



AVANCES EN DIABETOLOGÍA

www.elsevier.es/avdiabetol



REVISIÓN

Efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo I. Revisión sistemática

Inmaculada Calvo-Muñoz^{a,*} y Antonia Gómez-Conesa^b

^a *Equipo de Orientación y Evaluación Psicopedagógica del Altiplano, Consejería de Educación, Formación y Empleo, Murcia, España*

^b *Departamento de Fisioterapia, Universidad de Murcia, Murcia, España*

Recibido el 29 de diciembre de 2011; aceptado el 24 de febrero de 2012

Disponible en Internet el 21 de marzo de 2012

PALABRAS CLAVE

Diabetes mellitus tipo 1;
Niños;
Adolescentes;
Ejercicio físico;
Revisión sistemática

KEYWORDS

Type 1 diabetes mellitus;
Children;
Adolescents;
Physical exercise;
Systematic review

Resumen En este trabajo se presentan los resultados de una revisión sistemática acerca del efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1 (DM1). Se llevó a cabo una búsqueda manual (revistas especializadas y expertos) y electrónica (Cochrane, ISI Web of Knowledge, MEDLINE, PEDro, PsycINFO, CINAHL y LILACS). Se analizaron un total de 17 estudios independientes (9 grupos tratados y 8 grupos controles). Los ejercicios aeróbicos son los más utilizados por los autores. Los niveles de hemoglobina glucosilada y el volumen máximo de oxígeno son las dos variables de resultado más estudiadas. La mayoría de los trabajos revisados evidencian que el ejercicio físico mejora el control metabólico y/o la función cardiorrespiratoria en los niños y adolescentes con DM1.

© 2011 Sociedad Española de Diabetes. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Effect of physical exercise on metabolic control and cardiorespiratory function in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. Systematic review

Abstract The results of a systematic review on the effect of exercise on metabolic control and cardiorespiratory function in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus (DM1) are presented. Was conducted a manual (journals and experts) and electronic search (Cochrane, ISI Web of Knowledge, MEDLINE, PEDro, PsycINFO, CINAHL and LILACS). A total of 17 independent studies (9 treatment groups and 8 control groups) were analyzed. Aerobic exercises were considered best used by authors. Glycated hemoglobin levels and the peak oxygen consumption are the two result variables most studied. Most of the studies reviewed show that exercise improves metabolic control and/or cardiorespiratory function in children and adolescents with DM1.

© 2011 Sociedad Española de Diabetes. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: inmaculada.calvo@um.es (I. Calvo-Muñoz).

Introducción

La diabetes tipo 1 (DM1) es la forma más común de diabetes¹ y puede aparecer en cualquier edad, incluso en el recién nacido, aunque presenta un pico de incidencia en la pubertad². Así, tres cuartas partes de todos los casos de DM1 se diagnostican en personas menores de 18 años³.

El riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares (retinopatía, nefropatía y neuropatía)^{4,5} y enfermedades cardiovasculares⁶ que presentan los niños y adolescentes con DM1 se asocia al mal control metabólico y a los años de evolución. Además, estas complicaciones se relacionan con diversos factores de riesgo, como la dislipemia, la obesidad, la hipertensión arterial, etc. La práctica de ejercicio físico en el paciente con diabetes, al igual que en individuos sanos, contribuye a controlar tales factores de riesgo y es, junto con la dieta y el tratamiento farmacológico, uno de los pilares fundamentales en el tratamiento de la DM1.

Las personas con DM1 presentan riesgos de hipoglucemia durante y después del ejercicio, que deben conocer y procurar evitar. No obstante, los niños y adolescentes con DM1 pueden realizar cualquier ejercicio físico, incluso deportes de competición, pero siempre y cuando tengan un buen control metabólico. Diversos estudios han considerado la importancia de adecuar el tratamiento farmacológico y la dieta para poder realizar ejercicio físico de manera segura⁷⁻⁹.

La literatura científica sobre este tema es diversa. Se encuentran estudios experimentales que incorporan uno o varios grupos de tratamiento con grupo de control, y en los que la totalidad de la muestra presenta DM1¹⁰⁻¹²; estudios experimentales en los que el estudio incluye uno o varios grupos de tratamiento, sin grupo de control, con medidas pretest (evaluación previa a la intervención) y posttest (evaluación posterior a la intervención), y en los que la totalidad de la muestra presenta DM1¹³⁻¹⁷; estudios experimentales en los que los sujetos con DM1 realizan el tratamiento y los sujetos sanos hacen de control¹⁸⁻²⁰, y estudios observacionales que no incorporan ningún tipo de intervención²¹⁻²⁴.

Es a partir de los años ochenta cuando se llevan a cabo la mayor parte de los estudios experimentales que desarrollan programas de ejercicio físico en niños y adolescentes con DM1. Estos programas varían en diversos aspectos, como la metodología, el número de sujetos, el tipo de ejercicio, la estructura, la duración y los contenidos del programa.

El objetivo de este trabajo es conocer el efecto del ejercicio físico sobre el control metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con DM1 mediante la revisión de los estudios científicos sobre el tema.

Metodología

Diseño

Revisión sistemática de estudios experimentales.

