

Original

Efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de 8 semanas durante las clases de educación física en adolescentes

J. Ramírez Lechuga¹, J. J. Muros Molina², J. Morente Sánchez³, C. Sánchez Muñoz³, P. Femia Marzo⁴ y M. Zabala Díaz³

¹Department of Sport and Informatics. University Pablo de Olavide. Seville. Spain. ²Department of Nutrition and Food Sciences. University of Granada. Spain. ³Department of Physical Education and Sports. University of Granada. Spain. ⁴Department of Statistics and Operating Research. University of Granada. Spain.

Resumen

Objetivo: Determinar el efecto de un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad de 8 semanas, desarrollado durante las clases de Educación Física, sobre la capacidad aeróbica de adolescentes de 15 a 18 años.

Método: Un total de 84 adolescentes (51 chicos y 33 chicas) participaron en el presente estudio. La capacidad aeróbica (VO₂max) se midió directamente con un analizador de gases portátil (K4b², Cosmed) durante la realización del 20 Meter Shuttle Run Test (20mSRT). La muestra fue dividida en 2 grupos experimentales (G2S y G3S) y 1 grupo control. El programa de entrenamiento consistió en la práctica de actividad física aeróbica con una intensidad equivalente al 75-80% del VO₂max. El G2S realizó 2 sesiones semanales mientras que el G3S realizó 3 sesiones.

Resultados: El G2S incrementó el VO₂max (de 55,7 a 56,6 ml/kg/min los chicos; de 37,8 a 38,7 ml/kg/min las chicas, p < 0,001) y el n.º stages en el 20mSRT (9,0% los chicos, p < 0,001; 20,0% las chicas, p < 0,001). El G3S también aumentó el VO₂max (de 54,9 a 56,0 ml/kg/min los chicos; de 36,0 a 38,7 ml/kg/min las chicas) y el n.º stages en el 20mSRT (10,4% los chicos, p < 0,001; 32,3% las chicas, p < 0,001). En G2S y G3S, las chicas mostraron una mayor mejora que los chicos.

Conclusiones: Un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad de 8 semanas, 2 días por semanas, mejora la capacidad aeróbica de los alumnos. Una sesión extra de ejercicio intenso por semana supone una mayor mejora en las chicas, no produciendo tales efectos en los chicos.

(Nutr Hosp. 2012;27:747-754)

DOI:10.3305/nh.2012.27.3.5725

Palabras clave: Capacidad aeróbica. VO₂max. Adolescentes. Educación Física.

Correspondencia: José Joaquín Muros Molina.
Dpto. Nutrición y Bromatología.
Universidad de Granada.
Campus de Cartuja, s/n.
18071 Granada. España.
E-mail: jjmuros@ugr.es

Recibido: 6-I-2012.
1.ª Revisión: 24-I-2012.
Aceptado: 30-I-2012.

EFFECT OF AN 8-WEEK AEROBIC TRAINING PROGRAM DURING PHYSICAL EDUCATION LESSONS ON AEROBIC FITNESS IN ADOLESCENTS

Abstract

Objective: To determine the effect of a high intensity aerobic training program of 8 weeks, developed during physical education classes, on the aerobic capacity of adolescents aged 15 to 18 years.

Methods: A total of 84 adolescents (51 boys and 33 girls) participated in this study. The aerobic capacity (VO₂max) was measured directly with a portable gas analyzer (K4b², Cosmed) during the performance of the 20 Meters Shuttle Run Test (20mSRT). The sample was divided into 2 experimental groups (G2S and G3S) and 1 control group. The training program was composed of aerobic physical activity (75-80% VO₂max.). The G2S developed 2 sessions per week while the G3S made 3.

Results: The G2S increased VO₂max (boys: from 55.7 to 56.6 ml/kg/min; girls: from 37.8 to 38.7 ml/kg/min; p < 0.001) and the number of stages in the 20mSRT (9.0% boys, p < 0.001; 20.0% girls, p < 0.001). The G3S also increased VO₂max (boys: from 54.9 to 56.0 ml/kg/min; girls: from 36.0 to 38.7 ml/kg/min) and the number stages in the 20mSRT (10.4% boys, p < 0.001; 32.3% girls, p < 0.001). In G2S and G3s, girls showed greater improvement than boys.

Conclusions: A high intensity aerobic training program developed during 8 weeks, 2 sessions per week, improves aerobic capacity of the students. An extra session of intense exercise for week is a greater improvement in girls, but do not produce such effects in boys.

(Nutr Hosp. 2012;27:747-754)

DOI:10.3305/nh.2012.27.3.5725

Key words: Aerobic capacity. VO₂max. Adolescents. Physical education.

