

LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ADOLESCENTES NO MUESTRA RELACIÓN CON EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

PHYSICAL ACTIVITY IS NOT ASSOCIATED WITH MAXIMUM CONSUMPTION OF OXYGEN IN ADOLESCENTS

RESUMEN

Introducción y objetivos: La capacidad aeróbica es un potente factor de riesgo cardiovascular e indicador de salud. La actividad física es también reconocida como un importante componente del estilo de vida saludable. Sin embargo, la relación entre capacidad aeróbica y actividad física no está muy clara en adolescentes. Por ello, el objetivo del presente estudio fue examinar la asociación entre el VO_{2max} como medida objetiva de la capacidad aeróbica y la actividad física, medida con el International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), en adolescentes.

Método: En el estudio participaron un total de 155 adolescentes (79 chicos y 76 chicas) de 15-18 años de edad. El VO_{2max} fue medido de manera directa a través de un analizador de gases portátil (K4b², Cosmed) durante la realización del 20 Meter Shuttle Run test. El grado de actividad física y el gasto energético se estimaron mediante el IPAQ en su versión corta autoadministrada.

Resultados: Los chicos mostraron una mayor capacidad aeróbica y nivel de actividad física con respecto a las chicas ($p \leq 0.001$). No se encontraron relaciones significativas entre el gasto energético estimado (MET) y las variables de capacidad aeróbica, tanto en chicos como en chicas.

Conclusiones: El nivel de actividad física medido a través del IPAQ no se relaciona consistentemente con la capacidad aeróbica (VO_{2max}), por lo que recomendamos la utilización de otros métodos de medida más objetivos, fiables y factibles de ser utilizados en el ámbito educativo y sanitario. En base a los resultados que muestran una baja capacidad aeróbica de los adolescentes estudiados, coincidimos con la tendencia actual de demandar el desarrollo de programas específicos para mejorar la capacidad aeróbica de la población, con objeto de prevenir enfermedades cardiovasculares en la edad adulta.

Palabras clave: Capacidad aeróbica. Actividad física. Adolescentes. IPAQ.

SUMMARY

Introduction and objectives: Aerobic capacity is a potent factor of cardiovascular risk and health index. Physical activity is recognized also as an important component of healthy way of life. Nevertheless, the relation between aerobic capacity and physical activity is not very clear in adolescents. The main purpose of this study was to examine the relationship between VO_{2max} , as objective measure of the aerobic capacity, and the physical activity measured by means of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), in adolescents.

Method: A total of 155 adolescents of 15-18 years-old (79 boys and 76 girls) participated in the study. VO_{2max} was objectively assessed using a portable gas analyzer (K4b2, Cosmed) during the 20 m Shuttle Run Test. Physical activity level and energy expenditure were estimated using the short IPAQ form.

Results: Boys showed significantly bigger aerobic capacity and physical activity level than girls ($p \leq 0.001$). No relationships were found between energy expenditure measured by the IPAQ and variables of aerobic capacity in any gender.

Conclusions: Physical activity level assessment by means of IPAQ (short auto-administered version) is not very reliable as predictive factor of aerobic capacity (VO_{2max}) in adolescents. Therefore it is recommended to use other more objective measure methods, reliable and feasible that can be used in the educational and sanitary area. Finally, on the basis of the results that show a low aerobic capacity of the studied adolescents, we coincide with the current trend of demanding the development of specific programs to improve the aerobic capacity of the population, in order to prevent cardiovascular diseases in adult age.

Key words: Aerobic fitness. Physical activity. Adolescents, IPAQ.

Jorge
Ramírez-
Lechuga¹

Pedro Femia²

Cristóbal
Sánchez-
Muñoz³

Mikel Zabala³

¹Departamento de Deporte e Informática. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España.

²Departamento de Bioestadística. Facultad de Medicina. Universidad de Granada. Granada, España.

³Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la AF y el Deporte. Universidad de Granada. Granada, España

CORRESPONDENCIA:

Jorge Ramírez-Lechuga
Avda de la Diputación, 37 2ºG ATARFE (Granada) 18230.
E-mail: jrlechuga@upo.es

Aceptado: 11.11.2010 / Original n° 582

INTRODUCCIÓN

Recientes estudios han mostrado que la condición física y especialmente la capacidad aeróbica (CA) es un potente factor de riesgo cardiovascular y un importante índice de salud¹⁻⁴. La CA se asocia inversamente con factores tradicionales de riesgo cardiovascular, tales como el perfil lipídico aterogénico⁵, resistencia a la insulina⁶, masa grasa⁷ y la hipertensión⁸. Además, la CA es un factor riesgo cardíaco tan fuerte como los factores convencionales predictores de infartos cardíacos⁹. De modo que, una mejora de la CA repercute directamente en una mejora de la salud cardiovascular y calidad de vida.

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) es considerado como el mejor indicador de la CA y del estado cardiovascular¹⁰⁻¹², así como el más potente predictor de riesgo de muerte tanto en hombres como en mujeres de diferentes edades¹³⁻¹⁵. Existen diferentes pruebas físicas¹⁶ y fórmulas¹⁷ que permiten estimar con fiabilidad y validez el VO_{2max} de los adolescentes.

Por otra parte la actividad física (AF), entendida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que requiere un cierto gasto energético¹⁸, es también reconocida como un importante componente del estilo de vida saludable^{19,20}. Sin embargo, la relación entre AF y CA no está muy clara en adolescentes²¹, debido a diversas causas, como pueden ser el crecimiento y maduración durante la adolescencia²² o la complejidad en la medición de la AF²³. En relación a su medida, los métodos utilizados para valorar la AF, tanto en adultos como en niños y adolescentes, incluyen generalmente la utilización de pulsómetros, podómetros, acelerómetros, observación directa o cuestionarios^{24,25}. El uso de cuestionarios parece ser el método de medida más utilizado y factible en estudios epidemiológicos, aunque su fiabilidad y validez están cuestionadas²⁶.

El objetivo del presente estudio fue examinar la asociación entre el VO_{2max} como medida objetiva de la CA y la AF, medida con el International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), en ado-

lescentes de 15 a 18 años, con el objeto de aportar más datos a la controvertida relación.

MATERIAL Y MÉTODO

Sujetos

Un total de 160 estudiantes adolescentes (82 chicos y 78 chicas) de edades comprendidas entre 15-18 años participaron voluntariamente en el estudio después de recibir una explicación detallada acerca del objetivo e implicaciones de la investigación. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres y de los participantes. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación Humana de la Universidad de Granada.

Durante las pruebas de esfuerzo unos pocos sujetos (n=5) no finalizaron el test por desarrollar una sensación de angustia o ansiedad. Por tanto, la muestra final fue de 155 adolescentes (79 chicos y 76 chicas) de los que se obtuvieron medidas fiables de VO_{2max} .

La retribución por su participación en el estudio sería una buena calificación en el área de Educación Física, por lo que no solo participaron los sujetos con un elevado nivel de condición física, sino también aquellos que dicha área les resultara especialmente difícil de aprobar.

Exploración física

La talla y el peso se midieron mediante los procedimientos estandarizados con ropa ligera y sin calzado. El índice de masa corporal (IMC) se calculó como peso dividido por la altura al cuadrado ($kg \cdot m^{-2}$). El porcentaje de grasa corporal se estimó a partir de los pliegues cutáneos con la ecuación de Siri²⁷. Las mediciones fueron realizadas siguiendo el protocolo establecido por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry*²⁸ y por el mismo evaluador acreditado por la ISAK. La altura se midió con la ayuda de un antropómetro (GPM, Seritex, Inc., Carlstadt, NJ), el peso se midió con una báscula (model 707, Seca Corporation, Columbia, MD)

y los pliegues se tomaron con un lipocalibre *Holtain* (Crymych, UK).

Medición de la capacidad aeróbica

($\text{VO}_{2\text{max}}$)

