

Los adolescentes físicamente activos presentan una mayor probabilidad de tener una capacidad cardiovascular saludable independientemente del grado de adiposidad. The European Youth Heart Study*

Francisco B. Ortega^{a,b}, Jonatan R. Ruiz^{a,b}, Anita Hurtig-Wennlöf^{a,c} y Michael Sjöström^a

^aUnidad de Nutrición Preventiva. Departamento de Biociencia y Nutrición de NOVUM. Karolinska Institutet. Huddinge. Suecia.

^bDepartamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Granada. España.

^cDepartamento de Medicina Clínica. Universidad de Örebro. Örebro. Suecia.

Introducción y objetivos. Se considera que la capacidad cardiovascular (CCV) es un marcador de salud en todas las edades. La finalidad principal de este estudio fue examinar si las recomendaciones actuales de actividad física (AF) están relacionadas con un mejor CCV en los adolescentes.

Métodos. Se estudió a un total de 472 adolescentes (14-16 años de edad). La CCV se estimó a partir de una prueba máxima en cicloergómetro y la actividad física, mediante acelerometría. Se clasificó a los sujetos en las categorías de CCV alta o CCV baja según los valores de corte del Cooper Institute y en AF alta o baja, dependiendo de si los adolescentes practicaban un mínimo de 60 min diarios de AF moderada o intensa. La grasa corporal se estimó a partir de los pliegues cutáneos.

Resultados. La regresión logística binaria mostró que las adolescentes que satisfacen las recomendaciones de AF actuales (al menos 60 min/día de AF de moderada a intensa) presentaban 3 veces más probabilidad de tener un nivel de CCV alto que las que no satisfacían dichas recomendaciones, después de controlar por maduración sexual (según los estadios de Tanner) y de tejido graso. Asimismo, los varones adolescentes que cumplían las recomendaciones de AF presentaban 8 veces más probabilidad de tener un nivel de CCV alto que los que no las satisfacían.

Conclusiones. Los resultados indican que dedicar un mínimo de 60 min diarios a practicar una AF de moderada a intensa se relaciona con una CCV más saludable en los adolescentes, independientemente de su estado de maduración sexual y de adiposidad. Los patrones de esta relación fueron similares en mujeres y varones, pero el hecho de que fuese más débil en ellas requiere más estudio.

Palabras clave: Adolescentes. Capacidad cardiovascular. Actividad física. Acelerometría.

Physically Active Adolescents Are More Likely to Have a Healthier Cardiovascular Fitness Level Independently of Their Adiposity Status. The European Youth Heart Study

Introduction and objectives. Cardiovascular fitness (CVF) has been considered a health marker at all ages. The main purpose of this study was to examine whether meeting the current physical activity (PA) recommendations is associated with a healthier CVF level in adolescents.

Methods. A total of 472 adolescents (14-16 years-old) were studied. CVF was estimated from a maximal bike test and PA was objectively assessed by accelerometry. Subjects were classed as high/low-CVF level, according to the Cooper Institute's cut-offs, and having a high/low-PA level depending on if the adolescents were engaged in at least 60 min per day at moderate-vigorous PA intensity level. Body fat was estimated from skinfold thicknesses.

Results. Binary logistic regression showed that adolescent girls meeting the current PA recommendations (≥ 60 min/day of moderate-vigorous PA) were three times more likely to have a high-CVF level than girls that did not meet the recommendations, after controlling for sexual maturation status (Tanner stages) and body fat. Likewise, adolescent boys meeting the PA recommendations were eight times more likely to have a high-CVF level than boys that did not meet the recommendations.

Conclusions. The results suggest that devoting 60 min or more to moderate-vigorous PA daily is associated with a healthier CVF level in adolescents,

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 108-11

*Datos procedentes de la sección sueca del European Youth Heart Study. El estudio se ha financiado con subvenciones procedentes del Consejo del Condado de Estocolmo. Francisco B. Ortega y Jonatan R. Ruiz han disfrutado de una beca del CSD (109/UPB31/03, 13/UPB20/04) y del Ministerio de Educación y Ciencia de España (EF2003-2128, EF2004-2745).

