

# apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

## Mejoras de la condición cardiorrespiratoria en jóvenes con síndrome de Down mediante entrenamiento aeróbico: estudio longitudinal

José Antonio Casajus<sup>a,b,\*</sup>, Daniel Pueyo<sup>a</sup>, Germán Vicente-Rodríguez<sup>a,b</sup> y Alejandro González-Agüero<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Grupo GENUD (Growth, Exercise, Nutrition and Development)

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Recibido el 25 de abril de 2011; aceptado el 30 de junio de 2011

Disponible en Internet el 14 de diciembre de 2011

### PALABRAS CLAVE

Síndrome de Down;  
Consumo de oxígeno;  
Ejercicio aeróbico;  
Condición física

### Resumen

**Introducción y objetivos:** Las personas con síndrome de Down (SD) muestran niveles inferiores de consumo de oxígeno pico ( $VO_{2pico}$ ) que las personas sin SD. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del entrenamiento aeróbico sobre la condición cardiorrespiratoria en adolescentes con SD.

**Material y métodos:** Diecinueve adolescentes con SD (10 chicas;  $14 \pm 5.9$  años) tomaron parte en el estudio. Mediante una prueba de esfuerzo máxima se evaluó el tiempo de ejercicio y pendiente alcanzada, y también los valores pico de consumo de oxígeno ( $VO_{2pico}$ ), la frecuencia cardíaca, el cociente respiratorio y la ventilación, al comenzar el estudio y a las 30 semanas de intervención. El entrenamiento se realizaba 2 días por semana, con 1 h de duración y a una intensidad entre el 60 y el 75% de su  $VO_{2pico}$ . Uno de los dos días practicaban deportes (atletismo, balonmano, fútbol, baloncesto o voleibol) y el otro, natación. Se usaron tests no paramétricos para evaluar las diferencias entre los momentos pre- y postentrenamiento.

**Resultados:** Después del entrenamiento, los participantes incrementaron significativamente el  $VO_{2pico}$ , la ventilación máxima y la pendiente máxima (todas  $p \leq 0,05$ ).

**Conclusiones:** Los adolescentes con SD son capaces de mejorar su condición cardiorrespiratoria mediante entrenamiento aeróbico de una duración e intensidad media.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: joseant@unizar.es (J.A. Casajus).

**KEYWORDS**

Down's syndrome;  
Oxygen consumption;  
Aerobic exercise;  
Physical fitness

## Improvements in cardiorespiratory fitness through aerobic training in young people with Down's syndrome: a longitudinal study

**Abstract**

*Introduction and objectives:* Individuals with Down's syndrome (DS) show lower levels of peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ).

The purpose of this study was to evaluate the effects that an aerobic training has on adolescents and young adults with Down's syndrome.

*Methodology:* A total of 19 individuals (including 10 girls; mean age;  $14.0 \pm 5.9$  years) participated in a six-month exercise training study. They practised sport-games (athletics, handball, football, basketball or volleyball) and swimming twice a week for one hour and at an intensity of between 60-75% of peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ).

*Results:* Following training, our subjects significantly improved their  $VO_{2peak}$ , ventilation and maximum slope ( $P \leq .05$ ).

*Conclusions:* Adolescents with DS are able to improve their cardiorespiratory fitness through aerobic training for a period of six months with average intensity.

© 2011 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

**Introducción**

El síndrome de Down (SD) es una condición genética que se origina por la presencia de una copia extra, completa o en parte, del cromosoma 21<sup>1</sup>. Se han descrito más de 80 características clínicas en personas con SD, incluidos problemas cardíacos congénitos, presentes aproximadamente en el 40% de los casos<sup>1</sup>. Algunas de las características del SD pueden afectar a la práctica de ejercicio físico: hipotonía muscular, hipermovilidad e hiperlaxitud de las articulaciones, ligera o moderada obesidad, sistema respiratorio y cardiovascular poco desarrollado, baja estatura y brazos y piernas cortas en relación al tronco<sup>2,3</sup>.