El $\text{VO}_{2\text{max}}$ se midió de forma directa mediante la utilización de un analizador de gases portátil (K4b², Cosmed, Roma, Italia) mientras los sujetos realizaban una prueba máxima. La prueba que se utilizó fue el 20 Meter Shuttle Run Test (20mSRT) descrito por Léger, *et al*²⁹. El 20mSRT es un test que permite evaluar la CA máxima de adolescentes y cuya objetividad, fiabilidad y validez ha sido demostrada en personas jóvenes³⁰. El 20mSRT ha sido incluido en numerosas baterías de condición física, como la EUROFIT³¹ ó la American Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run³². El test es de carácter incremental máximo y, de forma resumida, consiste en correr entre dos líneas separadas 20 m siguiendo el ritmo que marca el protocolo del 20mSRT. La velocidad inicial es de 8.5 km/h y se incrementa 0.5 km/h cada minuto (un minuto es igual a un stage). El test finaliza cuando el sujeto no llega a la línea en dos ocasiones consecutivas cuando lo marca la señal auditiva. El peso del equipo K4b2 Cosmed es de 1.5 Kg incluyendo la batería y el arnés. Ha sido demostrado que portar el analizador de gases durante la realización del 20mSRT no altera significativamente las demandas energéticas de los sujetos³³.

Los participantes recibieron instrucciones comprensivas de cómo realizar el test y realizaron sesiones de familiarización una semana antes de la evaluación. Todos los sujetos realizaron el test individualmente monitorizados con el analizador de gases portátil (K4b², Cosmed, Roma, Italia) en un gimnasio cubierto con condiciones estandarizadas. Todos los participantes fueron animados para mantener la carrera todo el tiempo posible durante la realización del test. La frecuencia cardíaca se registró de forma continua mediante pulsómetro (Polar S810) y se utilizó como criterios de máximo una frecuencia cardíaca ≥ 185 lat/min y el juicio subjetivo del investigador de que el adolescente no podía continuar, aun después de que se lo animara verbalmente.

Todos los test fueron realizados, en un gimnasio cubierto, por los mismos investigadores y a la misma hora (entre 10:00 y 13:00 h). Los adolescentes fueron instruidos para abstenerse de realizar ejercicio extenuante 48 horas antes de la realización del test.

Medición de la actividad física

Para medir la actividad física (AF) se utilizó el International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) en su versión corta autoadministrada para adolescentes, por ser, un instrumento válido y fiable en las edades estudiadas³⁴ y aplicado en diversos países³⁵. El cuestionario se aplicó a los sujetos de forma autoadministrada después de explicar detalladamente cada una de las preguntas de las que consta.

Las preguntas están referidas a la AF realizada en los últimos 7 días. Este cuestionario pregunta acerca de 3 tipos específicos de actividad (pasear, actividad de intensidad moderada y actividad de intensidad vigorosa); además se pregunta por la frecuencia (medida en días por semana) y duración (tiempo por día) en cada tipo de actividad. La versión corta es factible de ser administrada y no hay diferencias de fiabilidad y validez con la versión larga³⁵.

Los datos recogidos con el IPAQ son convertidos a una medida continua (equivalentes metabólicos -MET-) según el protocolo establecido para procesar y analizar dichos datos (<http://www.ipaq.ki.se>). En base a la estimación de los MET consumidos, el IPAQ establece 3 niveles o categorías: baja, moderada y alta AF.

El IPAQ (versión corta) establece bajo nivel de AF cuando no es registrada ninguna AF ó alguna AF pero no suficiente para incluirse en las demás categorías. Moderado nivel de AF cuando se cumple alguno de los siguientes criterios: al menos 3 días de AF vigorosa de 20 min/día, al menos 5 días de AF vigorosa y/o pasear 30 min/día ó al menos 5 días de alguna combinación de pasear, AF moderada o vigorosa consumiendo un mínimo de 600 MET-min/sem. Alto nivel de AF si se cumple alguno de los siguientes crite-

rios: al menos 3 días de AF vigorosa acumulando 1500 MET- min/sem ó al menos 7 días de alguna combinación de pasear, AF moderada o vigorosa acumulando como mínimo 3000 MET-min/sem³⁴.

Análisis Estadístico

Los valores de las diferentes variables son mostrados como media \pm desviación estándar. Para comparar las variables con respecto al género se utilizó el test Welch, después de verificar la normalidad de las variables estudiadas. Para realizar la comparación entre grupos de AF se utilizó ANOVA. En los casos con diferencias significativas se realizaron comparaciones múltiples post-hoc controlando la propagación del error por el método de Bonferroni. La asociación entre la CA y el nivel de AF se calculó a través del coeficiente de correlación bivariada de Spearman. Todos los datos fueron analizados usando el programa estadístico SPSS 15.0 para Windows XP. El nivel de significación fue del 5% para todos los análisis.

