



REVISIÓN

Impacto de la actividad física sobre el control metabólico y el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 1

Florentino Carral San Laureano^{a,*}, José Vicente Gutiérrez Manzanedo^b, Carmen Ayala Ortega^a, Concepción García Calzado^a, Juan José Silva Rodríguez^a y Manuel Aguilar Diosdado^c

^aSección de Endocrinología y Nutrición, Hospital Universitario Puerto Real, Puerto Real, España

^bEscuela Universitaria de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz, Cádiz, España

^cServicio de Endocrinología y Nutrición, Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz, España

Recibido el 17 de enero de 2010; aceptado el 15 de marzo de 2010

Disponible en Internet el 26 de mayo de 2010

PALABRAS CLAVE

Diabetes mellitus tipo 1;
Hemoglobina glucosilada;
Actividad física;
Ejercicio

Resumen

La realización de actividad física regular constituye, junto con la dieta equilibrada, uno de los pilares básicos del tratamiento de la diabetes mellitus (DM). La práctica de actividad física en personas con DM, teóricamente, ofrece las mismas ventajas que sobre la población general, y además ciertos efectos beneficiosos, en cuanto al control metabólico de la enfermedad, como mejorar los niveles de glucemia y aumentar la acción o sensibilidad a la insulina. En la presente revisión se analizan los principales estudios clínicos publicados hasta la actualidad que evalúan el impacto de la actividad física sobre el control metabólico o el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 1. A modo de conclusión podemos afirmar que la mayoría de los estudios evaluados evidencian que la práctica de actividad física regular afecta favorablemente al control metabólico de la DM (o al menos no lo empeora), existiendo insuficiente información al respecto del impacto de la actividad física sobre el desarrollo y la progresión de complicaciones crónicas.

© 2010 SEEN. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: florencarral@hotmail.com (F. Carral San Laureano).

KEYWORDS

Type 1 diabetes mellitus; Glycated hemoglobin; Physical activity; Exercise

Impact of physical activity on metabolic control and the development of chronic complications in patients with type 1 diabetes mellitus**Abstract**

Together with a balanced diet, regular physical activity is one of the pillars of diabetes mellitus (DM) management. Physical activity theoretically provides the same advantages in people with DM as in the general population and also has some beneficial effects in controlling metabolic factors, such as improving blood glucose levels and insulin sensitivity. In this article, we analyze the main clinical studies published to date that evaluate the impact of physical activity on metabolic control or the development of chronic complications in patients with type 1 diabetes mellitus. In conclusion, most of the evaluated studies show that regular physical activity favorably affects metabolic control in DM (or at least does not have adverse effects). However, there is insufficient information about the impact of physical activity on the development and progression of chronic complications.

© 2010 SEEN. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que produce un gasto de energía por encima de los niveles de reposo¹. Esta amplia definición incluye prácticamente todos los tipos de actividades, incluyendo, entre otros, las labores domésticas, la práctica de juegos tradicionales, el deporte y el ejercicio intencional². El ejercicio físico debe considerarse como una subcategoría de la actividad física, definiéndose como una actividad física planificada, estructurada y repetitiva cuyo objetivo es mantener o mejorar la forma física¹. La afirmación de que la práctica regular de actividad física supone un importante beneficio para la salud de la población general se basa en dos observaciones epidemiológicas: el retraso en la aparición de las enfermedades cardiovasculares y la mejoría en el bienestar y la calidad de vida³⁻⁵.

La actividad física realizada por personas con diabetes mellitus (DM) ofrece, teóricamente, las mismas ventajas que sobre la población general, a lo que se asocian ciertos efectos beneficiosos derivados de la movilización de los depósitos de glucógeno muscular y hepático, con un incremento paralelo del consumo de glucosa por parte del músculo esquelético, y al incremento en la oxidación de lípidos, lo que mejora la acción insulínica sobre los tejidos periféricos y permite mejorar los niveles de glucemia plasmática⁶. Esta disminución de los niveles de glucemia tras el ejercicio físico se correlaciona con su duración e intensidad y con los niveles de glucosa antes del ejercicio. Además, el ejercicio físico, a diferencia de la insulina e independientemente de esta, induce un incremento del flujo sanguíneo muscular y del transporte de glucosa al interior celular que persiste hasta horas después de haber finalizado, lo que explica, en parte, la mayor tendencia a hipoglucemias tardías que ocasionalmente presentan los pacientes con diabetes tras la actividad física. Por último, el ejercicio mantenido también se ha demostrado que tiene un efecto favorable sobre la composición corporal, el metabolismo de los lípidos y sobre los mecanismos vasorreguladores de la tensión arterial^{6,7}.

En los pacientes con diabetes mellitus tipo 2, la mejoría de la sensibilidad periférica a la insulina juega un papel clave en la disminución de la glucemia plasmática, por lo que es lógico suponer que la práctica de actividad física regular (AFR) pueda redundar en una mejoría del control glucémico a largo plazo. En este sentido, hasta la actualidad se han publicado cuatro metaanálisis⁸⁻¹¹ que demuestran que en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 (DM-2) la práctica de actividad física se asocia con una mejora significativa en el control glucémico, evidenciada mediante la reducción significativa de los niveles de hemoglobina glucosilada ($\text{HbA}_{1\text{c}}$).

