

# El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA)\*

Enrique García-Artero<sup>a</sup>, Francisco B. Ortega<sup>a</sup>, Jonatan R. Ruiz<sup>a</sup>, José L. Mesa<sup>a</sup>, Manuel Delgado<sup>b</sup>, Marcela González-Gross<sup>a,c</sup>, Miguel García-Fuentes<sup>d</sup>, Germán Vicente-Rodríguez<sup>e</sup>, Ángel Gutiérrez<sup>a</sup> y Manuel J. Castillo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grupo EFFECTS-262. Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Granada. España.

<sup>b</sup>Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Granada. España.

<sup>c</sup>Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.

<sup>d</sup>Departamento de Pediatría. Universidad de Cantabria. Santander. España.

<sup>e</sup>Departamento de Fisiología y Enfermería. Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España.

**Introducción y objetivos.** Estudiar si la actividad física realizada o el grado de condición física (capacidad aeróbica y fuerza) que poseen los adolescentes españoles, están asociados con su perfil lipídico-metabólico.

**Métodos.** Del total de 2.859 adolescentes españoles (13-18,5 años) evaluados en el estudio AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes), 460 (248 varones y 212 mujeres) fueron seleccionados aleatoriamente para un análisis sanguíneo. Se evaluó el grado de actividad física mediante cuestionarios. La capacidad aeróbica fue estimada a partir del test de Course-Navette. La fuerza muscular se valoró mediante una dinamometría manual, un salto de longitud y la flexión de brazos en una barra. Se calculó un índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular según las concentraciones de triglicéridos, colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (cLDL), colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (cHDL) y glucosa.

**Resultados.** La actividad física no mostró asociación con el índice lipídico-metabólico en ninguno de los dos sexos. El índice lipídico-metabólico se relacionó inversamente con la capacidad aeróbica en los varones ( $p = 0,003$ ) tras ajustar por el grado de actividad física y la fuerza muscular. En las mujeres, un perfil lipídico-metabólico más cardiosaludable se asoció con una mayor fuerza muscular ( $p = 0,048$ ) tras ajustar por la capacidad aeróbica.

**Conclusiones.** Estos resultados indican que en la adolescencia es el grado de condición física, y no tanto la actividad física, lo que se relaciona con el perfil de riesgo lipídico-metabólico. Una alta capacidad aeróbica en varones y un alto grado de fuerza muscular en mujeres se asocian con un menor riesgo lipídico-metabólico de enfermedad cardiovascular.

**Palabras clave:** Actividad física. Capacidad aeróbica. Fuerza muscular. Lípidos. Adolescentes. AVENA.

## Lipid and Metabolic Profiles in Adolescents Are Affected More by Physical Fitness Than Physical Activity (AVENA Study)

**Introduction and objectives.** To determine whether the level of physical activity or physical fitness (i.e., aerobic capacity and muscle strength) in Spanish adolescents influences lipid and metabolic profiles.

**Methods.** From a total of 2859 Spanish adolescents (age 13.0–18.5 years) taking part in the AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes) study, 460 (248 male, 212 female) were randomly selected for blood analysis. Their level of physical activity was determined by questionnaire. Aerobic capacity was assessed using the Course-Navette test. Muscle strength was evaluated using manual dynamometry, the long jump test, and the flexed arm hang test. A lipid-metabolic cardiovascular risk index was derived from the levels of triglycerides, low-density lipoprotein cholesterol (LDLC), high-density lipoprotein cholesterol (HDLC), and glucose.

**Results.** No relationship was found between the level of physical activity and lipid-metabolic index in either sex. In contrast, there was an inverse relationship between the lipid-metabolic index and aerobic capacity in males ( $P=.003$ ) after adjustment for physical activity level and muscle strength. In females, a favorable lipid-metabolic index was associated with greater muscle strength ( $P=.048$ ) after adjustment for aerobic capacity.

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 565-8

\*En el anexo se expone la relación de participantes en el estudio AVENA.

Financiado por el Ministerio Español de Sanidad y Consumo (FIS n.º 00/0015), fondos FEDER-FSE, Ministerio Español de Educación y Ciencia (AP2002-2920; AP2003-2138; AP2004-2745; AP2005-4358), Consejo Superior de Deportes (Ref: 05/UPB32/01, 109/UPB31/03 y 13/UPB20/04), y subvencionado por Panrico S.A., Madaus S.A. y Procter & Gamble S.A.

Correspondencia: Dr. E. García Artero.  
Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina.  
Universidad de Granada.  
Avda. Madrid, s/n. 18012 Granada. España.  
Correo electrónico: artero@ugr.es

Recibido el 6 de octubre de 2006.

Aceptado para su publicación el 15 de marzo de 2007.

**Conclusions.** These results indicate that, in adolescents, physical fitness, and not physical activity, is related to lipid and metabolic cardiovascular risk. Higher aerobic capacity in males and greater muscle strength in females were associated with lower lipid and metabolic risk factors for cardiovascular disease.

**Key words:** *Physical activity. Aerobic capacity. Muscle strength. Lipids. Adolescents. AVENA.*

Full English text available from: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

## ABREVIATURAS

AVENA: Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes.

cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad.

cLDL: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad.

IFG: índice de fuerza general.

MET: equivalentes metabólicos.

VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno.