Selección de los estudios

Con el fin de homogeneizar la muestra empírica se establecieron los siguientes criterios de selección:

1. El estudio tenía que estar publicado o haber sido realizado hasta octubre 2011.
2. El estudio tenía que incorporar un grupo de intervención y un grupo de control, pudiendo ser la asignación de los sujetos a los grupos aleatoria o no aleatoria.
3. El estudio podía estar publicado o no.
4. El tamaño muestral en el posttest tenía que ser de 5 o más sujetos por grupo.
5. Idiomas: castellano, francés, inglés, italiano y portugués.
6. Los sujetos tenían que tener una edad igual o inferior a 18 años.
7. Todos los sujetos tenían que estar diagnosticados de DM1, tanto los de los grupos de tratamiento como los de control.
8. La intervención tenía que incluir ejercicio físico.
9. Se excluyen: revisiones, metaanálisis, casos clínicos, cartas, editoriales.

Estrategia de búsqueda

Para la localización de los estudios se utilizaron varias estrategias de búsqueda.

En primer lugar se realizó una búsqueda entre julio de 2011 y octubre de 2011 en las bases de datos electrónicas: Cochrane, ISI Web of Knowledge, MEDLINE, PEDro, PsycINFO, CINAHL y LILACS. A tal efecto se combinaron las palabras clave: [(adolescen)* or (child)* or (young)*] and [(«insulin* diabetes») or («type 1 diabetes»)] and [(«exercise») or («physical activity») or («physical fitness») or («exercise training») or («physical exercise»)].

En segundo lugar, se consultaron revistas electrónicas especializadas, tales como *Diabetes*, *Diabetes Care*, *Diabetes and Metabolism*, *Diabetologia*, *Pediatric Diabetes*, *The Diabetes Educator*, *Diabetes and Metabolism Syndrome*, *Diabetes Medicine* y *Diabetes Research and Clinical Practice*.

En tercer lugar, se revisaron las referencias de los estudios que han sido recuperados y seleccionados para la revisión sistemática.

Por último, se contactó con investigadores expertos en el área para solicitarles el envío de trabajos empíricos no publicados y que resultaran de difícil acceso.

El número total de referencias identificadas por los diferentes medios fue de 1.340. El resultado del proceso de búsqueda nos permitió seleccionar 8 estudios que cumplieron con los criterios de selección. La [figura 1](#) muestra los resultados de búsqueda y el proceso de selección.

Resultados

Descripción de los estudios

Se examinaron 8 artículos^{10-12,25-29} que cumplieron con los criterios de selección. La [tabla 1](#) presenta las características más relevantes de los estudios incluidos en la revisión. Los 8 artículos seleccionados aportaron un total de 9 grupos de tratamiento y 8 grupos de control. Los 17 grupos implicaron una muestra total de 340 sujetos (224 participantes en los grupos de tratamiento y 116 en los grupos control).

Tabla 1 Principales características de los estudios incluidos en la revisión sistemática

Artículo	Muestra	Intervención	Evaluación	Medida de resultado
Dahl-Jorgensen et al., 1980 ¹⁰ Noruega	22 niños y adolescentes E = 14 C = 8 Edad E = 11 (9-15) C = 11 (9-13)	E = Programa de actividad física 1 hora de ejercicio supervisado, 2 veces/semana, 5 meses + ejercicios 1 vez/semana en casa C = Sin intervención	Pretest/posttest (5 meses)	M CR Niveles de HbA _{1c} (%) Dosis de insulina (unidad/kg) VO _{2máx} (ml/kg/min)
Campaigne et al., 1984 ²⁵ EE. UU.	19 niños E = 9 C = 10 Edad (5-11) E = 9,0; C = 8,5	E = Programa de actividad física Correr, juegos, actividades con música conducido por un instructor entrenado 30 min de ejercicio vigoroso, 3 veces/semana, 12 semanas C = Sin intervención	Pretest/posttest (12 semanas)	M CR Niveles de HbA _{1c} (%) Niveles de glucosa (mg/dl) VO _{2máx} (l/min) VO _{2máx} (ml/kg/min) VE (l/min) FC _{máx} (latidos/min)
Landt et al., 1985 ²⁶ EE. UU	15 adolescentes E = 9 C = 6 Edad E = 16,1; C = 15,9	E = Programa de actividad física Ejercicios de calentamiento, aeróbicos (con música) y de enfriamiento 45 min de ejercicio supervisado, 3 veces/semana, 12 semanas C = Sin intervención	Pretest/posttest (12 semanas)	M CR Tasa de utilización de glucosa en sangre (mg/m ² /min) Niveles de glucosa (mg/dl) Niveles de HbA _{1c} (%) VO _{2máx} (ml/kg/min)
Stratton et al., 1987 ¹¹ EE. UU	16 adolescentes E = 8 C = 8 Edad E = 15,1; C = 15,5	E = Programa de actividad física 30-45 min de ejercicio supervisado, 3 días/semana, 8 semanas 2 días = ejercicios aeróbicos (correr en cinta o bicicleta ergométrica) 1 día = baloncesto o natación recreativa o ejercicios de resistencia en máquinas C = Ejercicio físico regular por su cuenta Se les facilitó un esbozo de un programa recomendado 20-60 min, 3-6 días/semana, y se les recomendó actividades diversas (correr, ciclismo, natación, baloncesto y tenis)	Pretest/posttest (8 semanas)	M CR Total insulina diaria (U) albúmina glucosilada (%) Albúmina plasmática (g/dl) Niveles de HbA _{1c} (%) Niveles de glucosa (mg/dl) Niveles de colesterol (mg/dl) Niveles de triglicéridos (mg/dl) Niveles de colesterol HDL (mg/dl) Tiempo en cinta (min) FC _{submáx} (latidos/min)
Huttunen et al., 1989 ²⁷ Finlandia	32 niños y adolescentes E = 16 C = 16 Edad = 11,9 (8-17)	E = Programa de ejercicio físico Trotar, correr, gimnasia y diversos tipos de juegos conducidos por un fisioterapeuta 1 h de ejercicio, 1 sesión/semana, 3 meses + actividades físicas fuera de las sesiones C = Actividades que no requieren esfuerzo físico conducidas por un fisioterapeuta 1 h de actividades, 1 sesión/semana, 3 meses	Pretest/posttest (3 meses)	M CR Niveles de HbA _{1c} (%) Niveles de glucosa en sangre (mM) Niveles de glucosa en orina (μM) VO _{2máx} (ml/kg/min) Tiempo de pedaleo(s)