Abreviaturas

CA: Capacidad Aeróbica.
VO₂max: Consumo Máximo de Oxígeno.
ACSM: American College of Sport Medicine.
FC: Frecuencia Cardíaca.
EF: Educación Física.
GC: Grupo Control.
G2S: Grupo Intervención 2 sesiones.
G3S: Grupo Intervención 3 sesiones.
20mSRT: 20 Meter Shuttle Run Test.
VT1: Umbrales Ventilatorio 1.
VT2: Umbral Ventilatorio 2.
VE: Ventilación Pulmonar.
VO₂: Volumen de Oxígeno.
VCO₂: Volumen de Dióxido de Carbono.
IPAQ: International Physical Activity Questionnaire.

Introducción

La condición física relacionada con la salud incluye: la capacidad aeróbica (CA) o cardiorrespiratoria, la fuerza y resistencia muscular, la flexibilidad y la composición corporal¹, siendo considerado el componente cardiorrespiratorio como el más importante^{2,3} y principal exponente del estado de forma del sujeto⁴.

El consumo máximo de oxígeno (VO₂max) es el mejor indicador fisiológico de la CA y del estado cardiovascular⁵. Estudios recientes han demostrado que el VO₂max es el predictor más potente de riesgo de muerte por todas las causas y especialmente por enfermedad cardiovascular, tanto en hombres⁶, como en mujeres⁷ de diferentes edades⁸ y estados de salud⁹. Además, un reciente estudio de revisión ha comprobado que altos niveles de CA durante la adolescencia se asocian con una mayor salud cardiovascular durante la edad adulta¹⁰.

Debido a la importancia que tiene la CA sobre la salud, el American College of Sport Medicine¹¹ recomienda, para desarrollar y mantener la CA, una actividad física aeróbica continua o intermitente de 3 a 5 días a la semana, de 20-60 minutos de duración con una intensidad equivalente al 55-90% de la frecuencia cardíaca (FC) máxima o el 45-85% de la FC de reserva o del consumo de oxígeno de reserva. Las recomendaciones del Helena Group Study para adolescentes europeos son similares¹². Sin embargo, en España, las clases de Educación Física (EF) en Primaria y Secundaria tienen una frecuencia de 2 días a la semana y una duración de 60 minutos. Por este motivo, diversos investigadores han estudiado los efectos que tienen las clases de EF sobre la condición física del alumnado. La mayoría de ellos han concluido que aunque la duración de la actividad durante las clases de EF es adecuada¹³, la intensidad de trabajo durante las mismas no es suficiente para provocar mejoras a nivel cardiovascular¹⁴. Expresándose como

causa que la intensidad del ejercicio es raramente individualizada en función de la capacidad de cada estudiante¹⁵.

Los objetivos de este estudio fueron determinar los efectos de un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad de 8 semanas, desarrollado durante las clases de EF, sobre la capacidad aeróbica de adolescentes de 15 a 18 años, y conocer los beneficios que supondría una tercera clase de EF más a la semana sobre la capacidad aeróbica de los alumnos.

Material y método

Sujetos

Se diseñó un estudio experimental en el que participaron 84 sujetos (51 chicos y 33 chicas; 15-18 años). La muestra fue seleccionada de manera aleatoria, siendo todos los sujetos seleccionados estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria de la ciudad de Granada (España) y con el mismo nivel socio-económico. Los sujetos participaron de manera voluntaria 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.

La CA (VO₂max) de los sujetos fue medida previamente, y en base a ella, la muestra se distribuyó de forma aleatoria en 3 grupos de 28 personas (17 chicos y 11 chicas), comprobando que eran homogéneos en relación a su VO₂max. Un grupo realizó las clases regulares de EF (GC), un segundo grupo desarrolló un programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad 2 días en semana (G2S), y el tercer grupo ejecutó el mismo programa de entrenamiento aeróbico de alta intensidad 3 días en semana (G3S). El G2S desarrolló el programa durante las clases de EF, y el G3S desarrolló 2 sesiones durante las clases de EF y 1 durante la hora de tutoría cedida para este fin. Al finalizar el programa de entrenamiento, la CA de todos los sujetos (experimentales y control) se volvió a evaluar utilizando los mismos procedimientos que en la evaluación inicial.

Medidas

Capacidad Aeróbica (VO₂max). El VO₂max 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)¹⁶. El 20mSRT permite evaluar la CA máxima de adolescentes, siendo su objetividad, fiabilidad y validez demostrada en personas jóvenes¹⁷. El test es de carácter incremental

máximo y 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. 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 sujetos¹⁸.

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. La frecuencia cardíaca se registró de forma continua mediante pulsómetro (Polar S810). 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.