En los mencionados metaanálisis, realizados en pacientes con DM-2, la mejoría en el control glucémico a medio plazo favorecida por la actividad física se traduce en reducciones medias de $\text{HbA}_{1\text{c}}$ de 0,6–0,8%⁸⁻¹⁰, lo que podría ser clínicamente significativo en términos de potencial mejoría sobre el desarrollo y la progresión de complicaciones crónicas. Trasladado a los resultados del United Kingdom Prospective Diabetes Study (UKPDS)^{12,13} por cada punto porcentual que decrecía la $\text{HbA}_{1\text{c}}$ se observaba un 35% de reducción en el riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares, un 25% de reducción en las muertes relacionadas con la diabetes, un 18% de reducción en el infarto de miocardio fatal y no fatal, y un 7% de reducción en todas las causas de mortalidad. De forma similar, un metaanálisis posterior¹⁴ ha demostrado que la disminución del 1% en el valor de $\text{HbA}_{1\text{c}}$ se asocia con la disminución del 15–20% en eventos cardiovasculares y una reducción del 37% en complicaciones microvasculares.

En contraste con lo que sucede en los pacientes con DM-2, la evidencia acerca de la mejoría del control glucémico ejercido por la actividad física en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 (DM-1) es menor¹⁵⁻³⁹ y, de hecho, hasta la actualidad tan sólo dos metaanálisis evalúan el impacto de la actividad física sobre el control glucémico en pacientes con DM-1^{38,39}. En el presente trabajo se revisan los principales estudios clínicos publicados hasta la actualidad que analizan el impacto de la realización de actividad física sobre el control metabólico y el desarrollo de complicaciones crónicas en pacientes con DM-1.

Se realizó una búsqueda bibliográfica y posterior revisión de los trabajos que cumplían los criterios de inclusión que se exponen a continuación y que fueron registrados hasta octubre de 2009 en PubMed y Ovid. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: estudios clínicos prospectivos aleatorizados, estudios clínicos no prospectivos o no aleatorizados, revisiones sistemáticas, metaanálisis y documentos de consenso de sociedades científicas. Se limitó la búsqueda a estudios publicados en lengua inglesa y española. Los criterios de exclusión fueron: estudios no clínicos y opiniones individuales.

Los términos de búsqueda fueron «type 1 diabetes», «type 1 diabetes mellitus», «physical activity» y «exercise». Se seleccionaron aquellos estudios clínicos de mayor interés en relación con la realización de actividad física en pacientes con DM-1 y el posible impacto sobre el control glucémico, lipídico o la aparición o progresión de complicaciones crónicas. Se excluyeron aquellos trabajos que incluían otras intervenciones terapéuticas con potencialidad de influenciar sobre el control glucémico, como modificaciones sustanciales en los hábitos dietéticos o intensificación del tratamiento insulínico. Finalmente, se completó la búsqueda con la revisión manual de las citas relevantes aparecidas en la bibliografía de los artículos seleccionados.

Beneficios de la actividad física sobre el control glucémico en pacientes con diabetes mellitus tipo 1

Como se ha comentado previamente, el efecto beneficioso de la actividad física en pacientes con diabetes se debe, fundamentalmente, al incremento de la sensibilidad a la insulina con un mayor consumo de glucosa por los músculos esqueléticos no dependientes de la insulina⁶ y, por tanto, inicialmente parecería que serían los pacientes con DM-1 con resistencia a la insulina o con sobrepeso los que teóricamente obtendrían mayores beneficios en el control glucémico al mejorar la sensibilidad a la insulina, de forma similar a lo que sucede en pacientes con diabetes tipo 2. Sin embargo, como se expone a continuación, los resultados de la mayoría de los estudios clínicos evaluados no parecen apoyar esta teoría.

Metaanálisis

Hasta la actualidad tan sólo dos metaanálisis que evalúan el impacto de la actividad física sobre el control glucémico en pacientes con DM-1^{38,39} han sido publicados. En el metaanálisis de Nielsen et al³⁸, publicado en 2006, se evalúan los efectos sobre la salud de las intervenciones con ejercicio físico, separadamente en pacientes con DM-1 y 2, a partir del análisis de los principales estudios clínicos de intervención publicados entre 1969–2004 y que cumplían los criterios de inclusión diseñados. De esta forma, los autores analizan 8 estudios clínicos realizados en pacientes con DM-1, observando que las cifras medias de HbA_{1c} preintervención y postintervención no mostraban cambios evidentes (en ambos casos la cifra media de HbA_{1c} era del 7,5%), si bien se observaba una discreta mejoría en los niveles de HbA_{1c} del 0,6% y del 0,1% en los pacientes situados en los cuartiles 1 y 3 de control metabólico, respectivamente.

Con posterioridad, Conn et al³⁹ publicaron en 2008 un metaanálisis de estudios clínicos de intervención, publicados entre 1970–2005, diseñados para evaluar el impacto del incremento de la actividad física o de la práctica de ejercicio sobre el control glucémico de pacientes con DM-1. Los autores seleccionaron primariamente 24 estudios clínicos, que incluían un total de 1.435 pacientes con DM-1, con intervenciones muy variables que abarcaban desde la simple prescripción de ejercicio físico hasta la realización de un programa supervisado de ejercicios físicos, generalmente 3 sesiones semanales de 60 min de actividad física durante 3 meses. A pesar de la variabilidad de las intervenciones, la práctica de ejercicio físico se asoció con una mejora de los niveles de HbA_{1c} del 0,33%, comparando la HbA_{1c} media postintervención del 8,47 y del 8,80% en los grupos de intervención y control, respectivamente. En este metaanálisis se observó que actuaron como moduladores las variables mayor número de mujeres, menor índice de masa corporal, mayores niveles basales de HbA_{1c} y la realización de múltiples intervenciones, no observándose modificación en los niveles de HbA_{1c} en función de la edad. Los autores concluyen que los resultados de este metaanálisis apoyan la eficacia de las intervenciones que incrementan la actividad física o favorecen la práctica de ejercicio en pacientes adultos con DM-1³⁸.

