

# El ejercicio físico en la diabetes mellitus

Serafín Murillo García

*Diplomado en Nutrición y Dietética Humana. Unitat de Diabetis i Exercici Físic. Investigador del Centro de Investigación Biomédica en Red de Diabetes y Enfermedades Metabólicas Asociadas (CIBERDEM). Hospital Clínic. Barcelona*

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las recomendaciones sobre la práctica de ejercicio físico en personas con diabetes se han modificado de forma paralela a la evolución de los conocimientos y de los tratamientos de la diabetes. Antes del descubrimiento de la insulina, el ejercicio físico era considerado como una actividad incluso peligrosa, habitualmente desaconsejada por el incremento del riesgo de descompensación metabólica a que daba lugar. En la actualidad, el ejercicio es una actividad básica, incluida dentro del estilo de vida saludable recomendado para los pacientes con diabetes.

En esta evolución continua, el ejercicio está encontrando un papel más protagonista en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). El espectacular incremento de la prevalencia de casos de este tipo de diabetes convierte el ejercicio en una estrategia fundamental tanto en la prevención como en su tratamiento, al incidir directamente en la reducción de la resistencia insulínica y disminuir el riesgo cardiovascular total.

A pesar de ello, la práctica de ejercicio físico puede dar lugar a la aparición de algunas complicaciones. La más frecuente de ellas es la hipoglucemia, que puede darse durante el ejercicio, pero también incluso hasta las 12-24 horas posteriores a la actividad. Para evitarla se deberá tener un óptimo conocimiento de los efectos de cada tipo de ejercicio sobre el consumo de glucosa y aplicar algunas modificaciones en la pauta de insulina, en la medicación oral o en la alimentación. Además, en el caso de pacientes que ya padecen complicaciones crónicas, se deberá realizar una correcta prescripción del ejercicio con el objetivo de no influir sobre el estado de estas complicaciones.

## EJERCICIO FÍSICO Y DIABETES TIPO 1

A lo largo de la historia, algunos estudios han cuestionado la conveniencia de utilizar el ejercicio físico como trata-

miento de la diabetes tipo 1. No obstante, mientras los estudios de Mosher<sup>1</sup> y Campaigne<sup>2</sup> encontraron mejoras en los niveles de hemoglobina glicosilada asociados a la práctica de ejercicio físico, otros como Laaksonen<sup>3</sup>, Rowland<sup>4</sup>, Zinman<sup>5</sup> o Ramalho<sup>6</sup> no encontraron estas mejoras en el control glucémico. La causa parece residir en que el éxito en el tratamiento de la diabetes tipo 1 consiste en encontrar el equilibrio entre los numerosos factores que intervienen en la regulación de la glucemia (características del ejercicio, pauta insulínica y alimentación) y, por tanto, la práctica de ejercicio físico sin adecuar correctamente la insulina y la alimentación podría dar lugar a importantes descompensaciones glucémicas.

## EJERCICIO Y DIABETES TIPO 2

El entrenamiento físico de carácter aeróbico ha sido tradicionalmente propuesto como un factor de intervención tanto para la prevención como para el tratamiento de la DM2. La bibliografía actual relaciona el ejercicio físico regular con importantes mejoras, tanto en la composición corporal como en el incremento de la acción de la insulina sobre los tejidos periféricos; se obtendrían así mejoras en el control glucémico del orden de 0,5 a 1 punto de reducción de los valores de hemoglobina glicosilada.

Recientemente, algunos estudios relacionan la inclusión de ejercicios de fuerza-resistencia muscular con interesantes efectos metabólicos en pacientes con DM2<sup>7</sup>. La aplicación de este tipo de ejercicio nace de la necesidad de muchos pacientes con diabetes y obesidad, a los cuales la movilidad disminuida les hace imposible conseguir el volumen y la intensidad adecuados cuando siguen ejercicios de tipo aeróbico<sup>8,9</sup> como caminar o ir en bicicleta. En estos casos, el ejercicio de fuerza-resistencia muscular permite aplicar un entrenamiento de mayor intensidad y, a la vez, específico para cada uno de los diferentes grupos musculares. Los protocolos utilizados<sup>10</sup> prescriben ejercicios con máquinas o pesos libres

con una frecuencia de tres o más días no consecutivos en la semana, con intensidad variable y una duración desde cuatro semanas hasta un año. En estos trabajos se lograron mejoras de los niveles de hemoglobina glicosilada de alrededor de 0,6%.