En general, las personas con SD tienen una condición cardiorrespiratoria deficiente, alcanzando valores más bajos de consumo de oxígeno pico ( $VO_{2pico}$ ) comparados con personas de su misma edad y sexo sin SD<sup>4,6</sup>. Además, se ha constatado que la condición cardiorrespiratoria en la adolescencia puede condicionar la condición física en la edad adulta y los diferentes factores de riesgo asociados como hipertensión, hipercolesterolemia, etc.<sup>7</sup>.

Algunos autores creen que el  $VO_{2pico}$  de las personas con SD podría estar limitado por el efecto amortiguador que ejerce la frecuencia cardíaca máxima ( $FC_{max}$ ) sobre el gasto cardíaco<sup>8</sup> que está determinado por el volumen sistólico y la FC. Así, una  $FC_{max}$  baja conllevaría valores bajos de  $VO_{2pico}$ <sup>9</sup>.

Del mismo modo, las malformaciones en las vías respiratorias propias de los sujetos con SD producen una reducción de la capacidad cardiorrespiratoria y, por tanto, podrían limitar el  $VO_{2pico}$ <sup>10</sup>.

Los bajos niveles de fuerza y masa magra y altos niveles de masa grasa podrían explicar también el bajo  $VO_{2pico}$  de las personas con SD<sup>6,11-14</sup>.

El comportamiento sedentario propio de personas con SD como consecuencia de las patologías metabólicas, de la obesidad e incluso de la sobreprotección paterna es otro factor que podría afectar a su condición cardiorrespiratoria<sup>15-17</sup>.

En definitiva, la combinación de sedentarismo, baja  $FC_{max}$ , características anatomofisiológicas y composición corporal son algunos de los principales causantes de la baja condición cardiorrespiratoria de las personas con SD<sup>6,18</sup>.

Está demostrado que los programas de entrenamiento aeróbico mejoran la capacidad cardiorrespiratoria en población sin SD<sup>19,20</sup>, pero no se conoce con certeza el efecto que estos tienen en personas con SD<sup>6</sup>. Varios estudios han analizado el efecto de diferentes programas de entrenamiento en adolescentes y adultos con SD, obteniendo resultados poco concluyentes a este respecto. Por un lado, en adultos con SD, Rimmer et al.<sup>21</sup>, Mendonca et al.<sup>22</sup> y Pitetti y Tan<sup>23</sup> encontraron mejoras significativas en el  $VO_{2pico}$  después del periodo de entrenamiento. Sin embargo, Millar et al.<sup>24</sup> y Varela et al.<sup>25</sup> no hallaron modificaciones significativas del  $VO_2$  de adolescentes y adultos jóvenes con SD después del entrenamiento.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si los adolescentes con SD son capaces de mejorar su condición cardiorrespiratoria mediante un programa de entrenamiento aeróbico de dos sesiones semanales, de una hora de duración, durante 30 semanas.

**Métodos****Participantes**

Diecinueve participantes (10 chicas) con SD, de entre 6 y 24 años, tomaron parte en el estudio. Tanto padres como participantes fueron informados sobre el objetivo y los procedimientos del estudio, así como de los posibles riesgos y beneficios de éste. Se obtuvo un consentimiento informado de todos los sujetos y de sus padres o tutores. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1961 (revisión de Edimburgo en 2000) y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Gobierno de Aragón (CEICA).

**Tabla 1** Características descriptivas de los participantes

	Preentrenamiento			Postentrenamiento		
	Total n = 19 Media ± DE	Chicos n = 9 Media ± DE	Chicas n = 10 Media ± DE	Total n = 19 Media ± DE	Chicos n = 9 Media ± DE	Chicas n = 10 Media ± DE
Edad (años)	14,0 ± 5,9	13,3 ± 4,2	14,7 ± 7,2	14,6* ± 5,9	13,9* ± 4,2	15,2* ± 7,2
Talla (cm)	133,7 ± 15,1	140,7 ± 12,8	127,3 ± 14,8	135,1* ± 14,9	142,6* ± 11,8	128,3 ± 14,5
Peso (kg)	38,8 ± 13,1	40,0 ± 13,0	37,8 ± 13,8	39,6* ± 12,2	40,6 ± 11,7	38,7 ± 13,1
IMC (índice de masa corporal)	21,1 ± 4,2	19,7 ± 3,0	22,4 ± 4,8	21,2 ± 3,9	19,6 ± 2,8	22,7 ± 4,3

\*  $p \leq 0,05$  entre preentrenamiento y postentrenamiento.