RESULTADOS

Características de los sujetos

La Tabla 1 muestra las características de los sujetos estudiados clasificados por sexo. Los chicos presentan una CA y un gasto energético estima-

do (MET) mayor que las chicas ($p < .001$). El peso y la estatura es mayor en los chicos que en las chicas ($p < .001$), y aunque el IMC es similar en ambos sexos, el porcentaje de grasa corporal es inferior en chicos ($p < .001$).

Nivel de actividad física y capacidad aeróbica

La Tabla 2 muestra las características de los sujetos clasificados por sexo y nivel de AF según las categorías establecidas por el IPAQ (bajo, moderado y alto nivel de AF). No se observan diferencias significativas entre los grupos de AF en el VO_{2max} , ni tampoco en las características físicas, tanto en los chicos como en las chicas. Sin embargo, si existen diferencias significativas ($p < .001$) en el gasto energético estimado entre los grupos de AF, en ambos sexos.

Relación entre la actividad física y la capacidad aeróbica

La Tabla 3 muestra las correlaciones entre el gasto energético estimado (MET min/sem) y la CA (VO_{2max}). No se observan relaciones significativas entre la AF y la CA clasificando la muestra por sexo. Sin embargo, cuando analizamos la muestra completa, observamos una relación significativa ($p \leq .001$), aunque débil, entre la AF y la CA. La Figura 1 muestra de manera gráfica dicha relación.

TABLA 1.
Características físicas, capacidad aeróbica y actividad física (media \pm desviación estándar) de los sujetos según género

	Chicos (n=79)	Chicas (n=76)
Edad (años)	16.95 \pm 1.32	16.66 \pm 0.88
Estatura (cm)	174.21 \pm 6.50	159.91 \pm 6.69**
Peso (kg)	69.54 \pm 13.72	58.89 \pm 9.20**
IMC (kg/m ²)	22.82 \pm 3.76	23.06 \pm 3.63
Grasa corporal (%)	18.43 \pm 6.46	26.00 \pm 4.55**
Tiempo 20MSRT (seg)	506.74 \pm 100.78	258.72 \pm 63.90**
VO_{2max} (ml/kg/min)	52.39 \pm 5.78	36.27 \pm 5.46**
MET (min/sem)	4353.32 \pm 4336.81	1900.13 \pm 2158.51**

20MSRT: 20 meter Shuttle Run Test; IMC: indice de masa corporal; MET: equivalentes metabólicos; VO_{2max} : consumo máximo de oxígeno.
**Diferencias significativas ($p < .001$) por sexo

Chicos				
Variable	Nivel de Actividad Física			p
	Bajo	Moderado	Alto	
n	14	19	46	
%	17.72%	24.05%	58.22%	
Edad (años)	17.73±1.47	17.11±0.99	16.70±1.32	
Talla (m)	175.43±5.39	176.09±5.50	173.25±6.94	0.172
Peso (kg)	70.77±12.40	72.15±14.31	68.32±13.87	0.516
IMC (kg/m ²)	22.97±3.79	23.16±3.84	2.66±3.78	0.862
Grasa corporal (%)	18.31±6.83	18.74±6.21	18.35±6.57	0.972
Tiempo 20MSRT (seg)	486.07±94.64	485.19±95.36	519.53±103.52	0.292
VO _{2max} (ml/kg/min)	51.75±5.18	51.20±5.64	52.99±5.98	0.439
MET (min/sem)	609.50±459.65	1803.85±685.0	6115.54±4589.81	<0.001

TABLA 2. Comparación por grupos (bajo, moderado y alto Nivel de AF) de las variables estudiadas en chicos y chicas adolescentes.

Chicas				
Variable	Nivel de Actividad Física			p
	Bajo	Moderado	Alto	
n	19	41	16	
%	25.00%	53.00%	21.05%	
Edad (años)	16.53±0.72	16.64±0.94	16.93±0.88	
Talla (m)	159.27±6.51	160.70±6.01	158.11±8.97	0.497
Peso (kg)	55.65±7.10	60.51±9.92	57.72±8.51	0.224
IMC (kg/m ²)	21.88±1.83	23.48±4.09	23.21±3.69	0.377
Grasa corporal (%)	25.75±3.03	26.37±4.66	25.10±5.90	0.709
Tiempo 20MSRT (seg)	238.78±48.23	261.08±61.25	276.36±86.16	0.330
VO _{2max} (ml/kg/min)	35.47±3.04	35.74±4.82	38.86±8.53	0.219
Total METs (min/sem)	364.78±130.98	1388.44±648.92	5528.86±2780.61	<0.001

IMC: índice de masa corporal; MET: equivalentes metabólicos; VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno. Datos presentados como media ± desviación estándar.