## **ESTRATEGIAS PARA LA PRÁCTICA DE EJERCICIO FÍSICO**

Ante la realización de cualquier sesión de ejercicio físico se deben tener en cuenta las siguientes precauciones.

### **Control de glucemia previo al ejercicio**

Antes de iniciar la práctica de cualquier tipo de ejercicio físico es recomendable valorar el nivel de glucemia. Esta norma debe ser fundamental antes de practicar no solamente actividades deportivas, sino también algunas actividades cotidianas que suponen un incremento importante de la actividad física, como jugar, bailar o ir a la piscina.

Según los valores de glucemia encontrados, las estrategias que se han de seguir deberán ser diferentes<sup>11</sup>:

- Glucemia inferior a 100 mg/dl: tomar un suplemento de unos 10-20 g de hidratos de carbono antes de iniciar el ejercicio.
- Glucemia entre 100 y 250 mg/dl: son valores adecuados para iniciar el ejercicio con normalidad.
- Glucemia superior a 250 mg/dl: se debe comprobar la presencia de cuerpos cetónicos en la orina. Si la cetonuria es positiva, se debe evitar o retrasar el ejercicio hasta que desaparezcan los niveles de cuerpos cetónicos en orina. En algunos casos, se puede administrar una pequeña dosis extra de insulina de acción rápida y verificar de nuevo la glucemia y la cetonuria pasado un período de unas dos horas.

Para algunos ejercicios de larga distancia y alto consumo de glucosa, como competiciones de atletismo o ciclismo, puede ser interesante iniciar el ejercicio en valores cercanos a 180-200 mg/dl, con el fin de evitar la aparición de hipoglucemias a lo largo de los primeros minutos de la actividad<sup>12</sup>, sobre todo si no existe posibilidad de avituallamiento.

### **Conocer las características del ejercicio que se realiza**

El efecto sobre la glucemia puede ser diferente según el tipo de actividad que se vaya a realizar. De ello dependerán

los cambios en la pauta insulínica o en la suplementación con hidratos de carbono:

- a. Tipo de ejercicio: aquellos ejercicios preferentemente aeróbicos como caminar, correr, nadar, patinar o el ciclismo son los que tienen un mayor efecto hipoglucemiante. En cambio, los ejercicios con un componente anaeróbico como *sprints*, deportes de lucha u otros que incluyen trabajos con pesos elevados pueden llegar a producir una importante estimulación adrenérgica (estimulan la producción hepática de glucosa) y, por tanto, suelen tener un bajo efecto hipoglucemiante. Los deportes de competición también pueden tener asociado un importante estrés emocional (con alta estimulación adrenérgica) que ocasione importantes incrementos de glucemia, especialmente en niños y adolescentes.
- b. Duración: durante los primeros 30-60 minutos de ejercicio de intensidad moderada-alta, el glucógeno, muscular y hepático, se convierte en el principal combustible muscular. A partir de entonces, las reservas de glucógeno empiezan a vaciarse y es cuando el músculo incrementa la obtención de energía a partir de grasas y de la glucosa plasmática.
- c. Intensidad: la glucosa es el combustible muscular elegido para aquellos ejercicios realizados con intensidad moderada o alta. Con intensidad baja, la fuente de energía utilizada son preferentemente los ácidos grasos. Por tanto, las actividades realizadas con intensidad baja, como pasear, pueden tener un efecto mínimo sobre la glucemia y, en cambio, actividades intensas como correr tienen un alto efecto hipoglucemiante.
- d. Frecuencia: el efecto hipoglucemiante, especialmente posejercicio, se incrementa cuando se acumulan días consecutivos de práctica de ejercicio físico.

### **Disminuir la dosis de fármacos previa al ejercicio**

- Pacientes tratados con insulina, en múltiples dosis: la disminución de las dosis de insulina previas al ejercicio es una estrategia imprescindible para evitar la hipoglucemia. Ésta es una de las complicaciones más frecuentes asociadas a la práctica de ejercicio físico, que ya fue descrita desde las primeras insulinizaciones de pacientes con diabetes<sup>13</sup>. Se debe señalar que la hipoglucemia durante el ejercicio es una de las principales barreras que dificultan la práctica de éste, especialmente en niños y adolescentes<sup>14</sup>.

