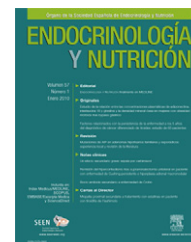




ENDOCRINOLOGÍA Y NUTRICIÓN

www.elsevier.es/endo



REVISIÓN

Actividad física, condición física y sobrepeso en niños y adolescentes: evidencia procedente de estudios epidemiológicos

Francisco B. Ortega^{a,b,c,*}, Jonatan R. Ruiz^{a,c} y Manuel J. Castillo^b

^a Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada, Granada, España

^b Departamento de Fisiología Médica, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España

^c Unit for Preventive Nutrition, Department of Biosciences and Nutrition, Karolinska Institutet, Huddinge, Stockholm, Suecia

Recibido el 21 de julio de 2012; aceptado el 8 de octubre de 2012

PALABRAS CLAVE

Actividad física;
Ejercicio;
Forma física;
Capacidad aeróbica;
Fuerza muscular;
Adiposidad;
Grasa;
Infancia;
Adolescencia

Resumen Los niveles de actividad física y condición física desempeñan un papel fundamental en la prevención del sobrepeso y la obesidad durante la infancia y la adolescencia. De cara a un adecuado diseño de programas de prevención del sobrepeso y la obesidad, es necesario analizar la evidencia científica actualmente disponible, en particular la procedente de estudios epidemiológicos. El presente trabajo sintetiza la información científica más relevante procedente tanto de estudios transversales como longitudinales con relación a la actividad física, la condición física y el sobrepeso u obesidad durante las primeras etapas de la vida. La evidencia científica actual sostiene que: (i) niveles elevados de actividad física en la infancia o la adolescencia, especialmente de actividad física de alta intensidad, se asocian con una menor cantidad de grasa corporal total y troncular, y no solo durante estas etapas de la vida sino también en el futuro; (ii) el nivel de condición física en niños y adolescentes, especialmente la capacidad aeróbica, se relaciona inversamente con los niveles de grasa corporal que presentan en ese momento y también con los que presentan años después en la vida adulta; (iii) además, los niños y adolescentes con sobrepeso, pero que poseen un buen nivel de condición física, presentan un perfil de riesgo cardiovascular más saludable que sus compañeros con sobrepeso pero con mala condición física, y similar al que tienen sus compañeros de peso normal y baja condición física. Estos resultados sugieren que incrementar el nivel de forma física en niños y adolescentes con sobrepeso podría tener efectos beneficiosos presentes y futuros en diferentes indicadores del estado de salud, incluida la cantidad de grasa corporal.

© 2012 SEEN. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ortegaf@ugr.es (F.B. Ortega).

KEYWORDS

Physical activity;
Exercise;
Physical fitness;
Aerobic capacity;
Muscular fitness;
Adiposity;
Fatness;
Childhood;
Adolescence

Physical activity, physical fitness, and overweight in children and adolescents: evidence from epidemiologic studies

Abstract Physical activity and fitness play a significant role in prevention of overweight and obesity in children and adolescents. Current understanding and evidence from epidemiologic studies provide useful insights to better understand how they relate to each other and how to develop future intervention strategies. This paper summarizes the most relevant information from cross-sectional and longitudinal studies on the relationships between physical activity, physical fitness, and overweight in early life. According to current scientific evidence: (i) High levels of physical activity during childhood and adolescence, particularly vigorous physical activity, are associated to lower total and central adiposity at this age and later in life; (ii) the level of physical fitness, especially aerobic fitness, is inversely related to current and future adiposity levels; (iii) overweight children and adolescents with a high fitness level have a healthier cardiovascular profile than their overweight, low fit peers and a similar profile to their normal weight, low fit peers. This suggests that high fitness levels may counteract the negative consequences attributed to body fat. These findings suggest that increasing physical fitness in overweight children and adolescents may have many positive effects on health, including lower body fat levels.

© 2012 SEEN. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La infancia y la adolescencia son periodos muy importantes de la vida en los que tienen lugar múltiples cambios fisiológicos. Durante la adolescencia, y en un periodo de tiempo relativamente corto, el niño casi duplica su peso corporal y alcanza su desarrollo sexual completo, todo lo cual afecta la composición corporal. Además, esta etapa también se caracteriza por importantes cambios psicológicos. Tanto los cambios fisiológicos como los psicológicos influyen sobre el comportamiento y el estilo de vida, tanto a medio como a largo plazo. Los hábitos que se instauran en la adolescencia como fumar, beber alcohol, tomar fruta y verdura o hacer ejercicio, suelen persistir durante mucho tiempo y en cualquier caso resultan difíciles de modificar. En consecuencia, si el hábito adquirido no es saludable, se requiere un alto nivel de concienciación y motivación para modificarlo más adelante.

El sobrepeso y la obesidad suponen en la sociedad actual un problema de salud de primer orden, que afecta no solo a los adultos, sino también a niños y adolescentes. El incremento en la ingesta calórica junto con la reducción del gasto calórico resulta inevitablemente en una acumulación de grasa corporal a medio-largo plazo. Las consecuencias del exceso de grasa corporal sobre la salud son bien conocidas. Tener sobrepeso u obesidad en la infancia o adolescencia está fuertemente asociado con sobrepeso u obesidad en la edad adulta. Concretamente, los niños/adolescentes con sobrepeso tienen un riesgo 5 veces mayor de tener sobrepeso cuando sean adultos, comparado con sus compañeros normoponderales^{1,2}. Además, se ha demostrado que tener sobrepeso a edades tempranas aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares en el futuro³.

Los niveles de actividad física (fig. 1)⁴ y condición física (fig. 2)⁵ se relacionan con numerosos parámetros indicativos del estado de salud, entre ellos la grasa corporal. El fomento e incremento de los niveles de actividad física, por un lado, y/o la mejora de la condición física, por otro,

pueden tener un papel fundamental en la prevención del sobrepeso y la obesidad no solo durante la propia infancia y adolescencia sino incluso años más tarde. En consecuencia, es necesario analizar críticamente el estado actual de conocimiento y la evidencia actual que se desprende de estudios epidemiológicos para, con ello, realizar un adecuado diseño de los posibles programas de prevención que se puedan poner en marcha. El presente trabajo pretende sintetizar la información científica disponible, procedente de estudios transversales y longitudinales, sobre la relación entre actividad física, condición física y sobrepeso u obesidad durante las primeras etapas de la vida.

Actividad física y adiposidad

El término actividad física hace referencia a cualquier movimiento corporal que requiere un gasto energético por encima del basal. La valoración de la actividad física que una persona practica en condiciones naturales y reales es extremadamente difícil de realizar, especialmente en niños/adolescentes. Existen más de 30 métodos diferentes descritos en la literatura para evaluar la actividad física de una persona, y se resumen en 3 categorías: (i) métodos de referencia (observación directa, agua doblemente marcada, etc.); (ii) métodos objetivos (monitorización de la frecuencia cardiaca, acelerometría, etc.) y (iii) métodos subjetivos (entrevistas, cuestionarios, etc.)⁴.