## Valoración antropométrica

Para la determinación de las medidas antropométricas se utilizaron las normas, recomendaciones y técnicas de medición de la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (ISAK)<sup>26</sup>.

Todos los sujetos, descalzos y con la menor ropa posible, fueron pesados en una báscula con precisión 0,1 kg (SECA 861, SECA, Hamburgo, Alemania) y medidos en un tallímetro con precisión 0,1 cm (SECA 225, SECA, Hamburgo, Alemania).

## Valoración de la condición cardiorrespiratoria

Antes de realizar la prueba de esfuerzo se llevó a cabo un reconocimiento médico-deportivo que incluía: anamnesis, electrocardiograma de reposo, presión arterial, exploración física y ecocardiograma. También se constató si tomaban medicamentos o sustancias que pudieran interferir en los resultados. Las pruebas se llevaron a cabo por las tardes y los sujetos no entrenaron el día anterior.

Todos los participantes realizaron una ergoespirometría en tapiz rodante (EnTred, Enrafnonius, Rotterdam, Países Bajos). Durante la prueba se midió el intercambio de gases mediante un espirómetro de circuito abierto respiración a respiración (MedGraphics, CPX/EXPRESS, Minnesota, Estados Unidos). Se registraron el  $VO_{2\text{pico}}$ , la ventilación pico ( $VE_{\text{pico}}$ ) y cociente respiratorio (CR) como los promedios más altos obtenidos en periodos de 15 segundos. También se registraron estos parámetros en reposo, a  $4 \text{ km h}^{-1}$ ,  $4,8 \text{ km h}^{-1}$  y durante los 3 primeros minutos de la recuperación.

Para la realización de la prueba se siguió el protocolo propuesto por Fernhall<sup>4</sup>, comenzando a una velocidad de  $3,2 \text{ km h}^{-1}$  y 0% de pendiente, excepto en los sujetos menores de 12 años, en los que se comenzó con una velocidad de  $2,8 \text{ km h}^{-1}$ . La velocidad se incrementó  $0,8 \text{ km h}^{-1}$  cada 3 min hasta alcanzar los  $5,6 \text{ km h}^{-1}$ , y posteriormente se aumentó la pendiente del tapiz un 4% cada minuto hasta el final de la prueba.

Se recogió la frecuencia cardíaca durante la ergoespirometría mediante el registro de electrocardiograma de 12 derivaciones (Hellige, Servimed, Alemania).

## Protocolo de entrenamiento

El entrenamiento consistió en 30 semanas, con dos sesiones por semana de una hora de duración, estructuradas en dos

bloques: natación y diferentes deportes (atletismo, balonmano, fútbol, baloncesto o voleibol). La actividad estaba, en todo momento, adaptada a cada sujeto; trabajaron a una intensidad entre el 60 y el 75% del  $VO_{2\text{pico}}$ , comprobado con pulsómetros (Polar® 810i). Había un monitor por cada 5 sujetos.

## Estadística

Los datos se muestran como media ± desviación estándar (DE). Todas las variables ofrecían una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov); sin embargo, debido al tamaño muestral se optó por realizar pruebas no paramétricas.

Se utilizó el test U de Mann-Whitney para evaluar las diferencias entre sexos y el de Wilcoxon-Cox para evaluar cambios entre los momentos pre y postentrenamiento.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS (versión 15.0 para Windows). Se tomó como nivel de significación  $p \leq 0,05$ .

## Resultados

Los datos descriptivos de los participantes se encuentran en la tabla 1. No se observaron diferencias significativas entre sexos.

En la evaluación preentrenamiento los chicos obtuvieron valores más altos en  $VO_{2\text{pico}}$  y velocidad máxima que las chicas (ambas  $p \leq 0,05$ ; tabla 2).