Umbrales ventilatorios. A través del análisis de gases, el instrumental utilizado (K4b², Cosmed, Roma, Italia) nos permitió determinar los umbrales VT1 (indica el comienzo de la producción de lactato) y VT2 (indica un máximo estable de lactato en sangre). El criterio utilizado para determinar el VT1 durante el test incremental fue el incremento del VE/VO₂ (ventilación pulmonar entre volumen de oxígeno) sin que aumente del VE/VCO₂ (ventilación pulmonar entre volumen de dióxido de carbono). Y el criterio para determinar el VT2 fue el incremento del VE/VCO₂, una vez que se incrementó con anterioridad el VE/VO₂.

Actividad Física. Con objeto de controlar la actividad física que el alumnado pudiera hacer en horario extraescolar, la cual podría contaminar los efectos del tratamiento, 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 estudiadas¹⁹ y aplicado en diversos países²⁰.

Procedimiento

El programa de entrenamiento consistió en la práctica de actividad física aeróbica continua durante 30 minutos por sesión con una intensidad equivalente al 75-80% del VO₂max. Cada una de las sesiones de tratamiento consistió en realizar carrera continua a la intensidad prescrita individualmente alrededor de un circuito establecido durante 30 min. El G2S realizó 2 sesiones semanales mientras que el G3S realizó 3 sesiones. La duración del programa de entrenamiento fue de 8 semanas. La prescripción del ejercicio se realizó en base al VO₂max alcanzado en la evaluación ini-

cial. La FC equivalente al 75-80% del VO₂max de cada estudiante fue determinada. Cada sujeto llevó un pulsómetro (Polar S810), con el fin de controlar la intensidad del ejercicio y poder comprobar que los sujetos mantenían la intensidad prescrita.

Análisis estadístico

Los valores de las diferentes variables son mostrados como media ± 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 se utilizó ANOVA (para variables con distribución normal) y el test de Kruskal-Wallis (para variables que no verifican los supuestos del ANOVA). En los casos con diferencias significativas se realizaron comparaciones múltiples post-hoc controlando la propagación del error por el método de Bonferroni. Todos los datos fueron analizados usando el programa estadístico SPSS 15.0 para Windows XP. La cota máxima para el nivel de significación fue del 5% para todos los análisis.

Resultados

La tabla I muestra las características de los sujetos en función del género. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) por género para todas las variables relacionadas con la CA (VO₂max, n.º stages y tiempo en el 20mSRT, VO₂ en VT1 y VT2, tiempo en alcanzar VT1 y VT2) siendo estos valores mayores en el grupo de los chicos.

Tabla I
Características (media ± desviación estándar) de los sujetos estudiados en la evaluación inicial, en función del género

	Chicos (n = 51)	Chicas (n = 33)
Edad (años)	16,8 ± 1,2	16,6 ± 0,8
Altura (cm)	173,8 ± 6,5	159,7 ± 6,4 ^b
Peso (kg)	68,6 ± 13,5	57,9 ± 9,2 ^b
VO ₂ max (ml/kg/min)	54,6 ± 6,2	36,9 ± 5,4 ^b
Stages 20mSRT (n.º)	8,0 ± 1,6	3,8 ± 1,0 ^b
Tiempo 20mRT (seg)	493,4 ± 102,5	248,4 ± 61,9 ^b
VO ₂ en VT1 (ml/kg/min)	33,5 ± 4,9	25,7 ± 3,2 ^b
Tiempo en VT1 (seg)	53,3 ± 23,0	46,6 ± 11,6 ^a
VO ₂ en VT2 (ml/kg/min)	43,4 ± 5,4	31,9 ± 4,0 ^b
Tiempo en VT2 (seg)	213,6 ± 89,6	128,9 ± 46,6 ^b
FCmax (lpm)	200 ± 7,1	195 ± 8,2 ^a

VO₂: Consumo de oxígeno; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; 20mSRT: 20 meter Shuttle Run Test; VT1: Umbral ventilatorio 1; VT2: Umbral ventilatorio 2.
^ap ≤ 0,05; ^bp ≤ 0,001.

Tabla II
Variables de capacidad aeróbica (media \pm desviación estándar) de los sujetos estudiados en función del grupo de tratamiento y el género, en el Pre-Test y Post-Test