Ante la práctica de ejercicios de duración superior a los 30 minutos se debe considerar la reducción de las dosis de insulina, siempre en función de la duración y la intensidad de cada ejercicio<sup>15</sup> (tabla 1).

**Tabla 1:** Porcentaje de reducción de dosis de insulina rápida previa al ejercicio según la intensidad y duración

Intensidad del ejercicio (% VO <sub>2max</sub> )	30 minutos	60 minutos
25/ligero	25	50
50/moderado	50	75
75/intenso	75	100*

\*Para ejercicios de larga duración e intensidad alta, puede ser necesario incluso eliminar la insulina de acción rápida previa al ejercicio.

VO<sub>2max</sub>: consumo máximo de oxígeno.

Esta reducción de las dosis de insulina solamente se realizará en caso de que el ejercicio tenga lugar en el período de 2-3 horas posteriores a la inyección de análogos de insulina de acción rápida o 4-6 horas en caso de utilizar insulina regular. Después de este período, los niveles de insulina de acción rápida ya son muy bajos, por lo que no tendrían demasiado efecto sobre el ejercicio físico.

- Pacientes tratados con sulfonilureas, meglitinidas o insulina intermedia o retardada (nocturna): ante la realización de ejercicio físico de duración media o larga (más de 45-60 minutos) e intensidad moderada o alta, es recomendable reducir las dosis de fármacos. En los casos en que exista sobrepeso, se priorizará la reducción de dosis de insulina o fármacos orales a la suplementación con hidratos de carbono, con el fin de obtener una mayor pérdida de peso mediante el ejercicio.
- Pacientes tratados exclusivamente con fármacos no insulino-sensibilizadores (metformina, glitazonas, inhibidores de la dipeptidil peptidasa 4, péptido similar al glucagón 1 o inhibidores de la  $\alpha$ -glucosidasa): estos pacientes tienen un riesgo muy bajo de sufrir episodios de hipoglucemia relacionada con el ejercicio, por lo que no se indicarán reducciones en el tratamiento ni suplementos con hidratos de carbono.

### Precaución cuando el ejercicio coincide con el pico de acción de la insulina

Si el ejercicio se realiza durante el momento de máximo efecto de una determinada insulina o hipoglucemiante oral, se incrementan las posibilidades de sufrir algún episodio de hipoglucemia. Esto no debe impedir realizar el ejercicio, pero sí obliga a adoptar las correspondientes medidas preventivas, que incluyen control de glucemia previo, reducción de la dosis de insulina e incremento del consumo de hidratos de carbono.

Se debe tener una máxima atención cuando se utilizan mezclas prefijadas de insulina o cuando se combinan insulina e hipoglucemiantes orales, pues puede ser difícil conocer la acción que realiza cada fármaco en un determinado momento.

Como norma general, en los pacientes tratados exclusivamente con insulina, se recomendará realizar el ejercicio preferentemente 2-3 horas después de las comidas, pues así el efecto de la insulina de acción rápida es mucho menor y, por tanto, el riesgo de hipoglucemias es bajo.

### Inyección de la insulina

Después de la aparición de los estudios de Koivisto<sup>16</sup> en el año 1978, se consolidó la idea de procurar no inyectar la insulina en las zonas que tengan una actividad muscular importante, pues de esa manera se evitaría la hipoglucemia ocasionada por un incremento en la velocidad de absorción de la insulina debido a la actividad muscular.

A pesar de ello, nunca se demostró que este efecto fuera causado por un incremento de la circulación subcutánea<sup>17</sup> ni que tuviera una relación directa con las hipoglucemias durante la actividad, ya que el ejercicio solamente es uno de los múltiples factores que afectan a la velocidad de absorción de la insulina y parece ser que la repercusión clínica es, en cualquier caso, baja<sup>18</sup>.

En cambio, sí se debe tener en cuenta que hay que evitar la inyección intramuscular de insulina<sup>19</sup>, especialmente en niños o atletas con un bajo porcentaje de grasa corporal, pues esta mala técnica de inyección incrementaría la velocidad de absorción de la insulina y, a su vez, el riesgo de hipoglucemias. Para evitarlo se debe repasar la técnica de inyección, e incluso en pacientes muy delgados o niños inyectar en ángulo de 45° o utilizar agujas de 5-6 mm.