Analizando la muestra completa, sin dividir por sexos, se observaron incrementos en el  $VO_{2\text{pico}}$ ,  $VE_{\text{max}}$ , tiempo máximo de ejercicio y pendiente máxima, y una disminución en el  $VO_2$  tras un minuto de recuperación y el CR comparando los momentos pre y postentrenamiento (todas  $p \leq 0,05$ ; tabla 2).

Los chicos, tras el entrenamiento, incrementaron el  $VO_{2\text{pico}}$ , pendiente máxima y el tiempo máximo de ejercicio, mientras que disminuyeron el  $VO_2$  tras 1 min de recuperación comparando con la evaluación preentrenamiento (todas  $p \leq 0,05$ ; tabla 2).

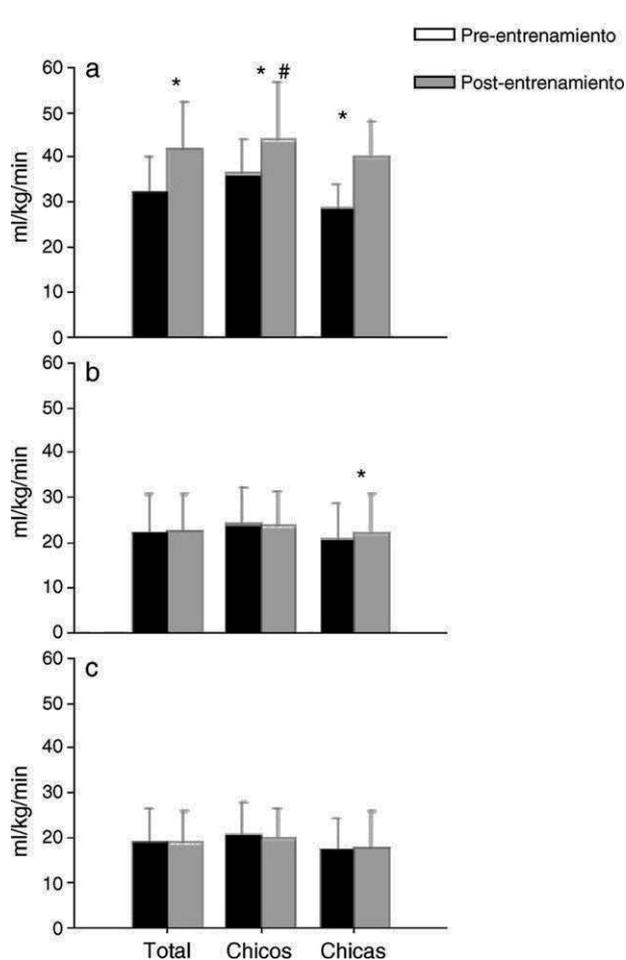
Las chicas, tras el entrenamiento, incrementaron el  $VO_{2\text{pico}}$ ,  $VO_2$  a  $4,8 \text{ km h}^{-1}$  y pendiente máxima, y disminuyeron su CR comparando con la evaluación preentrenamiento (todas  $p \leq 0,05$ ; tabla 2 y fig. 1).

En la evaluación postentrenamiento, los chicos mostraron una velocidad máxima mayor y una FC a  $4,8 \text{ km/h}$  menor que las chicas (ambas  $p \leq 0,05$ ; tabla 2 y fig. 2).