Estudios de intervención

La mayoría de los estudios de intervención con actividad física en pacientes con DM-1 han sido realizados a partir de 1980 y, en general, incluyen un escaso número de pacientes. Además, la mayoría de estos estudios han utilizado intervenciones muy diversas, generalmente con programas de ejercicios aeróbicos moderados, siendo sus resultados variables, ya que en algunos casos los niveles de HbA_{1c} postintervención no se modificaron^{16–18,22,25–27,31,34} o su cambio no fue significativo¹⁵ y, en otros, los efectos del ejercicio sobre los niveles de HbA_{1c} postintervención supusieron una modesta mejora, que oscilaba entre el 0,2–1,1%^{19,20,23,28,35,36} (tabla 1). Los escasos estudios clínicos realizados en pacientes con DM-1 mediante intervención con programas de entrenamiento de fuerza y resistencia muscular también ofrecen resultados dispares con mejoría en los niveles de HbA_{1c} en algunos casos²⁰ y ausencia de beneficio sobre el control glucémico en otros³¹. Tan sólo hemos encontrado un estudio que compara la intervención con un programa de entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria frente a un programa de entrenamiento con fuerza y resistencia muscular, no encontrando beneficios para el control glucémico en ninguno de los dos casos³¹.

Un reciente estudio de intervención³⁴ en 15 individuos (8 pacientes con DM-1 y 7 sin diabetes pertenecientes al grupo de control) aplicó un programa de entrenamiento de alta intensidad con bicicleta de 7 semanas, observándose cómo en pacientes con DM-1 el entrenamiento de alta intensidad mejoró sensiblemente los valores de HbA_{1c} (preentrenamiento [8,6%] vs. postentrenamiento [8,1%]; p=0,019), la glucemia plasmática y la regulación acidobásica durante el entrenamiento intermitente de alta intensidad. En España, Puig et al²² en una intervención en 14

Tabla 1 Efectos de la actividad física en el control glucémico en pacientes con diabetes tipo mellitus 1: estudios de intervención

Autor, año de publicación y referencia	País, pacientes del estudio	Intervención, frecuencia, duración	Resultados sobre el control glucémico
Wallberg-Henriksson et al, 1982 ¹⁵	Suecia, 9 hombres con DM-1	1 h de ejercicio aeróbico, 2–3 veces/semana, 16 semanas	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $10,4 \pm 0,7$ vs. $11,3 \pm 0,5\%$; $p > 0,05$)
Zinman et al, 1984 ¹⁶	Canadá, 20 sujetos con DM-1 (13 con intervención y 7 controles)	45 min de ejercicio en bicicleta, 3 veces/semana, 12 semanas	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $10,7 \pm 0,3$ vs. $10,3 \pm 0,8\%$; $p > 0,05$)
Campaigne et al, 1984 ²⁸	EE. UU., 19 niños con DM-1 (9 con intervención y 10 controles)	30 min de ejercicio vigoroso, 3 veces/semana, 12 semanas	Los niveles de HbA _{1c} en el grupo de intervención mejoraron entre 0,2–1,1% ($p < 0,05$). Los niveles de HbA _{1c} en el grupo control no se modificaron
Wallberg-Henriksson et al, 1986 ¹⁷	Suecia, 13 sujetos con DM-1 (6 con intervención y 7 controles)	20 min de bicicleta, diario, 5 meses	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron en ningún grupo
Huttunen et al, 1989 ¹⁸	Finlandia, 32 niños y adolescentes con DM-1 (16 con intervención y 16 controles)	1 h de ejercicio aeróbico, 1 vez/semana, 3 meses	Los niveles de HbA _{1c} no mejoraron (grupo intervención: HbA _{1c} preintervención y postintervención: 9,8 vs. 10,5%; $p < 0,01$; grupo control: HbA _{1c} preintervención y postintervención: 9,4 vs. 9,7%; $p > 0,05$)
Bak et al, 1989 ¹⁹	Dinamarca, 7 sujetos con DM-1	Ejercicio físico aeróbico, 2–3 veces semana, 6 semanas	Los niveles de HbA _{1c} mejoraron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $7,9 \pm 1,4$ vs. $7,7 \pm 1,5\%$; $p < 0,05$)
Durak et al, 1990 ²⁰	EE. UU., 8 sujetos con DM-1	Entrenamiento con pesas de alta intensidad, 3 días/semana, 10 semanas	Los niveles de HbA _{1c} mejoraron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $6,9 \pm 1,4$ vs. $5,8 \pm 0,9\%$; $p = 0,05$)
Puig et al, 1998 ²²	España, 14 sujetos con DM-1 y 13 sujetos con DM-2	Programa de ejercicio físico aeróbico, 3–5 días/semana, 3 meses	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron en ningún grupo
Mosher et al, 1998 ²³	EE. UU., 20 adolescentes con DM-1 (10 con intervención y 10 controles)	Programa combinado de resistencia cardiorrespiratoria y fuerza y resistencia muscular, 3 veces/semana, 12 semanas	Los niveles de HbA _{1c} postintervención se redujeron en el 0,96% ($p < 0,05$). Las reducciones de HbA _{1c} beneficiaron a los sujetos con peor control glucémico
Laaksonen et al, 2000 ²⁵	Finlandia, 56 sujetos con DM-1 (28 con intervención y 28 controles)	3–60 min de carrera de moderada intensidad, 3–5 veces/semana, 12–16 semanas	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron
Roberts et al, 2002 ²⁶	Australia, 24 adolescentes con DM-1 (12 con HbA _{1c} < 9% y 12 con HbA _{1c} > 9%)	12 semanas de entrenamiento supervisado y 12 semanas de entrenamiento no supervisado	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron en ningún grupo
Fuchsjager-Mayrl et al, 2002 ²⁷	Austria, 26 sujetos con DM-1 (18 con intervención y 8 controles)	Bicicleta estática durante 1 h, 2 sesiones/semana (2 semanas) y luego 3 sesiones/semana, 4 meses	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $7,3 \pm 0,2$ vs. $7,5 \pm 0,3\%$; $p > 0,05$)
Ramalho et al, 2006 ³¹	Brasil, 13 pacientes con DM-1	7 pacientes: 40 min de pasear o correr, 3 veces/semana, 12 semanas. 6 pacientes: 40 min de entrenamiento con resistencia, 3 veces/semana, 12 semanas	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron en ningún grupo