	Pre-Test							
	Chicos (n = 51)				Chicas (n = 33)			
	G3S (n = 27)	G2S (n = 27)	GC (n = 27)	P	G3S (n = 11)	G2S (n = 11)	GC (n = 11)	P
VO ₂ max(ml/kg/min)	54,9 \pm 6,8	55,7 \pm 4,5	53,1 \pm 7,0	0,489	36,0 \pm 5,5	37,8 \pm 7,4	36,9 \pm 4,0	0,774
Stages 20mSRT (n.º)	8,0 \pm 1,8	8,3 \pm 1,2	7,6 \pm 1,9	0,436	3,6 \pm 1,2	3,7 \pm 1,6	4,1 \pm 0,8	0,494
Tiempo 20mSRT (seg)	495,3 \pm 109,2	512,7 \pm 77,7	472,3 \pm 98,4	0,524	235,2 \pm 73,4	241,2 \pm 70,3	262,2 \pm 78,2	0,555
VO ₂ en VT1 (ml/kg/min)	34,2 \pm 4,4	32,9 \pm 3,7	33,24 \pm 6,6	0,717	25,9 \pm 3,6	26,4 \pm 4,0	25,2 \pm 2,3	0,700
Tiempo en VT1 (seg)	67,0 \pm 30,5	54,7 \pm 12,9	59,7 \pm 19,5	0,119	45,0 \pm 12,2	46,6 \pm 15,8	43,9 \pm 7,1	0,623
VO ₂ en VT2 (ml/kg/min)	42,0 \pm 6,2	44,9 \pm 4,0	43,3 \pm 5,7	0,305	31,9 \pm 5,0	33,0 \pm 4,7	31,6 \pm 2,9	0,634
Tiempo en VT2 (seg)	207,3 \pm 84,0	230,2 \pm 83,3	202,5 \pm 85,0	0,641	131,6 \pm 61,7	135,0 \pm 41,0	136,2 \pm 41,6	0,831
	Post-Test							
VO ₂ max(ml/kg/min)	56,0 \pm 6,2	56,6 \pm 3,7	52,9 \pm 6,9	0,128	38,7 \pm 5,8	38,7 \pm 5,9	36,8 \pm 3,4	0,642
Stages 20mSRT (n.º)	8,7 \pm 1,4	9,0 \pm 1,1	7,4 \pm 1,6	0,005 ^b	4,5 \pm 1,1	4,3 \pm 1,1	4,0 \pm 0,8	0,590
Tiempo 20mSRT (seg)	536,7 \pm 87,	557,8 \pm 71,4	459,8 \pm 98,3	0,005 ^b	283,7 \pm 77,5	277,8 \pm 66,7	259,3 \pm 50,6	0,652
VO ₂ en VT1 (ml/kg/min)	34,0 \pm 4,0	33,4 \pm 4,0	31,6 \pm 4,3	0,742	26,7 \pm 3,7	26,1 \pm 4,4	26,0 \pm 2,9	0,918
Tiempo en VT1 (seg)	74,1 \pm 35,3	62,6 \pm 17,7	57,0 \pm 12,5	0,211	51,6 \pm 8,0	48,0 \pm 13,7	43,6 \pm 8,0	0,628
VO ₂ en VT2 (ml/kg/min)	42,2 \pm 4,9	46,7 \pm 4,9	42,5 \pm 3,8	0,724	32,8 \pm 5,6	32,8 \pm 5,8	32,1 \pm 3,1	0,174
Tiempo en VT2 (seg)	241,7 \pm 90,1	270,6 \pm 83,4	190,0 \pm 55,7	0,209	155,6 \pm 74,3	156,0 \pm 58,8	139,0 \pm 46,0	0,763

G3S: Grupo 3 ses/sem; G2S: Grupo 2 ses/sem; GC: Grupo control; VO₂: Consumo de oxígeno; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; 20mSRT: 20 meter Shuttle Run Test; VT1: Umbral ventilatorio 1; VT2: Umbral ventilatorio 2.
p \leq 0,01^b.

La tabla II muestra los valores de las variables de CA en el pre-test y post-test, en función del grupo y el género. Se observó una homogeneidad entre grupos antes del tratamiento. Tras la intervención, se encontraron diferencias significativas (p < 0,05) entre grupos en las variables de n° de stages y tiempo en el 20mSRT para el género masculino. En estos casos, las comparaciones múltiples (tabla III) mostraron diferencias signifi-

ficativas (p < 0,05) entre el GC y los dos grupos experimentales (G3S y G2S). Sin embargo, no existen diferencias entre G3S y G2S en ninguna variable. En el género femenino no se detectan diferencias significativas entre grupos.