## INTRODUCCIÓN

La actividad física regular es considerada una de las estrategias más eficaces para prevenir las principales causas de morbilidad en los países occidentales<sup>1</sup>. El Departamento de Salud norteamericano sitúa el incremento de la actividad física como el primero de sus objetivos para el año 2010<sup>2</sup>. Esto está motivado por los importantes riesgos que conlleva la falta de actividad física para la salud individual y social<sup>3</sup>. Ya desde edades tempranas, el grado de actividad física parece estar relacionado con determinados factores de riesgo cardiovascular<sup>4,5</sup>.

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que requiere un cierto gasto energético. Se refiere al tipo de esfuerzo físico que se practica asiduamente, el tiempo durante el cual se realiza y la frecuencia. Aunque relacionado, la condición física es otro concepto diferente del de actividad física. Se trata de la capacidad para hacer ejercicio, entendida como una medida integrada de todas las funciones y estructuras que intervienen en la realización de ésta (muscular esquelética, cardiorrespiratoria, hematocirculatoria, psiconeurológica y endocrino-metabólica)<sup>6</sup>.

Investigaciones recientes muestran de manera inequívoca que la condición física, principalmente la capacidad aeróbica, es un importante predictor de morbilidad por causa cardiovascular y por todas las causas, tanto en varones<sup>7-9</sup> como en mujeres<sup>8-10</sup>. De la misma forma, la fuerza muscular, tanto en varones<sup>11-13</sup>

como en mujeres<sup>13</sup>, también puede constituir un diferente e independiente predictor de morbilidad.

Sin embargo, las evidencias científicas demuestran que todo este proceso no se origina en la adultez, sino en edades mucho más tempranas. Se ha constatado mediante estudios longitudinales que el grado de condición física y la presencia de factores de riesgo cardiovascular en la edad adulta están directamente relacionados con el grado de condición física que se tuvo en la adolescencia<sup>14,15</sup>. Aunque las manifestaciones clínicas de la enfermedad cardiovascular aparecen habitualmente durante la edad adulta, su origen patogénico hay que buscarlo en épocas como la adolescencia e incluso la infancia<sup>16-19</sup>.

Estudios transversales han demostrado la estrecha relación, durante la infancia y la adolescencia, entre ciertos factores de riesgo cardiovascular y el grado de condición física, tanto la capacidad aeróbica<sup>20-22</sup> como la fuerza muscular<sup>23</sup>. Sin embargo, aún no se ha realizado un análisis en profundidad que integre las interacciones de ambos componentes de la condición física con el perfil lipídico-metabólico en adolescentes.

Según todo lo anterior, los objetivos de este trabajo son: *a)* estudiar qué variable, actividad física o condición física afecta en mayor medida al perfil lipídico-metabólico de los adolescentes españoles, y *b)* estudiar el efecto independiente de la capacidad aeróbica y la fuerza muscular sobre el perfil lipídico-metabólico.

## MÉTODOS

### Sujetos y diseño experimental

Este trabajo forma parte del proyecto AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes). Se trata de un estudio multicéntrico diseñado para evaluar el estado de salud, así como la situación nutricional-metabólica y el grado de condición física de una muestra representativa de adolescentes españoles de 13-18,5 años. La metodología general del estudio ya ha sido publicada<sup>24-26</sup>. El número final de adolescentes fue 2.859, de los cuales 460 (248 varones y 212 mujeres; edad media 15,2 ± 1,4 años) fueron escogidos al azar para realizar el estudio bioquímico-metabólico y constituyeron una muestra representativa de la muestra total del estudio<sup>27</sup>.

Todo el proyecto siguió las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki (revisión de Hong-Kong en septiembre de 1989 y de Edimburgo en 2000) y de acuerdo con las recomendaciones de Buena Práctica Clínica de la CEE (documento 111/3976/88 de julio de 1990) y la normativa legal vigente española, que regula la investigación clínica en humanos (Real Decreto 561/1993 sobre ensayos clínicos). El estudio obtuvo la aprobación del Comité de Ética del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (Santander, España).

## Características antropométricas

Todas las mediciones antropométricas se realizaron con los sujetos descalzos y en ropa interior. El peso se midió con una báscula Seca (intervalo 0,05-130 kg; precisión 0,05 kg). Para la talla se empleó un estadiómetro incorporado a esa báscula (intervalo 60-200 cm; precisión 1 mm). Se calculó el índice de masa corporal. La unificación y estandarización de las mediciones antropométricas en el proyecto AVENA, así como la fiabilidad intraobservador e interobservador, fueron estrictamente controladas<sup>25</sup>.

## Maduración sexual

Se valoraron los distintos estadios de desarrollo madurativo siguiendo la metodología descrita por Tanner y Whitehouse<sup>28</sup>. Se distinguen 5 estadios para cada una de las características: desarrollo genital y vello pubiano en varones, y desarrollo mamario y vello pubiano en mujeres.

## Actividad física

La actividad física se evaluó mediante cuestionarios diseñados según la Yesterday's activity checklist<sup>29</sup>, traducidos y validados para la población española<sup>30</sup>. El grado de práctica fisicodeportiva fuera del horario escolar (y en diferentes situaciones: día escolar, fin de semana y período vacacional de verano) se valoró con estos cuestionarios. En ellos se incluía una lista de las actividades realizadas de manera más habitual por los adolescentes y éstos sólo debían señalar las efectivamente practicadas. Sobre la base de anteriores clasificaciones<sup>31</sup>, a cada actividad se le asignó un valor en equivalentes metabólicos (MET) según el gasto energético estimado para ella. Se calculó un índice de actividad física a partir de la suma de los MET de cada actividad realizada, mediante análisis factorial de componentes principales con rotación varimax de los factores<sup>32</sup>. Ello permitió obtener un único factor que representara el grado de práctica fisicodeportiva de cada sujeto. Este índice de actividad física obtenido presentó un autovalor > 1 (2,23) y explicaba el 55,9% de la varianza de la práctica de actividad física.