Correspondencia: Dr. F.B. Ortega.
Department of Biosciences and Nutrition at NOVUM. Karolinska Institutet.
14157 Huddinge. Sweden.
Correo electrónico: ortegaf@ugr.es

Recibido el 14 de junio de 2007.
Aceptado para su publicación el 31 de octubre de 2007.

independent of maturation status and adiposity. The patterns of the association were similar in girls and boys, but the fact that the associations were weaker in girls is of concern.

Key words: *Adolescents. Physical fitness. Physical activity. Accelerometry.*

Full English text available from: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

AF: actividad física.

CCV: capacidad cardiovascular.

IC: intervalo de confianza.

OR: *odds ratio*.

VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno.

INTRODUCCIÓN

La capacidad cardiovascular (CCV) es un marcador directo del estado fisiológico y refleja la capacidad general de los aparatos cardiovascular y respiratorio, así como la capacidad de llevar a cabo ejercicio prolongado. Está inversamente relacionada con los factores de riesgo cardiovascular tales como la hipertensión^{1,2}, la hiperinsulinemia³, la cantidad total de grasa⁴ y la adiposidad abdominal^{5,6}, un perfil lipídico aterogénico^{7,8}, la resistencia a la insulina⁹ y un cúmulo de factores de riesgo metabólicos^{10,11}. Se han propuesto valores de corte específicos por sexo que definen la Healthy Fitness Zone («franja cardiosaludable») en la infancia y en la adolescencia^{12,13}. Los umbrales superiores de esta franja estaban diseñados para indicar una «buena» CCV asociada con un menor «riesgo» de enfermedad bajo comparado con inferiores. También se han publicado trabajos sobre los valores de corte específicos por sexo para la CCV que están en relación con una puntuación «más sana» de riesgo metabólico en niños entre los 9 y los 10 años¹¹.

La relación aparentemente obvia entre la CCV y la actividad física (AF) requiere aún más estudio, principalmente debido a la complejidad implícita en la valoración de la AF¹⁴. Además, no se comprende bien las diferencias observadas entre varones y mujeres respecto a las relaciones entre la AF y la CCV¹⁵. Normalmente, la AF se evalúa mediante cuestionarios. Sin embargo, éstos ofrecen poca precisión a la hora de medir la AF diaria, especialmente en niños y adolescentes¹⁶. En esta población, otros métodos más objetivos, como la acelerometría, han aportado mediciones adecuadas del ejercicio¹⁷. Las recomendaciones actuales sobre la cantidad de AF necesaria para cosechar resultados beneficiosos para la salud y el comportamiento durante la juventud son de 60 min diarios de AF

moderada o intensa¹⁸ como mínimo. Los datos procedentes de mediciones objetivas de la AF coinciden en que, en los jóvenes, ésta tiene relación directa con una buena CCV^{4,19-22}. Sin embargo, continúa sin conocerse con certeza si es suficiente que los adolescentes cumplan las recomendaciones actuales de AF, en cantidad e intensidad, para lograr la CCV considerada saludable. Desde una perspectiva encaminada a fomentar la salud, es interesante determinar si lo que investigadores y organizaciones internacionales recomiendan a los adolescentes en cuanto a AF (es decir, al menos 60 min de actividad física de moderada a intensa) está relacionado o no con una CCV más saludable. El objetivo de este estudio es examinar si los adolescentes que cumplen las recomendaciones de AF actuales presentan más probabilidad de tener una mejor CCV, independientemente de su grado de adiposidad.

MÉTODOS

Muestra y diseño del estudio

Los adolescentes (n = 472; 14-16 años de edad) participaban en la parte sueca del European Youth Heart Study²³. El diseño del estudio, el procedimiento de muestreo, las tasas de participación y el protocolo del estudio ya han sido descritos en otros trabajos²⁴. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en la Investigación del Consejo del Condado de Örebro y del Hospital Universitario Huddinge. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres de los adolescentes y de los propios adolescentes.