Los métodos de referencia ofrecen una medida muy precisa de la actividad física, pero son muy costosos y complicados por lo que resultan poco viables para ser usados en estudios poblacionales. Los métodos subjetivos son los más usados en estudios poblacionales por su bajo coste; sin embargo, se sabe que son poco precisos para evaluar el nivel actividad física, especialmente en niños jóvenes (< 12 años). Por último, de entre los métodos objetivos disponibles, los sensores de movimiento, también conocidos como acelerómetros, han demostrado ser un método viable y válido que

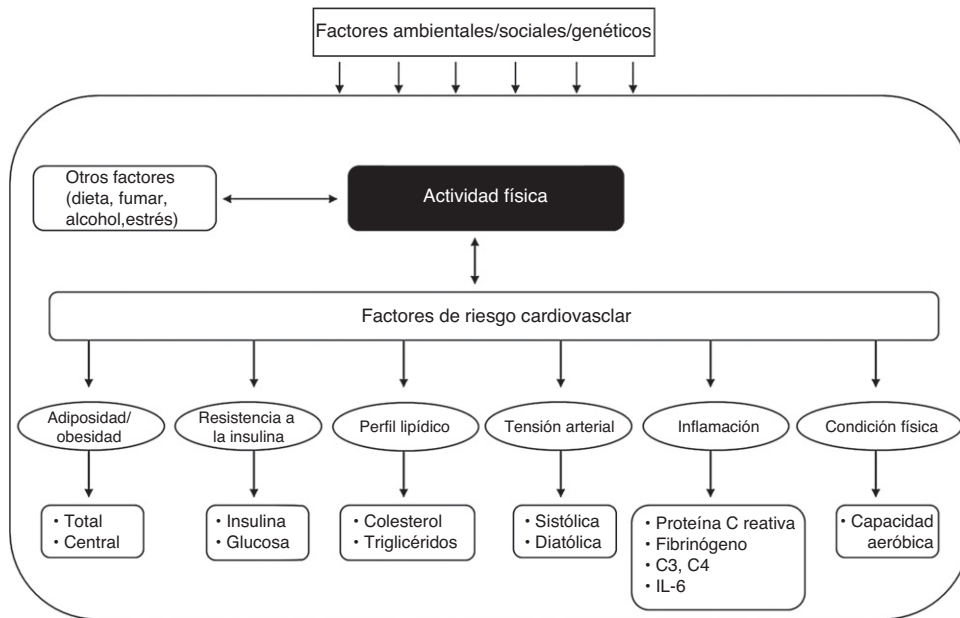


Figura 1 Representación gráfica de la información revisada por Ruiz y Ortega 2009⁴ (adaptada y traducida), acerca de las asociaciones entre actividad física y diversos parámetros de salud. C3: complemento C3; C4: complemento C4; IL-6: interleucina 6.

ofrece información útil acerca de la duración, frecuencia e intensidad de la actividad física llevada a cabo por niños y adolescentes.

La presente revisión se centra principalmente en aquellos estudios que han evaluado la actividad física objetivamente mediante acelerómetros. La mayor parte de la información

disponible al respecto procede de estudios transversales que utilizan indicadores sencillos del nivel de grasa corporal tales como el índice de masa corporal (IMC)⁶; sin embargo, aquí nos centraremos principalmente en estudios que incluyeron indicadores de la grasa total o central más precisos.

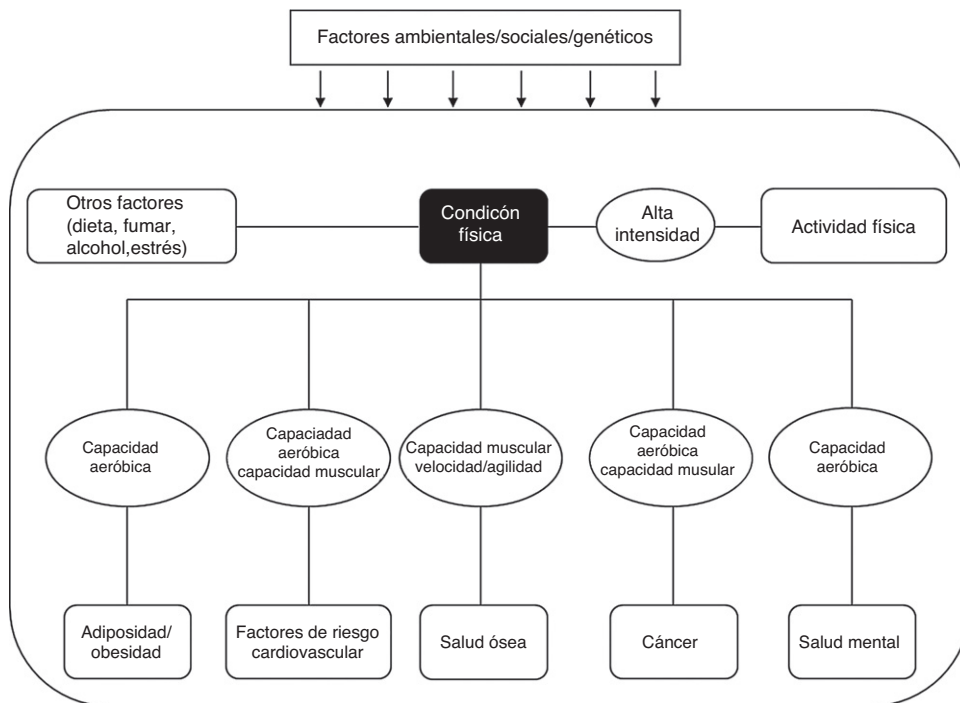


Figura 2 Representación gráfica de la información revisada por Ortega et al. 2008⁵ (adaptada y traducida), acerca de las asociaciones entre condición física y diversos parámetros de salud.

Estudios transversales

Los estudios transversales que han examinado la asociación entre actividad física y grasa corporal han mostrado en su mayoría una asociación inversa entre ambas variables. Así, un estudio multicéntrico llevado a cabo en 1.292 niños (9-10 años) europeos⁷ y otro realizado con 251 niños canadienses (8-11 años)⁸ observaron que el tiempo empleado en actividad física de intensidad moderada o vigorosa se relaciona inversamente con la cantidad de grasa corporal total (medida como sumatorio de pliegues).