En uno de los cuestionarios se incluía una pregunta dicotómica (sí/no) para conocer la práctica de actividad fisicodeportiva fuera del horario escolar, que era respondida por cada adolescente y por un compañero, para una mayor objetividad. Esta variable dicotómica se comparó con el índice de actividad física. Se calcularon la sensibilidad (S) y la especificidad (E) de este índice y se obtuvo el punto de corte mediante un análisis de curvas ROC<sup>33</sup>. El punto de corte se expresa con el máximo valor del índice de Youden<sup>34</sup> (Y), ( $Y = S + E - 1$ ), el cual informa sobre la eficiencia de un diag-

nóstico. Calculado de este modo, se fijó en -0,44 el punto de corte óptimo para distinguir entre «activos» y «no activos»<sup>32</sup>. El área por debajo de la curva fue 0,766, con un error estándar de 0,011.

El tiempo empleado en actividades sedentarias, que incluyen ver la televisión y la práctica de videojuegos, se registró mediante un cuestionario<sup>35</sup>, clasificándose los sujetos en dos grupos ( $\leq 2$  h/día y  $> 2$  h/día). Además, se obtuvo información acerca del tiempo empleado por los adolescentes en desplazarse de forma activa (caminando o en bicicleta) a la escuela, distinguiendo entre 0-15 min/día y  $> 15$  min/día.

## Condición física

### Capacidad aeróbica

La capacidad aeróbica se evaluó mediante el test de Course-Navette o test de ida y vuelta de 20 m, un test de campo indirecto incremental máximo<sup>36</sup>. Este test ha sido validado en niños y adolescentes ( $r = 0,7$  para niños adolescentes de 8-19 años)<sup>37,38</sup>. Para el cálculo del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx) a partir del resultado del Course-Navette, se empleó la siguiente fórmula<sup>38</sup>:

$$VO_2\text{máx} = 31,025 + 3,238V - 3,248E + 0,1536VE$$

donde V es la velocidad final alcanzada en el test ( $V = 8 + 0,5 \times$  último estadio completado) y E es la edad en años.

### Fuerza muscular

La fuerza muscular se evaluó mediante 3 tests: a) test de salto en longitud sin impulso y con pies juntos para evaluar la fuerza explosiva de tren inferior; b) test de dinamometría manual para evaluar la fuerza máxima de prensión manual, mediante dinamómetro digital Takei TKK 5101 (intervalo 5-100 kg, precisión 0,1 kg), y c) test de suspensión en barra hasta el agotamiento con flexión de brazos para evaluar la fuerza-resistencia de tren superior.

Todos estos tests están incluidos en la batería EUROFIT validada y estandarizada por el Consejo de Europa<sup>39</sup>. Cada una de estas variables fue transformada dividiendo cada uno de los valores observados por el valor máximo de dicha variable. El promedio de las 3 variables transformadas se utilizó para establecer una única variable denominada índice de fuerza general (IFG), con valores comprendidos entre 0 y 1.

## Análisis bioquímico

Las extracciones de sangre se realizaron entre las 08.00 y las 09.00, tras 10 h de ayuno. Se pidió a los sujetos que evitaran la realización de ejercicio exte-

nuante en las 48 h precedentes. En la totalidad de los casos, la extracción se realizó por punción en la vena cubital (20 ml).

Las concentraciones de glucosa, triglicéridos y colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (cHDL) se midieron por métodos enzimáticos colorimétricos con un analizador Hitachi 911 (Roche Diagnostics, Basilea, Suiza). El cHDL se midió después de la precipitación del resto de lipoproteínas circulantes, antes del análisis, mediante el método de precipitación con fosfotungstato. El colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (cLDL) se calculó por la fórmula de Friedewald<sup>40</sup> ajustada por las concentraciones séricas de triglicéridos<sup>41</sup>. Los procedimientos analíticos utilizados estaban sometidos a un proceso de control de calidad de los resultados, tal y como es normativo en los centros hospitalarios del sistema de salud público español.

Según los valores de triglicéridos, cLDL, cHDL y glucosa se estableció un índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular<sup>22</sup>. Cada una de estas variables sanguíneas fue tipificada como, por ejemplo,  $Z = ([\text{valor} - \text{media}]/\text{DT})$ . La variable tipificada del cHDL fue multiplicada por  $[-1]$  debido a que su relación con el riesgo cardiovascular es contraria al resto de las variables. El índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular se calculó como la suma de las 4 variables tipificadas, de modo que los valores inferiores a este parámetro suponen un perfil lipídico-metabólico más cardiosaludable. Por la definición, su media es cero.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos fue realizado con el programa SPSS versión 12.0.1. Para las diferencias entre sexos se empleó el análisis de la varianza de un factor (*one-way* ANOVA) para variables continuas, y el test de la  $\chi^2$  de Pearson para las variables categóricas. Las relaciones entre variables independientes (actividad física, capacidad aeróbica y fuerza muscular) fueron estudiadas mediante correlación parcial ajustada por la edad y el desarrollo madurativo. Cada una de estas variables independientes fue recodificada a terciles para estudiar su relación con el índice lipídico-metabólico mediante análisis de la covarianza (*one-way* ANCOVA), separadamente por sexos y ajustando por edad y desarrollo madurativo. Se llevó a cabo un análisis de tendencia lineal mediante contraste polinómico. El valor de *p* de los contrastes de hipótesis post-hoc se determinó mediante la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