### Tomar alimentos con hidratos de carbono

Habitualmente, ante la práctica de ejercicio no es suficiente con reducir las dosis de insulina, sino que además puede ser necesario incrementar el consumo de hidratos de carbono. Éste es el caso de ejercicios de larga duración (más de 60-90 minutos) o de aquellos ejercicios no planificados.

Estos suplementos de hidratos de carbono se deben individualizar según la duración y la intensidad del ejercicio<sup>20</sup>.

A continuación se ofrece el contenido en hidratos de carbono de algunos de los alimentos más utilizados durante la práctica de ejercicio físico (tabla 2).

Mención aparte merece la realización de ejercicio físico de forma no prevista. En ese caso ya no es posible modificar las dosis de insulina y se debe evitar la hipoglucemia exclusivamente mediante el aumento del consumo de hidratos de carbono. Se debe valorar el momento del día en que se realiza la actividad, ya que si se encuentra bajo el efecto máximo de una insulina de acción rápida o un fármaco hipoglucemiante se habrá de evitar la hipoglucemia administrando una mayor cantidad de hidratos de carbono. Se tomará un suplemento inicial de unos 10-30 g de hidratos de carbono y a continuación se seguirán tomando hi-

dratos de carbono en función de la intensidad y la duración del ejercicio que se vaya a realizar (tabla 3).

### Prevenir la hipoglucemia posejercicio

Durante las horas posteriores al ejercicio se incrementan las necesidades de glucosa, incluso durante las 12-16 horas posteriores a la actividad. Este fenómeno se debe, por una parte, al incremento de la permeabilidad de las células musculares a la glucosa y, por otra, a la necesidad de rellenar los depósitos de glucógeno gastados durante el ejercicio.

Este incremento en el consumo de glucosa después del ejercicio aumenta a su vez la probabilidad de sufrir episodios

**Tabla 2:** Contenido en hidratos de carbono de algunos alimentos utilizados durante el ejercicio

Alimento	Porción	Hidratos de carbono (g)	Porcentaje hidratos de carbono
<b>Bebidas isotónicas</b>			
Isostar®	200 ml	14	7
Gatorade®	200 ml	12	6
Aquarius®	200 ml	12	6
Powerade®	200 ml	13	6,5
<b>Otras bebidas</b>			
Bebidas refrescantes	200 ml	20	10
Zumos de frutas comerciales	200 ml	24	12
Redbull®	200 ml	22	11,2
<b>Otros alimentos</b>			
Naranja	Unidad mediana, 130 g	10	8
Manzana	Unidad mediana, 130 g	12	9
Plátano	Unidad pequeña, 80 g	16	20
Galletas tipo María	3 unidades, 21 g	13	63
Pan	1 rebanada grande, 30 g	14	47
Pastillas de glucosa	2 unidades, 10 g	10	99,5
Barritas energéticas	1 unidad, 25 g	15	60

**Tabla 3:** Suplemento con hidratos de carbono según la intensidad y la duración del ejercicio

Intensidad del ejercicio (% VO <sub>2max</sub> )	< 20 minutos	20-60 minutos	> 60 minutos
25/ligero	0-10 g	10-20 g	15-30 g/h
50/moderado	10-20 g	20-30 g	20-50 g/h
75/intenso	0-30 g	30-50 g	30-100 g/h

VO<sub>2max</sub>: consumo máximo de oxígeno.

de hipoglucemia, la cual debe prevenirse mediante cambios en la alimentación y en las dosis de insulina.

Así, una vez acabada la actividad es recomendable comprobar los niveles de glucemia y valorar la necesidad de tomar alimentos que contengan hidratos de carbono según los resultados obtenidos:

- Glucemia inferior a 120 mg/dl: tomar un suplemento de unos 15-20 g de hidratos de carbono.
- Glucemia entre 120 y 200 mg/dl: no se suele necesitar suplemento.
- Glucemia superior a 200 mg/dl: no se suele necesitar tomar hidratos de carbono y se debe valorar la posibilidad de añadir alguna unidad de insulina de acción rápida (se debe recordar que después del ejercicio el efecto de la insulina también es mucho mayor de lo habitual).

Además, para prevenir la hipoglucemia posejercicio puede ser necesario compensar este alto consumo muscular de glucosa también reduciendo las dosis de insulina o hipoglucemiantes orales durante las horas posteriores al ejercicio. La magnitud de esta reducción dependerá principalmente de la intensidad y la duración del ejercicio, teniendo en cuenta que este efecto hipoglucemiante es mayor en los 60-90 minutos posteriores a la actividad<sup>21</sup>.