Diversos estudios sugieren que la actividad física vigorosa puede desempeñar un papel protagonista en la prevención de la obesidad en niños y adolescentes⁴. Gutin et al.⁹ observaron que solamente la actividad física vigorosa se asociaba con una menor cantidad de grasa corporal en adolescentes (16 años) norteamericanos, lo que va en la misma línea que los resultados observados en individuos más jóvenes¹⁰⁻¹². Dencker et al.¹¹, en una muestra de niños suecos (8-11 años) y Butte et al.¹³, en una muestra de niños/adolescentes hispanos que vivían en EE. UU. (4-19 años), observaron también una asociación negativa entre actividad física vigorosa y grasa corporal. Los resultados obtenidos por nuestro grupo en niños estonios y suecos de 9-10 años que participaron en el *European Youth Heart Study* (EYHS) corroboran los resultados previamente comentados¹². En este último estudio se observó que los niños que realizaban 40 min o más al día de actividad vigorosa poseían menor cantidad de grasa corporal que aquellos que en total sumaban entre 10 y 18 min al día de actividad vigorosa. Uno de los estudios más relevantes realizados hasta la fecha en esta temática es el *Avon Longitudinal Study of Parents and Children*, en el que se evaluaron, mediante absorciometría dual de rayos x (DXA), 5.500 niños de 12 años de edad¹⁴. Los autores encontraron una relación inversa entre actividad física y adiposidad, lo cual se acentuaba incluso más en niños que en niñas. Del mismo modo, mostraron que la cantidad de grasa corporal se relacionaba de manera más potente con la actividad física vigorosa que con la actividad física total acumulada a lo largo del día. Recientemente, nuestro grupo ha estudiado la relación entre actividad física medida objetivamente (acelerómetros) y la grasa corporal total medida con métodos de referencia (DXA y BodPod) y antropométricos en adolescentes españoles de 12,5 a 17,5 años que participaron en el estudio *Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence* (HELENA, www.helenastudy.com)¹⁵. Los resultados mostraron que la actividad física vigorosa parece tener un mayor efecto sobre la grasa total y central que la actividad física de menor intensidad, lo que coincide con los resultados de los estudios anteriormente comentados.

Valorando conjuntamente los estudios previamente descritos, se puede concluir que hay suficiente evidencia científica como para afirmar que existe una relación inversa entre nivel de actividad física y grasa corporal, y que esta relación es más consistente cuando se trata de actividad física de vigorosa intensidad comparada con la actividad física de menor intensidad (es decir, moderada). Sin embargo, hay un aspecto que conviene destacar al respecto: a igualdad de tiempo de realización, el ejercicio físico de alta intensidad conlleva un mayor gasto calórico que cuando

el ejercicio es de intensidad moderada. En la actualidad se desconoce si el mayor efecto sobre la grasa observado en actividades de alta intensidad, comparado con actividades de intensidad moderada, se debe a la intensidad del esfuerzo en sí misma o simplemente al mayor gasto calórico asociado a dicha actividad. Estrictamente, esta cuestión se podrá resolver con estudios de intervención debidamente controlados y diseñados para determinar los efectos de 2 tipos de actividad, con diferente intensidad y duración, pero igual gasto calórico.

Independientemente de la cantidad total de masa grasa que una persona posea, la forma como esta se distribuye en el cuerpo es también relevante para la salud. Varios estudios han mostrado que la grasa abdominal, medida por medio del perímetro de la cintura, se asocia con un importante número de factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en adolescentes¹⁶, incluso para una categoría de peso dada (normopeso, sobrepeso u obesidad)¹⁷. Aunque en la actualidad se dispone de métodos precisos y sofisticados para valorar la grasa central o abdominal (por ejemplo, resonancia magnética nuclear, tomografía axial computarizada, DXA, etc.), el perímetro de cintura ha demostrado ser un buen indicador de la grasa troncular y ha sido ampliamente utilizado en numerosos estudios epidemiológicos dado su bajo coste y fácil medida¹⁸.

Nuestro grupo ha estudiado una muestra de niños (9 años) y adolescentes (15 años) suecos, y ha observado que aquellos individuos que mostraron niveles bajos (primer tercil) de actividad física vigorosa tuvieron un mayor riesgo de tener un perímetro de cintura indicativo de un mayor riesgo cardiovascular, comparados con los que mostraron niveles altos de actividad física vigorosa (tercer tercil)¹⁹. Estos resultados concuerdan con datos de estudios más recientes que muestran una asociación negativa entre actividad física y grasa central, especialmente actividad física vigorosa²⁰⁻²². Por el contrario, los resultados son contradictorios cuando la actividad física se evaluó mediante cuestionarios. En adolescentes españoles (13-18,5 años) que participaron en el estudio Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes (AVENA), no observamos asociación alguna entre actividad física y perímetro de cintura²³, mientras que otro estudio observó una asociación inversa en niños franceses de 12 años de edad²⁴.

Se ha sugerido que el nivel de condición física que posee un niño, adolescente o adulto, puede influenciar el posible efecto de la actividad física en diversos parámetros de salud. Nosotros analizamos por primera vez esta hipótesis en relación con la grasa troncular, medida a través del perímetro de cintura, en 1.075 niños y adolescentes suecos²⁵. Los resultados sugieren que la asociación entre actividad física y grasa troncular varía en función de la capacidad aeróbica (indicador del nivel de condición/forma física). En individuos con una baja condición física se observó una relación inversa entre actividad física y grasa troncular. Además, dicha asociación pasó a ser positiva cuando se analizó en sujetos con una buena forma física. En la actualidad, estamos replicando este estudio en una cohorte de adolescentes europeos que participaron en el HELENA con el objeto de confirmar o contrastar estos resultados y de este modo comprender mejor el rol de la condición física en estas asociaciones.

Estudios longitudinales

La información procedente de estudios longitudinales usando medidas objetivas de la actividad física en niños/adolescentes es escasa aunque consistente. Una reciente revisión sistemática al respecto indica que existe una asociación inversa entre los niveles de actividad física en un momento determinado de la infancia y el contenido de grasa en el futuro (tiempo de seguimiento entre ~2 y 15 años)⁶. El IMC fue la variable antropométrica utilizada en la mayor parte de los estudios, incluyendo solo 2 de ellos una medida de la grasa corporal total basada en la medición de pliegues cutáneos y/o impedanciometría bioeléctrica.

Cuatro estudios han explorado las relaciones longitudinales entre actividad física medida mediante acelerometría y grasa corporal total (tabla 1)²⁶⁻²⁹. Tres de los 4 estudios mencionados observaron una relación inversa entre el nivel de actividad física y la grasa corporal futura. Entre ellos destaca el estudio realizado por Janz et al., en el cual se evaluó el tiempo empleado en actividad física de diferente intensidad y porcentaje de grasa, medido con DXA, en 378 niños (4-6 años)²⁹. Los resultados corroboran los encontrados por estudios transversales, esto es, la actividad física vigorosa pero no la de moderada intensidad, se asociaba con menores niveles de grasa corporal 3 años más tarde.