Exploración física

La talla y el peso se midieron mediante procedimientos estandarizados. El índice de masa corporal (IMC) se calculó como el peso (en kg) / el cuadrado de la estatura (en m). Se utilizaron los valores de referencia para el IMC propuestos por la International Obesity Task Force²⁵ para clasificar a los sujetos en grupos «sin sobrepeso» o «con sobrepeso» (que incluía a los obesos). El porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de los pliegues cutáneos (tríceps y subescapulares) con las ecuaciones de Slaughter²⁶. Dichas ecuaciones se consideran las más exactas para realizar estimaciones del porcentaje de grasa corporal a partir de los pliegues cutáneos en la población adolescente²⁷. El estadio de maduración sexual lo estableció un investigador entrenado del mismo sexo del adolescente después de una breve observación y según los estadios de Tanner y Whitehouse²⁸. La clasificación de pubertad se estableció a partir del desarrollo mamario de las mujeres y genital de los varones. Puesto que hubo muy pocos participantes que pertenecían al estadio 2 de Tanner y ninguno al estadio 1, se agrupó a todos ellos en el estadio 3 para el análisis.

Evaluación de la capacidad cardiovascular

La CCV se determinó mediante una prueba máxima en cicloergómetro tal y como se describe en otros trabajos²⁹. La carga de trabajo se programó de antemano en un cicloergómetro informatizado (Monark 829E Ergomedic, Vansbro, Suecia) de modo que aumentase cada tercer minuto hasta que el sujeto alcanzase los criterios de maximidad: en los adolescentes varones, la carga de trabajo inicial se fijó en 50 W, y cada 3 min se aumentó 50 W, mientras en las mujeres se fijó en 40 W y se aumentó 40 W cada 3 min. Los individuos podían elegir la frecuencia de pedaleo que les resultase más cómoda (generalmente, 70-80 rpm), pero no se les permitía una frecuencia inferior a 30 rpm. La frecuencia cardíaca se registró de forma continua mediante telemetría (Polar Sport Tester, Kempele, Finlandia). Los criterios de maximidad fueron: frecuencia cardíaca ≥ 185 lat/min (el 94% de la media de la frecuencia cardíaca máxima prevista) y el juicio subjetivo del monitor de la prueba de que el adolescente no podía continuar, aun después de que se lo animara verbalmente. Según otros estudios³⁰, estos criterios de maximidad son equivalentes a un cociente respiratorio $\geq 1,02$, a un valor de 18-20 en la escala de percepción subjetiva del esfuerzo, y a la llegada de una estabilización en el consumo de oxígeno. La potencia máxima alcanzada se calculó como $W1 + (W2 \times t / 180)$, donde W1 es la carga de trabajo en un estadio totalmente completo, W2 es el incremento en la carga de trabajo en el estadio final incompleto, y t es el tiempo en segundos en el estadio final incompleto. La «fórmula de Hansen» para el consumo máximo de oxígeno estimado ($VO_{2m\acute{a}x}$) en ml/min fue $12 \times W$ (potencia máxima alcanzada calculada) + $5 \times \text{peso (kg)}$ ²⁹. Se clasificó a los sujetos según CCV alta (los que reunían los criterios mínimos para entrar en la «franja cardiosaludable») o baja (los que no la alcanzaban), según el criterio de referencia propuesto por el Cooper Institute^{12,13}. El umbral de «la franja cardiosaludable» para los varones corresponde a un $VO_{2m\acute{a}x}$ de 42 ml/min/kg y para las mujeres de 14 o más años, 35 ml/min/kg^{12,13}. La prueba que se utilizó para valorar la CCV está validada en jóvenes^{29,31}.