## RESULTADOS

### Análisis descriptivo

En la tabla 1 se observa que el peso y la talla fueron mayores en varones ( $p < 0,001$ ), mientras que el índice

**TABLA 1. Características antropométricas, grado de actividad física, condición física y perfil lipídico-metabólico de la muestra**

	Varones (n = 248)	Mujeres (n = 212)	p
Edad (años)	15,2 ± 1,4	15,2 ± 1,5	0,839
Peso (kg)	64,6 ± 14,0	56,2 ± 10,8	< 0,001
Talla (cm)	170,5 ± 8,4	161,2 ± 6,0	< 0,001
Índice de masa corporal	22,1 ± 4,0	21,6 ± 3,5	0,138
Índice de actividad física	0,19 ± 1,1	-0,3 ± 0,7	< 0,001
Físicamente activos (%)	66,8	48,8	< 0,001
Desplazamiento activo a la escuela			
Tiempo (min/día)	9,7 ± 5,4	10,4 ± 7,0	0,419
> 15 min/día (%)	6,6	7,8	0,642
Actividades sedentarias			
Tiempo (h/día)	3h 4 ± 2h 4	2h 10 ± 1h 34	< 0,001
> 2 h/día (%)	65,9	41,7	< 0,001
VO <sub>2</sub> máx (ml/kg/min)	49,2 ± 10,4	42,2 ± 8,4	< 0,001
Dinamometría manual (kg)*	70,5 ± 15,5	50,9 ± 7,9	< 0,001
Salto en longitud (cm)	190,0 ± 28,6	151,6 ± 21,9	< 0,001
Suspensión en barra (s)	21,4 ± 15,5	8,9 ± 8,9	< 0,001
IFG	0,49 ± 0,09	0,35 ± 0,05	< 0,001
Triglicéridos (mg/dl)	71,4 ± 32,1	65,8 ± 27,2	0,042
cLDL (mg/dl)	91,9 ± 24,0	98,8 ± 22,9	0,002
cHDL (mg/dl)	50,7 ± 9,6	59,2 ± 11,6	< 0,001
Glucosa (mg/dl)	95,4 ± 8,8	91,3 ± 8,3	< 0,001

cHDL: colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad; IFG: índice de fuerza general; cLDL: colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno.

Resultados expresados como media ± desviación estándar.

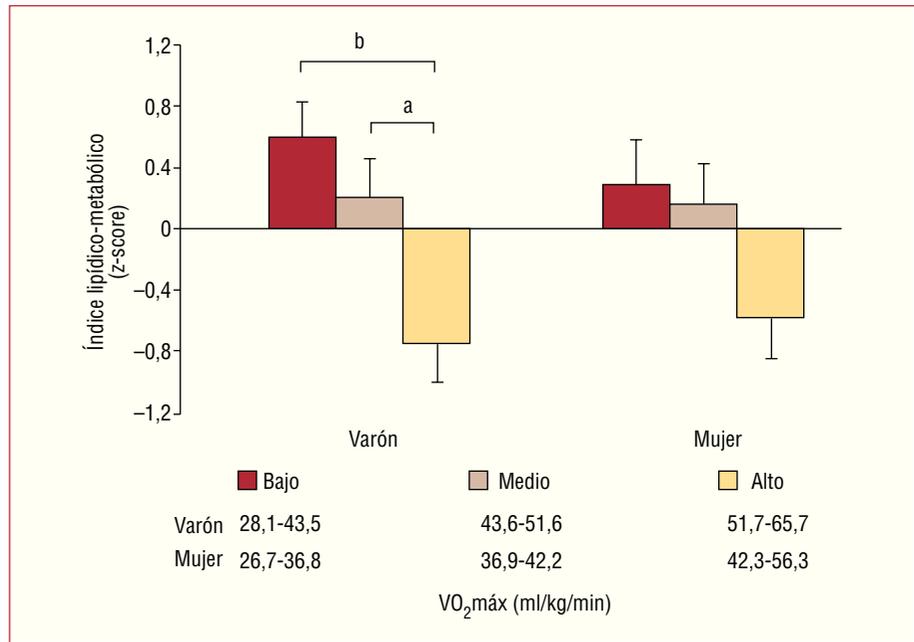
\*El resultado expresado es la suma de ambas manos.

de masa corporal fue similar en ambos sexos. El índice de actividad física y el porcentaje de adolescentes físicamente activos fue mayor en los varones. Sin embargo, las mujeres emplean un menor tiempo en actividades sedentarias ( $p < 0,001$ ) y el porcentaje de adolescentes que supera las 2 h en dichas actividades es menor en ellas ( $p < 0,001$ ). Tanto la capacidad aeróbica como la fuerza muscular fueron significativamente mayores en varones ( $p < 0,001$ ). Los parámetros bioquímicos revelaron unos valores más altos de triglicéridos ( $p = 0,042$ ) y glucosa ( $p < 0,001$ ) en los varones. Las mujeres mostraron una mayor concentración de cLDL y cHDL ( $p = 0,002$  y  $p < 0,001$ , respectivamente).