	VO _{2max} - AF		Tiempo 20MSRT - AF	
	r	p	r	p
Chicos (n=109)	.014	.896	.041	.697
Chicas (n=87)	.039	.772	.126	.334
Todos (n=196)	.330	<0.001	.357	<0.001

TABLA 3. Correlación entre la capacidad aeróbica y el gasto energético estimado de los adolescentes

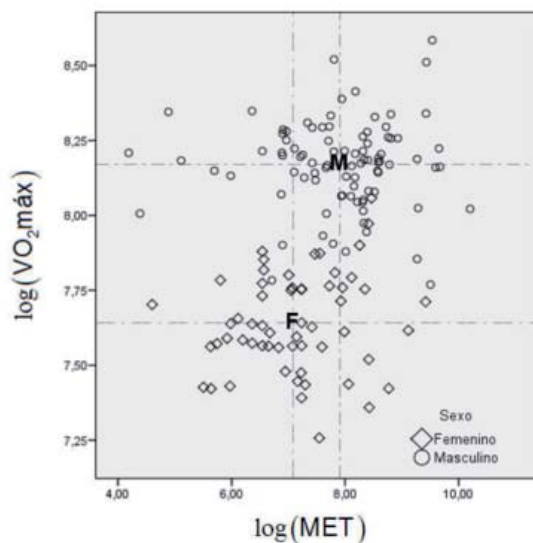
20MSRT: 20 meter Shuttle Run Test; AF: actividad física; VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno

DISCUSIÓN

Los datos del estudio ponen de manifiesto la diferencia de VO_{2max} existente entre chicos y chicas

adolescentes. Wilmore y Costill³⁶ indican que una parte importante de la diferencia de VO_{2max} entre sexos se debe a la cantidad extra de grasa corporal que tienen las mujeres y, en menor

FIGURA 1.
Diagrama de dispersión del VO_{2max} frente a gasto energético estimado (MET) en escala doble logarítmica diferenciando por sexos. Se indica la intersección de los puntos medios de cada variable para sexo masculino (M) y femenino (F)



medida, a sus menores niveles de hemoglobina. Además se ha de tener en cuenta que los chicos son más activos físicamente que las chicas. Nuestros resultados indican una diferencia significativa entre ambos factores (grasa corporal y nivel de AF declarado) contribuyentes a las diferencias de VO_{2max} existentes entre chicos y chicas. La mayoría de los estudios indican que los chicos adolescentes tienden a ser más activos que las chicas^{37,38}, independientemente del método de medida de la AF utilizado.

En relación al nivel de AF, por cada aumento de 1 MET se produce un incremento del 12% en la expectativa de vida en el caso de los hombres y del 17% en el caso de las mujeres, siendo este efecto más evidente si se considera específicamente la mortalidad por enfermedad cardiovascular³⁹.

Si agrupamos a los sujetos según las categorías de AF establecidas por el IPAQ (bajo, moderado y alto nivel de AF), observamos (Tabla 2) que no existen diferencias significativas entre los grupos establecidos en las variables de CA (VO_{2max} y tiempo mantenido en el 20mSRT), tanto en chicos como en chicas. Ekelund, *et al*²³ tampoco observaron diferencias significativas entre los chicos altamente activos y el resto del grupo en el VO_{2max} en adolescentes de 14-15 años. Aunque nuestros resultados muestran que