No hemos encontrado estudios longitudinales que examinen el efecto a largo plazo de la actividad física medida objetivamente sobre la grasa central en niños o adolescentes. Futuras investigaciones deberán estudiar este tema en profundidad.

Condición física y adiposidad

Un factor íntimamente ligado al nivel de actividad física y/o ejercicio que se realiza es el estado de condición física que tiene la persona. La condición física se define como la capacidad que una persona tiene para realizar actividad física y/o ejercicio, y constituye una medida integrada de todas las funciones y estructuras que intervienen en la realización de actividad física o ejercicio. Estas funciones son la musculoesquelética, cardiorrespiratoria, hematocirculatoria, endocrinometabólica y psiconeurológica. Un alto nivel de condición física implica una buena respuesta concatenada y fisiológica de todas ellas. Por el contrario, tener una mala condición física podría indicar un mal funcionamiento de una o varias de esas funciones.

La condición física comprende un conjunto de cualidades físicas tales como la capacidad aeróbica, fuerza y resistencia muscular, movilidad articular, velocidad de desplazamiento, agilidad, coordinación y equilibrio. Algunos autores también han incluido la composición corporal como un elemento más de la condición física. La medición de estas cualidades físicas en estudios epidemiológicos es relativamente reciente, y su aplicación al ámbito de la salud ha originado el sobrenombre de condición física relacionada con la salud (en inglés, *health-related fitness*). De todas las cualidades que componen la condición física, la capacidad aeróbica y la fuerza muscular han sido las que han adquirido una mayor relevancia científica en el ámbito sanitario.

El nivel de condición física se puede evaluar mediante distintas pruebas, dependiendo de la cualidad que queremos evaluar. La prueba estrella que mejor permite conocer el nivel de capacidad aeróbica máxima (también conocido como consumo máximo de oxígeno) de la persona es una prueba de esfuerzo máxima. En personas jóvenes, el test de campo más utilizado para estimar la capacidad aeróbica es el test de 20 m de ida y vuelta, también conocido como test de *Course Navette*³⁰. La fuerza muscular se ha evaluado tradicionalmente mediante el test de fuerza de prensión manual (tren superior) y el test de salto a pies juntos (tren inferior)³¹. Nuestro grupo ha realizado varios estudios metodológicos en personas jóvenes y revisiones sistemáticas que indican que estos tests: (i) son indicadores del estado de salud en la edad adulta³²; (ii) miden lo que se pretende medir (válidos);³³ (iii), son fiables, esto es, cuando la evaluación se realiza varias veces el resultado es consistente;³⁴ y (iv) son sencillos de realizar, poco costosos y viables para ser utilizados en estudios poblacionales y en el ámbito escolar³¹.

Estudios transversales

Recientes investigaciones han puesto de manifiesto el interés que tiene conocer el nivel de condición física que posee un niño y/o un adolescente^{5,32}. Los resultados del estudio EYHS mostraron que incluso en niños sanos de 9-10 años de edad, aquellos que tenían una mayor capacidad aeróbica presentaban también menores niveles de adiposidad total medida mediante pliegues cutáneos¹². Nuestro grupo también mostró una asociación inversa entre la capacidad aeróbica y la circunferencia de cintura en niños y adolescentes suecos que participaron en el mismo estudio²⁵. Igualmente, datos del estudio AVENA indicaron que la capacidad aeróbica se asociaba con la circunferencia de cintura en adolescentes españoles²³.

Estos datos concuerdan con los de otros estudios que han evaluado la grasa corporal con técnicas más sofisticadas⁵. En esta línea, nosotros hemos estudiado la relación entre condición física (esto es, capacidad aeróbica y fuerza muscular) y la grasa corporal total y central medida mediante DXA en adolescentes españoles que participaron en el estudio HELENA. Los resultados mostraron que tanto la capacidad aeróbica como la fuerza muscular del tren inferior estaban asociadas inversamente con todos los parámetros de grasa corporal, y esto tras ajustar por distintas variables de confusión incluida la actividad física medida objetivamente³⁵. En este sentido, Ara et al.³⁶ mostraron resultados muy similares en una muestra de niños españoles prepúberes (~9 años). Winsley et al.³⁷ midieron la grasa central mediante resonancia magnética y observaron que aquellos niños con mayores niveles de capacidad aeróbica también presentaban menores niveles de grasa troncular.

El papel de la fuerza muscular en la práctica de ejercicio y actividades de la vida diaria, así como en la prevención de diversas enfermedades, viene siendo objeto de creciente atención en los últimos años^{31,32}. La relación inversa entre fuerza muscular del tren inferior y grasa corporal observada en el estudio HELENA concuerda con los resultados obtenidos en el AVENA³⁸ y en otros estudios^{39,40}.

Tabla 1 Estudios longitudinales que han analizado la relación entre la actividad física en la infancia/adolescencia y el nivel de adiposidad futura

Autor/Año	Años de seguimiento	Participantes	Edad (años)	Variable predictora	Variables resultado	Resultados
Moore et al. ²⁶ , 2003	8 (evaluaciones anuales)	Niños = 45 Niñas = 58	4 a 11	AF total (counts/hora) (3-5 días incluyendo fin de semana, Caltrac®)	IMC (kg/m ²) Pliegue tricúspital Sumatorio de 5 pliegues	<i>Niños y niñas</i> Niveles elevados de AF en la infancia se asociaron con menor contenido de grasa en la adolescencia
Stevens et al. ²⁸ , 2004	2-3	Niños = 233 Niñas = 221	6-8 a 8-11	AF total (1 día, Tritrac R3D®)	IMC (kg/m ²) Porcentaje de grasa (%) Masa de grasa (kg) Masa libre de grasa (kg)	<i>Niños y niñas</i> La AF total se asoció inversamente con valores elevados de IMC, masa de grasa y masa libre de grasa (no con porcentaje de grasa)
Janz et al. ²⁹ , 2005	3	Niños = 176 Niñas = 202	4-6 a 7-9	AF total (counts/min) AF moderada (min/día) AF intensa (min/día) Periodos de 5 min de AF moderada Periodos de 5 min de AF intensa (3 días de semana + 1 fin de semana, Actigraph®)	Porcentaje de grasa (%), medido con DXA	<i>Niños y niñas</i> La AF total, AF intensa y periodos de 5 min de AF intensa se asociaron inversamente con el porcentaje de grasa
Stevens et al. ²⁷ , 2007	2-3	Niñas = 984	12-14 a 14-16	AF moderada-intensa (min/día) AF intensa (min/día) MET (6 días incluyendo fin de semana, Actigraph®)	IMC (kg/m ²) Porcentaje de grasa (%)	<i>Niñas</i> No hubo asociación entre las variables estudiadas

AF: actividad física; DXA, absorciometría dual de rayos x; IMC, índice de masa corporal; MET: equivalentes metabólicos.