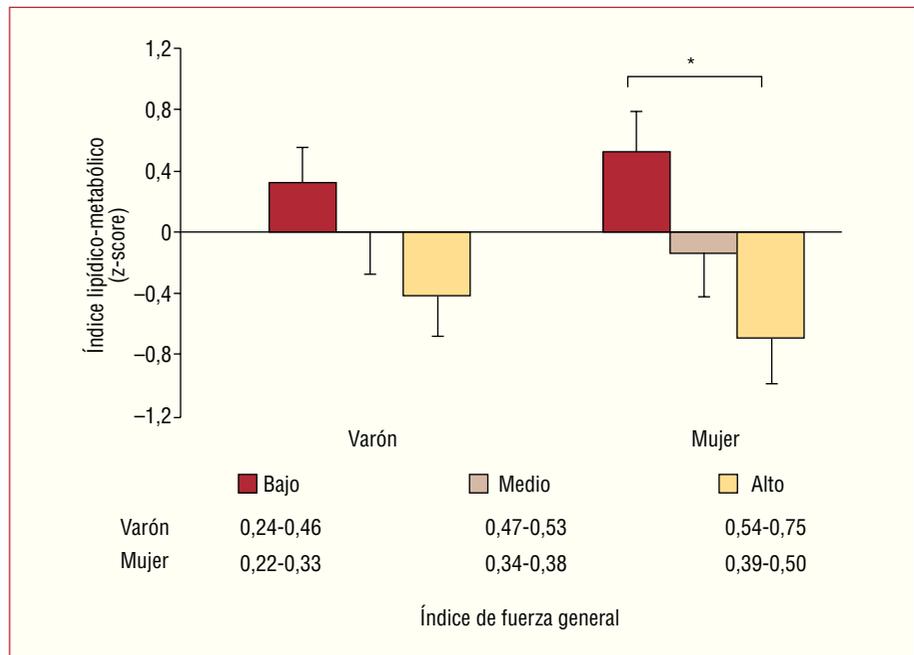
### Relación entre actividad física, capacidad aeróbica y fuerza muscular

El índice de actividad física mostró una correlación significativa con la capacidad aeróbica en ambos sexos (varones  $r = 0,182$ ;  $p = 0,009$ ; mujeres  $r = 0,259$ ;  $p < 0,001$ ), pero no así con el índice de fuerza general. Por su parte, la capacidad aeróbica y el índice de fuerza general sí se correlacionaron, tanto en varones ( $r = 0,262$ ;  $p < 0,001$ ) como en mujeres ( $r = 0,289$ ;  $p \leq 0,001$ ).

**Fig. 1.** Relación entre capacidad aeróbica e índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular en adolescentes varones y mujeres. VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno. Se indican los valores mínimo y máximo de cada categoría (bajo, medio y alto representan los terciles 1, 2 y 3, respectivamente). Las barras de error representan el error típico de la media.  
<sup>a</sup>p < 0,05. <sup>b</sup>p < 0,01.



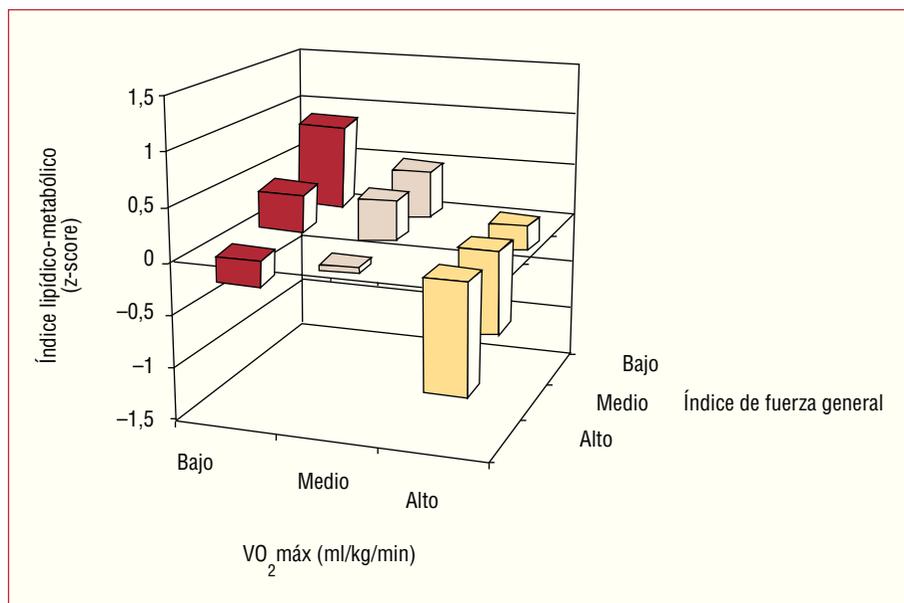
**Fig. 2.** Relación entre el índice de fuerza general y el índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular en adolescentes varones y mujeres. Se indican los valores mínimo y máximo de cada categoría (bajo, medio y alto representan los terciles 1, 2 y 3, respectivamente). Las barras de error representan el error típico de la media.  
<sup>\*</sup>p < 0,05.