los valores en las variables de CA son mayores conforme aumenta la categoría de AF, tanto en chicos como en chicas. Este efecto indica que el nivel de AF reconocido por el sujeto a la hora de completar el IPAQ se asocia a la CA, pero no significativamente. Este hecho se ve reforzado con los resultados de la Tabla 3 que muestran una relación positiva no significativa entre las variables de CA y el gasto energético estimado, siendo mayor en chicas. Aunque, si analizamos el grupo completo (sin diferenciar géneros) observamos una relación positiva y significativa entre el gasto energético estimado y las variables de CA, siendo esta relación muy débil (Tabla 3). Por ejemplo, si nos centramos en el VO_{2max} (ml/kg/min), por ser el principal indicador de la CA, el coeficiente de correlación con el gasto energético fue de 0.330 ($p < 0.001$). Resultados muy similares encontraron Rangul, *et al*⁴⁰ quienes utilizaron diferentes cuestionarios (WHO Health Behaviour in Schoolchildren -HBSC- questionnaire y el IPAQ) para medir la AF en adolescentes noruegos y estudiaron su relación con el VO_{2max} . Estos investigadores también indican una mayor correlación en las chicas que en los chicos, siendo solo significativa en las chicas. García-Artero, *et al*⁴¹ en un estudio realizado con una muestra representativa de los adolescentes españoles muestran una correlación significativa aunque débil entre el nivel de AF medido mediante cuestionarios y el VO_{2max} estimado en ambos géneros (chicos $r = 0.182$; $p = 0.009$; chicas $r = 0.259$; $p < 0.001$). Kurtze, *et al*⁴² en un estudio realizado en hombres noruegos de 20-29 años muestran un coeficiente de correlación entre el VO_{2max} y el gasto energético estimado (METs min/sem) mediante el IPAQ (versión corta) de 0.30 ($p < 0.001$). Papatthasiou, *et al*⁴³ en un estudio realizado en griegos de 20-29 años muestran que la AF medida mediante el IPAQ (versión corta) se relaciona significativamente con la capacidad aeróbica ($r = 0.37$).

Nuestros resultados nos hacen pensar que la medición de la AF a través del IPAQ (versión corta) no se relaciona fuertemente con el VO_{2max} medido de forma directa. Aunque debemos destacar, coincidiendo con otros autores⁴⁰, que

es más fuerte en las chicas. La diferencia entre géneros podría deberse a que las chicas son más precisas, objetivas u honestas en sus respuestas. Sin embargo, los chicos tienden a sobreestimar su AF. Fogelholm, *et al*⁴⁴ indican que los individuos sedentarios o con una pobre condición física informan una muy alta actividad física a través del IPAQ. Otros estudios^{45,46} que han medido la AF usando cuestionarios señalan que es difícil medir la cantidad, duración, frecuencia o intensidad total de la AF habitual a través de cuestionarios. Por tanto, para estudiar la relación entre la CA y la AF se requiere de la utilización de métodos de medida más objetivos. En relación con otros instrumentos de medida, Ekelund, *et al*²¹ muestran una relación positiva entre el VO_{2max} y el gasto energético, medido utilizando la frecuencia cardiaca minuto a minuto, en adolescentes de 14-15 años. Andersen, *et al*⁴⁷ en un estudio europeo (The European Youth Heart Study) señalan que la medida de AF por acelerometría valora con mayor fiabilidad la AF que las encuestas, porque en éstas los niños o adolescentes tienden a infravalorar actividades físicas de intensidad moderada practicadas durante su tiempo libre. Sirard y Pate⁴⁸ en una revisión sobre la medición de la AF en niños y adolescentes concluyen que cuando la observación directa no es posible, la acelerometría es la mejor alternativa. Nokes⁴⁹ quien mide la AF con acelerometría indica que la CA está más relacionada con la intensidad de la AF que con el volumen de dicha actividad. Por otra parte, encontramos estudios⁵⁰ que utilizan métodos de medida más objetivos que los cuestionarios, como el podómetro, y encuentran una correlación entre la AF y el VO_{2max} similar ($r=0.300$) a nuestros resultados.

Por todo ello, y corroborando los resultados encontrados en otros estudios recientes⁴⁰, concluimos que la medida de la AF a través del IPAQ resulta poco fiable como factor predictivo de la CA. Pensamos que se requiere de la utilización de métodos de medida de la AF más objetivos. Sirard y Pate⁵¹ en una revisión sobre los métodos de medida de la AF en niños y adolescentes indican que la observación directa del movimiento de los individuos es el mejor instrumento para estudiar la AF. Sin embargo, otros investigadores²⁴ indican que aunque este método permite una gran exactitud, precisa un entrenamiento intensivo de los observadores, un gran gasto en tiempo y una carga tanto para observadores como para los sujetos a estudiar que pueden alterar sus patrones de conducta si se sienten observados.

