

REVISTA MÉDICA INTERNACIONAL SOBRE EL SÍNDROME DE DOWN

www.elsevier.es/sd



ORIGINAL

Efectos del entrenamiento pliométrico sobre la resistencia cardiorrespiratoria de niños y adolescentes con síndrome de Down

A. González-Agüero^{a,b}, A. Gómez-Cabello^{a,c}, A. Matute-Llorente^{a,d}, A. Gómez-Bruton^{a,d}, G. Vicente-Rodríguez^{a,d} y J.A. Casajús^{a,d,*}

^aGrupo de investigación GENUD (*Growth, Exercise, Nutrition and Development*), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

^bDepartment of Sport and Exercise Science, Aberystwyth University, Ceredigion, Reino Unido

^cCentro Universitario de la Defensa, Zaragoza, España

^dDepartamento de Fisiología y Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Universidad de Zaragoza, Huesca, España

Recibido el 2 de junio de 2014; aceptado el 28 de julio de 2014.

PALABRAS CLAVE

Ejercicio;
Capacidad funcional;
Trisomía 21;
Tapiz rodante;
Salud

Resumen

Objetivo: Determinar los efectos de 21 semanas de entrenamiento en circuito, incluyendo saltos pliométricos, sobre la resistencia cardiorrespiratoria de jóvenes con síndrome de Down (SD).

Método: Veintisiete jóvenes con SD de entre 10 y 19 años participaron en este estudio. Los participantes se dividieron en dos grupos: ejercicio (EJE; $n = 14$) y control (CON; $n = 13$). Antes y después de la realización del programa de entrenamiento se midieron los siguientes parámetros: tiempo de trabajo, valores máximos de consumo de oxígeno, cociente respiratorio, frecuencia cardíaca y ventilación minuto de los participantes mediante una prueba de esfuerzo progresiva en tapiz rodante.

Resultados: Los participantes del grupo EJE aumentaron todos los parámetros cardiovasculares en comparación con su valor basal, después del entrenamiento (todos $p < 0,05$). Además, a pesar de tener unos valores similares antes del entrenamiento, el grupo EJE mostró valores más elevados que el grupo CON después del entrenamiento (todos $p < 0,05$).

*Autor para correspondencia.

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

Este trabajo fue financiado por el Gobierno de Aragón (Proyecto PM17/2007) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (Red de investigación en ejercicio físico y salud para poblaciones especiales-EXERNET-DEP2005-00046/ACTI). El trabajo fue galardonado con un accésit en el XIII Premio Bienal de Investigación Ramon Trias Fargas sobre el síndrome de Down 2013. El trabajo no ha sido publicado ni está sometido en este momento en ninguna revista científica; tampoco ha sido expuesto en ningún simposio o congreso, por lo que se trata de un trabajo inédito de investigación.

Conclusión: Se puede concluir que los jóvenes con SD pueden conseguir mejoras en diversos parámetros cardiorrespiratorios tras la ejecución de 21 semanas de entrenamiento con ejercicios pliométricos.

KEY WORDS

Exercise;
Functional residual capacity;
Down syndrome;
Treadmill test;
Health

Effects of a circuit training including plyometric jumps on cardiorespiratory fitness of children and adolescents with Down syndrome

Abstract

Aim: To ascertain the effects of 21 weeks of circuit training, including plyometric jumps, on cardiorespiratory fitness of youths with Down syndrome (DS).

Methods: Twenty-seven children and adolescents aged 10 to 19 years with DS participated in this study and were divided in two groups: exercise (EXE, $n = 14$) and control (CON, $n = 13$). Work time, peak values of oxygen consumption, respiratory exchange ratio, heart rate and minute ventilation of the participants were measured in pre- and post-training moments with a graded exercise treadmill test.

Results: EXE group increased all their cardiorespiratory parameters compared to baseline after 21 weeks of training (all $p < .05$). Additionally, and despite having similar pre-training values, EXE group showed higher values than CON group in all cardiorespiratory parameters after training (all $p < .05$).

Conclusion: It may be concluded that youths with DS can achieve improvements in several cardiorespiratory parameters when performing 21 weeks of training including plyometric exercises.