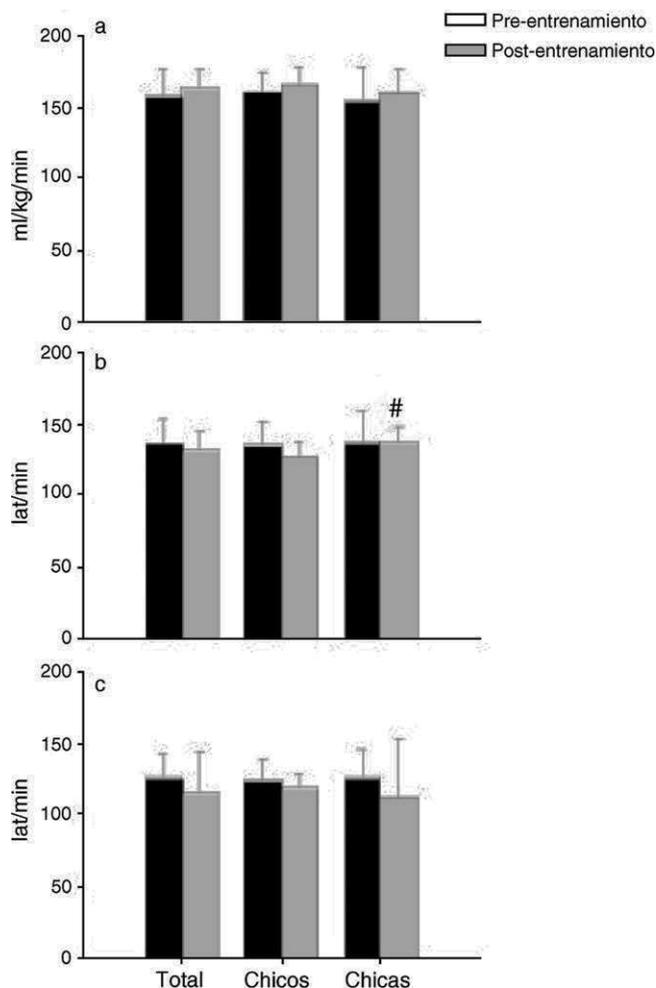
**Tabla 2** Valores de condición cardiorrespiratoria preentrenamiento y postentrenamiento

	Preentrenamiento			Postentrenamiento		
	Total n=19 Media ± DE	Chicos n=9 Media ± DE	Chicas n=10 Media ± DE	Total n=19 Media ± DE	Chicos n=9 Media ± DE	Chicas n=10 Media ± DE
FC reposo (latidos/min)	81 ± 16	78 ± 18	85 ± 15	81 ± 13	79 ± 15	83 ± 12
VO <sub>2</sub> en reposo (ml/kg/min)	5,4 ± 2,1	4,5 ± 1,7	6,0 ± 2,1	5,9 ± 1,8	6,1 ± 1,8	5,7 ± 1,8
Cociente respiratorio pico	0,86 ± 0,08	0,85 ± 0,07	0,87 ± 0,10	0,79# ± 0,05	0,79# ± 0,06	0,80# ± 0,04
Tiempo máximo de ejercicio (min)	17,1 ± 3,5	17,8 ± 3,7	16,5 ± 3,4	19,3# ± 3,9	21,1# ± 3,9	17,7 ± 3,2
FC máxima	158 ± 19	161 ± 14	155 ± 23	164 ± 13	166 ± 12	161 ± 15
Ventilación máxima (l/min)	33,9 ± 16,7	34,5 ± 17,2	33,5 ± 17,3	38,7# ± 16	43,7 ± 16,4	34,3 ± 15,1
FC tras 1 min de recuperación (lat/min)	117 ± 21	122 ± 25	111 ± 16	126 ± 18	131 ± 19	121 ± 17
Velocidad máxima (km/h)	4,9 ± 0,9	5,4* ± 0,7	4,5 ± 0,9	4,9 ± 0,8	5,3* ± 0,6	4,5 ± 0,7
Pendiente máxima (%)	10,3 ± 5,7	12,0 ± 6,0	8,7 ± 5,1	16,8# ± 5,6	19,8# ± 3,1	14,2# ± 6,1

\* p ≤ 0,05 entre chicos y chicas; # p < 0,05 entre preentrenamiento y postentrenamiento; FC: frecuencia cardíaca; VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno.



**Figura 1** Valores de consumo de oxígeno pico (a), a 4,8 km/h (b) y a 4 km/h (c). \* p ≤ 0,05 entre pre y post entrenamiento; # p < 0,05 entre chicos y chicas.



**Figura 2** Valores de frecuencia cardíaca máxima (a), a 4,8 km/h (b) y a 4 km/h (c). # p < 0,05 entre chicos y chicas.

## Discusión

El principal hallazgo de este estudio es que los adolescentes con SD son capaces de mejorar su condición cardiorrespiratoria, incrementando significativamente su  $VO_{2\text{pico}}$ , después de 30 semanas de ejercicio aeróbico.