### Relación del índice lipídico-metabólico con la actividad física, la capacidad aeróbica y la fuerza muscular

El índice de actividad física no mostró relación alguna con el índice lipídico-metabólico. La capacidad aeróbica se relacionó con el índice lipídico-metabólico en varones ( $p = 0,003$ ) tras ajustar por edad, desarrollo madurativo, actividad física y fuerza muscular. De nuevo en varones, el contraste polinómico reflejó la presencia de una relación lineal

( $p = 0,001$ ), mientras que el tratamiento post-hoc mostró diferencias significativas entre los terciles 1 y 3 ( $p = 0,003$ ) y los terciles 2 y 3 ( $p = 0,027$ ) (fig. 1). Por su parte, el índice de fuerza general mostró en mujeres una relación con el índice lipídico-metabólico ( $p = 0,048$ ) tras ajustar por edad, desarrollo madurativo y capacidad aeróbica. También en mujeres se observó una relación lineal entre el índice de fuerza general y el índice lipídico-metabólico ( $p = 0,014$ ), y una diferencia significativa entre los terciles 1 y 3 ( $p = 0,042$ ) (fig. 2).



**Fig. 3.** Efecto combinado de la capacidad aeróbica y la fuerza muscular sobre el perfil lipídico-metabólico en adolescentes varones y mujeres. VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxígeno.

## DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo, la capacidad aeróbica y la fuerza muscular de los adolescentes españoles se asocian significativamente con su perfil lipídico-metabólico. Una alta capacidad aeróbica en varones (VO<sub>2</sub>máx > 51,6 ml/kg/min) se asocia con un menor índice lipídico-metabólico de riesgo cardiovascular (fig. 1), independientemente del grado de actividad física y fuerza muscular. Por otro lado, las adolescentes que poseen un alto grado de fuerza muscular (tercil 3) presentan un perfil lipídico-metabólico más saludable que las que tienen un bajo nivel (tercil 1) de fuerza muscular (fig. 2), independientemente de su capacidad aeróbica. En estudios anteriores se ha mostrado una relación entre la capacidad aeróbica y determinados factores de riesgo cardiovascular en adolescentes<sup>20-22</sup>. Junto con esto, nuestros resultados ponen de manifiesto que la fuerza muscular de los adolescentes (al menos en mujeres) también se asocia de manera independiente con la presencia de factores de riesgo cardiovascular, algo de lo que no hemos encontrado constancia en la literatura científica previa.

El análisis conjunto de capacidad aeróbica y fuerza muscular (fig. 3) muestra que una baja capacidad aeróbica se corresponde con un alto índice lipídico-metabólico, excepto cuando el grado de fuerza es alto. A su vez, un bajo grado de fuerza muscular se corresponde con un alto índice lipídico-metabólico, excepto cuando la capacidad aeróbica es alta. Una alta capacidad aeróbica se corresponde con un riesgo lipídico-metabólico bajo, sea cual sea el grado de fuerza. Al mismo tiempo, un grado de fuerza muscular alto se corresponde con un riesgo lipídico-metabólico bajo a cualquier grado de capacidad aeróbica.

La condición física que posee un sujeto (expresada en este trabajo como capacidad aeróbica y fuerza muscular) está determinada principalmente por 2 componentes. Uno de ellos es la constitución genética del individuo<sup>42</sup>. El otro comprende el conjunto de estímulos que se le presentan al organismo, entre los cuales se situaría la actividad física que realiza el sujeto. Por ello, resulta lógico que el grado de actividad física se relacione, aunque de forma modesta, con la capacidad aeróbica (varones  $p = 0,009$ ;  $r = 0,182$ ; mujeres  $p < 0,001$ ;  $r = 0,259$ ).

En anteriores trabajos, el grado de actividad física se ha relacionado de forma positiva con la salud cardiovascular en adultos<sup>43,44</sup>, y también en niños y adolescentes<sup>5</sup>. La ausencia de esa relación en nuestro trabajo, junto con la relación positiva establecida entre el grado de actividad física y la capacidad aeróbica, plantea la posibilidad de que sea la capacidad aeróbica la variable que realmente determina la relación entre actividad física y salud cardiovascular presentada por anteriores estudios. Tal y como han demostrado otros trabajos realizados también en adolescentes<sup>45,46</sup>, la condición física se asocia con factores de riesgo cardiovascular en mayor medida que el grado de actividad física. Esto nos llevaría a concluir que el grado de actividad física puede no ser considerado un indicador de salud cardiovascular de alta potencia discriminatoria. De hecho, realizar más actividad física parece no ser requisito suficiente para lograr un perfil lipídico-metabólico saludable. Dicha actividad física debe suponer una mejora de la condición física, sobre todo de la capacidad aeróbica y la fuerza muscular.

La naturaleza subjetiva de la medición mediante cuestionarios dificulta la tarea de medir con exactitud la cantidad e intensidad de actividad física realizada

por el adolescente. Esta limitación ha podido influir negativamente a la hora de estudiar una posible asociación entre actividad física y perfil lipídico-metabólico. Un estudio reciente realizado con acelerómetros indica que la actividad física vigorosa (> 6 MET), aunque no la moderada ni la total, parece mostrar cierto poder predictivo sobre los grados de adiposidad en adolescentes<sup>47</sup>. Sin embargo, y pese a emplear la acelerometría, la capacidad aeróbica de los adolescentes se asocia con factores de riesgo cardiovascular en mayor medida que el grado de actividad física<sup>48</sup>.