Introducción

El síndrome de Down (SD) es una alteración genética caracterizada por la presencia de discapacidad intelectual y más de 80 características clínicas¹, algunas de ellas relacionadas con el ejercicio². Se ha descrito que la resistencia cardiorrespiratoria (RC) es más baja en personas con SD cuando se compara con otras sin SD, con o sin discapacidad intelectual^{3,4}. Esto es importante, ya que la RC es un indicador de salud durante la infancia y la adolescencia, principalmente por su relación inversa con la adiposidad abdominal y total, y su relación directa con la reducción de factores de riesgo cardiovasculares y con la salud ósea⁵. Además, se sabe también que la RC contribuye de manera positiva a la autonomía de las personas con necesidades especiales (como las personas con SD) en su edad adulta⁶, y favorece la capacidad de realizar actividades de la vida diaria debido a su estrecha relación con la capacidad funcional⁷.

Por lo tanto, debido en parte al incremento en la esperanza de vida de las personas con SD⁸, y con el objetivo de aumentar su independencia y calidad de vida, la RC puede ser un factor clave para ser investigado desde la niñez y la adolescencia en población con SD.

Se sabe con certeza que los programas de entrenamiento mejoran la RC en niños y adolescentes sin o con necesidades especiales (como diabetes de tipo 1, discapacidad intelectual o parálisis cerebral⁹⁻¹¹); sin embargo, no se ha investigado en profundidad si estos resultados se pueden observar también en niños y adolescentes con SD⁴. Tal como se ha descrito en la literatura científica, mediante una revisión sistemática, el entrenamiento aeróbico es una estrategia efectiva para mejorar la RC en adultos con SD¹². Desafortunadamente, no son abundantes los estudios llevados a cabo

exclusivamente en niños y adolescentes con SD¹³⁻¹⁵, y la información que proporcionan no es concluyente respecto a mejoras en la RC. Debido a su naturaleza intrínsecamente cíclica y rítmica, el entrenamiento aeróbico podría no ser particularmente atractivo para niños con SD. Alternativamente, el entrenamiento mediante el circuito se corresponde con tareas lúdicas caracterizadas por diferentes ejercicios. Empleando resistencias bajas y alto número de repeticiones, combina efectivamente los beneficios del entrenamiento muscular de fuerza con los beneficios cardiovasculares del ejercicio dinámico. Este tipo de entrenamiento produce cerca del 50% de la mejora en RC comparado con hacer bicicleta o carrera continua en personas sin discapacidad¹⁶, y se ha demostrado que mejora la composición corporal en adolescentes con SD^{17,18}. De manera importante, el entrenamiento pliométrico ha demostrado también incrementos en la fuerza y potencia de las extremidades inferiores, así como mejoras en la eficiencia de carrera y salto¹⁹. También se ha demostrado que el entrenamiento pliométrico es efectivo para incrementar el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$)²⁰.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de 21 semanas de un programa de entrenamiento en circuito, incluyendo pliometría (2 días por semana, 25 min) en la RC de niños y adolescentes con SD.

Material y métodos

Participantes

En el estudio participaron un total de 27 niños y adolescentes con SD (12 chicas y 15 chicos) de 10 a 19 años al comien-

zo del estudio. Catorce participantes (8 chicas y 6 chicos) fueron aleatoriamente asignados al grupo «ejercicio» (EJE) y realizaron el programa de entrenamiento; los restantes 13 participantes (grupo CON) no incrementaron sus actividades diarias. Se completó una historia clínica incluyendo los antecedentes de enfermedades o intervenciones quirúrgicas de cada participante. Se informó a los jóvenes y a sus padres sobre los objetivos del estudio, los posibles riesgos y los beneficios. El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki de 1961 (revisada en Edimburgo, 2000) y fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Gobierno de Aragón (CEICA, España).

Evaluación y mediciones

Antropometría

Se midió la talla de todos los participantes sin zapatos y con la mínima ropa posible, con una precisión de 0,1 cm (SECA 225, SECA, Hamburgo, Alemania), y pesados con una precisión de 0,1 kg (SECA 861, SECA, Hamburgo, Alemania). El índice de masa corporal (IMC) se calculó como el peso (kg) dividido por la altura al cuadrado (m^2).

Evaluación del estadio puberal

El estadio de maduración sexual se determinó mediante observación directa por un médico de acuerdo con los cinco estadios propuestos por Tanner y Whitehouse²¹.

Prueba de esfuerzo

Antes de la prueba de esfuerzo máxima, una cardióloga examinó a cada participante, dándoles permiso para participar en el estudio. Con anterioridad a la recogida de datos, los participantes se familiarizaron con el laboratorio y el protocolo de las pruebas. La toma de datos comenzó cuando los participantes ya eran capaces de caminar por sí solos en el tapiz rodante (Quasar Med 4.0, h/p/cosmos, Nussdorf-Traunstein, Alemania) con la máscara de gases ya colocada. Se empleó un protocolo progresivo para evaluar la RC (tabla 1). Se comenzó a un ritmo cómodo para cada participante ($2,4$ o $3,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); la velocidad se incrementó $0,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ cada 2 min hasta que los participantes no eran capaces de andar sin correr ($4,8$ o $5,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). A partir de este momento se incrementaba la inclinación del tapiz un 4% cada minuto hasta la extenuación (hasta un máximo del 24%). Un médico especialista en medicina del deporte supervisó el test completo y examinó a los participantes antes y después de la prueba.