Tabla 2 Estudios longitudinales que han analizado la relación entre la condición física en la infancia/adolescencia y la adiposidad futura

Componente del Fitness	Autor/Año/Estudio	Años de seguimiento	Participantes	Edad (años)	Test de CF	Variables evaluadas	Resultados
CA	Psarra et al. ⁴¹ , 2006	2 2000/2001 2002/2003	Niños = 477 Niñas = 441	6-12 a 8-14	CA: test de 20 m	IMC, CC, C/CA y %GC	<i>Niños y niñas</i> Los predictores de GC fueron el IMC, obesidad de los padres, y bajos niveles de CA Tanto CA como CC se asociaron con CC 2 años más tarde
CA	Twisk et al. ⁴² , 2002 <i>The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study</i>	15 1977-1991	181	13 a 27	CA: test máximo en tapiz rodante	GC (suma de 4 pliegues cutáneos)	<i>Niños y niñas</i> CA se asoció negativamente a la suma de 4 pliegues
CA	Johnson et al. ⁴³ , 2000	3-5	Niños = 17 Niñas = 55 Niños = 19 Niñas = 24	4,6-11 a 8-16	CA: test máximo en tapiz rodante	GC y masa libre de grasa medida por DXA	<i>Niños y niñas</i> La CA se asoció negativamente con GC Los niños con mayor CA al inicio del estudio tuvieron menores incrementos de GC
CA	McMurray et al. ⁴⁴ , 2008	7 1990-1996	Niños = 212 Niñas = 177	7-10 a 14-17	CA: test submáximo en cicloergómetro	IMC y GC (suma de 2 pliegues cutáneos)	<i>Niños y niñas</i> Los niños con baja CA (primer tercil) tuvieron entre 5,5- 6 veces más probabilidades de tener sobrepeso obesidad así como síndrome metabólico en edad adolescente
CA	Boreham et al. ⁴⁵ , 2002 <i>The Northern Ireland Young Hearts Project</i>	10 1989/90 - 1992/93 - 1997/99	Niños = 229 Niñas = 230	12 y 15 a 22,5	CA: test de 20 m	GC (suma de 4 pliegues cutáneos)	<i>Niños y niñas</i> Cambios en CA se asociaron débilmente a cambios en GC
CA	Byrd-Williams et al. ⁴⁶ , 2008 <i>Study of Latino Adolescents at Risk</i>	4 2001-2005	Niños = 84 Niñas = 76	11 a 15	CA: test máximo en tapiz rodante	GC y masa libre de grasa medida por DXA	<i>Niños</i> Altos niveles de CA se asociaron con un menor incremento de GC

Tabla 2 (continuación)

Componente del Fitness	Autor/Año/Estudio	Años de seguimiento	Participantes	Edad (años)	Test de CF	Variables evaluadas	Resultados
CA	Koutedakis et al. ⁴⁷ , 2005	2 y 3 puntos de medida	210 204 198	12,3 13,3 14,3	CA: test de 20 m	%GC estimada de pliegues cutáneos (tríceps y pantorrilla)	<i>Niños y niñas</i> CA se asoció inversamente a cambios en %GC
CA	Twisk et al. ⁴⁸ , 2000 <i>The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study</i>	20 1985 1996/1997	Niños = 132 Niñas = 145 Niños = 80 Niñas = 96	13 a 32 13-16 a 32	CA: test máximo en tapiz rodante	GC (suma de 4 pliegues cutáneos) y C/CAD	<i>Niños y niñas</i> La CA en el grupo de 13-16 años se asoció negativamente con GC y C/CAD
CA y FM	Hasselstrøm et al. ⁴⁹ , 2002 <i>Danish Youth and Sports Study</i>	8 1983 1991	Niños = 133 Niñas = 132 Niños = 45 Niñas = 57	15-19 a 23-27	CA: test máximo en cicloergómetro FM: fuerza isométrica máxima	%GC, CC	<i>Niños</i> Cambios en la CA y FM se asociaron negativamente con cambios en %GC Cambios en la FM se asociaron negativamente con cambios en la CC <i>Niñas</i> Cambios en la CA se asociaron negativamente con cambios en %GC. FM no se asoció con GC en niñas
CA, FM	Barnekow-Bergkvist et al. ⁵⁰ , 2001	18 1974 1992	Niños = 220 Niñas = 205 Niños = 157 Niñas = 121	15-18 a 33-36	CA, 1974: test de carrera CA, 1992: test submáximo en cicloergómetro FM. abdominales, pres de banca	IMC, CC, C/CAD	<i>Niños y niñas</i> La CA a los 16 años no se asoció con GC a los 34 años La FM a los 16 años se asoció negativamente con IMC en hombres y mujeres a los 34 años
CA, FM	Janz et al. ⁵¹ , 2002 <i>The Muscatine Study</i>	5	Niños = 63 Niñas = 62	10.5 a 15	CA: test máximo en cicloergómetro FM: fuerza de prensión manual	CC, GC (suma de 6 pliegues cutáneos)	<i>Niños y niñas</i> Cambios en CA y FM se asociaron negativamente con cambios en GC y CC

C/CAD: ratio cintura cadera; CA: capacidad aeróbica; CC: circunferencia de cintura; CF: condición física; DXA: absorciometría dual de rayos x; FM: fuerza muscular; GC: grasa corporal; IMC: índice de masa corporal.

Estudios longitudinales

Varios estudios han mostrado que la capacidad aeróbica que se posee en la infancia y adolescencia predice el grado adiposidad total y central que la persona posee años más tarde, así como en la edad adulta (tabla 2)⁴¹⁻⁵¹. El *Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study* ha sido uno de los estudios pioneros que más resultados ha arrojado en relación a las asociaciones longitudinales entre la condición física en la infancia/adolescencia y parámetros de salud en la edad adulta. En este sentido, Twisk et al.⁴⁸ analizaron la asociación entre la capacidad aeróbica que poseían adolescentes de 13 a 16 años con la grasa corporal que estos presentaron a la edad de 32 años. Los resultados mostraron que los adolescentes con mayores niveles de capacidad aeróbica también tuvieron menores niveles de grasa corporal total (sumatorio de 4 pliegues cutáneos) y troncular (ratio entre circunferencia de cintura y cadera) a la edad de 32 años.