### ADAPTACIONES A DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO FÍSICO

#### Ejercicios de duración corta e intensidad baja

- **Tipo de ejercicio:** pasear, ir en bicicleta o nadar suavemente con una duración inferior a los 20-45 minutos.
- **Consumo de glucosa:** bajo, pues tanto la intensidad como la duración son bajas.
- **Modificación del tratamiento:** no suelen ser necesarios cambios en los tratamientos.

#### Ejercicios de duración corta e intensidad alta

- **Tipo de ejercicio:** pruebas de natación o atletismo tipo *sprint* (por ejemplo, 100 m lisos), deportes de combate o que incluyen trabajo con pesos (halterofilia o culturismo).
- **Consumo de glucosa:** bajo, pues la duración es muy baja.
- **Modificación del tratamiento:** no suele ser necesario realizar cambios en la alimentación o la insulina, pues el consumo de glucosa es bajo y, además, la

intensidad alta puede activar la producción hepática de glucosa por estimulación adrenérgica.

#### Ejercicios de duración larga

- **Tipo de ejercicio:** ejercicios como montañismo o ciclismo, realizados con intensidad variable durante largos períodos de tiempo.
- **Consumo de glucosa:** muy elevado, alto riesgo de hipoglucemias.
- **Modificación del tratamiento:** ante este tipo de ejercicios las estrategias que se han de seguir incluyen disminuir la insulina previa al ejercicio (25-50%), disminuir la insulina rápida y retardada en las horas posteriores al ejercicio (10-20%) y tomar hidratos de carbono a lo largo de la actividad (tabla 3).

#### Deportes de equipo

- **Tipo de ejercicio:** deportes como fútbol, baloncesto o balonmano.
- **Consumo de glucosa:** variable, dependiente de factores como la posición dentro del equipo, las condiciones del juego e incluso el resultado del partido.
- **Modificación del tratamiento:** disminuir la insulina previa a la actividad (10-20%) y tomar unos 10-20 g de hidratos de carbono por cada 30 minutos de ejercicio. Disminuir la insulina rápida posterior al ejercicio (10-20%).

### PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO

La prescripción de ejercicio físico será la forma de adaptar la práctica de ejercicio a las características de cada individuo, teniendo en cuenta no solamente su tratamiento médico o las diferentes complicaciones de la diabetes, sino también sus preferencias. Además, se deben incluir los diferentes tipos de ejercicio físico:

1. Resistencia cardiorrespiratoria. Estos ejercicios, como caminar, correr, ir en bicicleta, nadar, patinar, etc., deben ser la base de la práctica habitual. Serán preferiblemente de carácter aeróbico, practicados a intensidades de entre el 55% y el 79% de la frecuencia cardíaca máxima (calculada como 220 - edad en años del paciente). En general, se aconsejan sesiones de entre 20 y 60 minutos de duración, siempre teniendo en cuenta que el trabajo total depende del producto entre intensidad y duración. Por tanto, sesiones de mayor intensidad deberán ser de menor duración.

Se debe tener en cuenta que el efecto hipoglucemiante del ejercicio se mantiene hasta varias horas después de ser realizado, por lo que para mantener este efecto de forma constante, recomendaremos practicar ejercicio un mínimo de tres sesiones semanales, preferentemente de forma no consecutiva.

2. Fuerza-resistencia muscular. De forma complementaria al trabajo de resistencia cardiorrespiratoria, este tipo de ejercicio se pautará de modo que se lleven a cabo de dos a tres sesiones semanales, las cuales incluirán ejercicios que trabajen los diferentes grupos musculares, en series de 8 a 10 repeticiones.

Además, la presencia de complicaciones de la diabetes merece la consideración de una serie de precauciones en el momento de realizar la prescripción del ejercicio y una especial vigilancia y control de la actividad diaria.

### **Pie diabético (neuropatía y vasculopatía periférica)**

Se deberán evitar aquellos ejercicios que ocasionen impactos de repetición en las extremidades inferiores (como caminar rápido, correr o saltar), pues podrían dar lugar a infecciones o ampollas que incrementarían el riesgo de amputación. Se recomendarán otros ejercicios de menor impacto osteoarticular, como natación, bicicleta o ejercicios gimnásticos que trabajen el tren superior. Se debe insistir en revisar el material utilizado, mantener la higiene de los pies y el estado del calzado.

