida CA, Mello ED de. Different Criteria for the Definition of Insulin Resistance and Its Relation with Dyslipidemia in Overweight and Obese Children and Adolescents. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr.* 2018;21(1):59.
83. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Wärnberg J, et al. Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol.* 2005;58(8):898–909.
84. Javier P por. La Escala De Borg [Internet]. [cited 2019 May 9]. Available from: <https://edufisicawithjay.blogspot.com/2018/09/la-escala-de-borg.html>



## ANEXOS

### Anexo 1. Criterios de la escala PEDro.

#### Escala PEDro-Español

- 
- |   |  |
|---|--|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 3. La asignación fue oculta   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar” | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave  | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave   | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |

**Anexo 2.** Criterios de la escala CASPE.

1. ¿El estudio se centra en un tema claramente definido?
2. ¿La cohorte se reclutó de la manera más adecuada?
3. ¿El resultado se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?
4. ¿Han tenido en cuenta los autores el potencial efecto de los factores de confusión en el diseño y/o análisis del estudio?
5. ¿El seguimiento de los sujetos fue lo suficientemente largo y completo?
6. ¿Cuáles son los resultados de este estudio?
7. ¿Cuál es la precisión de los resultados?
8. ¿Te parecen creíbles los resultados?
9. ¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?
10. ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?

**Anexo 3.** Consentimiento informado.

**DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

D./Dña..... manifiesto que he sido informado/a sobre los beneficios que podría suponer la utilización de mis datos personales y médicos, para cubrir los objetivos del Programa “Algoritmo basado en la evidencia para la prescripción de ejercicio físico individualizado en la obesidad adolescente (13-17 años)” con el fin de poder disponer de los datos obtenidos mediante los test adjuntos en la hoja de información que permitan saber el estado del paciente, antes, durante y después de la intervención.

Declaro que he leído la hoja de información que se me ha entregado, he podido hacer preguntas sobre el estudio, he recibido suficiente información sobre el estudio, comprendo que mi participación es libre y voluntaria. Comprendo que tengo derecho a conocer los resultados y que podré acceder a ellos.

He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos y tratados confidencialmente conforme a lo dispuesto en la ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Sabiendo el tipo de intervención al cual me someto y teniendo conocimiento de que puedo revocar este consentimiento en cualquier momento, sin que precise dar ninguna razón y sin que ello suponga perjuicio alguno, otorgo mi consentimiento para que se utilicen mis datos personales para la investigación biomédica en las condiciones detalladas en la hoja de información.

Y para que así conste, **FIRMO** este documento,

Firma del investigador	Firma del tutor legal
D/Dña..... DNI:.....	D/Dña..... DNI:.....
En .....a día ..... de ..... de 2017.	

He decidió **NO AUTORIZAR** el estudio que me ha sido propuesto.

Firma del tutor legal

D/Dña..... DNI:.....

En .....a día ..... de ..... de 2017.

He decidido **REVOCAR MI ANTERIOR AUTORIZACIÓN**

Firma del tutor legal

D/Dña..... DNI:.....

En .....a día ..... de ..... de 2017.

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos de que los datos personales obtenidos mediante la cumplimentación del presente formulario serán incluidos, para su tratamiento, en un fichero automatizado, responsabilidad del grupo de Investigación de la Universidad Pública de Navarra, cuya finalidad es la del registro del consentimiento de participantes. De acuerdo con lo previsto en la citada Ley Orgánica, puede ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición ante el responsable del tratamiento dirigiendo una comunicación escrita, o por correo electrónico:

Responsable del Proyecto de Investigación: **Álvaro Cuesta Gómez**

Correo electrónico: [cuesta.110248@e.unavarra.es](mailto:cuesta.110248@e.unavarra.es)

**Anexo 4.** Escala de Borg adaptada (84).



**Figura 1.** Borg, G. A. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med.Sci.Sports Exerc.* 14:377-381.

Anexo 5. Ejercicios realizados en el entrenamiento de fuerza para miembro superior.

NOMBRE	INICIO	FINAL
"PRESS" BANCA		
"PRESS" BANCA INCLINADO		
REMO HORIZONTAL		
REMO VERTICAL		
"PRESS" MILITAR		

**Anexo 6.** Ejercicios realizados en el entrenamiento de fuerza para miembro inferior.

NOMBRE	INICIO	FINAL
<b>MEDIA SENTADILLA</b>		
<b>PESO MUERTO</b>		
<b>ZANCADA</b>		
<b>“HIP-THRUST”</b>		
<b>SENTADILLA MONOPODAL CON PIERNA EN APOYO</b>		