Evaluación de la actividad física

La AF se midió mediante un monitor de actividad (modelo MTI WAM 7164, Manufacturing Technology Inc., Fort Walton Beach, Florida, Estados Unidos, empresa conocida anteriormente como Computer Science and Applications Inc.) colocado a la altura de la cadera derecha. Los acelerómetros proporcionan medidas cronológicas de la frecuencia, la intensidad y la duración del movimiento y permiten que los datos se puedan analizar a intervalos definidos por el usuario (*epochs*). En este estudio, la duración del intervalo se fijó en 1 min.

Dicha duración se ha utilizado mucho previamente en estudios de campo y permite recoger datos durante un tiempo prolongado sin necesidad de descargarlos. Se midió la AF durante 4 días consecutivos (2 días laborales y al menos 1 día durante el fin de semana). Como criterio de inclusión se estableció la existencia de registros durante al menos 3 días con un mínimo de 10 h registradas por día.

El tiempo invertido en AF de moderada a intensa (> 3 MET) se basó en los límites de los valores de corte publicados en otros trabajos³². Se ha confirmado que las ecuaciones utilizadas en este estudio son válidas para calcular la participación de niños y adolescentes en AF moderada e intensa¹⁷. Se utilizaron las recomendaciones actuales para los jóvenes sobre AF, es decir un mínimo de 60 min diarios de actividad de moderada a intensa, para clasificar a los sujetos según un nivel de AF alto (los que cumplían las recomendaciones establecidas) o bajo (los que no las satisfacían)¹⁸.

Análisis estadístico

Las características físicas de los adolescentes se muestran como media \pm desviación estándar (DE), a menos que se indique lo contrario. Se comparó los datos continuos mediante un análisis de varianza (ANOVA de una vía), con el sexo como factor fijo. Todos los residuos mostraron unos patrones satisfactorios. Los datos nominales (nivel de AF, estado de maduración sexual, etc.) se analizaron mediante pruebas de la χ^2 .

La variable CCV dicotomizada (CCV alta frente a CCV baja) fue analizada mediante regresión logística, y las *odds ratio* (OR) y los intervalos de confianza (IC) del 95% de presentar una CCV alta se calcularon según el sexo y las recomendaciones de AF (AF alta frente a AF baja). En estudios previos hemos observado que para las comparaciones y la interpretación de la CCV en los adolescentes tanto el estado de maduración sexual como la composición corporal son factores modificadores de relevancia y se debe tenerlos en cuenta³³. Por consiguiente, el análisis se controló para la etapa de maduración sexual y el porcentaje de grasa corporal. Todo los cálculos se realizaron con el programa SPSS v.14.0 para Windows. El nivel de significación fue del 5% para todos los análisis.

RESULTADOS

Capacidad cardiovascular y actividad física

La tabla 1 muestra las características de la población estudiada clasificada por sexos. Los varones estaban en mejor forma cardiovascular, y su peso y su talla eran mayores que las de las chicas ($p < 0,001$). Los porcentajes con sobrepeso eran similares entre varones y mujeres, pero el porcentaje de grasa corporal era inferior en ellos ($p < 0,001$). La prevalencia de tener una

TABLA 1. Características físicas, capacidad cardiovascular y actividad física en varones (n = 222) y mujeres (n = 250) adolescentes

	Varones	Mujeres
Edad (años)	15,6 ± 0,4	15,5 ± 0,4
Estado de maduración sexual, %		
Estadio 3 de Tanner	2,7	4,3
Estadio 4 de Tanner	13,6	41,4
Estadio 5 de Tanner	83,6	54,3
Peso (kg)	64,2 ± 10,7	57,8 ± 8,8*
Estatura (cm)	176 ± 8	165 ± 6*
Índice de masa corporal	20,7 ± 2,8	21,2 ± 2,7
Sobrepeso/obesidad, %	12,5	12,7
Grasa corporal (%)	14 ± 6,5	23,4 ± 5,5*
VO _{2máx} (ml/min/kg)	51 ± 6,7	40,2 ± 5,9*
Grado de AF bajo, %	29,9	38,8*
Grado de CCV bajo, %	8,6	19,6*

AF: actividad física; CCV: capacidad cardiovascular; VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno.