Tabla 1 (continuación)	Autor, año de publicación y referencia	País, pacientes del estudio	Intervención, frecuencia, duración	Resultados sobre el control glucémico
	Harmer et al, 2007 ³⁴	Australia, 15 sujetos con DM-1 (8 con intervención y 7 controles)	Repeticiones de sprints de 30 segundos a máxima intensidad, 3 veces/semana, 7 semanas	Los niveles de HbA _{1c} no se modificaron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $8,6 \pm 0,8$ vs. $8,1 \pm 0,6$; $p = 0,09$)
	Nansel et al, 2007 ³⁵	EE. UU., 81 adolescentes con DM-1	6 sesiones presenciales orientadas al cambio de conductas seguidas de llamadas telefónicas, 1 año Sesiones aeróbicas de baja intensidad, 3 sesiones de ejercicio/día, 5 días	Los niveles de HbA _{1c} postintervención no mejoraron significativamente
	Ruzic et al, 2008 ³⁶	Croacia, 20 niños con DM-1		Los niveles de HbA _{1c} mejoraron (HbA _{1c} preintervención y postintervención: $8,28 \pm 1,3$ vs. $7,92 \pm 1,42$; $p < 0,001$), incrementándose a los 2 meses de la intervención.

DM-1: diabetes mellitus tipo 1; DM-2: diabetes mellitus tipo 2; HbA_{1c}: hemoglobina glucosilada.

pacientes con DM-1 normotensos (7 mujeres) y 13 pacientes con diabetes tipo 2 (4 mujeres) demostraron cómo, tras la realización de un programa de ejercicio físico monitorizado (3–5 días/semana, 1.851 ± 387 kcal/semana) durante un período de tres meses, los valores de HbA_{1c} no se modificaron, mientras que la dosis de insulina disminuyó únicamente en los pacientes con diabetes tipo 2 (0,4 ± 0,2 vs. 0,3 ± 0,1 UI/kg/día). No obstante, los efectos antiaterogénicos del ejercicio físico sobre el perfil lipídico y la tensión arterial fueron evidentes, incluso en los pacientes con diabetes bien controlados y normolipídicos.

Estudios observacionales

Amplios estudios observacionales también documentan resultados dispares sobre el efecto de la actividad física en el control glucémico en pacientes con DM-1^{24,29,30,32} (tabla 2). Así, Ligtenberg et al, en un estudio observacional sobre 221 sujetos con DM-1, no encontraron ningún tipo de asociación entre la actividad física autoinformada y los niveles de HbA_{1c}²⁴. Por otro lado, en el FinnDiane Study³⁰, con una muestra de 1.030 pacientes con DM-1, sí se observaron diferencias en el nivel de actividad física en relación con el sexo, de forma que la actividad física autoinformada se correlacionaba con la mejora en los niveles de HbA_{1c} en las mujeres, pero no en los hombres³⁰. En el más amplio estudio hasta la fecha, Herbst et al³² analizaron el impacto de la frecuencia de la AFR autoinformada sobre los factores de riesgo cardiovascular de 23.251 sujetos con DM-1 de 209 centros de Alemania y Austria, observando que los niveles de HbA_{1c} fueron más bajos en los pacientes con una mayor frecuencia de AFR ($8,1 \pm 1,9$ vs. $7,8 \pm 1,6$ vs. $7,8 \pm 1,6\%$, para los grupos AFR0 —ninguna frecuencia semanal—, AFR1 —frecuencia de 1-2 veces por semana— y AFR2 —frecuencia ≥ 3 veces por semana—, respectivamente; $p < 0,00001$)³².

Beneficios de la actividad física sobre el control de factores de riesgo vascular y el desarrollo de complicaciones en pacientes con diabetes mellitus tipo 1

Pocos estudios han investigado el efecto de diferentes dosis y tipos de ejercicios sobre los factores de riesgo de enfermedad vascular en pacientes con DM-1. En un estudio de intervención, Ramalho et al³¹ compararon los efectos de un entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria frente a un entrenamiento de fuerza y resistencia muscular sobre el control metabólico en pacientes tipo 1. En este estudio, realizado en 13 pacientes no activos con DM-1, de edades entre 13–30 años, se aplicó un programa de entrenamiento de resistencia cardiorrespiratoria (grupo A, n=7) o de entrenamiento de fuerza y resistencia muscular (grupo B, n=6) durante 12 semanas. El entrenamiento del grupo A consistió en tres sesiones de 40 min de ejercicio aeróbico moderado (caminar o correr) a la semana, y el entrenamiento del grupo B consistió en realizar ejercicios con fuerza y resistencia muscular tres veces a la semana. Ningún grupo mejoró los niveles de HbA_{1c}, ni el perfil lipídico, ni el índice de masa corporal, pero el grupo de resistencia

Tabla 2 Efectos de la actividad física en el control glucémico en pacientes con diabetes mellitus tipo 1: estudios observacionales