Roberts et al., 2002 ²⁸ Australia	24 adolescentes E = 12 C = 12 Edad = 14,0	E = Programa de ejercicio físico Sesiones de entrenamiento aeróbico y anaeróbico (7:3) Correr, circuitos de entrenamiento, juegos, ejercicios aeróbicos supervisados por un entrenador con experiencia 30 min de ejercicio, 3 veces/semana, 12 semanas + 12 semanas de entrenamiento no supervisado C = Sin intervención	Pretest/posttest (12 semanas)/	M	Niveles de HbA _{1c} (%)
			Posttest 24 semanas	CR	Potencia aeróbica (watts/kg)
Salem et al., 2010 ²⁹ África	196 adolescentes E1 = 73 E2 = 75 C = 48 Edad = 14,78 E1 = 14,5; E2 = 14,7; C = 15	E1y E2 = Programa de ejercicio físico Programa de entrenamiento físico (ejercicios de flexibilidad, aeróbicos, anaeróbicos y neuromusculares) + Programa de ejercicios para mantener el balance muscular y articular (calentamiento, estiramientos, fortalecimiento) dirigidos por un fisioterapeuta E1 = 40 min de entrenamiento físico, 10 min de ejercicios para mantener balance articular, 3 veces/semana, 6 meses E2 = 40 min de entrenamiento físico, 10 min de ejercicios para mantener balance articular, 1 vez/semana, 6 meses C = Sin intervención	Pretest/posttest (6 meses)	M	Niveles de HbA _{1c} (%) Niveles de colesterol HDL (mg/dl) Niveles de colesterol LDL (mg/dl) Niveles de triglicéridos (mg/dl) Dosis de insulina (unidad/kg/día) Hipoglucemia (veces/mes)
D'hooge et al., 2011 ¹² Bélgica	16 niños y adolescentes E = 8 C = 8 Edad (10-18) E = 14,1; C = 13,2	E = Programa de ejercicio físico Ejercicios aeróbicos (correr, ciclismo, andar) y de fuerza (miembro superior, inferior, abdominales) supervisados por fisioterapeutas 70 min de ejercicio, 2 veces/semana, 20 semanas C = Sin intervención	Pretest /Posttest (20 semanas)	M	Niveles de HbA _{1c} (%) Niveles de glucosa (mg/dl) Dosis insulina (unidad/kg/día) Dosis insulina (unidad/día)
				CR	VO _{2máx} (ml/min) Potencia máx (W) FC _{máx} (latidos/min) 6MWD (m) PWC 170 (ml/min)

E: experimental; C: control; M: metabólica; CR: cardiorrespiratoria; HbA_{1c}: hemoglobina glucosilada; VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno; VE: ventilación minuto; FC_{máx}: frecuencia cardíaca máxima; FC_{submáx}: frecuencia cardíaca submáxima; 6MWD: distancia recorrida en el test de marcha de 6 min; PWC 170: capacidad física de trabajo a 170 pulsaciones/min.