Los datos expresan media ± desviación estándar, excepto donde se indica otra cosa.

*Se ha observado diferencias significativas por sexo.

CCV baja era del 9% en los varones y del 20% en las mujeres. La proporción de adolescentes que presentaban una AF baja era del 30% de los varones y el 39% de las mujeres.

Relaciones entre la buena capacidad cardiovascular y la actividad física

La figura 1 muestra el porcentaje de adolescentes que presentaba una CCV baja según el grado de AF. Los resultados del análisis de regresión logística se muestran en la tabla 2. Los varones tenían 4 veces más posibilidades que las mujeres de tener una CCV alta (tabla 2) después de controlar por el estado de madura-

TABLA 2. Probabilidad de tener alta capacidad cardiovascular, por sexos y actividad física de los adolescentes

	OR*	IC del 95 %	p
Sexo			
Varones	4,1	2,1-8,1	< 0,001
Mujeres	1	Referencia	
AF			
Varones, nivel de AF alto	8	1,6-30,7	0,012
Varones, nivel de AF bajo	1	Referencia	
Mujeres, nivel de AF alto	3	1,2-7,7	0,019
Mujeres, nivel de AF bajo	1	Referencia	

AF: actividad física; CCV: capacidad cardiovascular; IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio.

*Controlado por maduración sexual y adiposidad (terciles).

ción sexual y el porcentaje de grasa corporal. Los adolescentes que cumplían las recomendaciones actuales de AF (al menos 60 min/día de AF de moderada a intensa; grupo con AF alta) presentaban 3 veces más probabilidad de tener una CCV alta que las que no las cumplían (AF de moderada a intensa < 60 min/día; grupo con AF baja), después de controlar por el estado de maduración sexual y el porcentaje de grasa corporal. Asimismo, los varones que cumplían las recomendaciones actuales de AF (grupo con AF alta) presentaban 8 veces más probabilidad de tener una CCV alta que los que no las cumplían (grupo con AF baja).

DISCUSIÓN

La contribución principal de este trabajo ha sido examinar mediante métodos objetivos en qué medida el cumplimiento de las recomendaciones de AF actuales tiene relación con una buena CCV (denominada aquí CCV alta) en lugar de sólo establecer si la AF alta está

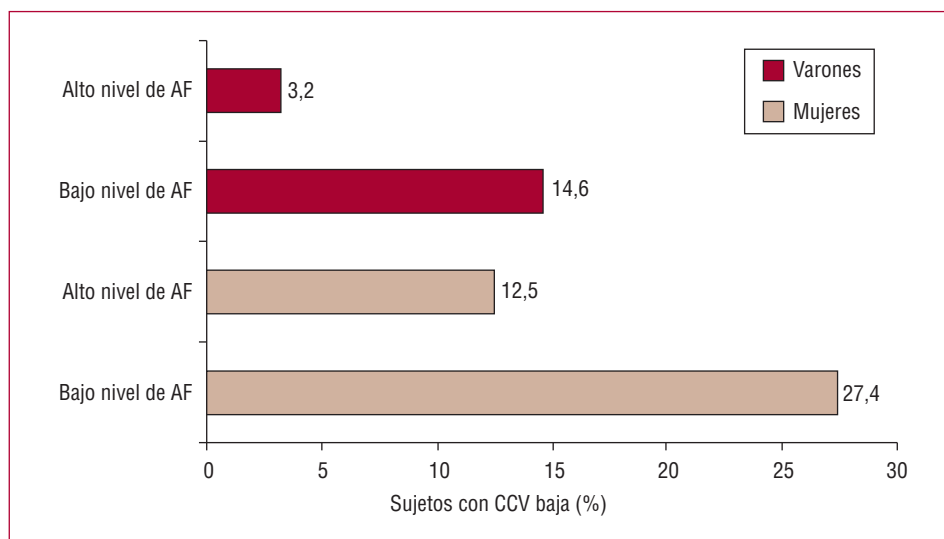


Fig. 1. Porcentajes de varones y mujeres adolescentes con capacidad cardiovascular (CCV) baja, por sexos y nivel de actividad física (AF).