Los datos de estudios longitudinales con menos años de seguimiento son muy similares. McMurray et al.⁴⁴ realizaron un estudio longitudinal de 7 años de duración y observaron que los niños (7-10 años) con baja capacidad aeróbica (primer tercil) tuvieron entre 5,5 y 6 veces más probabilidades de tener sobrepeso u obesidad así como síndrome metabólico en edad adolescente (14-17 años) comparado con el grupo que presentaba mejores niveles de capacidad aeróbica. Igualmente, Byrd-Williams et al.⁴⁶ observaron en un estudio longitudinal de 4 años (*Study of Latino Adolescents at Risk*) que los niños de 11 años con mayores niveles de capacidad aeróbica tuvieron un menor incremento de la grasa corporal total medida mediante DXA a los 15 años.

Tres estudios longitudinales han analizado la asociación entre los niveles de fuerza muscular y la grasa corporal total y central⁴⁹⁻⁵¹. Barnekow-Bergkvist et al.⁵⁰ midieron la fuerza muscular en adolescentes de 15 a 18 años de edad y el IMC, la circunferencia de cintura y la ratio cintura-cadera 18 años más tarde. Los resultados indicaron que la fuerza muscular predecía el IMC en hombres y mujeres a los 34 años, de tal forma que aquellos que presentaron mayores niveles de fuerza muscular en la adolescencia tuvieron un menor IMC a los 34 años. Sin embargo, los resultados no fueron tan evidentes para los marcadores de grasa central. Janz et al.⁵¹ (*The Muscatine Study*) y Hasselstrøm et al.⁴⁹ (*Danish*

Youth and Sports Study) analizaron la asociación entre los cambios que se producen en la fuerza muscular y los que se producen en parámetros de grasa corporal a lo largo de varios años. Ambos estudios concluyeron que los cambios en la fuerza muscular desde la infancia a la adolescencia (10 a 15 años)⁵¹ o desde la adolescencia a la edad adulta (15-19 a 23-27 años)⁴⁹ se asociaban negativamente con cambios en los niveles de grasa corporal total (medida mediante pliegues cutáneos) y en la circunferencia de cintura. Twisk et al.⁴⁸ calcularon un índice de condición física que incluía medidas de fuerza muscular, flexibilidad, velocidad y coordinación. Los resultados mostraron una asociación negativa entre el índice de condición física y la grasa corporal total media mediante la suma de 4 pliegues subcutáneos.

Niños con sobrepeso/obesidad pero en forma («*fat but fit*»)

El prestigioso grupo del profesor Blair fue el primero en advertir que aquellas personas que tenían sobrepeso u obesidad pero que al mismo tiempo presentaban unos niveles de condición física aceptablemente elevados podían tener un mejor estado de salud que las que tenían el mismo nivel de sobrepeso pero su estado de forma física era peor. De hecho, esas personas catalogadas como *fat but fit* (con exceso de grasa pero en forma) presentaban un perfil de riesgo cardiovascular similar al de aquellas personas que tenían un peso normal para su edad y género, pero que tenían bajos niveles de condición física.

Nuestro grupo ha realizado numerosos estudios en niños y adolescentes con datos derivados de las cohortes AVENA y EYHS, y observamos que los adolescentes con sobrepeso y con altos niveles de fuerza muscular (tercer tercil) presentaban menores niveles de masa grasa (suma de 6 pliegues) que el grupo con sobrepeso y bajos niveles (primer tercil) de fuerza muscular (fig. 3)⁵². Igualmente, hemos observado que los niños con altos niveles de grasa corporal presentaban, como era de esperar, un peor perfil lipídico⁵³, mayores niveles de tensión arterial⁵⁴ y resistencia a la insulina⁵⁵. Sin embargo, estos parámetros de salud cardiovascular se atenúan en el grupo que además presentaba altos niveles de capacidad aeróbica. Esto indica que una mejor capacidad

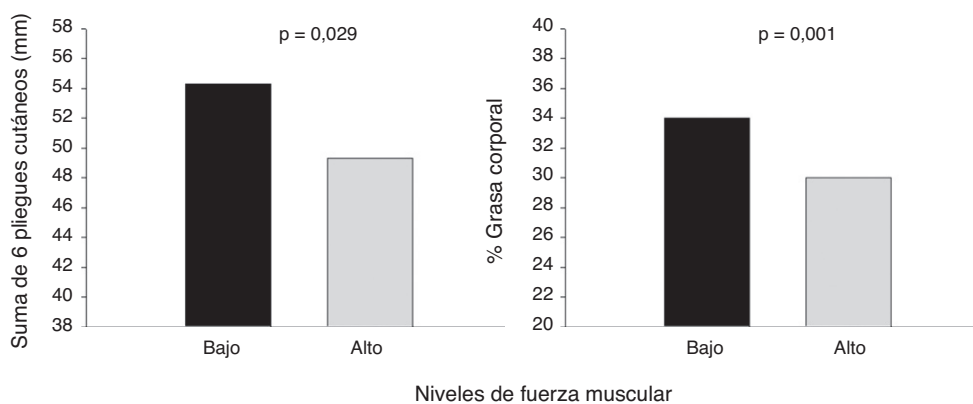


Figura 3 Grasa corporal en adolescentes con sobrepeso-obesidad y con bajos (primer tercil) o altos (tercer tercil) niveles de fuerza muscular (índice de fuerza de prensión manual y salto a pies juntos). Adaptada de Ruiz et al.⁵²

aeróbica puede contrarrestar los efectos negativos de la grasa corporal sobre parámetros de salud cardiovascular. Por tanto, programas de ejercicio físico orientados a la mejora de la condición física en niños y adolescentes con sobrepeso y/o obesidad pueden resultar de enorme interés social, económico y sanitario.

Recomendaciones para un nivel de actividad física y condición física saludable

Recientemente, nuestro grupo ha estudiado cuál es el nivel mínimo de actividad física que se asocia con un menor riesgo de tener sobrepeso u obesidad en adolescentes⁵⁶. Tras probar diferentes niveles de actividad física en términos de duración e intensidad, los resultados sugieren que las recomendaciones actuales de actividad física, al menos 60 min al día de actividad moderada-vigorosa, parecen ser suficientes para evitar el sobrepeso u obesidad. No obstante, los resultados mostraron que acumular un mínimo de actividad física vigorosa, esto es 15 min al día produce beneficios adicionales para la prevención del sobrepeso u obesidad⁵⁶.

Con relación a la condición física, se ha observado que tener una capacidad aeróbica, expresada en consumo máximo de oxígeno, mayor de 42 ml/kg/min para niños y 35-37 ml/kg/min para niñas, se asocia con un menor riesgo de sobrepeso/obesidad y riesgo metabólico^{23,57-59}. En este contexto, nuestro grupo ha estudiado a una cohorte de niños suecos y estonios desde los 9 años hasta los 15 años de edad (6 años de seguimiento)⁶⁰. Se seleccionaron solo los niños con normopeso al inicio y se estudió qué factores hacían que los niños desarrollaran sobrepeso u obesidad 6 años después. Observamos que independientemente del IMC o la condición física al inicio, aquellos adolescentes que mejoraron su capacidad aeróbica (consumo máximo de oxígeno estimado) redujeron significativamente el riesgo de desarrollar sobrepeso u obesidad⁶⁰. Estos datos sugieren que es importante promocionar la actividad física y la mejora de la condición física, como herramientas de prevención del sobrepeso y obesidad infantil.