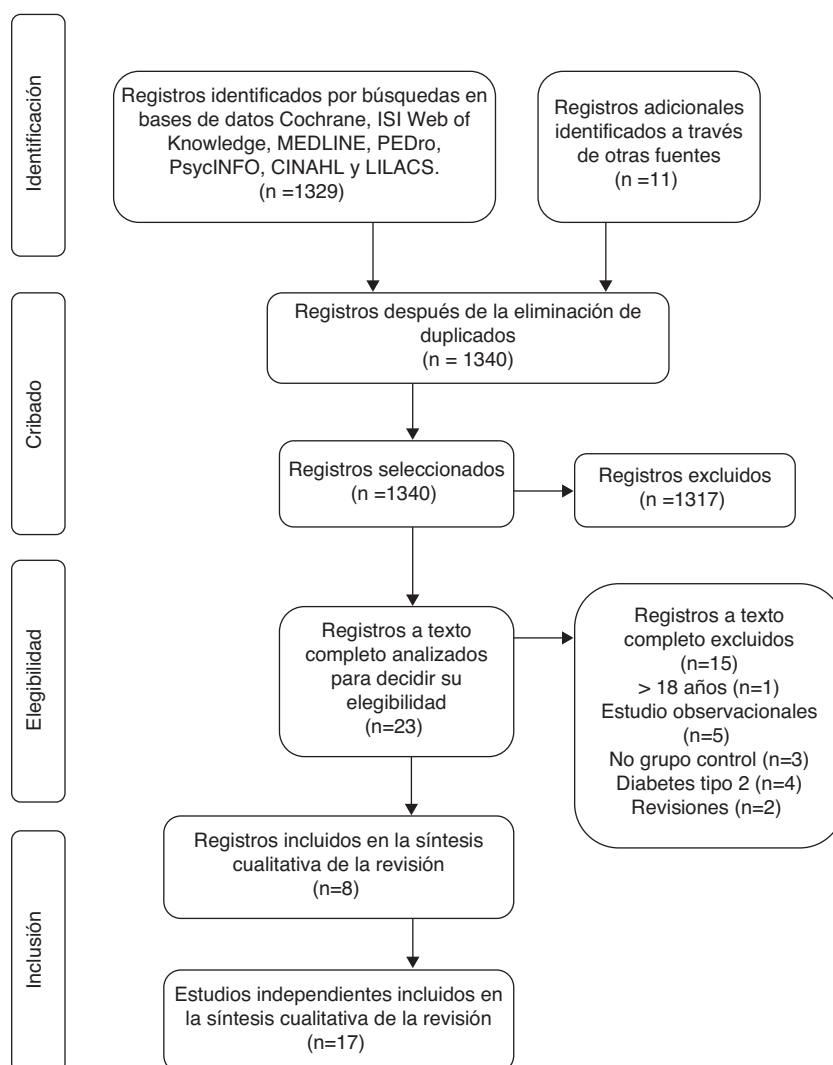


Figura 1 Diagrama de flujo de la selección de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Los artículos seleccionados estaban escritos en inglés, se llevaron a cabo entre 1980 y 2011 y el 37,5% procedían de países europeos. La duración media de la DM1 en la muestra de estudio es de 4,34 años para los grupos de tratamiento y de 5,43 años para los grupos de control.

A continuación, por orden cronológico de publicación, hacemos una revisión de los principales estudios seleccionados.

Dahl-Jorgensen et al.¹⁰ evaluaron los efectos de un programa de ejercicio físico de 5 meses de duración mediante un estudio realizado con 22 niños y adolescentes diagnosticados de DM1. Los 14 sujetos del grupo experimental realizaron un programa de ejercicio físico supervisado y llevaron a cabo ejercicios semanales en casa. El grupo control, con 8 sujetos, no recibió intervención. Respecto a los resultados metabólicos, los valores de hemoglobina glucosilada (HbA_{1c}) de los sujetos del grupo de ejercicio disminuyeron significativamente durante el periodo de ejercicio (HbA_{1c} pretest y posttest: $15,1 \pm 2,2$ vs $11,8 \pm 1,9$; $p < 0,001$), mientras que el grupo control no mostró diferencias significativas (HbA_{1c} pretest y posttest: $13,4 \pm 1,9$ vs $12,9 \pm 1,6$; $p = 0,20$). La dosis de insulina se mantuvo sin cambios en ambos grupos.

En relación a los resultados cardiorrespiratorios, el consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx}) del grupo experimental no se modificó significativamente en comparación con el grupo control.

Campaigne et al.²⁵ evaluaron los efectos de un programa de ejercicio físico en el control metabólico y cardiovascular en 19 niños con DM1 de 5 a 11 años, de los que el 63,16% eran chicos, y que habían sido diagnosticados de DM1 al menos 6 meses antes del estudio. El grupo experimental, con 9 sujetos con una edad media de 9 años, recibió un programa de ejercicio físico que comprendía ejercicios combinados de carrera, juego y actividades con música conducido por un instructor entrenado. El grupo control, con 10 sujetos con una edad media de 8,5 años, no recibió intervención. En el grupo experimental, después de las 12 semanas de ejercicio, el volumen espirado máximo (VE) y el VO_{2máx} mejoraron de forma significativa ($p < 0,05$, ambos). Sin embargo, no se produjeron cambios relevantes en la frecuencia cardíaca máxima ($p > 0,05$). El grupo control no mostró diferencias significativas en el VE, en el VO_{2máx} ni en la frecuencia cardíaca máxima (FC_{máx}). A nivel metabólico, los niveles de HbA_{1c} y glucosa disminuyeron significativamente en el grupo

experimental (pretest y posttest: $12,5 \pm 0,65$ vs $11,3 \pm 0,50$; $p < 0,05$; pretest y posttest: 227 ± 31 vs 190 ± 32 ; $p < 0,05$, respectivamente). Por el contrario, en el grupo control se produjo una variación no significativa en las medidas de control metabólico (HbA_{1c} pretest y posttest: $13,9 \pm 0,61$ vs $13,3 \pm 0,54$; $p > 0,05$; glucosa pretest y posttest: 266 ± 39 vs 292 ± 27 ; $p > 0,05$). Landt et al.²⁶ evaluaron la influencia de un programa de ejercicio físico de 12 semanas de duración mediante un estudio realizado con 15 adolescentes diagnosticados de DM1. En el grupo experimental participaron 9 adolescentes con una edad media de 16,1 años, que recibieron 3 sesiones semanales de ejercicios de calentamiento (10 min), seguidos de ejercicios aeróbicos (25 min) y ejercicios de enfriamiento (10 min). El grupo control, con 6 adolescentes de edad media de 15,9 años, continuó con sus actividades de la vida diaria y no recibió intervención. En el grupo de ejercicio, el VO_{2máx} aumentó significativamente (pretest y posttest: $36,3 \pm 3$ vs $39,3 \pm 3$; $p < 0,01$), mientras que en el grupo control se produjo una variación no significativa (pretest y posttest: $39,2 \pm 3,4$ vs $37,5 \pm 3,3$; $p > 0,05$). En relación a los resultados metabólicos, la sensibilidad a la insulina, evaluada con la tasa de utilización de glucosa en sangre, aumentó significativamente en el grupo experimental, frente al grupo control, en el que no lo hizo (grupo experimental pretest y posttest: 274 ± 33 vs 338 ± 28 ; $p < 0,01$; grupo control pretest y posttest: 278 ± 40 vs 289 ± 42 ; $p > 0,05$). Frente a estos resultados, los niveles de HbA_{1c} se mantuvieron en $12 \pm 1\%$ antes y después de las 12 semanas de entrenamiento.