en relación con una CCV. Los resultados indican que los adolescentes que cumplen las recomendaciones de AF actuales tienen entre 3 y 8 veces más probabilidad de estar en buena forma cardiovascular (CCV alta) que los que no las cumplen, después de controlar por el estado de maduración sexual y el porcentaje de grasa corporal. Varios estudios que utilizaron mediciones objetivas de la AF observaron una relación directa entre la AF y la CCV medida por el consumo directo de oxígeno²². También se ha observado que una AF intensa, contrapuesta a la moderada o ligera, se asocia con una mejor CCV tanto en niños como en adolescentes^{4,19}. Pate et al³⁴ señalaron que los adolescentes estadounidenses con un nivel de AF elevado y una conducta menos sedentaria tenían también más probabilidad de presentar una CCV más elevada. Por el contrario, un estudio que realizó un seguimiento de niños de entre 11 y 16 años observó que más AF no se relacionaba con estar en mejor forma, según la medición de los varios factores que conforman la condición física (es decir, flexibilidad, fuerza, velocidad/agilidad y CCV)³⁵. En estos últimos dos estudios, la AF no se midió con métodos objetivos, por lo que no es posible realizar una comparación precisa.

Casi el 20% de las adolescentes estudiadas pertenecían al grupo con baja CCV, lo que significa que 1/5 adolescentes presentan una CCV que puede constituir un riesgo cardiovascular superior en etapas posteriores de la vida. La prevalencia de una CCV baja en las mujeres de nuestro estudio es similar a la observada en las adolescentes españolas (el 20 frente al 17%, respectivamente)³⁶. Por otra parte, la prevalencia de una CCV baja en los adolescentes varones suecos es mucho menor que en los españoles (el 9 frente al 19%, respectivamente). Los datos procedentes de un estudio con niños de 8-9 años portugueses, en el que se utilizaron los valores de corte del Cooper Institute, mostraban que el 19% de los niños y el 28% de las niñas presentaban un nivel de CCV bajo³⁷. Pate et al³⁴ señalan que aproximadamente un tercio de los adolescentes estadounidenses de ambos sexos no lograba satisfacer las normas recomendadas para tener una buena CCV; un porcentaje mucho mayor que entre los adolescentes suecos, especialmente en los varones.

Es interesante señalar que en nuestro estudio los varones presentaban 4 veces más probabilidad de tener un nivel de CCV alto que las mujeres, aun después del ajuste por el estado de maduración sexual y el porcentaje de grasa corporal. Los valores de corte de la CCV son específicos por sexo, es decir, los umbrales para las mujeres son ya inferiores que para los varones, y no se ha encontrado diferencias por sexo en los adolescentes de otros países. Por tanto, formulamos como hipótesis que los factores socioculturales, y no los fisiológicos, explican las diferencias de sexo observadas en este estudio. Es necesario realizar más estudios para aclarar las diferencias en AF y CCV entre varones y mujeres adolescentes y sus causas.

La proporción de adolescentes que cumplían las recomendaciones actuales de AF eran del 61 y el 70% de los varones y las mujeres respectivamente. Se ha observado porcentajes similares en las adolescentes portuguesas, danesas, estonias y noruegas (62%), pero en los varones estudiados el porcentaje era inferior que en esos países (82%)³⁸.