Conclusiones

La evidencia científica procedente de estudios transversales y longitudinales sostiene que:

- (i) Niveles elevados de actividad física en la infancia o la adolescencia, especialmente de actividad física de alta intensidad, se asocian con una menor cantidad de grasa corporal tanto total como troncular, lo cual ocurre tanto en ese momento como en el futuro.
- (ii) El nivel de condición física en niños y adolescentes, especialmente la capacidad aeróbica, se relaciona inversamente con niveles presentes y futuros de grasa corporal.
- (iii) Los niños y adolescentes con sobrepeso que poseen un buen nivel de condición física, presentan un perfil metabólico y cardiovascular más saludable que sus compañeros con sobrepeso y baja condición física, y similar a sus compañeros con un peso normal y baja condición física.

Estos resultados ponen de manifiesto la imperiosa necesidad de promover un estido de vida más activo en todos los sujetos independientemente de su edad y condición. El objetivo no es solo luchar contra el sedentarismo y aumentar el gasto calórico ligado a una mayor actividad física sino lograr que dicha actividad física sea de intensidad suficiente como para conseguir mejorar el estado de forma física. Con esa actividad vigorosa no solo aumenta el gasto ligado al ejercicio sino que también aumenta, o al menos se preserva, la masa muscular y con ello aumenta también el gasto calórico basal. Por otra parte, la mejora de la condición física, independientemente de su efecto sobre el metabolismo energético, tiene también diversos efectos promotores de la salud y atenuantes del riesgo a padecer diversas patologías, muchas de ellas asociadas a la obesidad, y que están hoy día entre las más prevalentes en la población.

En esta línea, el esfuerzo trasciende al propio paciente e implica también a su entorno, tanto familiar como escolar, que debe facilitar un medio favorable para la realización de actividad física vigorosa, e implica también al propio ámbito sanitario cuya actividad puede verse beneficiada de las diversas tecnologías hoy disponibles que permiten de una forma sencilla y fiable evaluar, de un lado, la actividad física que el sujeto realiza, conociendo no solo el tipo, sino también su duración e intensidad y, de otro lado, el nivel de condición física que el sujeto posee y cómo ello se correlaciona con otros parámetros e indicadores de salud, ahí incluida la propia composición corporal, y cómo una y otra evolucionan en el tiempo. Todo ello va tener, sin duda, una repercusión positiva sobre la salud y el bienestar presente y futuro del propio paciente y, por extensión, de toda la población.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1423-34.
2. Guo SS, Wu W, Chumlea WC, Roche AF. Predicting overweight and obesity in adulthood from body mass index values in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr.* 2002;76:653-8.
3. Must A, Jacques PF, Dallal GE, Bajema CJ, Dietz WH. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *N Engl J Med.* 1992;327:1350-5.
4. Ruiz JR, Ortega FB. Physical activity and cardiovascular disease risk factors in children and adolescents. *Curr Cardiovasc Risk Rep.* 2009;3:281-7.
5. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond).* 2008;32:1-11.
6. Jimenez-Pavon D, Kelly J, Reilly JJ. Associations between objectively measured habitual physical activity and adiposity in children and adolescents: systematic review. *Int J Pediatr Obes.* 2009;5:3-18.

7. Ekelund U, Sardinha LB, Anderssen SA, Harro M, Franks PW, Brage S, et al. Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-year-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *Am J Clin Nutr*. 2004;80:584–90.
8. Wittmeier KD, Mollard RC, Kriellaars DJ. Objective assessment of childhood adherence to Canadian physical activity guidelines in relation to body composition. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2007;32:217–24.
9. Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Barbeau P. Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2005;81:746–50.
10. Abbott RA, Davies PS. Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-year-old children. *Eur J Clin Nutr*. 2004;58:285–91.
11. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Eiberg S, Wollmer P, et al. Daily physical activity related to body fat in children aged 8-11 years. *J Pediatr*. 2006;149:38–42.
12. Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Wärnberg J, Sjöström M. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr*. 2006;84:299–303.
13. Butte NF, Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Zakeri I. Physical activity in nonoverweight and overweight Hispanic children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1257–66.
14. Ness AR, Leary SD, Mattocks C, Blair SN, Reilly JJ, Wells J, et al. Objectively measured physical activity and fat mass in a large cohort of children. *PLoS Med*. 2007;4:e97.
15. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Rey-López JP, Vicente-Rodríguez G, España-Romero V, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; The HELENA Study. *Int J Obes*. 2009;33:1126–35.
16. Gutin B, Johnson MH, Humphries MC, Hatfield-Laube JL, Kapuku GK, Allison JD, et al. Relationship of visceral adiposity to cardiovascular disease risk factors in black and white teens. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15:1029–35.
17. Janssen I, Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, Chen W, Malina RM, Bouchard C, et al. Combined influence of body mass index and waist circumference on coronary artery disease risk factors among children and adolescents. *Pediatrics*. 2005;115:1623–30.
18. Brambilla P, Bedogni G, Moreno LA, Goran MI, Gutin B, Fox KR, et al. Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. *Int J Obes (Lond)*. 2006;30:23–30.
19. Ortega FB, Ruiz JR, Sjöström M. Physical activity, overweight and central adiposity in Swedish children and adolescents: the European Youth Heart Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2007;4:61.
20. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Linden C, Wollmer P, Andersen LB. Daily physical activity related to aerobic fitness and body fat in an urban sample of children. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:728–35.
21. Hussey J, Bell C, Bennett K, O'Dwyer J, Gormley J. Relationship between the intensity of physical activity, inactivity, cardiorespiratory fitness and body composition in 7-10-year-old Dublin children. *Br J Sports Med*. 2007;41:311–6.
22. Saelens BE, Seeley RJ, van Schaick K, Donnelly LF, O'Brien KJ. Visceral abdominal fat is correlated with whole-body fat and physical activity among 8-year-old children at risk of obesity. *Am J Clin Nutr*. 2007;85:46–53.
23. Ortega FB, Tresaco B, Ruiz JR, Moreno LA, Martin-Matillas M, Mesa JL, et al. Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15:1589–99.
24. Klein-Platat C, Oujaa M, Wagner A, Haan MC, Arveiler D, Schlienger JL, et al. Physical activity is inversely related to waist circumference in 12-year-old French adolescents. *Int J Obes (Lond)*. 2005;29:9–14.
25. Ortega FB, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Vicente-Rodríguez G, Rizzo NS, Castillo MJ, et al. Cardiovascular fitness modifies the associations between physical activity and abdominal adiposity in children and adolescents. The European Youth Heart Study. *Br J Sports Med*. 2010;44:256–62.
26. Moore LL, Gao D, Bradley ML, Cupples LA, Sundarajan-Ramamurti A, Proctor MH, et al. Does early physical activity predict body fat change throughout childhood. *Prev Med*. 2003;37:10–7.
27. Stevens J, Murray DM, Baggett CD, Elder JP, Lohman TG, Lytle LA, et al. Objectively assessed associations between physical activity and body composition in middle-school girls: the Trial of Activity for Adolescent Girls. *Am J Epidemiol*. 2007;166:1298–305.
28. Stevens J, Suchindran C, Ring K, Baggett CD, Jobe JB, Story M, et al. Physical activity as a predictor of body composition in American Indian children. *Obes Res*. 2004;12:1974–80.
29. Janz KF, Burns TL, Levy SM. Tracking of activity and sedentary behaviors in childhood: the Iowa Bone Development Study. *Am J Prev Med*. 2005;29:171–8.
30. Léger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois-20 meter shuttle run test with 1 minute stages. *Can J Appl Sport Sci*. 1984;9:64–9.
31. Ruiz JR, Ortega FB, Gutiérrez A, Meusel D, Sjöström M, Castillo MJ. Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: a European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health*. 2006;14:269–77.
32. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2009;43:909–23.
33. Castro-Pinero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2010;44:934–43.
34. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Bergman P, Hagstromer M, et al. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32 Suppl 5:S49–57.
35. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Ortega FB, Rey-Lopez JP, España-Romero V, et al. Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents; The HELENA Study. *Brit J Sports Med*. 2011;45:101–8.
36. Ara I, Vicente-Rodríguez G, Jimenez-Ramirez J, Dorado C, Serrano-Sanchez JA, Calbet JA. Regular participation in sports is associated with enhanced physical fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:1585–93.
37. Winsley RJ, Armstrong N, Middlebrooke AR, Ramos-Ibanez N, Williams CA. Aerobic fitness and visceral adipose tissue in children. *Acta Paediatr*. 2006;95:1435–8.
38. Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Jimenez-Pavon D, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, et al. Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:418–27.
39. Malina RM, Beunen GP, Classens AL, Lefevre J, Vanden Eynde BV, Renson R, et al. Fatness and physical fitness of girls 7 to 17 years. *Obes Res*. 1995;3:221–31.
40. Deforche B, Lefevre J, de Bourdeaudhuij I, Hills AP, Duquet W, Bouckaert J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obes Res*. 2003;11:434–41.
41. Psarra G, Nassiss GP, Sidossis LS. Short-term predictors of abdominal obesity in children. *Eur J Public Health*. 2006;16:520–5.
42. Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W. The relationship between physical fitness and physical activity during adolescence