Stratton et al.¹¹ realizaron un estudio con el fin de evaluar las respuestas sobre el control glucémico de un programa de ejercicio físico moderado encaminado a mejorar la capacidad cardiorrespiratoria. En el estudio participaron 16 adolescentes con DM1, de los que el 50% eran chicos. Los sujetos del grupo experimental realizaron un programa de ejercicio físico supervisado, mientras que los sujetos del grupo control fueron instruidos sobre la importancia del ejercicio físico de forma regular, y se les facilitó un esbozo de un programa de ejercicio para que hicieran por su cuenta. En cuanto a los resultados cardiorrespiratorios, el tiempo de andar en cinta mejoró significativamente, y la FC_{máx} disminuyó de forma significativa en el grupo de ejercicio (pretest y posttest: $12,1 \pm 1,5$ vs $13,6 \pm 2,0$; $p < 0,05$; pretest y posttest: $175,0 \pm 11,8$ vs $160,8 \pm 12,9$; $p < 0,05$, respectivamente), mientras que en el grupo control no se produjeron cambios significativos para ambas variables. Con respecto a los resultados metabólicos, se encontraron cambios significativos en los niveles de albúmina glucosilada y en el total de insulina diaria en los grupos experimentales (pretest y posttest: $5,0 \pm 3,6$ vs $4,2 \pm 3,2$; $p = 0,01$; pretest y posttest: $55,9 \pm 12,5$ vs $160,8 \pm 12,9$; $p < 0,05$, respectivamente). Sin embargo, no se hallaron cambios en los niveles de HbA_{1c}, albúmina plasmática, glucosa, colesterol, triglicéridos y colesterol HDL. Huttunen et al.²⁷, con 32 niños y adolescentes diagnosticados de DM1 y con edades de entre 8 y 17 años (edad media de 11,9), investigaron los efectos de un programa de ejercicio físico realizado una vez a la semana. Los 16 sujetos del grupo experimental realizaron un programa de ejercicio físico que se basó en trotar, correr, gimnasia y diversos tipos de juegos conducidos por un estudiante de fisioterapia, y realizaron actividades físicas fuera de las sesiones de ejercicio. Los 16 sujetos del

grupo control llevaron a cabo actividades que no requerían esfuerzo físico. En relación a los resultados cardiorrespiratorios, el VO_{2máx} aumentó de forma significativa en el grupo experimental (pretest y posttest: $40,0 \pm 7,2$ vs $43,8 \pm 8,6$; $p < 0,01$), mientras que en el grupo control no cambió significativamente (pretest y posttest: $41,4 \pm 7,2$ vs $42,7 \pm 8,0$; $p > 0,05$). El tiempo de pedaleo aumentó de manera relevante en el grupo experimental (pretest y posttest: 681 ± 173 vs 730 ± 150 ; $p < 0,05$), sin embargo en el grupo control no se produjo una mejoría significativa (pretest y posttest: 714 ± 185 vs 738 ± 187 ; $p > 0,05$). Frente a estos resultados, los niveles de HbA_{1c} no mejoraron (grupo experimental pretest y posttest: $9,8 \pm 2,3$ vs $10,5 \pm 2,5$; $p < 0,01$; grupo control pretest y posttest: $9,4 \pm 2,1$ vs $9,7 \pm 2,2$; $p > 0,05$), y tampoco los niveles de glucosa en sangre y en orina (grupo experimental [glucosa en sangre pretest y posttest: $13,4 \pm 5,2$ vs $14,0 \pm 5,3$; $p > 0,05$; glucosa en orina pretest y posttest: 179 ± 318 vs 210 ± 319 ; $p > 0,05$]; grupo control [glucosa en sangre pretest y posttest: $14,3 \pm 5,6$ vs $14,4 \pm 6,1$; $p > 0,05$; glucosa en orina pretest y posttest: 214 ± 285 vs 244 ± 238 ; $p > 0,05$]). Roberts et al.²⁸ llevaron a cabo un estudio con el fin de determinar los efectos a largo plazo sobre el control metabólico de un programa de ejercicio físico en adolescentes con DM1. En el estudio participaron 24 adolescentes con una edad media de 14 años. El grupo experimental con 12 sujetos recibió primero un programa de entrenamiento aeróbico y anaeróbico durante 12 semanas, que consistía en correr, circuitos de entrenamiento, juegos y ejercicios aeróbicos, todos ellos supervisados por un entrenador con experiencia, y posteriormente un programa de entrenamiento no supervisado, también durante 12 semanas. El grupo control, con 12 sujetos, no recibió intervención. Al finalizar el programa de ejercicio físico supervisado la capacidad aeróbica de los sujetos del grupo experimental aumentó significativamente en un 17% ($p < 0,05$); sin embargo, al finalizar el programa de ejercicio físico no supervisado la capacidad aeróbica volvió a los niveles del pretest, y en el grupo control la capacidad aeróbica se mantuvo estable durante todo el estudio. En relación a los resultados metabólicos, los autores no pudieron hacer una comparación significativa de los niveles de HbA_{1c} en el grupo experimental, ya que los datos proporcionados por los pacientes con mal control glucémico estaban incompletos y eran de peor calidad que los registrados por los pacientes con buen control glucémico. En el grupo control, tanto en los sujetos con buen y mal control glucémico, los niveles de HbA_{1c} no variaron en el posttest 12 semanas, y se mantuvo estable en el posttest 24 semanas. El programa de ejercicio físico no mejora el control glucémico, justificado por la ausencia de una reducción significativa de los niveles de HbA_{1c}. Sin embargo, sí tiene un efecto positivo sobre la capacidad aeróbica. Salem et al.²⁹ evaluaron el impacto de un programa de ejercicio desarrollado durante 6 meses con 196 adolescentes asignados a 2 grupos de tratamiento y a uno de control. El grupo experimental 1, con 73 adolescentes con una edad media de 14,5 años, tenían DM1 diagnosticada con una media de 5,5 años. El grupo experimental 2, con 75 adolescentes con una edad media de 14,7 años, tenían DM1 con una media de 3,6 años. Ambos grupos recibieron un programa de entrenamiento físico dirigido por un fisioterapeuta, pero con distinta intensidad: el grupo experimental 1 realizó el ejercicio regular 3 veces/semana y el