Limitaciones del estudio

Ningún adolescente pertenecía al estadio 1 de Tanner y pocos de ellos al 2, por lo que sólo aporta información acerca de la adolescencia tardía. Según algunos estudios, las pruebas que implican correr (en particular las pruebas en cinta sinfín) proporcionan valores de VO_{2max} más elevados que las pruebas de bicicleta³⁹⁻⁴¹, de manera que las comparaciones de las personas con un nivel de CCV alto/bajo en estudios que utilizan pruebas de bicicleta o carrera deben interpretarse con cautela. Aunque las recomendaciones actuales de AF están ampliamente respaldadas por artículos científicos¹⁸, así como por varios organismos gubernamentales y organizaciones profesionales, su valor se ha cuestionado. Andersen et al⁴² señalan que 60 min diarios de AF moderada o intensa quizá no sean suficientes para prevenir el cúmulo de factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en las poblaciones jóvenes. Además, en cualquier estudio que incluya acelerómetros, un tema crítico es cómo seleccionar los valores de corte para definir diferentes intensidades de actividad. No hay consenso en cuanto a los puntos de corte que se debe utilizar⁴³. No obstante, se ha confirmado la validez y utilidad de las ecuaciones utilizadas en este estudio para calcular la participación de niños y adolescentes en AF moderada y vigorosa¹⁷.

Este estudio no examina los factores genéticos, y puede que éstos desempeñen una función importante en la asociación entre la AF y la CCV. El presente estudio transversal sólo aporta pruebas que sugieren, pero no afirman, posibles relaciones causales entre la AF y la CCV. La medición objetiva de la AF, la evaluación individualizada de la CCV en condiciones bien controladas y el considerable número de sujetos incluidos son puntos fuertes de este estudio.

CONCLUSIONES

Los datos indican que los adolescentes que realizan un mínimo de 60 min de AF de moderada a intensa tienen mayor probabilidad de poseer una CCV saludable, independientemente de su maduración sexual y adiposidad, según la descripción de la «franja cardiosaludable» propuesta por el Cooper Institute. Aunque los patrones de asociación fueron similares entre las mujeres y los varones, el hecho de que las relaciones sean más débiles en ellas es merecedor de estudio. Estudios longitudinales controlados y de dis-

tribución aleatoria y de intervención podrán determinar el modo en que el aumento de la AF puede afectar a la CCV en el transcurso de la vida de los individuos y su repercusión en la salud en las etapas más tardías de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer la ayuda de todos los adolescentes que han participado en este estudio y agradecer a padres y profesores su colaboración. También deseamos dar las gracias a los investigadores colaboradores por su esfuerzo y gran entusiasmo durante el trabajo de campo. Por último, los autores expresan su agradecimiento al Prof. Olle Carlsson por su asistencia con el análisis estadístico y al Prof. Pekka Oja por su valioso apoyo científico.