Autor, año de publicación y referencia	País, pacientes del estudio	Principales resultados
Ligtenberg et al, 1999 ²⁴	Holanda, 221 pacientes de 18–45 años	No hay asociación entre el nivel de actividad física autoinformada y el control glucémico
Bernardini et al, 2004 ²⁹	Italia, 91 pacientes de 10–18 años	Los niños que realizan menos de 60 min de actividad física semanal presentan peores niveles de HbA _{1c} ($8,9 \pm 0,5\%$) que aquellos que realizan 120–360 min ($8,3 \pm 0,4\%$; $p=0,002$) o 360–480 min semanales ($8,0 \pm 0,6\%$; $p<0,01$)
Wadén et al, 2005 ³⁰	Finlandia, 1.030 pacientes de 26–50 años	Detectada una correlación inversa entre los valores de actividad física en el tiempo libre y los niveles de HbA _{1c} en mujeres ($r: -0,12$; $p=0,007$), pero no en varones ($r: -0,03$; $p=0,592$)
Herbst et al, 2007 ³²	Alemania y Austria, 23.251 pacientes de 3–18 años	Los niveles de HbA _{1c} fueron más bajos en los pacientes con una mayor frecuencia de actividad física regular ($8,1 \pm 1,9$ vs. $7,8 \pm 1,6\%$)

HbA_{1c}: hemoglobina glucosilada.

cardiorrespiratoria había mejorado la circunferencia de cintura, mientras que en el grupo de entrenamiento con fuerza y resistencia muscular no se evidenció mejoría en este parámetro³¹. Este resultado coincide con los hallados en el FinnDiane Study, en el cual se observó que la baja actividad física se correlacionaba con la presencia de síndrome metabólico en pacientes con DM-1, especialmente el componente de la circunferencia de la cintura³³. Por último, Lehman et al²¹ observaron mejoras significativas en la sensibilidad a la insulina, el nivel de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad y el colesterol de las lipoproteínas de alta densidad, la presión sanguínea y el índice cintura-cadera, con un incremento en la actividad física de 150 min/semana, sin que se asociase con un incremento en los episodios hipoglucémicos severos.

Desarrollo y progresión de complicaciones microvasculares

Con respecto a las complicaciones microvasculares de la diabetes (neuropatía, nefropatía y retinopatía), no existen, hasta la fecha, suficientes ensayos controlados y aleatorizados que hayan investigado el papel de la actividad física en la prevención y el tratamiento de las complicaciones microvasculares de la diabetes. No obstante, un pequeño ensayo controlado aleatorizado⁴⁰ y algunos estudios observacionales^{41–48} han sugerido una posible relación entre la actividad física y la prevención de la aparición y/o progresión de algunas complicaciones microvasculares.

En lo referente a la neuropatía diabética, un pequeño ensayo controlado aleatorizado⁴⁰, un estudio transversal⁴¹ y un estudio de cohortes retrospectivo⁴² han evaluado el impacto de la actividad física en la prevención primaria de la neuropatía diabética. Si bien de estos estudios no es posible extraer conclusiones firmes, sus resultados parecen indicar que la actividad física pudiera tener algún papel favorable en la prevención de la neuropatía diabética. Así, los datos del ensayo controlado aleatorizado de Balducci

et al, aunque sólo se realizó en 78 sujetos (el 73% con DM-1), reveló una reducción en la incidencia tanto de la neuropatía motora como de la sensitiva después de 4 años de ejercicio de moderada intensidad⁴⁰. De los otros dos estudios realizados con sujetos con DM-1 y con neuropatía, uno de ellos encontró que la actividad física benefició significativamente sólo a los hombres⁴¹, mientras que el otro no encontró efecto alguno⁴².

Con respecto a la nefropatía diabética, cuatro estudios transversales^{30,33,41,43} y un estudio de cohortes retrospectivo⁴² han evaluado el impacto de la actividad física en la prevención de la nefropatía diabética en sujetos con DM-1. De estos estudios, tampoco es posible extraer conclusiones firmes, si bien sus resultados sugieren que la actividad física pudiera contribuir a la prevención de la nefropatía diabética. En dos estudios transversales realizados en una población finlandesa, los autores observaron que la menor frecuencia e intensidad de actividad física autoinformada se asociaba con una mayor prevalencia de nefropatía^{30,33}. En este sentido, en una reciente investigación del FinnDiane Study³⁷ realizada con 1.945 pacientes, se observó que los pacientes con complicaciones diabéticas microvasculares y macrovasculares comunicaron distintos patrones de actividad física en el tiempo libre que aquellos sin complicaciones conocidas. Tanto la inactividad física como la actividad física en el tiempo libre de baja frecuencia y baja intensidad fueron más frecuentes en pacientes con nefropatía diabética y retinopatía proliferativa que en aquellos pacientes sin estas complicaciones. No obstante, la diferencia más notable comunicada fue respecto a la intensidad de la actividad física autoinformada, ya que la baja intensidad se asoció con un deterioro de la función renal y mayor grado de proteinuria, retinopatía y enfermedad cardiovascular. Estos resultados contrastan con la información aportada por otros estudios que señalan que la actividad física intensa podría incrementar la respuesta hipertensiva y la excreción urinaria de albúmina^{44,45} en las primeras horas, si bien parece que esta se normaliza horas después de la actividad física y permanece estabilizada con

posterioridad⁴⁴. Finalmente, otros estudios observacionales no encuentran ni perjuicio ni beneficio de la realización de actividad física en la prevención de la nefropatía diabética^{42,43}.