grupo experimental 2 realizó el ejercicio 1 vez/semana. El grupo control, con 48 adolescentes con una edad media de 15 años, tenían DM1 con una media de 4,9 años y no recibió intervención. Los niveles de HbA_{1c} mejoraron después del ejercicio en los 2 grupos experimentales (grupo experimental 1 [HbA_{1c} pretest y posttest: $8,9 \pm 1,6$ vs $7,8 \pm 1$; $p=0,01$]; grupo experimental 2 [HbA_{1c} pretest y posttest: $8,9 \pm 1,4$ vs $8,1 \pm 1,1$; $p=0,03$]), mientras que en el grupo control no se produjeron cambios significativos (HbA_{1c} pretest y posttest: $8,3 \pm 2,1$ vs $8,9 \pm 1,4$; $p=0,2$). Además, el ejercicio mejoró la dislipemia y la reducción de las necesidades de insulina de forma significativa en ambos grupos experimentales ($p=0,00$ ambos), y los episodios de hipoglucemia no fueron estadísticamente diferentes entre el grupo control y el grupo experimental ($4,7 \pm 3,56$ y $4,82 \pm 4,23$, $p=0,888$, respectivamente).

D'hooge et al.¹², con 16 niños y adolescentes diagnosticados de DM1 con edades de entre 10 y 18 años, evaluaron los efectos de un programa de ejercicio físico realizado 2 veces a la semana durante 20 semanas sobre el control metabólico, la condición física y la calidad de vida. El grupo experimental, con 8 sujetos de una edad media de 14,1 años, recibió un programa combinado de ejercicios aeróbicos y de fuerza. El grupo control, con 8 sujetos de una edad media de 13,2 años, no recibió intervención y siguió con sus actividades de la vida diaria. Los resultados metabólicos muestran que no se produjeron cambios significativos en los niveles de HbA_{1c} y glucosa ni en el grupo experimental ni en el control ($p>0,05$, ambos). La dosis de insulina diaria (unidad/día) disminuyó significativamente ($p<0,05$) para el grupo de entrenamiento, mientras que se mantuvo para el grupo control; sin embargo, la dosis insulina (unidad/kg/día) disminuyó significativamente para el grupo de entrenamiento, mientras que se incrementó significativamente ($p<0,05$) en el grupo control. En relación a los resultados cardiorrespiratorios, la distancia del test de 6 min marcha (6MWD) y la capacidad física de trabajo a 170 pulsaciones/min (PWC170) aumentaron significativamente ($p<0,05$, ambos) en el grupo de entrenamiento, mientras que no se produjeron cambios en el grupo control. Sin embargo, el VO_{2máx}, la potencia máxima y la FC_{máx} no se modificaron significativamente en los dos grupos.

Discusión

Los estudios revisados han evaluado cómo influye el ejercicio físico sobre el control del nivel metabólico y la función cardiorrespiratoria en niños y adolescentes con DM1. Observamos heterogeneidad en los resultados de los diversos trabajos revisados. En primer lugar, hay estudios que demuestran que la práctica de ejercicio físico se asocia con una mejora a nivel metabólico, evidenciada mediante la reducción significativa de los niveles de HbA_{1c}^{10,25,29}, glucosa²⁵, albúmina glucosilada¹¹ y la mejora de la sensibilidad a la insulina^{11,12,26,29}. Estos resultados coinciden con los estudios de Marrero et al.¹³ y de Ruzic et al.¹⁵ en los años 1988 y 2007, respectivamente. Estos estudios, que incluyen medidas pretest y posttest, pero sin grupo control, investigaron el efecto del ejercicio físico en los niveles de HbA_{1c}, evidenciando una mejora significativa en el posttest frente al pretest. En esta misma línea, Mosher et al.¹⁹ realizaron en 1998 un estudio con 21 adolescentes (10 diabéticos y 11 no

diabéticos) e informaron de los efectos positivos que tiene un programa combinado de 45 min de ejercicios de calentamiento, aeróbicos y de fuerza, realizados 3 veces a la semana durante 12 semanas, sobre los niveles de HbA_{1c}.