Al tratarse de una intervención durante el crecimiento, los cambios antropométricos observados deben interpretarse teniendo en cuenta las modificaciones propias de esta etapa.

El  $VO_2$  es un indicador del estado cardiovascular y tiene una alta relación con la salud adolescente<sup>7</sup> y la enfermedad en la edad adulta<sup>27</sup>. Existen notables diferencias entre los niveles de  $VO_2$  en personas con y sin SD; sin distinción de edad, los sujetos con SD muestran unos valores entre 25-35  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ <sup>28</sup>, por los 45-55  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  de los sujetos sanos sin SD<sup>29</sup>; nuestros participantes también tenían estos valores al comienzo del estudio. Estos valores se asocian a riesgo cardiovascular elevado<sup>7</sup> y limitan la capacidad funcional de actividades cotidianas de las personas con SD<sup>30</sup>. Al finalizar los 6 meses de entrenamiento, nuestro grupo de adolescentes con SD incrementó significativamente un 30% el  $VO_{2\text{pico}}$  hasta valores de aproximadamente 42  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , cercanos a los de la población sin SD y considerados como saludables<sup>29,31</sup>.

Las chicas con SD de nuestro estudio aumentaron casi un 40% su  $VO_{2\text{pico}}$  frente al 20% que mejoraron los chicos; esto puede ser debido al bajo  $VO_{2\text{pico}}$  inicial de la chicas, que por tanto tenían mayor potencial de mejora.

Además, los participantes de nuestro estudio mejoraron otras variables, como la  $VE_{\text{max}}$  (14%), el tiempo de ejercicio (13%) y la pendiente máxima (63%).

Todos estos datos concuerdan con lo observado por Rimmer et al.<sup>21</sup> y Mendonca et al.<sup>22</sup> en adultos con SD. Sin embargo, no todos los estudios realizados con personas con SD encuentran incrementos del  $VO_{2\text{pico}}$  de sus participantes<sup>24,25</sup>, lo cual puede deberse a las diferentes intensidades y duraciones de los programas de entrenamiento.

En cuanto a mejoras en el rendimiento, observamos una tendencia a la mejora en la FC con una disminución de la FC a 4 y 4,8 km/h (7,9 y 2,9%, respectivamente) tras el entrenamiento tanto en chicos como en chicas, lo que nos indica una mejora de la eficiencia cardiovascular a cargas submáximas característica del tipo de entrenamiento propuesto.

En la misma línea que el estudio de Baynard et al.<sup>32</sup>, nuestros participantes mostraron una FC de reposo muy elevada (81 latidos/min), tanto al principio como tras el periodo de entrenamiento. Los sujetos con SD, a intensidades de ejercicio submáximas, marcan una FC elevada<sup>32</sup>, probablemente debido a que se ejercitan a una mayor intensidad relativa de ejercicio, que puede ser consecuencia del desacoplamiento del sistema vegetativo que altera los mecanismos de regulación de la FC<sup>28,33,34</sup>. Estas altas FC submáximas contrastan con las bajas  $FC_{\text{pico}}$ , que alcanzan 164 latidos/min, probablemente debido —como señalan Guerra et al.— a su incompetencia cronotrópica.

El 14% de incremento en la  $VE_{\text{max}}$  de nuestros participantes muestra semejanzas con los datos de Mendonca (30%)<sup>22</sup> a la vez que difiere de los de Millar et al.<sup>24</sup>, que únicamente encontraron una tendencia de mejora en la  $VE_{\text{max}}$ .

Diferentes autores opinan que las mejoras obtenidas tras el entrenamiento se deben en gran parte a factores externos como la familiarización con las pruebas, el aumento de la paciencia<sup>24</sup>, la reducción de la ansiedad<sup>35</sup>, la mejora de la eficiencia de carrera o al aumento de motivación ante el ejercicio a una intensidad elevada<sup>36</sup>. En nuestro estudio los adolescentes visitaron previamente el laboratorio y experimentaron con todas las pruebas, por lo que el posible efecto de familiarización se atenuó o desapareció antes de realizar la ergoespirometría.