En lo referente a la retinopatía diabética, un estudio de cohorte retrospectivo de medio tamaño⁴⁶, varios estudios transversales^{30,33,37,41,47} y dos estudios observacionales retrospectivos^{42,48} han evaluado el impacto de la actividad física en la prevención de la retinopatía diabética en sujetos con DM-1. En estos estudios se concluye, en general, que el desarrollo de actividad física no influye en el riesgo de desarrollar retinopatía diabética. En este sentido, un estudio de cohortes retrospectivo de medio tamaño⁴⁶ no observó diferencias en la incidencia de retinopatía durante 6 años en 606 sujetos con respecto a la actividad física habitual o a su participación en deportes de equipo, en contraste con lo previamente observado en un anterior estudio transversal⁴⁷ sobre un grupo de la misma cohorte de población, en la que la prevalencia de retinopatía decreció en las mujeres que practicaron deportes de equipo (OR: 0,46; p<0,05) o que reportó actividad física habitual extenuante (OR: 0,34; p<0,05). Dos estudios transversales posteriores realizados en una población finlandesa con DM-1 tampoco han encontrado ninguna asociación entre la actividad física y el desarrollo de retinopatía^{30,33}, a pesar de que sí habían documentado asociación entre la actividad física y el deterioro de la función renal. Con posterioridad, Wadén et al³⁷, en un estudio transversal, hallaron que la diferencia más notable en los patrones de la actividad física realizada en el tiempo libre entre los pacientes con complicaciones microvasculares y macrovasculares y aquellos sin complicaciones fue la intensidad de la actividad física realizada, ya que la baja intensidad se asoció claramente con el deterioro de la función renal y un mayor grado de proteinuria, retinopatía y enfermedad cardiovascular. Debido a que se trata de un estudio transversal, los propios autores reconocen sus limitaciones para establecer relaciones de causalidad³⁷. De los otros cuatro estudios transversales realizados, ninguno encontró perjuicio o beneficio de la actividad física en el desarrollo o en la progresión de retinopatía diabética^{41-43,48}. Con respecto a la progresión de la retinopatía diabética, un gran estudio de cohorte realizado en pacientes con DM-1 publicado en la década de 1990 comunicó que no hubo asociación entre la actividad física autoinformada y la progresión de la retinopatía o el desarrollo de retinopatía proliferativa⁴⁶.

Desarrollo de complicaciones macrovasculares

Con respecto a las complicaciones macrovasculares no existen evidencias suficientes que apoyen un efecto positivo del ejercicio físico sobre la presentación de eventos cardiovasculares en pacientes con DM-1⁴⁹. No obstante, la mejoría que la actividad física ocasiona sobre los conocidos factores de riesgo de arteriosclerosis²¹ es posiblemente un factor clave para la reducción del riesgo cardiovascular de los pacientes con DM-1 que practican actividad física⁵⁰. Además, la American Diabetes Association, el National Cholesterol Education Programme Expert Panel y la International Diabetes Federation (European Region) recomiendan la realización de actividad física para la prevención primaria

y secundaria de eventos cardiovasculares en personas con diabetes⁵¹⁻⁵³.

A pesar de lo mencionado, existen diversos factores que limitan la práctica de actividad física en personas con diabetes que presentan complicaciones. Así, los pacientes con neuropatía autonómica pueden presentar alteraciones en la termorregulación y respuestas inadecuadas en la frecuencia cardíaca y presión arterial, lo que dificulta el control de la intensidad del ejercicio mediante el uso de la frecuencia cardíaca. Además, la propia neuropatía periférica o la presencia de lesiones en los pies pueden afectar la capacidad para caminar y correr⁵⁴. También a los pacientes con retinopatía proliferativa se les suele recomendar que eviten las actividades extenuantes y aquellas que impliquen maniobras de tipo Valsalva debido al riesgo de hemorragia vítreo⁵⁰. Los pacientes con nefropatía diabética ven limitada su ejercitación, ya no sólo por la frecuente asociación con la enfermedad cardiovascular⁵⁵, sino porque, además, el deterioro de la función renal⁵⁶ se asocia con una menor concentración de hemoglobina en sangre causada por una disminución en la producción de eritropoyetina, dificultando así el aporte de oxígeno durante el ejercicio. Finalmente, los pacientes con enfermedad macrovascular pueden tener una limitación evidente debido a la isquemia de miocardio inducida por el ejercicio, la disfunción cardíaca sistólica y diastólica, o la isquemia de los miembros inferiores.

A pesar de esto, un estudio reciente⁵⁷ realizado con un centenar de pacientes adultos con DM-1 comunica que el miedo a la hipoglucemias es la mayor barrera para realizar actividad física. La agenda laboral, la pérdida de control sobre la diabetes y el bajo nivel de forma física fueron las otras tres barreras identificadas. Asimismo, entre los factores relacionados con estas barreras se incluían los conocimientos básicos sobre la terapia con insulina y las estrategias para prevenir las hipoglucemias. Además, los autores encontraron que las mayores barreras estaban positivamente correlacionadas con los niveles de HbA_{1c} ($r=0,023$; $p=0,042$) y negativamente con el bienestar ($r=-0,45$; $p<0,001$).

Conclusiones

La mayoría de los estudios analizados en esta revisión evidencian que la práctica de AFR afecta favorablemente al control metabólico (o al menos no lo empeora) de los pacientes con diabetes tipo 1, existiendo insuficiente información respecto al impacto de la actividad física sobre el desarrollo y la progresión de complicaciones crónicas. Es necesario disponer de un mayor número de estudios de intervención, aleatorizados y bien diseñados, que permitan clarificar aún más el papel de la actividad física en los pacientes con DM-1.