En segundo lugar, hay estudios que no encuentran mejoras significativas en los niveles de HbA_{1c}^{11,12,26-28}, glucosa^{11,12,27}, albúmina plasmática¹¹, colesterol¹¹ y triglicéridos¹¹, ni en la sensibilidad a la insulina¹⁰.

En tercer lugar, hay estudios que demuestran una mejora en la función cardiorrespiratoria, evidenciada mediante una mejora significativa en el VO_{2máx}²⁵⁻²⁸, en la FC máx¹¹, en el tiempo de andar en cinta¹¹ y en la distancia del test de 6 min marcha¹². Estos resultados coinciden con diversos estudios, los cuales manifiestan que un programa de ejercicio físico produce una mejora en la función cardiorrespiratoria, con el aumento del VO_{2máx}^{13,17}. En 1988, Marrero et al.¹³ exponen que tras un programa de 45 min de ejercicios aeróbicos (calentamiento, estiramientos, enfriamiento), desarrollado 3 veces por semana, durante 12 semanas, en adolescentes de 12 a 14 años con DM1, se consigue una mejora significativa de la capacidad aeróbica (VO_{2máx} [ml/kg/min] pretest y posttest: $40,39 \pm 8,87$ vs $44,86 \pm 12,89$; $p<0,05$). En esta misma línea, Seeger et al.¹⁷, en 2011, realizaron un estudio con 9 niños diagnosticados de DM1 a los que sometieron a un programa de ejercicio físico durante 18 semanas y obtuvieron un efecto positivo a nivel cardiorrespiratorio (VO_{2máx} [ml/kg/min] pretest y posttest: $40,0 \pm 5,9$ vs $46,0 \pm 5,1$; $p<0,05$). Por último, en nuestra revisión sistemática encontramos estudios que no evidencian un cambio significativo en el VO_{2máx}^{10,12}, potencia máxima¹² y en la FC_{máx}^{12,25}.

Los estudios varían respecto a la duración del programa de ejercicio. Hay estudios en los que la duración es de 8 semanas¹¹, de 12 semanas²⁵⁻²⁸, de 20 semanas^{10,12} e incluso de 24 semanas²⁹. En cuanto a la evaluación de los resultados, todos los estudios realizan una evaluación metabólica y solo un estudio no evalúa la función cardiorrespiratoria. El 100% de los estudios que realizan la evaluación metabólica, determinan el control glucémico mediante los niveles de HbA_{1c}.

Con respecto al tipo de ejercicio, encontramos que los más utilizados han sido los ejercicios aeróbicos.

No todos los estudios que realizan ejercicio físico en niños y adolescentes con DM1 presentan grupo intervención y grupo control, y por tanto no pudimos incluirlos en nuestro trabajo¹³⁻¹⁷.

Nuestro estudio tiene, no obstante, algunas limitaciones que reducen la generalización de los resultados. En primer lugar, la base de estudios revisados es reducida, con solo 17 unidades de análisis recogidas en 8 estudios, lo cual limita el alcance de nuestros resultados, y por tanto tienen que tomarse con cautela. En segundo lugar, los tamaños de la muestra eran pequeños: solo un estudio tiene un tamaño superior a 20 sujetos por grupo. Es de esperar que los estudios futuros incorporen grupos de intervención y control con mayor número de sujetos.

Con respecto a las implicaciones para la práctica clínica, nuestros resultados muestran que el ejercicio físico tiene efectos beneficiosos en la DM1 en niños y adolescentes. No hay evidencia de la duración de los efectos beneficiosos del ejercicio físico, ya que los estudios no aportan seguimiento. El ejercicio físico en la DM1 ayuda a mejorar la

función cardiorrespiratoria y el control metabólico en niños y adolescentes.

Sería recomendable que los estudios futuros especifiquen lo más detalladamente posible las características del ejercicio físico, ya que de lo contrario no es posible valorar los beneficios que cada tipo de ejercicio es capaz de aportar a los niños y adolescentes. Otro aspecto que debe mejorar en el diseño de estos estudios se refiere a la obtención de datos de seguimiento para los grupos de tratamiento y de control.

Conclusiones

Con respecto a la evaluación metabólica y cardiorrespiratoria en la DM1 en niños y adolescentes, los niveles de HbA_{1c} y el VO_{2máx}, respectivamente, son las dos variables de resultado más estudiadas.

La mayoría de los trabajos revisados evidencian que el ejercicio físico mejora el control metabólico y/o la función cardiorrespiratoria en los niños y adolescentes con DM1.

El ejercicio físico tiene un impacto positivo y puede ser de gran ayuda en niños y adolescentes con DM1.

Sería beneficioso que los tamaños muestrales se incrementasen y que se incorporasen programas de seguimiento para poder evaluar la eficacia del ejercicio físico a largo plazo.