La tabla IV muestra las intensidades de ejercicio prescritas y registradas durante el programa de entrenamiento en los grupos experimentales (G2S y G3S), así

Tabla III
Comparaciones múltiples (método de Bonferroni) entre los grupos de género masculino en el Post-Test

Variable	(A) grupo	(B) grupo	Diferencia de medias (A-B)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Stages 20mSRT (n.º)	G3S	G2S	-0,34	0,50	1,00	-1,58	0,90
		GC	1,27 ^a	0,50	0,042	0,032	2,52
	G2S	GC	1,61 ^a	0,49	0,006	0,39	2,84
Tiempo 20mSRT (seg)	G3S	G2S	-21,07	30,10	1,000	-95,81	53,67
		GC	76,92 ^a	30,10	0,042	2,18	151,67
	G2S	GC	98,00 ^a	29,64	0,005	24,39	171,60

G3S: Grupo 3 ses/sem; G2S: Grupo 2 ses/sem; GC: Grupo control; VO₂: Consumo de oxígeno; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; 20mSRT: 20 meter Shuttle Run Test; VT1: Umbral ventilatorio 1; VT2: Umbral ventilatorio 2.
^ap \leq 0,05.

Tabla IV
Intensidad del ejercicio prescrita y registrada¹ durante el programa de entrenamiento según grupo y género

	Chicos (n = 51)			Chicas (n = 33)		
	G3S (n = 27)	G2S (n = 27)	GC (n = 27)	G3S (n = 11)	G2S (n = 11)	GC (n = 11)
VO ₂ prescrito (% max)	75-80	75-80		75-80	75-80	
FC prescrita (lpm)	176 (155-190)	175 (160-185)		175 (160-190)	175 (162-191)	
FC registrada (lpm)	175 (157-191)	176 (162-188)	139 (111-162) ^b	176 (162-193)	176 (160-191)	123 (107-155) ^b

¹Media y rango entre paréntesis.

^bp ≤ 0,001 GC vs G2S y G3S.

G3S: Grupo 3 ses/sem; G2S: Grupo 2 ses/sem; GC: Grupo control; VO₂: Consumo de oxígeno; % max: % en función del consumo máximo de oxígeno; FC: Frecuencia cardíaca; lpm: Latidos por minuto.

como la intensidad registrada en el GC durante las clases regulares de EF. Los valores indican que no existen diferencias en la intensidad registrada entre ambos grupos experimentales, sin embargo se aprecia una menor intensidad entre el GC y los grupos experimentales, para ambos sexos.

La tabla V muestra la comparación de los valores del pre-test y el post-test de cada variable de la CA, para cada grupo y género. En el caso del género masculino, se observaron diferencias significativas tanto en el G3S (p < 0,05) como en el G2S (p < 0,001) en las variables de n° stages y tiempo en el 20mSRT. Sin embargo, en el GC no se detectan diferencias significativas en ninguna variable. Por otra parte, en el género femenino, también

existen diferencias significativas en el G3S (p < 0,001) y el G2S (p < 0,001) en las variables de n° stages y tiempo en el 20mSRT, y en el G3S además en la variable VO₂max (p < 0,001). No se detectaron diferencias significativas en el GC.

Por último, la tabla VI muestra el cambio relativo (%) de las variables en las que se han detectado diferencias significativas en algún grupo o género. Podemos observar que los chicos de ambos grupos de tratamiento (G3S y G2S) han incrementado su rendimiento en el 20mSRT (n° de stages y tiempo) aproximadamente un 10%, después de realizar el programa de entrenamiento. Aunque las mejoras en el VO₂max no alcanzan el 2% en ambos grupos. Respecto a las chicas,

Tabla V
Cambios en la capacidad aeróbica (media ± desviación estándar) en respuesta a 8 semanas de programa, según grupo y género