El intercambio de gases respiratorios se midió “respiración por respiración” usando un ergoespirómetro de circuito abierto (Oxycon Pro, Jaeger/Viasys Healthcare, Hoechberg, Alemania). Los valores máximos de consumo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$), cociente respiratorio ($RER_{\text{máx}}$) y ventilación por minuto ($VE_{\text{máx}}$) se registraron como los valores medios más altos obtenidos para cualquier período continuo de 30 s. El analizador de gases se calibró con una mezcla de gases y volumen conocidos antes de la primera prueba de cada día como recomienda el fabricante. Para registrar la frecuencia cardíaca se utilizó un electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones antes de, y durante toda la prueba. El valor máximo de la frecuencia cardíaca ($FC_{\text{máx}}$) se consideró el valor más alto de la FC registrada durante la última etapa de ejercicio. La presión arterial se midió también por motivos de seguridad antes de

Tabla 1 Protocolo de la prueba de esfuerzo

Velocidad (km/h)	Inclinación	Tiempo (min)
0,0	0°	3
2,4	0°	2
3,2	0°	2
4,0	0°	2
4,8	0°	2
5,6	0°	2
5,6	4°	1
5,6	8°	1
5,6	12°	1
5,6	16°	1
5,6	20°	1
5,6	24°	1
0,0	0°	3

la prueba y en el período de recuperación (M3, HEM-7200-E, Omron Healthcare Europe, Hoofddorp, Países Bajos). Estas pruebas se realizaron pre- y posentrenamiento, y los incrementos en $VO_{2\text{máx}}$, $RER_{\text{máx}}$, $FC_{\text{máx}}$, $VE_{\text{máx}}$, y el tiempo de trabajo se calcularon individualmente para cada participante utilizando la fórmula $[(\text{pos-pre})/\text{pre}] \times 100$.

Programa de intervención

Los participantes asignados al grupo EJE se ejercitaron 2 días a la semana, y cada sesión se realizó con un máximo de 10 participantes. Durante todo el programa de entrenamiento hubo 48 h de descanso entre las dos sesiones. Cada entrenamiento fue supervisado por un licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y de uno a tres ayudantes. Las sesiones se llevaron a cabo en tres lugares diferentes: dos salas de ejercicio en diferentes gimnasios de la ciudad, y una habitación adaptada de la Fundación Down de Zaragoza. En todas las sesiones se utilizó el mismo material. La primera semana (2 sesiones) sirvió como familiarización con el uso del material/equipo y de cómo realizar los ejercicios. Cada sesión de entrenamiento consistió en 5 min de actividades de calentamiento, de 10 a 15 min de ejercicio físico y 5 min de vuelta a la calma. El circuito constaba de 4 componentes principales de acuerdo con el plan de entrenamiento (fig. 1).

Los ejercicios realizados en cada estación fueron:

- 1. Saltos:** de pie salto vertical, salto en carrera, salto en caída (altura del salto entre 40 y 50 cm), salto en caída + salto horizontal (altura del salto entre 40 y 50 cm). A partir de la tercera semana, los participantes realizaron el ejercicio cargando balones medicinales.

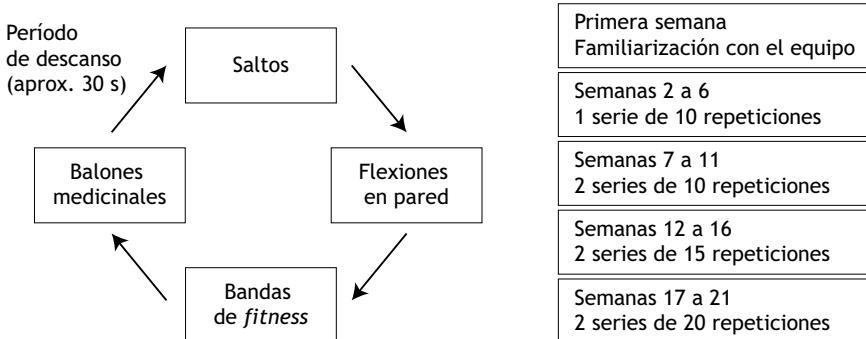


Figura 1 Plan de entrenamiento para las 21 semanas.