No obstante, la información disponible en la actualidad sugiere un efecto beneficioso de la actividad física sobre la salud general^{1,2} y sobre la DM-1 en particular³⁸, por lo que consideramos adecuado estimular a los pacientes con DM-1, sobre todo a los jóvenes, a incorporar el deporte en sus vidas diarias, siempre que ellos lo deseen, y a desarrollar estrategias conjuntas para evitar los posibles efectos adversos derivados de este⁷.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Caspersen CJ, Powell KE, Christensen GM. Physical activity, exercise and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 1985;100: 126–31.
2. Cavill N, Kahlmeier S, Racioppi F, editores. *Physical activity and health in Europe: Evidence for action*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2006.
3. Martínez JA, Varo JJ, Martínez MA. Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Med Clin (Barc)*. 2003;121: 665–72.
4. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: Update recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1423–34.
5. Khaw KT, Jakes R, Bingham S, Welch A, Luben R, Day N, et al. Work and leisure time physical activity assessed using a simple, pragmatic, validated questionnaire and incident cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women: The European Prospective Investigation into Cancer in Norfolk prospective population study. *Int J Epidemiol*. 2006;35: 1034–43.
6. Gulve EA. Exercise and glycemic control in diabetes: Benefits, challenges, and adjustments to pharmacotherapy. *Physical Therapy*. 2008;88:1297–321.
7. Novials A, Murillo S. Ejercicio y diabetes. En: Gomis R, Rovira A, Feliu J, Oyarzabal M, editores. *Tratado Sociedad Española de Diabetes (SED) de diabetes mellitus*. Madrid: Médica Panamericana; 2007. p. 283–96.
8. Boulé NG, Haddad E, Kenny GP, Wells GA, Sigal RJ. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis of controlled clinical trials. *JAMA*. 2001;286:1218–27.
9. Snowling NJ, Hopkins WG. Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: A meta-analysis. *Diabetes Care*. 2006;29:2518–27.
10. Thomas DE, Elliott EJ, Naughton GA. Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;3: CD002968.
11. Marwick TH, Hordern MD, Miller T, Chyun DA, Bertoni AG, Roger S, et al. Exercise training for type 2 diabetes mellitus: Impact on cardiovascular risk: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2009;119:3244–62.
12. UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. Intensive blood glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33). *Lancet*. 1998;352:837–53.
13. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): Prospective observational study. *BMJ*. 2000;321:405–12.
14. Selvin E, Marinopoulos S, Berkenbilt G, Rami T, Brancati FL, Powe NR, et al. Meta-analysis: Glycosylated hemoglobin and cardiovascular disease in diabetes mellitus. *Ann Intern Med*. 2004;141:421–31.
15. Wallberg-Henriksson H, Gunnarsson R, Henriksson J, De Fronzo R, Felig P, Ostman J, et al. Increased peripheral insulin sensitivity and muscle mitochondrial enzymes but unchanged blood glucose control in type 1 diabetics after physical training. *Diabetes*. 1982;31:1044–50.
16. Zinman B, Zuniga-Guajardo S, Kelly D. Comparison of the acute and long-term effects of exercise on glucose control in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 1984;7:515–9.
17. Wallberg-Henriksson H, Gunnarsson R, Rossner S, Wahren J. Long-term physical training in female type 1 (insulin-dependent) diabetic patients: Absence of significant effect on glycaemic control and lipoprotein levels. *Diabetologia*. 1986;29:53–7.
18. Huttunen NP, Lankela SL, Knip M, Lautala P, Kaar 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.
19. Bak JF, Jacobsen UK, Jorgensen FS, Pedersen O. Insulin receptor function and glycogen synthase activity in skeletal muscle biopsies from patients with insulin-dependent diabetes mellitus: Effects of physical training. *J Clin Endocrinol Metab*. 1989;69:158–64.
20. Durak EP, Jovanovic-Peterson L, Peterson CM. Randomized crossover study of effect of resistance training on glycemic control, muscular strength, and cholesterol in type I diabetic men. *Diabetes Care*. 1990;13:1039–43.
21. Lehmann R, Kaplan V, Bingisser R, Bloch KE, Spinias GA. Impact of physical activity on cardiovascular risk factors in IDDM. *Diabetes Care*. 1997;20:1603–11.
22. Puig J, Rigla M, Caixás A, Sánchez JL, Wágner A, Ortega E, et al. Efectos del ejercicio físico sobre los factores de riesgo cardiovascular en los pacientes con diabetes tipo 1 y tipo 2. *Av Diabetol*. 1998;14:59.
23. Mosher P, Nash M, Perry A, La Perriere A, Goldberg R. Aerobic circuit exercise training: Effect on adolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1998;79:652–7.
24. Ligtenberg PC, Blans M, Hoekstra JB, Van der Tweel I, Erkelens DW. No effect of long-term physical activity on the glycemic control in type 1 diabetes patients: A cross-sectional study. *Neth J Med*. 1999;55:59–63.
25. Laaksonen D, Atalay M, Niskanen L, Mustonen J, Sen C, Lakka T, et al. Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic men: A randomized controlled trial. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1541–8.
26. 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.
27. Fuchsberger-Mayrl G, Pleiner J, Wiesinger GF, Sieder AE, Quittan M, Nuhr MJ, et al. Exercise training improves vascular endothelial function in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25:1795–801.
28. Campagne 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.
29. Bernardini AL, Vanelli M, Chiari G, Iovane B, Gelmetti C, Vitale R, et al. Adherence to physical activity in young people with type 1 diabetes. *Acta Biomed*. 2004;75:153–7.
30. Wadén J, Tikkanen H, Forsblom C, Fagerudd J, Pettersson-Fernholm K, Lakka T, et al. FinnDiane Study Group. Leisure time physical activity is associated with poor glycemic control in type 1 diabetic women: The FinnDiane Study. *Diabetes Care*. 2005;28:777–82.
31. Ramalho AC, De Lourdes LM, Nunes F, Cambui Z, Barbosa C, Andrade A, et al. The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract*. 2006;72:271–6.
32. Herbst A, Kordonouri O, Schwab KO, Schmidt F, Holl RW. Impact of physical activity on cardiovascular risk factors in children with type 1 diabetes: A multicenter study of 23,251 patients. *Diabetes Care*. 2007;30:2098–100.