- and cardiovascular disease risk factors at adult age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Int J Sports Med.* 2002;23 Suppl 1:S8–14.
43. Johnson MS, Figueroa-Colon R, Herd SL, Fields DA, Sun M, Hunter GR, et al. Aerobic fitness, not energy expenditure, influences subsequent increase in adiposity in black and white children. *Pediatrics.* 2000;106:E50.
 44. McMurray RG, Bangdiwala SI, Harrell JS, Amorim LD. Adolescents with metabolic syndrome have a history of low aerobic fitness and physical activity levels. *Dyn Med.* 2008;7:5.
 45. Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, Gallagher A. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Int J Sports Med.* 2002;23 Suppl 1:S22–6.
 46. Byrd-Williams CE, Shaibi GQ, Sun P, Lane CJ, Ventura EE, Davis JN, et al. Cardiorespiratory fitness predicts changes in adiposity in overweight Hispanic boys. *Obesity (Silver Spring).* 2008;16:1072–7.
 47. Koutedakis Y, Bouziotas C, Flouris AD, Nelson PN. Longitudinal modeling of adiposity in periadolescent Greek schoolchildren. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:2070–4.
 48. Twisk JW, Kemper HC, van Mechelen W. Tracking of activity and fitness and the relationship with cardiovascular disease risk factors. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:1455–61.
 49. Hasselstrøm H, Hansen SE, Froberg K, Andersen LB. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish Youth and Sports Study. An eight-year follow-up study. *Int J Sports Med.* 2002;23 23 Suppl 1:S27–31.
 50. Barnekow-Bergkvist M, Hedberg G, Janlert U, Jansson E. Adolescent determinants of cardiovascular risk factors in adult men and women. *Scand J Public Health.* 2001;29:208–17.
 51. Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: the Muscatine Study. *Int J Sports Med.* 2002;23 Suppl 1:S15–21.
 52. Ruiz JR, Ortega FB, Warnberg J, Moreno LA, Carrero JJ, Gonzalez-Gross M, et al. Inflammatory proteins and muscle strength in adolescents: the AVENA study. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2008;162:462–8.
 53. Mesa JL, Ruiz JR, Ortega FB, Warnberg J, González-Lamuno D, Moreno LA, et al. Aerobic physical fitness in relation to blood lipids and fasting glycaemia in adolescents: influence of weight status. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2006;16:285–93.
 54. Ruiz JR, Ortega FB, Loit HM, Veidebaum T, Sjöström M. Body fat is associated with blood pressure in school-aged girls with low cardiorespiratory fitness: the European Youth Heart Study. *J Hypertens.* 2007;25:2027–34.
 55. Ruiz JR, Rizzo NS, Ortega FB, Loit HM, Veidebaum T, Sjöström M. Markers of insulin resistance are associated with fatness and fitness in school-aged children: the European Youth Heart Study. *Diabetologia.* 2007;50:1401–8.
 56. Martínez-Gómez D, Ruiz JR, Ortega FB, Veiga OL, Moliner-Urdiales D, Mauro B, et al. Recommended levels of physical activity to avoid an excess of body fat in European adolescents: the HELENA Study. *Am J Prev Med.* 2010;39:203–11.
 57. Ruiz JR, Ortega FB, Rizzo NS, Villa I, Hurtig-Wennlöf A, Oja L, et al. High cardiovascular fitness is associated with low metabolic risk score in children: the European youth heart study. *Pediatr Res.* 2007;61:350–5.
 58. Lobelo F, Pate RR, Dowda M, Liese AD, Ruiz JR. Validity of cardiorespiratory fitness criterion-referenced standards for adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:1222–9.
 59. Cureton KJ, Warren GL. Criterion-referenced standards for youth health-related fitness tests: a tutorial. *Res Q Exerc Sport.* 1990;61:7–19.
 60. Ortega FB, Labayen I, Ruiz JR, Kurvinen E, Loit HM, Harro J, et al. Improvements in fitness reduce the risk of becoming overweight across puberty. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43:1891–7.