2. **Flexiones en la pared:** los participantes ponían sus manos sobre la pared y realizaban flexiones de pie con los pies separados 30 a 50 cm de la pared.
3. **Bandas elásticas de fitness:** remo lateral, flexión de bíceps y remo frontal.
4. **Balones medicinales adaptados:** lanzamientos y recepciones, con una distancia entre los participantes de 3 a 4 m.

Los 13 participantes fueron divididos en cuatro grupos de intensidad (cuartiles) en función de su peso corporal, y trabajaron de forma individualizada. Los participantes fueron transferidos al grupo siguiente de intensidad cada vez que eran capaces de realizar el ejercicio prescrito fácilmente y con el movimiento biomecánico adecuado. Había cuatro colores diferentes, según la intensidad, para las bandas de fitness (amarillo, verde, azul y violeta) y cuatro balones medicinales (1, 2, 3 y 4 kg), y cada uno se asignó a un grupo. Se motivó a los participantes mediante refuerzos verbales positivos durante todo el período de entrenamiento, focalizándose en la correcta ejecución de los ejercicios y el número de repeticiones. Cada grupo siguió el mismo programa de ejercicios con una banda de fitness y balón medicinal de color diferente (fig. 1). Una asistencia mínima del 70% fue el punto de corte para incluir los datos en los posteriores análisis estadísticos.

Análisis estadísticos

La media y la desviación estándar se indican como estadísticos descriptivos; de no ser así, se explican a continuación. Se realizaron tests de ANOVA para evaluar las posibles interacciones de sexo por grupo de entrenamiento. Se utilizó la prueba de χ^2 para evaluar las diferencias en el estado de maduración de Tanner. Se utilizaron tests no paramétricos debido al tamaño de la muestra (menos de 30 participantes). Para evaluar las diferencias entre grupos EJE y CON (entre variables y entre los porcentajes de cambio) se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, y para evaluar las diferencias entre antes y después del entrenamiento, se empleó la prueba de Wilcoxon-Cox para todas las variables estudiadas dentro de cada grupo. Como la FC_{\max} aumentó de antes a después del entrenamiento, se calculó un ANOVA para el $VO_{2\max}$, controlando por FC_{\max} (ANCOVA). El efecto del tamaño de la muestra se estableció utilizando la prueba d de Cohen para todas las comparaciones²². Teniendo en cuenta los puntos de corte establecidos por Cohen, el tamaño del efecto puede

ser pequeño (de 0,2 a 0,5), medio (de 0,5 a 0,8) o grande (superior a 0,8). La significación estadística se estableció en $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS, versión 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, Estados Unidos).

Resultados

Adherencia al entrenamiento

La adherencia al entrenamiento tuvo una media $81,8 \pm 9,2\%$. Solo uno de los participantes (mujer) no alcanzó el mínimo de asistencia del 70% al entrenamiento (45%) y sus datos fueron excluidos del análisis estadístico. No hubo abandonos en ningún grupo y no aparecieron efectos adversos de importancia ni problemas de salud en los participantes de ambos grupos durante el período de entrenamiento.

Características físicas

La edad y características físicas de los participantes se resumen en la tabla 2. Los grupos EJE y CON mostraron valores similares para la altura, el peso, el estadio de Tanner y el IMC, antes y después de la intervención.

Valores cardiovasculares

No se encontraron interacciones de grupo por entrenamiento para ningún parámetro de RC (datos no mostrados). Tampoco se encontraron interacciones por sexo; por lo tanto, los grupos se estudiaron en conjunto (sin división de género). La tabla 3 indica la media y la desviación estándar de los valores máximos de los datos de RC para los grupos EJE y CON, en los momentos antes y después del entrenamiento. No hubo diferencias antes del entrenamiento entre los grupos en ninguna de las variables estudiadas. Posteriormente, el grupo EJE mostró valores más elevados de $VO_{2\max}$, FC_{\max} y RER_{\max} en comparación con el grupo CON (todos $p < 0,05$, la d de Cohen osciló entre 0,6 y 0,9; tabla 3). El posterior ajuste controlando por el porcentaje de cambio en FC_{\max} (antes y después del entrenamiento) no modificó sustancialmente los resultados para $VO_{2\max}$ (datos no presentados). Además, el grupo EJE aumentó su tiempo de trabajo, $VO_{2\max}$, FC_{\max} , VE_{\max} y RER_{\max} de los momentos antes y después del entrenamiento, mientras que el grupo CON solo mejoró la VE_{\max} (todos $p < 0,05$; tabla 3). Los valores medios de porcentaje de cambio, calculado individualmente de los momentos antes y después del entrenamiento, se representan gráficamente en la figura 2. En general, el grupo EJE mostró una mayor tendencia a la mejora en todas las medidas de RC en comparación con el CON (sin diferencias significativas).