	Género masculino								
	G3S (n = 27)			G2S (n = 27)			GC (n = 27)		
	pre	post	p	pre	post	p	pre	post	p
VO ₂ max(ml/kg/min)	54,9 ± 6,8	56,0 ± 6,2	0,311	55,7 ± 4,5	56,6 ± 3,7	0,314	53,1 ± 7,0	52,9 ± 6,9	0,616
Stages 20mSRT (n.º)	8,0 ± 1,8	8,7 ± 1,4	0,015 ^a	8,3 ± 1,2	9,0 ± 1,1	0,000 ^b	7,6 ± 1,9	7,4 ± 1,6	0,492
Tiempo 20mRT (seg)	495,3 ± 109,2	536,7 ± 87,4	0,016 ^c	512,7 ± 77,7	557,8 ± 71,4	0,000 ^b	472,3 ± 98,4	459,8 ± 98,3	0,329
VO ₂ en VT1 (ml/kg/min)	34,2 ± 4,4	34,0 ± 4,0	0,706	32,9 ± 3,7	33,4 ± 4,0	0,627	33,24 ± 6,6	31,6 ± 4,3	0,702
Tiempo en VT1 (seg)	67,0 ± 30,5	74,1 ± 35,3	0,216	54,7 ± 12,9	62,6 ± 17,7	0,095	59,7 ± 19,5	57,0 ± 12,5	0,828
VO ₂ en VT2 (ml/kg/min)	42,0 ± 6,2	42,2 ± 4,9	0,898	44,9 ± 4,0	46,7 ± 4,9	0,113	43,3 ± 5,7	42,5 ± 3,8	0,724
Tiempo en VT2 (seg)	207,3 ± 84,0	241,7 ± 90,1	0,130	230,2 ± 83,3	270,6 ± 83,4	0,130	202,5 ± 85,0	190,0 ± 55,7	0,119
	Género femenino								
VO ₂ max(ml/kg/min)	36,0 ± 5,5	38,7 ± 5,8	0,000 ^b	37,8 ± 7,4	38,7 ± 5,9	0,348	36,9 ± 4,0	36,8 ± 3,4	0,893
Stages 20mSRT (n.º)	3,6 ± 1,2	4,5 ± 1,1	0,000 ^b	3,7 ± 1,6	4,3 ± 1,1	0,001 ^b	4,1 ± 0,8	4,0 ± 0,8	0,794
Tiempo 20mRT (seg)	235,2 ± 73,4	283,7 ± 77,5	0,000 ^b	241,2 ± 70,3	277,8 ± 66,7	0,001 ^b	262,2 ± 78,2	259,3 ± 50,6	0,936
VO ₂ en VT1 (ml/kg/min)	25,9 ± 3,6	26,7 ± 3,7	0,405	26,4 ± 4,0	26,1 ± 4,4	0,743	25,2 ± 2,3	26,0 ± 2,9	0,491
Tiempo en VT1 (seg)	45,0 ± 12,2	51,6 ± 8,0	0,351	46,6 ± 15,8	48,0 ± 13,7	0,594	43,9 ± 7,1	43,6 ± 8,0	0,998
VO ₂ en VT2 (ml/kg/min)	31,9 ± 5,0	32,8 ± 5,6	0,179	33,0 ± 4,7	32,8 ± 5,8	0,613	31,6 ± 2,9	32,1 ± 3,1	0,395
Tiempo en VT2 (seg)	131,6 ± 61,7	155,6 ± 74,3	0,142	135,0 ± 41,0	156,0 ± 58,8	0,128	136,2 ± 41,6	139,0 ± 46,0	0,226

G3S: Grupo 3 ses/sem; G2S: Grupo 2 ses/sem; GC: Grupo control; VO₂: Consumo de oxígeno; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; 20mSRT: 20 meter Shuttle Run Test; VT1: Umbral ventilatorio 1; VT2: Umbral ventilatorio 2. Pre: Antes del programa de entrenamiento. Post: Después del programa del programa de entrenamiento. p ≤ 0,05^a; p ≤ 0,01^b; p ≤ 0,001^c.

Tabla VI
Cambio relativo (%) de las variables de capacidad aeróbica según grupo y género

	Chicos (n = 51)			Chicas (n = 33)		
	G3S (n = 27)	G2S (n = 27)	GC (n = 27)	G3S (n = 11)	G2S (n = 11)	GC (n = 11)
VO ₂ max(ml/kg/min)	1,9%	1,7%	-0,1%	7,8%	4,8%	0,9%
Stages 20mSRT (n.º)	10,4%	9,0%	-0,6%	32,3%	20,0%	-0,5%
Tiempo 20mRT (seg)	9,3%	9,4%	-1,4%	24,3%	17,1%	-0,1%

G3S: Grupo 3 ses/sem; G2S: Grupo 2 ses/sem; GC: Grupo control; VO₂max: Consumo máximo de oxígeno; 20mSRT: 20 meter Shuttle Run Test.

el G3S muestra un mayor incremento que el G2S en las variables VO₂max (7,8% vs 4,8%), n.º de stages (32,3% vs 20%) y tiempo en 20mSRT (24,3% vs 17,1%). Por otra parte, las chicas de los grupos de tratamiento muestran un mayor incremento en los valores de las variables VO₂max, n.º de stages y tiempo en el 20mSRT, respecto a los chicos que también han recibido el tratamiento. Los cambios en el GC no llegan al 1% en ambos géneros.

Discusión

Los incrementos en el VO₂max de los sujetos experimentales (G3S y G2S) no son elevados debido a la corta duración del programa. Otros estudios similares²¹ tampoco encontraron mejoras significativas en el VO₂max de jóvenes con 8 semanas de entrenamiento aeróbico, 3 sesiones por semana, a una intensidad del 80-85% de la FCmax.

El incremento en el rendimiento en el test incremental de los G3S y G2S (de ambos géneros) se ha podido deber, además de la mejora del VO₂max, al desplazamiento hacia la derecha de los umbrales ventilatorios²². Otros estudios indican que el entrenamiento de resistencia aeróbica produce adaptaciones (aumento de la densidad capilar, tamaño y número de las mitocondrias, actividad de las enzimas oxidativas) que ayudan a aumentar la intensidad del ejercicio antes de comenzar a acumular lactato en sangre²³. Por otra parte, en el GC no se detectan diferencias en los umbrales VT1 y VT2 después de las 8 semanas. Resultados similares se observan en otros estudios²⁴.