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que, en los adolescentes españoles, una baja condición física se asocia con un perfil lipídico-metabólico menos cardiosaludable, independientemente del nivel de actividad física realizada. En los varones, el riesgo lipídico-metabólico se relaciona con su capacidad aeróbica, mientras que en las mujeres la cualidad física asociada fue la fuerza mus-

cular. Los resultados indican que la mejora de la condición física, especialmente la capacidad aeróbica en varones y la fuerza muscular en mujeres, puede desempeñar un papel protector sobre el riesgo cardiovascular en adolescentes. Se requieren estudios transversales con un mayor tamaño de muestra, y especialmente estudios longitudinales y prospectivos, para constatar los resultados obtenidos en este trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los que han hecho posible el estudio AVENA: adolescentes, padres, profesores, instituciones y, por supuesto, investigadores y colaboradores. A María Teresa Miranda León, por su inestimable asesoramiento estadístico. Al grupo: los eslabones más fuertes forman a los más débiles para que la cadena en conjunto se fortalezca.

## BIBLIOGRAFÍA

### ANEXO 1. Investigadores participantes en el estudio AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional en Adolescentes)

Coordinadora: A. Marcos, Madrid.

Investigadores principales: M.J. Castillo, Granada. A. Marcos, Madrid. S. Zamora, Murcia. M. García Fuentes, Santander. M. Bueno, Zaragoza.

Granada: M.J. Castillo, M.D. Cano, R. Sola, F. Luyckx (bioquímica y hematología), A. Gutiérrez, J.L. Mesa, J.R. Ruiz, F.B. Ortega (condición física), M. Delgado, P. Tercedor, P. Chillón (actividad física), M. Martín, F. Carreño, G.V. Rodríguez, R. Castillo, F. Arellano (colaboradores), Universidad de Granada.

Madrid: A. Marcos, M. González-Gross, J. Wärnberg, S. Medina, F. Sánchez Muniz, E. Nova, A. Montero, B. de la Rosa, S. Gómez, S. Samartín, J. Romeo, R. Álvarez (coordinación, inmunología), A. Álvarez (análisis citométrico), L. Barrios (análisis estadístico), A. Leyva, B. Payá (evaluación psicológica), L. Martínez, E. Ramos, R. Ortiz, A. Urzanqui (colaboradores), Instituto de Nutrición y Bromatología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid.

Murcia: S. Zamora, M. Garaulet, F. Pérez-Llamas, J.C. Baraza, J.F. Marín, F. Pérez de Heredia, M.A. Fernández, C. González, R. García, C. Torralba, E. Donat, E. Morales, M.D. García, J.A. Martínez, J.J. Hernández, A. Asensio, F.J. Plaza, M.J. López (análisis dietético), Departamento de Fisiología, Universidad de Murcia.

Santander: M. García Fuentes, D. González-Lamuño, P. de Rufino, R. Pérez-Prieto, D. Fernández, T. Amigo (estudio genético), Departamento de Pediatría, Universidad de Cantabria, Santander.

Zaragoza: M. Bueno, L.A. Moreno, A. Sarriá, J. Fleta, G. Rodríguez, C.M. Gil, M.I. Mesana, J.A. Casajús, V. Blay, M.G. Blay (evaluación antropométrica), Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud, Universidad de Zaragoza.

1. U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity fundamental to preventing disease (material electrónico) 2002 [accedido 25 Oct 2005]. Disponible en: <http://aspe.hhs.gov/health/reports/physicalactivity/index.shtml>
2. Healthy People 2010. Leading health indicators (material electrónico) 2000 [accedido 25 Oct 2005]. Disponible en: <http://www.healthypeople.gov/>
3. Colditz GA. Economic costs of obesity and inactivity. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:s663-s7.
4. 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.
5. Eisenmann JC. Physical activity and cardiovascular disease risk factors in children and adolescents: an overview. *Can J Cardiol.* 2004;20:295-301.
6. Castillo MJ, Ortega FB, Ruiz JR. La mejora de la forma física como terapia anti-envejecimiento. *Med Clin (Barc).* 2005;124:146-55.
7. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med.* 2002;346:793-801.
8. Carnethon MR, Gidding SS, Nehgme R, Sidney S, Jacobs DR Jr, Liu K. Cardiorespiratory fitness in young adulthood and the development of cardiovascular disease risk factors. *JAMA.* 2003;290:3092-100.
9. LaMonte MJ, Barlow CE, Jurca R, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women. *Circulation.* 2005;112:505-12.
10. Mora S, Redberg RF, Cui Y, Whiteman MK, Flaws JA, Sharrett AR, et al. Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women: a 20-year follow-up of the lipid research clinics prevalence study. *JAMA.* 2003;290:1600-7.
11. Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit R. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57:359-65.
12. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:1849-55.
13. Hulsmann M, Quittan M, Berger R, Crevenna R, Springer C, Nuhr M, et al. Muscle strength as a predictor of long-term survival in severe congestive heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2004;6:101-7.