### **Retinopatía y nefropatía**

Los grados avanzados de nefropatía o retinopatía requieren evitar aquellos ejercicios que implican incrementos de la presión intratorácica (como la maniobra de Valsalva) u otros ejercicios realizados a intensidad alta, pues podrían acelerar la progresión de la enfermedad o dar lugar a un aumento del riesgo de desprendimiento de retina o hemorragia vítrea en el caso de retinopatía. Se recomendarán ejercicios de intensidad baja o moderada en sesiones de mayor duración, evitando deportes que puedan producir contacto físico en el caso de retinopatía avanzada.

### **Complicaciones cardiovasculares**

Se asocian a trastornos como alteraciones del ritmo cardíaco, ortostatismo, dificultad en la termorregulación o alteraciones gastrointestinales que pueden convertirse en importantes limitaciones para realizar una correcta prescripción de ejercicio. Por ello, se recomendará un completo estudio cardiovascular previo al inicio de cualquier programa de ejercicio en estos pacientes.

En el caso de neuropatía del autónomo o cuando se realice tratamiento con  $\beta$ -bloqueantes, no se debe utilizar la medida de la frecuencia cardíaca como método para valorar la intensidad del ejercicio, sino la sensación subjetiva del esfuerzo que produce el ejercicio<sup>22</sup>.

## **B**IBLIOGRAFÍA

1. Mosher PE, Nash MS, Perry AC, LaPerriere AR, Goldberg BB. Aerobic circuit training: effects on adolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:652-7.
2. 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.
3. Laaksonen DE, Atalay M, Niskanen LK, Mustonen J, Sen CK, Lakka TA, 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.
4. Rowland TW. Physical fitness in children: implications for the prevention of coronary artery disease. *Curr Probl Pediatr* 1981;11:1-5.
5. Zinman B, Zúñiga-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.
6. Ramalho AC, de Lourdes Lima M, Nunes F, Cambuí 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.
7. Snowling J, 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.
8. Dela F, Kjaer M. Resistance training, insulin sensitivity and muscle function in the elderly. *Essays Biochem* 2006;42:75-88.
9. Willey KA, Singh MA. Battling insulin resistance in elderly obese people with type 2 diabetes: bring on the heavy weights. *Diabetes Care* 2003;26(5):1580-8.
10. Gordon BA, Benson AC, Bird SR, Fraser SF. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract* 2009;83(2):157-75.
11. American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise: position statement. *Diabetes Care* 1997;20:1908-12.

12. Rudermann N, Devlin JT. Handbook of Exercise in Diabetes. Alexandria, VA: American Diabetes Association; 2002.
13. Lawrence RD. The effect of exercise on insulin action in diabetes. *Br Med J* 1926;1:648-50.
14. Brazeau AS, Rabasa-Lhoret R, Strychar I, Mircescu H. Barriers to physical activity among patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 2008;31(11):2108-9.
15. Rabasa-Lhoret R, Bourque J, Ducros F, Chiasson JL. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). *Diabetes Care* 2001;24:625-30.
16. Koivisto VA, Felig P. Effects of leg exercise on insulin absorption in diabetic patients. *N Engl J Med* 1978;298(2):79-83.
17. Ferrannini E, Linde B, Faber O. Effect of bicycle exercise on insulin absorption and subcutaneous blood flow in the normal subject. *Clin Physiol* 1982;2(1):59-70.
18. Braak EW, Woodworth JR, Bianchi R, Cerimele B, Erkelens DW, Thijssen JH, et al. Injection site effects on the pharmacokinetics and glucodynamics of insulin lispro and regular insulin. *Diabetes Care* 1996;19(12):1437-40.
19. Frid A, Ostman J, Linde B. Hypoglycemia risk during exercise after intramuscular injection of insulin in the thigh in IDDM. *Diabetes Care* 1990;13:473-7.
20. Nagi D. Exercise and Sport in Diabetes. Chichester, England: Wiley & Sons Ltd.; 2006.
21. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, Davey RJ, Youngs LM, Davis EA, et al. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. *J Clin Endocrinol Metab* 2007;92(3):963-8.
22. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.