CONCLUSIONES

El nivel de actividad física medido a través del IPAQ no se relaciona consistentemente con la capacidad aeróbica (VO_{2max}), por lo que se recomendamos la utilización de otros métodos de medida más objetivos, fiables y factibles de ser utilizados en el ámbito educativo y sanitario.

En base a los resultados que muestran una baja capacidad aeróbica de los adolescentes estudiados, coincidimos con la tendencia actual de demandar el desarrollo y puesta en marcha urgente de programas específicos por parte del gobierno nacional y territorial involucrando a todos los agentes necesarios para mejorar la capacidad aeróbica de la población y educarla en este sentido, con objeto de prevenir enfermedades cardiovasculares en la edad adulta.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Ruiz JR.** La condición física como determinante de salud en personas jóvenes. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 2007.
2. **Carnethon MR, Gulati M, Greenland P.** Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *JAMA*. 2005;294:2981-88.
3. **Nielsen GA, Andersen LB.** The association between high blood pressure, physical fitness, and body mass index in adolescents. *Prev Med*. 2003;36:2229-34.
4. **Wedderkopp N, Froberg K, Hansen HS, Riddoch C, Andersen LB.** Cardiovascular risk factors cluster in children and adolescents with low physical fitness: The European Youth Heart Study (EYHS). *Pediatr Exerc Sci*. 2003;15:419-27.
5. **Mesa JL, Ruiz JR, Ortega FB, et al.** Aerobic physical fitness in relation to blood lipids and fasting glycaemia in adolescents: Influence of weight status. *Nutr Metab Cardiovas Dis*. 2006;16:285-293.
6. **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.
7. **Ruiz JR, Rizzo NS, Hurtg-Wennlöf A, Ortega FB, Warnber J, Sjöström M.** Relations of total physical activity and fatness in children; The European Youth Heart Study. *Am J Clin Nutr*. 2006;84:298-302.
8. **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.
9. **Kurl S, Laukkanen JA, Rauramaa R, Lakka TA, Sivenius J, Saloment JT.** Cardiorespiratory fitness and the risk for stroke in men. *Arch Intern Med*. 2003;163:1682-8.
10. **Castillo MJ.** La condición física es un componente importante de la salud para los adultos de hoy y del mañana. *Selección* 2007;17(1):2-8.
11. **American College of Sport Medicine.** The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6):975-991
12. **Sutton J.** Limitations to maximal oxygen uptake. *Sports Med*. 1992;13:127-133.
13. **Laukkanen JA, Lakka TA, Rauramaa R, Kuhanen R, Venalainen JM, Salonen R, et al.** Cardiovascular fitness as predictor of mortality in men. *Arch Intern Med*. 2001;261(6):825-31.
14. **Gulati M, Pandey DK, Arnsdorf MF, Lauderdale DS, Thisted RA, Wicklund RH, et al.** Exercise capacity and the risk of death in women: the ST James Women Take Heart Project. *Circulation*. 2003;108):1554-9.
15. **Mora S, Redberg RF, Cui Y, Whiteman MD, 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.
16. **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.
17. **Ruiz JR, Ramírez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Araúzo-Azofra A et al.** Artificial neural network-based equation for estimating VO2max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med*. 2008;44:233-45.
18. **Castillo MJ, Ortega FB, Ruiz JR.** La mejora de la forma física como terapia anti-envejecimiento. *Med Clin (Barc)*. 2005;124:146-55.
19. **Global report.** Innovative care for chronic conditions: building blocks for action. Geneva. WHO; 2002.
20. **Balaguer Vintrolé I.** Control y prevención de las enfermedades cardiovasculares en el mundo. *Rev Esp Cardiol*. 2004;57:487-94.
21. **Ekelund U, Poortvliet E, Nilsson A, Yngve A, Holmberg A, Sjostrom M.** Physical activity in relation to aerobic fitness and body fat in 14 to 15-year-old boys and girls. *Eur J Appl Physiol*. 2001;85:195-201.
22. **Malina RM.** Physical activity: relationship to growth, maturation, and physical fitness. In:

- Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD (eds) Exercise, fitness and health: a consensus of current knowledge. Human Kinetics: Champaign, Ill., 1990:918-30.
23. Sallis JF, Saelens BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Res Q Exerc Sport*. 2000;71:S1-14.
 24. Rodríguez J, Terrados N. Métodos para la valoración de la actividad física y el gasto energético en niños y adultos. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2006;105:365-377.
 25. Garatachea N, Cavalcanti E, De Paz JA. Métodos de cuantificación de la energía gastada y de la actividad física. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2003;96:331-337.
 26. Kohl HW, Fulton JE, Caspersen CJ. Assessment of physical activity among children and adolescents: A review and synthesis. *Prev Med*. 2000;31:S54-76.
 27. Siri WE. The gross composition of the body. In: Lawrence JH, Tobias CA, eds. Advances in biological and medical physics. Academic Press, Inc., New York, 1956.
 28. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: Mac Dougall JD, Wenger HA, Green HJ, eds. Physiological testing of the high performance athlete. Champaign IL. Human Kinetics, 1991.
 29. 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.
 30. Liu NYS, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:360-365.
 31. Committee of Experts on Sports Research EUROFIT. Handbook for the EUROFIT Tests of Physical Fitness. Strasburg, GE: Council of Europe, 1993.
 32. The Cooper Institute for Aerobics Research. FITNESSGRAM test administration manual. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.
 33. Flouris AD, Metsios GS, Koutedakis Y. Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *Br J Sports Med*. 2005;39:166-170.
 34. IPAQ. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire. Short and long forms. November 2005. Disponible en: <http://www.ipaq.ki.se>.
 35. Craig CL, Marshall A, Sjoström M et al. International Physical Activity Questionnaire: 12 country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1381-95.
 36. Wilmore JH, Costill DL. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Barcelona: Paidotribo. 2007; 620.
 37. Abarca A, Ibor E. Niveles de actividad física habitual de una población adolescente medidos con acelerometría. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2009;131:209-210.
 38. Serra JR, Generelo E, Zaragoza J, Ros R, Casterad JC. Niveles de actividad física en adolescentes. Bases para el desarrollo de estrategias de promoción de la salud. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2004;103:433.
 39. Castillo MJ, Ruiz JR, Ortega FB, Gutiérrez A. Anti-Aging Therapy through Fitness Enhancement. *Clin Interv Aging*. 2006;1:213-20.
 40. Rangul V, Holmen TL, Kurtze N, Cuypers K, Midthjell K. Reliability and validity of two frequently used self-administered physical activity questionnaires in adolescents. *BMC Med Res Methodol*. 2008;8:47-57.
 41. García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. El perfil lipídico-metabólico en adolescentes está más influido por la condición física que por la actividad física (Estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol*. 2007;60:581-8.
 42. Kurtze N, Rangul V, Hustvedt B. Reliability and validity of the international physical activity questionnaire in the Nord-Trøndelag health study (HUNT) population of men. *BMC Med Res Methodol*. 2008;8:63-71.
 43. Papatheanasiou G, Georgoudis G, Georgakopoulos D, Katsouras C, Kalfakakou V, Evangelou A. Criterion-related validity of the short International Physical Activity Questionnaire against exercise capacity in young adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2010;17(4):380-6.
 44. Fogelholm M, Malmberg J, Suni J, Santtila M, Kyröläinen H, Mäntysaari M, et al. International physical Activity Questionnaire: Validity against fitness. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:753-60.
 45. Boreham CA, Twisk J, Savage Mj, Cran GW, Strain JJ. Physical activity, sports participation,

- and risk factors in adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29:788-93.
46. **Katzmarzyk PT, Malina RM, Song TMK, Bouchard C.** Physical activity and health-related fitness in youth: a multivariate analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:709-14.
47. **Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, Froberg K, Ekelund U, Brege 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.
48. **Sirard JR, Pate RR.** Physical Activity Assessment in Children and Adolescents. *Sports Med.* 2001;3:439-54.
49. **Nokes N.** Relationship between physical activity and aerobic fitness. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49:136-41.
50. **Michaud P, Cauderay M, Narring F, Schutz Yves.** Assessment of physical activity a pedometer and its relationship with VO2max among adolescents in Switzerland. *Int J Public Health.* 2002;47:107-115.
51. **Sirard JR, Pate RR.** Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Med.* 2001;31:439-54.