14. Eisenmann JC, Wickel EE, Welk GJ, Blair SN. Relationship between adolescent fitness and fatness and cardiovascular disease risk factors in adulthood: the Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS). *Am Heart J*. 2005;149:46-53.
15. Ferreira I, Twisk JW, Stehouver CD, Van Mechelen W, Kemper HC. The metabolic syndrome, cardiopulmonary fitness, and subcutaneous trunk fat as independent determinants of arterial stiffness: the Amsterdam growth and health longitudinal study. *Arch Intern Med*. 2005;25:875-82.
16. Srinivasan SR, Berenson GS. Childhood lipoprotein profiles and implications for adult coronary artery disease: The Bogalusa Heart Study. *Am J Med Sci*. 1995;310:S62-S7.
17. McGill HC, McMahan CA, Malcom GT, Oalmann MC, Strong JP. Effects of serum lipoproteins and smoking on atherosclerosis in young men and women. The PDAY Research Group. Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 1997;17:95-106.
18. Berenson GS, Srinivasan SR, Bao W, Newman WP, Tracy RE, Wattigney WA. Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults: the Bogalusa Heart Study. *N Engl J Med*. 1998;338:1650-6.
19. Strong JP, Malcom GT, McMahan CA, Tracy RE, Newman WP 3rd, Herderick EE, et al. Prevalence and extent of atherosclerosis in adolescents and young adults: implications for prevention from the Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth Study. *JAMA*. 1999;281:727-35.
20. Ruiz JR, Ortega FB, Meusel D, Harro M, Oja P, Sjöström M. Cardiorespiratory fitness is associated with features of metabolic risk factors in children. Should cardiorespiratory fitness be assessed in a European health monitoring system? The European Youth Heart Study. *J Public Health*. 2006;14:94-102.
21. Mesa JL, Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Hurtig-Wennlöf A, Sjöström M, et al. The importance of cardiorespiratory fitness for healthy metabolic traits in children and adolescents: the AVENA study. *J Public Health*. 2006;14:178-80.
22. Mesa JL, Ruiz JR, Ortega FB, Wärnberg 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.
23. Ortega FB, Ruiz JR, Gutiérrez A, Moreno LA, Tresaco B, Martínez JA, et al. and the AVENA Study group. Is physical fitness a good predictor of cardiovascular disease risk factors in normal-weight and overweight or obese adolescents? The AVENA Study [abstract]. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:S120.
24. González-Gross M, Castillo MJ, Moreno L, Nova E, González-Lamuño D, Pérez-Llamas F, et al. Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles (Proyecto AVENA). Evaluación de riesgos y propuesta de intervención I. Descripción metodológica del estudio. *Nutr Hosp*. 2003;18:15-28.
25. Moreno LA, Joyanes M, Mesana MI, González-Gross M, Gil CM, Sarria A, et al. Harmonization of anthropometric measurements for a multicenter nutrition survey in Spanish adolescents. *Nutrition*. 2003;19:481-6.
26. Ortega FB, Ruiz J, 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;58:898-909.
27. Ruiz JR, Ortega FB, Moreno LA, Wärnberg J, González-Gross M, Cano MD, et al. Serum lipid and lipoprotein reference values of Spanish adolescents; The AVENA study. *Soz Präventiv Med (Int J Public Health)*. 2006;51:99-109.
28. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity and stages of puberty. *Arch Dis Child*. 1976;51:170-9.
29. Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz FE. Habitual physical activity and health-related physical fitness in fourth-grade children. *Am J Dis Child*. 1993;147:890-6.
30. Tercedor P, López B. Validación de un cuestionario de actividad física habitual. *APUNTS*. 1999;58:68-72.
31. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sport Exerc*. 2000;32:s498-s516.
32. Ortega FB, Tresaco B, Ruiz J, Moreno LA, Martín-Matillas M, Mesa JL, et al. Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity*. 2006. En prensa.
33. Hanley JA, McNeil BJ. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*. 1982;143:2936.
34. Youden WJ. Index for rating diagnostic tests. *Cancer*. 1950;3:32.
35. Mendoza R, Sagrera MR, Batista JM. Conductas de los escolares españoles relacionadas con la salud (1986-1990). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 1994.
36. Léger L, Lambert A, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacity aerobic des Québécois de 6 a 17 ans: test navette de 20 metres avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sport Sci*. 1984;9:64-9.
37. Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur J Appl Physiol*. 1986;55:503-6.
38. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 meter shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93-101.
39. Committee of Experts on Sports Research EUROFIT. Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. Strasbourg: Council of Europe; 1993.
40. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in serum, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem*. 1972;18:499-502.
41. Nakanishi N, Matsuo Y, Yoneda H, Nakamura K, Suzuki K, Tataru K. Validity of the conventional indirect methods including Friedewald method for determining serum low-density lipoprotein cholesterol level: comparison with the direct homogeneous enzymatic analysis. *J Occup Health*. 2000;42:130e7.
42. Rankinen T, Pérusse L, Rauramaa R, Rivera MA, Wolfarth B, Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2001 update. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34:1219-33.
43. Cheng YJ, Macera CA, Addy CL, Sy FS. Effects of physical activity on exercise tests and respiratory function. *Br J Sports Med*. 2003;37:521-8.
44. Endres M, Gertz K, Lindauer U, Katchanov J, Schultze J, Schröck H, et al. Mechanisms of stroke protection by physical activity. *Ann Neurol*. 2003;54:582-90.
45. Hasselström H, Hansen SE, Froberg K, Andersen LB. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictor of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish youth and sports study. An eight-year follow-up study. *Int J Sport Med*. 2002;23:s27-s31.
46. Twisk JM, 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 Sport Med*. 2002;23:s8-s14.
47. 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;84:298-302.
48. 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.