Las diferencias encontradas en la CA coinciden con las observadas por otros autores^{25,26}. Los investigadores sugieren que esta diferencia entre sexos está relacionada con que las chicas tienen mayor grasa corporal y menores niveles de hemoglobina²⁷, y son menos activas físicamente^{28,29} debido a factores socioculturales³⁰. Además, estas diferencias entre sexos en la CA incrementan durante la adolescencia³¹.

En los grupos experimentales, las chicas consiguen una mejora relativa mayor que los chicos después del programa de entrenamiento. Esto es debido a que cuanto más alto es el estado inicial de acondicionamiento, menor es la mejora relativa para el mismo pro-

grama de entrenamiento. Si comparamos el nivel inicial de CA (n.º de stages en el 20mSRT) de nuestros sujetos con una muestra representativa de adolescentes españoles de la misma edad³², observamos que los valores medios del 20mSRT de las chicas se corresponden con el percentil 50 y los valores medios de los chicos con el percentil 70 respecto a los adolescentes españoles. Estudios similares, encuentran que, después de un programa de entrenamiento de 6 meses, las chicas que siguen el tratamiento mejoran un 8,5% el 20mSRT más que las chicas del grupo control, sin embargo los chicos mejoran un 3,8% el 20mSRT respecto a los chicos del grupo control³³.

Nuestros resultados sugieren que la eficacia del programa se debe a la alta intensidad de las sesiones, y no tanto, a la frecuencia semanal de las mismas. Por tanto, corroboramos los hallazgos encontrados por otros autores¹⁴, quienes indican que la intensidad de las sesiones regulares de EF no es suficiente para provocar mejoras en la CA. Los resultados del presente estudio están en concordancia con los encontrados por otros investigadores³⁴, quienes en un estudio realizado con adolescentes, comprobaron que el entrenamiento de alta intensidad (75-80% del VO₂max) provoca mayores incrementos en la CA que el de intensidad moderada (55-60% del VO₂max). Otros estudios³⁵ muestran que con 3 horas a la semana de EF, el grupo que realiza 1 sesión de las 3 con una intensidad alta (programa entrenamiento aeróbico) mejora el rendimiento en el 20mSRT (3,8%) después de 10 semanas de programa, sin embargo el grupo control que realiza 3 sesiones de EF a la semana no mejora su rendimiento. Una revisión reciente³⁶, muestra como el entrenamiento aeróbico produce una mejora media del 5-6% en el VO₂max de niños y adolescentes, y cuando el efecto del entrenamiento es significativo, la mejora media en el VO₂max alcanza el 8-10%. Nuestros resultados, en el caso de las chicas, están en concordancia con estos hallazgos.

En concordancia con otros estudios¹⁵, nuestros resultados sugieren que es posible mejorar la CA durante las clases de EF aunque para ello es necesario aumentar la intensidad de las mismas, individualizar la intensidad del ejercicio en función de la capacidad de cada estudiante y controlar la intensidad prescrita durante las clases de EF. Los estudios realizados con adolescentes

sugieren que son necesarias intensidades mayores que el 80% de la FCmax para producir mejoras significativas en el VO₂max^{36,37}.

Conclusiones

En base a nuestros resultados y en el contexto de nuestro estudio, concluimos que las clases de EF requieren de una intensidad mayor a la habitualmente desarrollada para producir mejoras en la capacidad aeróbica de los adolescentes. Además, una sesión extra de ejercicio intenso por semana puede suponer una mejora añadida en las chicas, aunque no produciría mejoras significativas añadidas en la capacidad aeróbica de los chicos.