BIBLIOGRAFÍA

- Sallis JF, Patterson TL, Buono MJ, Nader PR. Relation of cardiovascular fitness and physical activity to cardiovascular disease risk factors in children and adults. *Am J Epidemiol.* 1988;127:933-41.
- Ruiz JR, Ortega FB, Loit HM, Veidebaum T, Sjöström M. Fatness is associated with blood pressure in school-aged girls with low cardiorespiratory fitness; The European Youth Heart Study. *J Hypertens.* 2007;25:2027-34.
- Gutin B, Yin Z, Humphries MC, Hoffman WH, Gower B, Barbeau P. Relations of fatness and fitness to fasting insulin in black and white adolescents. *J Pediatr.* 2004;145:737-43.
- Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Warnberg 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.
- 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.
- Brunet M, Chaput JP, Tremblay A. The association between low physical fitness and high body mass index or waist circumference is increasing with age in children: the 'Quebec en Forme' Project. *Int J Obes (Lond).* 2007;31:637-43.
- García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:581-8.
- Mesa JL, Ruiz JR, Ortega FB, Warnberg J, Gonzalez-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.
- Ruiz JR, Rizzo NS, Ortega FB, Loit HM, Veidebaum T, Sjöström M. Markers of insulin resistance are associated with fitness and fitness in school-aged children: the European Youth Heart Study. *Diabetologia.* 2007;50:1401-8.
- Brage S, Wedderkopp N, Ekelund U, Franks PW, Wareham NJ, Andersen LB, et al. Features of the metabolic syndrome are associated with objectively measured physical activity and fitness in Danish children: the European Youth Heart Study (EYHS). *Diabetes Care.* 2004;27:2141-8.
- 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.
- Cureton KJ, Warren GL. Criterion-referenced standards for youth health-related fitness tests: a tutorial. *Res Q Exerc Sport.* 1990;61:7-19.
- The Cooper Institute. FITNESSGRAM test administration manual. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.
- Sallis JF, Saelens BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Res Q Exerc Sport.* 2000;71:S1-14.
- Hurtig-Wennlöf A, Ruiz JR, Harro M, Sjöström M. Cardiorespiratory fitness relates more strongly than physical activity to cardiovascular disease risk factors in healthy children and adolescents: the European Youth Heart Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14:575-81.
- Kohl HW, Fulton JE, Caspersen CJ. Assessment of physical activity among children and adolescents: a review and synthesis. *Prev Med.* 2000;31:S54-76.
- Trost SG, Way R, Okely AD. Predictive validity of three ActiGraph energy expenditure equations for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:380-7.
- Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005;146:732-7.
- 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.
- 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.
- Gutin B, Barbeau P, Owens S, Lemmon CR, Bauman M, Allison J, et al. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2002;75:818-26.
- Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Linden C, Svensson J, Wollmer P, et al. Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8-11 years. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96:587-92.
- Poortvliet E, Yngve A, Ekelund U, Hurtig-Wennlöf A, Nilsson A, Hagstromer M, et al. The European Youth Heart Survey (EYHS): an international study that addresses the multi-dimensional issues of CVD risk factors. *Forum Nutr.* 2003;56:254-6.
- Wennlöf AH, Yngve A, Sjöström M. Sampling procedure, participation rates and representativeness in the Swedish part of the European Youth Heart Study (EYHS). *Public Health Nutr.* 2003;6:291-9.
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000;320:1240-3.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988;60:709-23.
- Rodriguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Fleta J, Sarria A, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59:1158-66.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976;51:170-9.
- Hansen HS, Froberg K, Nielsen JR, Hyldebrandt N. A new approach to assessing maximal aerobic power in children: the Odense School Child Study. *Eur J Appl Physiol.* 1989;58:618-24.
- Rowland TW. *Developmental Exercise Physiology.* Champaign: Human Kinetics; 1996.
- Riddoch C, Edwards D, Page A, Froberg K, Anderssen S, Wedderkopp N, et al. European Youth Heart Study-Cardiovascular disease risk factors in children: Rationale, aims, study design, and validation of methods. *J Phys Act Health.* 2005;2:115-29.
- Trost SG, Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M, et al. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:350-5.

33. Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Gutierrez A, Sjoström M. Cardiovascular fitness in adolescents: The influence of sexual maturation status-The AVENA and EYHS studies. *Am J Hum Biol.* 2007;19:801-8.
34. Pate RR, Wang CY, Dowda M, Farrell SW, O'Neill JR. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2006;160: 1005-12.
35. Baquet G, Twisk JW, Kemper HC, Van Praagh E, Berthoin S. Longitudinal follow-up of fitness during childhood: interaction with physical activity. *Am J Hum Biol.* 2006;18:51-8.
36. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Warnberg 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.
37. Mota J, Flores L, Flores L, Ribeiro JC, Santos MP. Relationship of single measures of cardiorespiratory fitness and obesity in young schoolchildren. *Am J Hum Biol.* 2006;18:335-41.
38. Riddoch CJ, Bo Andersen L, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heggebo L, Sardinha LB, et al. Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:86-92.
39. LeMura LM, Von Duvillard SP, Cohen SL, Root CJ, Chelland SA, Andreacci J, et al. Treadmill and cycle ergometry testing in 5- to 6-year-old children. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:472-8.
40. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1969;26:31-7.
41. Working Group on Cardiac Rehabilitation & Exercise Physiology and Working Group on Heart Failure of the European Society of Cardiology. Recommendations for exercise testing in chronic heart failure patients. *Eur Heart J.* 2001;22:37-45.
42. Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brage S, et al. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet.* 2006;368:299-304.
43. Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:S23-30.