Discusión

En general, los resultados de este estudio muestran que los niños y adolescentes con SD incrementaron algunos pará-

Tabla 2 Características descriptivas de los participantes

	Preentrenamiento				Posentrenamiento			
	Ejercicio n = 13		Control n = 13		Ejercicio n = 13		Control n = 13	
	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE
Edad (años)	13,7	± 2,6	15,6	± 2,5	14,3	± 2,6	16,2	± 2,5
Peso (kg)	40,1	± 9,6	47,9	± 10,7	41,8	± 9,8	48,6	± 10,4
Altura (cm)	141,9	± 12,5	146,7	± 11,1	142,8	± 12,4	148,1	± 10,6
Tanner (I/II/III/IV/V)	3/0/3/2/5		1/2/1/4/5		2/1/2/2/6		0/3/1/3/6	
IMC	19,3	± 2,5	22,1	± 3,3	20,2	± 2,6	21,39	± 3,0

IMC: índice de masa corporal.

metros de su RC después de un entrenamiento mediante circuito de una duración de 21 semanas. Por lo que sabemos, este es el primer estudio que obtiene mejoras significativas en la RC de niños y adolescentes con SD, como consecuencia de un programa de entrenamiento. Como no hubo abandonos, se puede decir que el programa resultó ser atractivo y de fácil adherencia para esta población y sus familias.

Dado que las personas con SD tienen un elevado consumo de oxígeno al caminar²³, y que la RC es un buen predictor de la capacidad de los adultos con SD para realizar tareas funcionales de la vida diaria²⁴, estamos hablando de conclusiones muy importantes que mejorarian la realización de las acciones diarias y su independencia, ahora y en los próximos años. Teniendo en cuenta que la RC está muy relacionada con la salud cardiovascular presente y futura de los

jóvenes⁵, es un factor muy importante que mejorar en esta población específica con mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y enfermedades relacionadas con la salud ósea^{4,25-27}. A pesar de que las personas con SD pueden tener menos factores de riesgo ateroesclerótico²⁸, el aumento continuo de la esperanza de vida en la población con SD²⁹, junto con los altos niveles de tejido adiposo que se encuentran en esta población (especialmente en el tronco)²⁵ hace que los incrementos en la RC sea un tema importante a tener muy en cuenta.

Estudios previos en adolescentes y adultos jóvenes con SD mostraron mejoras en la capacidad de trabajo después del entrenamiento^{13,30}, pero sin lograr incrementos en los parámetros de RC. Millar et al.³⁰ después de un programa de 10 semanas de entrenamiento aeróbico con adolescentes con SD, encontraron una mejora en la capacidad de

Tabla 3 Valores de resistencia cardiorrespiratoria antes y después del ejercicio

	Antes				Después			
	Ejercicio		Control		Ejercicio		Control	
	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE	Media	± DE
Tiempo de ejercicio (min)	14,4	± 1,7	14,5	± 1,7	15,5	± 1,13 [†]	14,6	± 2,2
VO _{2máx} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	33,1	± 3,2	30,1	± 7,2	36,4	± 3,6 [†]	33,1	± 3,3 ^a
RER _{máx} (VCO ₂ /VO ₂)	1,02	± 0,09	1,01	± 0,09	1,10	± 0,08 [†]	1,04	± 0,09 [*]
VE _{máx} (l/min)	42,7	± 14,8	44,6	± 11,9	52,6	± 15,1 [†]	51,3	± 13,8 [†]
FC _{máx} (lat/min)	167,4	± 10,3	165,6	± 8,9	175,5	± 10,1 [†]	166,7	± 12,6 [*]
VO _{2máx} (controlando FC _{máx})	32,8	± 5,1	31,7	± 5,1	36,2	± 3,8	33,9	± 3,8 ^a

FC_{máx}: frecuencia cardíaca máxima; RER_{máx}: cociente respiratorio máximo; VE_{máx}: ventilación máxima; VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno.

[†]p < 0,05 pre- frente a posejercicio.

^{*}p < 0,05 EJE frente a CON.

^ap = 0,06.