33. Wadén J, Thorn LM, Forsblom C, Lakka T, Saraheimo M, Rosengard-Barlund M, et al. Leisure-time physical activity is associated with the metabolic syndrome in type 1 diabetes: Effect of the PPARgamma Pro12Ala polymorphism: The FinnDiane Study. *Diabetes Care.* 2007;30:1618–20.
34. Harmer AR, Chisholm DJ, McKenna MJ, Morris NR, Thom JM, Bennett G, et al. High-intensity training improves plasma glucose and acid-base regulation during intermittent maximal exercise in type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2007;30:1269–71.
35. Nansel TR, Iannotti RJ, Simons-Morton BG, Cox C, Plotnick LP, Clark LM, et al. Short-term and 1-year outcomes of a diabetes personal trainer intervention among youth with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2007;30:2471–7.
36. Ruzic L, Sporis G. Matkovic BRHigh volume-low intensity exercise camp and glycemic control in diabetic children. *J Paediatr Child Health.* 2008;44:122–8.
37. Wadén J, Forsblom C, Thorn LM, Saraheimo M, Rosengard-Bärlund M, Heikkilä O, et al. FinnDiane Study Group. Physical activity and diabetes complications in patient with type 1 diabetes. The Finnish Diabetic Nephropathy (FinnDiane) Study. *Diabetes Care.* 2008;31:230–2.
38. Nielsen PJ, Hafdahl AR, Conn VS, Lemaster JW, Brown SA. Meta-analysis of the effect of exercise interventions on fitness outcomes among adults with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2006;74:111–20.
39. Conn VS, Hafdahl AR, Lemaster JW, Ruppar TM, Cochran JE, Nielsen PJ. Meta-analysis of health behavior change interventions in type 1 diabetes. *Am J Health Behav.* 2008;32:315–29.
40. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di BN, Calandriello E, Leonetti F, et al. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications.* 2006;20:216–23.
41. Kriska AM, La Porte RE, Patrick SL, Kuller LH, Orchard TJ. The association of physical activity and diabetic complications in individuals with insulin-dependent diabetes mellitus: The Epidemiology of Diabetes Complications Study-VII. *J Clin Epidemiol.* 1991;44:1207–14.
42. Orchard TJ, Dorman JS, Maser RE, Becker DJ, Ellis D, La Porte RE, et al. Factors associated with avoidance of severe complications after 25 yr of IDDM. Pittsburgh Epidemiology of Diabetes Complications Study I. *Diabetes Care.* 1990;13:741–7.
43. Samanta A, Burden AC, Jagger C. A comparison of the clinical features and vascular complications of diabetes between migrant Asians and Caucasians in Leicester. UK *Diabetes Res Clin Pract.* 1991;14:205–13.
44. Lane JT, Ford TC, Larson LR, Chambers WA, Lane PH. Acute effects of different intensities of exercise in normoalbuminuric/normotensive patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2004;27:28–32.
45. Feldt-Rasmussen B, Baker L, Deckert T. Exercise as a provocative test in early renal disease in type 1 (insulin-dependent) diabetes: Albuminuric, systemic and renal haemodynamic responses. *Diabetologia.* 1985;28:389–96.
46. Cruickshanks KJ, Moss SE, Klein R, Klein BE. Physical activity and the risk of progression of retinopathy or the development of proliferative retinopathy. *Ophthalmology.* 1995;102:1177–82.
47. Cruickshanks KJ, Moss SE, Klein R, Klein BE. Physical activity and proliferative retinopathy in people diagnosed with diabetes before age 30 yr. *Diabetes Care.* 1992;15:1267–72.
48. La Porte RE, Dorman JS, Tajima N, Cruickshanks KJ, Orchard TJ, Cavender DE, et al. Pittsburgh Insulin-Dependent Diabetes Mellitus Morbidity and Mortality Study: Physical activity and diabetic complications. *Pediatrics.* 1986;78:1027–33.
49. USDHHS. Department of Health and Human Services. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report. Part G. Section 3: Metabolic Health. Atlanta, GA: Department of Health and Human Services; 2008.
50. American Diabetes Association. Physical activity/exercise and diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2003;26:73–7.
51. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes-2008. *Diabetes Care.* 2008;31:S12–54.
52. Graham I, Atar D, Borch-Johnsen K, Boysen G, Burell G, Cifkova R, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Executive summary. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2007;14: E1–40.
53. Schuster H. National Cholesterol Education Program (NCEP) Adult Treatment Panel III (ATP III). Managing the high-risk patient: Therapeutic approaches in 2002. *Atheroscler Suppl.* 2003;4:15–20.
54. Kahn JK, Zola B, Juni JE, Vinik AI. Decreased exercise heart rate and blood pressure response in diabetic subjects with cardiac autonomic neuropathy. *Diabetes Care.* 1986;9:389–94.
55. Tuomilehto J, Borch-Johnsen K, Molarius A, Forsen T, Rastenyte D, Sarti C, et al. Incidence of cardiovascular disease in type 1 (insulin-dependent) diabetic subjects with and without diabetic nephropathy in Finland. *Diabetologia.* 1998;41:784–90.
56. Astor BC, Muntner P, Levin A, Eustace JA, Coresh J. Association of kidney function with anemia: The Third National Health and Nutrition Examination Survey (1988–1994). *Arch Intern Med.* 2002;162:1401–8.
57. Brazeau AS, Rabasa-Lhoret R, Strychar I, Mircescu H. Barriers to physical activity among patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2008;31:2108–9.