La limitación principal de este estudio es la falta de un grupo control, lo que no nos permite demostrar que las mejoras observadas son únicamente consecuencia del entrenamiento y no debidas a los cambios fisiológicos ligados al desarrollo. Sin embargo, se ha comprobado que el  $VO_2$  de los niños no mejora con el crecimiento si son sedentarios<sup>37</sup>.

Es posible que con un periodo de entrenamiento aeróbico más prolongado y/o intenso se alcancen los 42  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , límite inferior en los sujetos sin patología, pero se necesitan más estudios y con intensidades de ejercicio más altas para verificar este supuesto. Son necesarios más estudios con adolescentes con SD en los que se apliquen programas de ejercicio físico de mayor duración y en los que se lleven a cabo entrenamientos a diferentes intensidades para comprobar si esta hipótesis se cumple.

## Conclusión

Los adolescentes con SD son capaces de mejorar su condición cardiorrespiratoria tras 30 semanas de entrenamiento aeróbico con dos sesiones por semana a una intensidad entre el 60-75% del  $VO_{2\text{pico}}$ , incrementando un 30% su  $VO_{2\text{pico}}$  y alcanzando valores cercanos a los considerados como saludables para población sin SD.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los participantes y a sus padres la participación y dedicación a este proyecto. El trabajo ha sido subvencionado por Gobierno de Aragón (Proyecto PM 17/2007) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (Red de investigación en ejercicio físico y salud para poblaciones especiales-EXERNET-DEP2005-00046/ACTI).

## Bibliografía

1. Pueschel SM. Clinical aspects of Down syndrome from infancy to adulthood. *Am J Med Genet Suppl.* 1990;7:52-6.
2. Pitetti KH, Climstein M, Mays MJ, Barrett PJ. Isokinetic arm and leg strength of adults with Down syndrome: A comparative study. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:847-50.
3. Peran S, Gil JL, Ruiz F, Fernandez-Pastor V. Development of physical response after athletics training in adolescents with Down's syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 1997;7:283-8.
4. Fernhall B, Pitetti KH, Rimmer JH, McCubbin JA, Rintala P, Millar AL, et al. Cardiorespiratory capacity of individuals with