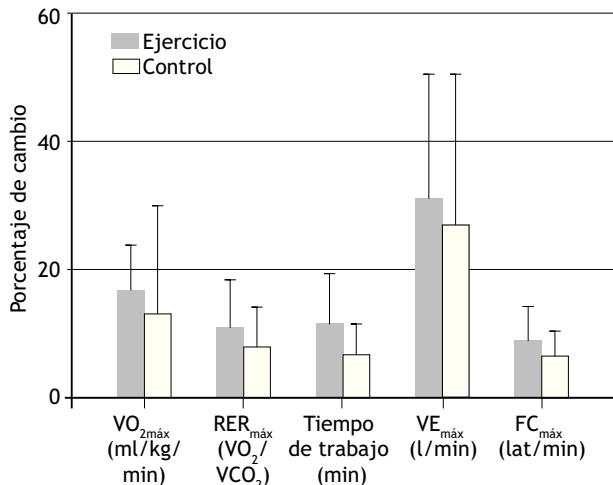


Figura 2 Valores medios y desviación estándar de los porcentajes de cambio de antes y después del entrenamiento de las variables cardiovasculares para cada grupo.

$\text{FC}_{\text{máx}}$: frecuencia cardíaca máxima; $\text{RER}_{\text{máx}}$: cociente respiratorio máximo; $\text{VE}_{\text{máx}}$: ventilación máxima; $\text{VO}_{2\text{máx}}$: consumo máximo de oxígeno.

caminar. Por otra parte, estudios realizados en adultos con SD mostraron resultados consistentes en mejoras del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ^{23,31,32}, entre otros parámetros cardiovasculares. El hecho de que solo personas sin enfermedades cardíacas congénitas fueran incluidas en los estudios anteriores complica la comparación con nuestros resultados. Dado que aproximadamente el 40% de las personas con SD presentan cardiopatías congénitas¹, se decidió incluirlos con el fin de poder generalizar los resultados a la población de adolescentes con SD. A pesar de que no encontramos ninguna interacción de grupo por entrenamiento, se encontraron incrementos de antes y después del entrenamiento para $\text{VO}_{2\text{máx}}$, entre otros parámetros cardiovasculares, en el grupo EJE. No se puede considerar que estos incrementos fueran solo consecuencia del programa de entrenamiento; tal vez el desarrollo observado en la $\text{VE}_{\text{máx}}$, tanto en EJE como CON, podría facilitar el incremento de estos parámetros.

La duración absoluta de los entrenamientos previos fue de 12 semanas (3 o 4 veces por semana) a 28 semanas (2 veces por semana). Nuestros resultados indican que un programa de entrenamiento de 21 semanas, dos veces por semana, en jóvenes con SD podría ser útil para mejorar algunos parámetros de su RC. A pesar de la corta duración de los entrenamientos, este estudio no está en contra de la promoción de la actividad física. De hecho, este tipo de entrenamiento mejora también la composición corporal de los jóvenes con SD^{17,18}; por lo tanto, siempre que sea posible, se podría implementar a programas de entrenamiento más largos o más intensos.

Es importante resaltar que, incluso antes de iniciar el período de entrenamiento, los valores de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de nuestros participantes fueron superiores a los valores observados en estudios previos. Los valores medios ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) variaron de 30,1 hasta 36,4 en nuestro estudio, en comparación con los siguientes casos: 31,1 a 32,1 en Varela¹³, de 25,5 a 26,9

en Millar³⁰ y de 29,6 a 35,7 en Tsimaras³². En efecto, y de acuerdo con las curvas de percentiles para $\text{VO}_{2\text{máx}}$ de personas con SD diseñado por Baynard et al.³, los participantes del presente estudio mostraron niveles por encima del percentil 70. Este hecho podría, en parte, explicar la falta de interacciones observada, ya que lograr incrementos en RC es más complicado cuando se parte de una base más alta.

El entrenamiento pliométrico ha demostrado que es útil para aumentar la fuerza muscular (principalmente en miembros inferiores) y el rendimiento de carrera¹⁹. Como la fuerza de piernas puede contribuir en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ en personas con discapacidad intelectual³³ y el tipo de test máximo realizado en este estudio requiere gran fuerza de miembros inferiores, los incrementos en los parámetros de RC podrían explicarse en parte por aumentos en la fuerza muscular de las piernas y un incremento en la resistencia a la fatiga periférica gracias a este entrenamiento. Por otra parte, Rimmer³⁴ propuso explorar la magnitud del cambio en $\text{VO}_{2\text{máx}}$ que se puede lograr a través de un programa únicamente de fuerza. Cowley et al.²⁴ mostraron que los incrementos en la fuerza de las piernas mediante entrenamiento progresivo de resistencia por sí solos no afectan a la capacidad aeróbica en personas con SD. Nuestros resultados en $\text{VO}_{2\text{máx}}$ fueron similares a los observados cuando se combinan entrenamiento aeróbico y de fuerza en adultos con SD³¹. Sin embargo, como se estudió una población en crecimiento, podría suceder que el propio desarrollo madurativo haya contribuido también a estas ganancias, y por esa razón no se encontraron interacciones en los parámetros de RC.