Es necesario un mayor número de estudios que incorporen grupos de intervención y grupos de control, y que permitan obtener resultados válidos sobre el efecto del ejercicio físico.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2011;34 Suppl 1:62–9.
- Soltész G, Patterson CC, Dahlquist G, EURODIAB Study Group. Worldwide childhood type 1 diabetes incidence — what can we learn from epidemiology? *Pediatr Diabetes*. 2007;8 Suppl 6:6–14.
- American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes—2011. *Diabetes Care*. 2011;34 Suppl 1:11–61.
- Chiarelli F, Mohn A, Tumini S, Trotta D, Verrotti A. Screening for vascular complications in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Horm Res*. 2002;57 Suppl 1:113–6.
- Majaliwa ES, Munubhi E, Ramaiya K, Mpembeni R, Sanyika A, Mohn A, et al. Survey on acute and chronic complications in children and adolescents with type 1 diabetes at Muhimbili National Hospital in Dar es Salaam, Tanzania. *Diabetes Care*. 2007;30:2187–92.
- Skrivarhaug T, Bangstad HJ, Stene LC, Sandvik L, Hanssen KF, Joner G. Long-term mortality in a nationwide cohort of childhood-onset type 1 diabetic patients in Norway. *Diabetologia*. 2006;49:298–305.
- American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1:58–62.
- Gulve EA. Exercise and glycemic control in diabetes: benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Phys Ther*. 2008;88:1297–321.
- Giannini C, de Giorgis T, Mohn A, Chiarelli F. Role of physical exercise in children and adolescents with diabetes mellitus. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2007;20:173–84.
- Dahl-Jørgensen K, Meen HD, Hanssen KF, Aagaas O. The effect of exercise on diabetic control and hemoglobin A1 (HbA1) in children. *Acta Paediatr Scand Suppl*. 1980;283:53–6.
- Stratton R, Wilson DP, Endres RK, Goldstein DE. Improved glycemic control after supervised 8-wk exercise program in insulin-dependent diabetic adolescents. *Diabetes Care*. 1987;10:589–93.
- 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.
- Marrero DG, Fremion AS, Golden MP. Improving compliance with exercise in adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus: results of a self-motivated home exercise program. *Pediatrics*. 1988;81:519–25.
- Khawali C, Andriolo A, Ferreira SRG. Benefícios da atividade física no perfil lipídico de pacientes com diabetes tipo 1. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2003;47:49–54.
- Ruzic L, Sporis G, Matkovic BR. High volume-low intensity exercise camp and glycemic control in diabetic children. *J Paediatr Child Health*. 2008;44:122–8.
- Faulkner MS, Michaliszyn SF, Hepworth JT. A personalized approach to exercise promotion in adolescents with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2010;11:166–74.
- Seeger JP, Thijssen DH, Noordam K, Cranen ME, Hopman MT, Nijhuis-van der Sanden MW. Exercise training improves physical fitness and vascular function in children with type 1 diabetes. *Diabetes Obes Metab*. 2011;13:382–4.
- Larsson Y, Persson B, Sterky G, Thoren C. Effect of exercise on blood-lipids in juvenile diabetes. *Lancet*. 1964;1:350–5.
- Mosher PE, Nash MS, Perry AC, LaPerriere AR, Goldberg RB. Aerobic circuit exercise training: effect on adolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79:652–7.
- Sideravičiūtė S, Gailiūniene A, Visagurskiene K, Vizbaraitė D. The effect of long-term swimming program on body composition, aerobic capacity and blood lipids in 14-19-year aged healthy girls and girls with type 1 diabetes mellitus. *Medicina (Kaunas)*. 2006;42:661–6.
- Massin MM, Lebrethon MC, Rocour D, Gérard P, Bourguignon JP. Patterns of physical activity determined by heart rate monitoring among diabetic children. *Arch Dis Child*. 2005;90:1223–6.
- Herbst A, Bachran R, Kapellen T, Holl RW. Effects of regular physical activity on control of glycemia in pediatric patients with type 1 diabetes mellitus. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2006;160:573–7.
- Aman J, Skinner TC, de Beaufort CE, Swift PG, Aanstoot HJ, Cameron F, Hvidoere Study Group on Childhood Diabetes. Associations between physical activity, sedentary behavior, and glycemic control in a large cohort of adolescents with type 1 diabetes: the Hvidoere Study Group on Childhood Diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2009;10:234–9.
- Schweiger B, Klingensmith G, Snell-Bergeon JK. Physical activity in adolescent females with type 1 diabetes. *Int J Pediatr*. 2010;2010:1–6.
- Campaigne BN, Gilliam TB, Spencer ML, Lampman RM, Schork MA. Effects of a physical activity program on metabolic control and cardiovascular fitness in children with insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 1984;7:57–62.
- Landt KW, Campaigne BN, James FW, Sperling MA. Effects of exercise training on insulin sensitivity in adolescents with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 1985;8:461–5.
- Huttunen NP, Länkelä SL, Knip M, Lautala P, Käär ML, Laasonen K, et al. Effect of once-a-week training program on

- physical fitness and metabolic control in children with IDDM. *Diabetes Care*. 1989;12:737–40.
28. Roberts L, Jones TW, Fournier PA. Exercise training and glycemic control in adolescents with poorly controlled type 1 diabetes mellitus. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2002;15:621–7.
29. Salem MA, Aboelasar MA, Elbarbary NS, Elhilaly RA, Refaat YM. Is exercise a therapeutic tool for improvement of cardiovascular risk factors in adolescents with type 1 diabetes mellitus? A randomised controlled trial. *Diabetol Metab Syndr*. 2010;2:47.