- mental retardation including Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:366–71.
5. Guerra-Balic M, Cuadrado-Mateos E, Geronimo-Blasco C, Fernhall B. Physical fitness levels of physically active and sedentary adults with Down syndrome. *Adapt Phys Activ Q.* 2000;17:310–21.
  6. González-Agüero A, Vicente-Rodriguez G, Moreno LA, Guerra-Balic M, Ara I, Casajus JA. Health-related physical fitness in children and adolescents with Down syndrome and response to training. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20:716–24.
  7. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond).* 2008;32:1–11.
  8. Baynard T, Pitetti KH, Guerra M, Unnithan VB, Fernhall B. Age-related changes in aerobic capacity in individuals with mental retardation: A 20-yr review. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:1984–9.
  9. Guerra M, Gine-Garriga M, Fernhall B. Reliability of Wingate testing in adolescents with Down syndrome. *Pediatric Exercise Science.* 2009;21:47–54.
  10. Bassett Jr DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:70–84.
  11. Mercer VS, Lewis CL. Hip abductor and knee extensor muscle strength of children with and without Down syndrome. *Pediatr Phys Ther.* 2001;13:18–26.
  12. Baptista F, Varela A, Sardinha LB. Bone mineral mass in males and females with and without Down syndrome. *Osteoporos Int.* 2005;16:380–8.
  13. González-Agüero A, Villarroja MA, Vicente-Rodriguez G, Casajús JA. Masa muscular, fuerza isométrica y dinámica en las extremidades inferiores de niños y adolescentes con síndrome de Down. *Biomecánica.* 2009;17:46–51.
  14. González-Agüero A, Ara I, Moreno LA, Vicente-Rodriguez G, Casajus T. Fat and lean masses in youths with Down syndrome: Gender differences. *Research in Developmental Disabilities.* 2011;32:1685–93.
  15. Sharav T, Bowman T. Dietary practices, physical activity, and body-mass index in a selected population of Down syndrome children and their siblings. *Clin Pediatr (Phila).* 1992;31:341–4.
  16. Bricout VA, Guinot M, Faure P, Flore P, Eberhard Y, Garnier P. Are hormonal responses to exercise in young men with Down's syndrome related to reduced endurance performance? *J Neuroendocrinol.* 2008;20:558–65.
  17. Frey GC, Stanish HI, Temple VA. Physical activity of youth with intellectual disability: Review and research agenda. *Adapt Phys Activ Q.* 2008;25:95–117.
  18. Andriolo RB, El Dib RP, Ramos LR. Aerobic exercise training programmes for improving physical and psychosocial health in adults with Down syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005;3:pCD005176.
  19. Daniels JT, Yarbrough RA, Foster C. Changes in  $VO_{2max}$  and running performance with training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1978;39:249–54.
  20. Marti B, Howald H. Long-term effects of physical training on aerobic capacity: controlled study of former elite athletes. *J Appl Physiol.* 1990;69:1451–9.
  21. Rimmer JH, Heller T, Wang E, Valerio I. Improvements in physical fitness in adults with Down syndrome. *Am J Ment Retard.* 2004;109:165–74.
  22. Mendonca GV, Pereira FD. Influence of long-term exercise training on submaximal and peak aerobic capacity and locomotor economy in adult males with Down's syndrome. *Med Sci Monit.* 2009;15:CR33–9.
  23. Pitetti KH, Tan DM. Effects of a minimally supervised exercise program for mentally retarded adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:594–601.
  24. Millar AL, Fernhall B, Burkett LN. Effects of aerobic training in adolescents with Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:270–4.
  25. Varela AM, Sardinha LB, Pitetti KH. Effects of an aerobic rowing training regimen in young adults with Down syndrome. *Am J Ment Retard.* 2001;106:135–44.
  26. Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Antropométrica. En: Norton K, Olds T, editores. *Measurement techniques in anthropometry.* Sydney: UNSW; 1996. p. 22–75.
  27. Paffenbarger Jr RS, Blair SN, Lee IM. A history of physical activity, cardiovascular health and longevity: the scientific contributions of Jeremy N Morris, DSc, DPH, FRCP. *Int J Epidemiol.* 2001;30:1184–92.
  28. Fernhall B, Otterstetter M. Attenuated responses to sympathoexcitation in individuals with Down syndrome. *J Appl Physiol.* 2003;94:2158–65.
  29. Morgan DW, Bransford DR, Costill DL, Daniels JT, Howley ET, Krahenbuhl GS. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:404–9.
  30. Cowley PM, Ploutz-Snyder LL, Baynard T, Heffernan K, Jae SY, Hsu S, et al. Physical fitness predicts functional tasks in individuals with Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42:388–93.
  31. The Cooper Institute for Aerobic Research. *FITNESSGRAM test administration manual.* Champaign: Human Kinetics; 1999.
  32. Baynard T, Pitetti KH, Guerra M, Fernhall B. Heart rate variability at rest and during exercise in persons with Down syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:1285–90.
  33. Figueroa A, Collier SR, Baynard T, Giannopoulou I, Gouloupoulou S, Fernhall B. Impaired vagal modulation of heart rate in individuals with Down syndrome. *Clin Auton Res.* 2005;15:45–50.
  34. Iellamo F, Galante A, Legramante JM, Lippi ME, Condoluci C, Albertini G, et al. Altered autonomic cardiac regulation in individuals with Down syndrome. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2005;289:H2387–91.
  35. Fernhall B. Physical fitness and exercise training of individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:442–50.
  36. Conley RW. Down syndrome: economic burdens and benefits of prevention. *Basic Life Sci.* 1985;36:35–59.
  37. Vicente-Rodriguez G, Ara I, Perez-Gomez J, Dorado C, Calbet JA. Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med.* 2005;39:611–6.