Limitaciones y fortalezas

Este estudio no está exento de limitaciones que deben reconocerse. En primer lugar, la prueba de esfuerzo máximo es dependiente del esfuerzo y, en consecuencia, es posible plantear la hipótesis de que los participantes con SD producen un menor esfuerzo, o que se esforzaron más en la evaluación posterior al entrenamiento. Sin embargo, el hecho de que nuestros participantes hayan realizado de 4 a 5 pruebas máximas previamente nos hace pensar que nuestros datos no se vieron influidos por la falta de esfuerzo en los participantes. También las diferencias en $\text{VO}_{2\text{máx}}$ incluso tras ajustar por $\text{FC}_{\text{máx}}$ es un buen indicativo del esfuerzo realizado. El protocolo empleado no había sido validado previamente en esta población; sin embargo, cumple con los criterios establecidos para una prueba de esfuerzo: incrementos progresivos en el esfuerzo hasta el punto de que el participante simplemente se niega a seguir ejercitando. También en relación con el protocolo, como se ha mencionado anteriormente, una mayor fuerza de los miembros inferiores puede ayudar a los participantes a alcanzar mayores niveles de ejercicio en este protocolo progresivo. Por lo tanto, el entrenamiento pliométrico podría haber aumentado la resistencia de los participantes a la fatiga periférica, siendo esta, en parte, la causa de los incrementos en la RC. En segundo lugar, el entrenamiento propuesto no era un entrenamiento de fuerza habitual a partir del trabajo en diferentes porcentajes de una repetición máxima en diversos aparatos en un gimnasio; ejercicios sencillos, sin material complejo, son los mejor considerados para entrenamientos de personas con discapacidad intelectual. Y fi-

nalmente, nuestro diseño experimental no incluía un grupo control de jóvenes sin discapacidad que realizaran el mismo entrenamiento que el grupo EJE; por lo tanto, el grado en que estos resultados se producirían de la misma manera en controles sin SD sigue siendo desconocido. Aunque la inclusión de participantes con cardiopatías congénitas puede dificultar las comparaciones con estudios anteriores, es importante tener en cuenta que esta decisión se basó en el hecho de que aproximadamente el 40% de las personas con SD tienen enfermedades cardíacas congénitas¹. La exclusión de estos jóvenes haría imposible generalizar los resultados de este estudio a todos los jóvenes con SD. Las fortalezas de este estudio fueron: la inclusión de ambos sexos en el diseño, el uso de un grupo control de jóvenes con SD, el uso de una prueba de laboratorio de esfuerzo para evaluar los parámetros cardiovasculares, y el tamaño de la muestra, que aunque no demasiado grande, es mayor que en cualquier otro estudio realizado hasta el momento que haya incluido un entrenamiento en niños y adolescentes con SD. Además, el efecto del tamaño de la muestra se estudió con las pruebas *d* de Cohen, demostrando consistencia en los datos.

Conclusión

Nuestros hallazgos sugieren que un circuito de entrenamiento que incluya pliometría puede ser útil para mejorar la RC de jóvenes con SD. El hecho de que este tipo de entrenamiento también disminuya la masa magra y aumente la masa ósea en estas mismas personas confiere una mayor importancia a estos hallazgos. La composición corporal y la condición física están estrechamente relacionadas con la salud y la capacidad funcional, por lo que las personas con SD pueden beneficiarse significativamente de estas mejoras. Futuras investigaciones deberían llevarse a cabo para explorar otros métodos de entrenamiento, que consumieran menos tiempo a las familias y que fueran más fáciles de realizar por los participantes y más fáciles de controlar por los especialistas.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés que pueda afectar al contenido de este trabajo.