Referencias

1. 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.
2. Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Van Praagh E. High-intensity aerobic training during a 10 week one-hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *Int J Sports Med* 2001; 22 (4): 295-300.
3. Baquet G, Berthoin S, Van Praagh E. Are intensified physical education sessions able to elicit heart at a sufficient level to promote aerobic fitness in adolescents. *Res Q Exerc Sport* 2002; 73 (3): 282-288.
4. Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med* 2003; 33 (15): 1127-43.
5. 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.
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. 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.
8. Eisenmann JC, Welk GJ, Wickel EE, Blair SN. Combined influence of cardiorespiratory fitness and body mass index on cardiovascular disease risk factors among 8-18 year old youth: *The Aerobics Center Longitudinal Study* 2007; 2 (2): 66-72.
9. Ekelund U, Sjoström M, Yngve A, Nilsson A. Total daily energy expenditure and pattern of physical activity measured by minute-by-minute heart rate monitoring in 14-15 year old Swedish adolescents. *Eur J Clin Nutr* 2005; 4: 195-202.
10. Flouris AD, Metsios GS, Koutedakis Y. Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle ran test. *Br J Sports Med* 2005; 39: 166-170.
11. 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.
12. González-Gross M, Ruiz JR, Moreno LA et al. Body composition and physical performance of Spanish adolescents: the AVENA pilot study. *Acta Diabetológica* 2003; 40 (Suppl. 1): S299-301.
13. 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.
14. Hallal PC, Vicoria CG, Azevedo MR, Wells JC. Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sport Medicine* 2006; 36 (12): 1019-30.
15. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powel KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39 (8): 1423-34.
16. 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>.
17. Jones AM, Carter H. The Effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 2000; 29 (6): 373-86.
18. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, Sugawara A, Totsuka K, Shimano H, Ohashi Y, Yamada N, Sone H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 2009; 301: 2024-35.
19. Lee DC, Suil X, Ortega FB, Kim YS, Church TS, Winett RA, Ekelund U, Katzmarzyk PT, Blair SN. Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as predictors of all-cause mortality in men and women. *Br J Sports Med* 2011; 45: 504-51.
20. 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.
21. López Chicharro J, Aznar S, Fernández A, López LM, Lucía A, Pérez M. Transición aeróbica-anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones. Madrid: Master Line. 2004, pp. 127-135.
22. Mandigout S, Melin A, Lecoq AM, Courteix D, Obert P. Effect of two aerobic training regimens of the cardiorespiratory response of prepubertal boys and girls. *Acta Paediatr* 2002; 91 (4): 403-8.
23. Martínez-Gómez D, Ruiz JR, Ortega FB, Veiga OL, Moliner-Urdiales D, Mauro B, Galfó M, Manios Y, Widhalm K, Béghin L, Moreno LA, Molnar D, Marcos A, Sjöström M; HELENA Study Group. Recommended levels of physical activity to avoid an excess of body fat in European adolescents The HELENA Study. *Am J Prev Med* 2010; 39: 203-211.
24. Martínez-Vizcaíno V, Sánchez-López M. Relación entre actividad física y condición física en niños y adolescentes. *Rev Esp Cardiol* 2008; 61 (2): 108-11.
25. 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 (11): 793-801.
26. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Manios Y, Béghin L, Ottevaere C, Ciarpica D, Sarri K, Dietrich S, Blair SN, Kersting M, Molnar D, González-Gross M, Gutiérrez A, Sjöström M, Castillo MJ. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med* 2011; 45: 20-29.
27. Ortega FR, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf, Sjöström M. Physical active adolescents are more likely to have a healthier cardiovascular fitness level independently of their adiposity status. The European Youth Herat Study. *Rev Esp Cardiol* 2008; 61: 123-9.
28. Ortega FB, Tresaco B, Ruiz JR, Moreno LA, Martín-Matillas M, Mesa JL et al. Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associate with adiposity in adolescents. *Obesity* 2007; 15: 1589-1599.
29. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo M, Moreno LA, González-Gross M, Wärnberg J, Gutiérrez A, Avena Group. Low level of physical fitness in Spanish adolescents. Relevance for future cardiovascular health. *Rev Esp Cardiol* 2005; 58 (8): 898-909.
30. Ramírez-Lechuga J, Femia P, Sánchez-Muñoz C, Zabala M. La actividad física en adolescentes no muestra relación con el consumo máximo de oxígeno. *Arch Med Deporte* 2011; 142: 103-112.
31. Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, Castillo MJ. Predictive Validity of Health-Related Fit-

- ness in Youth: A systematic Review. *Br J Sports Med* 2009; 43 (12): 909-23.
32. Ruiz JR, Ramírez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Araúzo-Azofra A et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO_2max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med* 2008; 44: 233-45.
 33. Ruiz JR, Ortega FB, Gutierrez A, Meusel D, Sjöstrom M, Castillo MJ. Health-related fitness assesment in childhood and adolescence; A European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health* 2006;14 (5): 269-77.
 34. Serbescu C, Flora D, Hantiu I, Greene D, Benhamou CL, Courteix D. Effect of a six-month training programme on the physical capacities of Romanian schoolchildren. *Acta Paediatr* 2006; 95 (10): 1258-1265.
 35. Smith DA, O'Donnell TV. The time course during 36 weeks' endurance training of changes in VO_2max and anaerobic threshold as determined with a new computerized method. *Clin Sci* 1984; 67 (2): 229-36.
 36. Williams CA, Armstrong N, Powell J. Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *Br J Sports Med* 2000; 34: 168-173.
 37. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo. 2007, pp. 138, 314, 620, 663.