Bibliografía

- Pueschel SM. Clinical aspects of Down syndrome from infancy to adulthood. *Am J Med Genet Suppl.* 1990;7:52-6.
- Pitetti KH, Rimmer JH, Fernhall B. Physical fitness and adults with mental retardation. An overview of current research and future directions. *Sports Med.* 1993;16:23-56.
- 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.
- González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, Guerrabalic M, Ara I, Casajús 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.
- 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.
- Toulouze C, Fabre C, Dangremont B, Lensel G, Thevenon A. Effects of physical training on the physical capacity of frail, demented patients with a history of falling: a randomised controlled trial. *Age Ageing.* 2003;32:67-73.
- 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.
- Glasson EJ, Sullivan SG, Hussain R, Pettersson BA, Montgomery PD, Bittles AH. The changing survival profile of people with Down's syndrome: implications for genetic counselling. *Clin Genet.* 2002;62:390-3.
- D'Hooge R, Hellinckx T, Van Laethem C, Stegen S, De Schepper J, Van Aken S, et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25:349-59.
- Ozmen T, Ryildirim NU, Yuktasir B, Beets MW. Effects of school-based cardiovascular-fitness training in children with mental retardation. *Pediatr Exerc Sci.* 2007;19:171-8.
- Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJ, Uiterwaal CS, Takken T. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2007;161:1075-81.
- Dodd KJ, Shields N. A systematic review of the outcomes of cardiovascular exercise programs for people with Down syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:2051-8.
- 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.
- Lewis CL, Fragala-Pinkham MA. Effects of aerobic conditioning and strength training on a child with Down syndrome: a case study. *Pediatr Phys Ther.* 2005;17:30-6.
- Ordonez FJ, Rosety I, Rosety MA, Camacho-Molina A, Fornieles G, Rosety M, et al. Aerobic training at moderate intensity reduced protein oxidation in adolescents with Down syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22:91-4.
- Gettman LR, Ayres JJ, Pollock ML, Durstine JL, Grantham W. Physiologic effects on adult men of circuit strength training and jogging. *Arch Phys Med Rehabil.* 1979;60:115-20.
- González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Gómez-Cabello A, Ara I, Moreno LA, Casajús JA. A 21-week bone deposition promoting exercise programme increases bone mass in youths with Down syndrome. *Dev Med Child Neurol.* 2012;54:552-6.
- González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Gómez-Cabello A, Ara I, Moreno LA, Casajús JA. A combined training intervention programme increases lean mass in youths with Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2011;32:2383-8.
- Johnson BA, Salzberg CL, Stevenson DA. A systematic review: plyometric training programs for young children. *J Strength Cond Res.* 2011;25:2623-33.
- Brown GA, Ray MW, Abbey BM, Shaw BS, Shaw I. Oxygen consumption, heart rate, and blood lactate responses to an acute bout of plyometric depth jumps in college-aged men and women. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2475-82.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976;51:170-9.
- Nakagawa S, Cuthill IC. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2007;82:591-605.
- Mendonca GV, Pereira FD, Fernhall B. Walking economy in male adults with Down syndrome. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105:153-7.

24. Cowley PM, Ploutz-Snyder LL, Baynard T, Heffernan KS, Jae SY, Hsu S, et al. The effect of progressive resistance training on leg strength, aerobic capacity and functional tasks of daily living in persons with Down syndrome. *Disabil Rehabil.* 2011;33:2229-36.
25. González-Agüero A, Ara I, Moreno LA, Vicente-Rodriguez G, Casajús JA. Fat and lean masses in youths with Down syndrome: gender differences. *Res Dev Disabil.* 2011;32:1685-93.
26. González-Agüero A, Vicente-Rodriguez G, Gómez-Cabello A, Casajús JA. Cortical and trabecular bone at the radius and tibia in male and female adolescents with Down syndrome: a Peripheral Quantitative Computed Tomography (pQCT) study. *Osteoporos Int.* 2012;55:406-16.
27. González-Agüero A, Vicente-Rodriguez G, Moreno LA, Casajús JA. Bone mass in male and female children and adolescents with Down syndrome. *Osteoporos Int.* 2011;22:2151-7.
28. Draheim CC, McCubbin JA, Williams DP. Differences in cardiovascular disease risk between nondiabetic adults with mental retardation with and without Down syndrome. *Am J Ment Retard.* 2002;107:201-11.
29. Bittles AH, Glasson EJ. Clinical, social, and ethical implications of changing life expectancy in Down syndrome. *Dev Med Child Neurol.* 2004;46:282-6.
30. Millar AL, Fernhall B, Burkett LN. Effects of aerobic training in adolescents with Down syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:270-4.
31. Mendonca GV, Pereira FD, Fernhall B. Effects of combined aerobic and resistance exercise training in adults with and without Down syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92:37-45.
32. Tsimalas V, Giagazoglou P, Fotiadou E, Christoulas K, Angelopoulou N. Jog-walk training in cardiorespiratory fitness of adults with Down syndrome. *Percept Mot Skills.* 2003;96:1239-51.
33. Pitetti KH, Boneh S. Cardiovascular fitness as related to leg strength in adults with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:423-8.
34. 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.