

## Seminarios de diabetes

# Consejos prácticos para el ajuste del tratamiento insulínico en el ejercicio físico

## *Practical recommendations for adjustments in insulin therapy in relation to physical exercise*

G. Carreras, A. Pérez<sup>a</sup>

Servicio de Pediatría. <sup>a</sup>Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona

### Resumen

La práctica de ejercicio físico ofrece al paciente con diabetes los mismos beneficios que a la población no diabética. Además, el ejercicio puede contribuir a mejorar diversos aspectos de la diabetes. Sin embargo, en los pacientes con diabetes tipo 1 o tipo 2 insulino-pénicos, no sólo no mejora el control glucémico, sino que, frecuentemente, comporta oscilaciones de los niveles de glucemia, sobre todo un aumento significativo del riesgo de hipoglucemia, tanto durante el ejercicio como después de éste. Ello provoca, en no pocas ocasiones, un bajo cumplimiento de los programas de ejercicio físico, e incluso que algunos profesionales sanitarios desaconsejen su realización. Aunque la información disponible no admita establecer unas directrices fijas, sí permite elaborar unas recomendaciones que, utilizadas de forma flexible, pueden aplicarse a la mayor parte de los pacientes y situaciones, así como que éstos disfruten de la práctica de ejercicio sin provocar un deterioro del control metabólico. En este artículo se proponen unas recomendaciones para el ajuste del tratamiento de la diabetes durante y después del ejercicio físico basadas en la fisiología de la respuesta metabólica al ejercicio, los escasos estudios disponibles que evalúan diferentes estrategias y la propia experiencia de los autores.

**Palabras clave:** diabetes, ejercicio físico, hipoglucemia, hiperglucemia, insulino-terapia.

### Abstract

The same beneficial effects of physical activity reported for the general population can be extended to diabetic subjects. In addition, it can improve many other factors related to diabetes. Nevertheless, in type 1 and in insulinopenic type 2 diabetic patients, exercise does not improve glycemic control because it is usually associated with large excursions in blood glucose levels and, especially, with an increased risk of hypoglycemic events during and after the activity. In consequence, patient adherence to physical activity programs is frequently low, and many health care providers do not even recommend it. Although the available information is insufficient to define strict guidelines, it is possible to establish a number of recommendations that can be used, with flexibility, by most patients and in the majority of the situations, allowing them to enjoy exercise without a significant deterioration of their metabolic control. In this paper, the authors propose some practical recommendations for the adjustment of insulin therapy during and after physical exercise, based on the physiology of the metabolic response to exercise, on the limited available studies that evaluate different strategies, and on the experience of the authors themselves.

**Key words:** diabetes mellitus, physical exercise, hypoglycemia, hyperglycemia, insulin therapy.

### Introducción

Durante el ejercicio aumentan las necesidades energéticas del músculo. Para satisfacer estas necesidades, en la persona no diabética se producen fisiológicamente

una disminución de los niveles de insulinemia y un aumento de los niveles plasmáticos de hormonas contrarreguladoras o hiperglucemiantes: glucagón, catecolaminas, cortisol y hormona del crecimiento (figuras 1 y

*Fecha de recepción: 12 de enero de 2007*  
*Fecha de aceptación: 15 de enero de 2007*

#### Correspondencia:

G. Carreras González. Servicio de Pediatría. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Sant Antoni M.º Claret, 167. 08025 Barcelona.  
Correo electrónico: gcarreras@santpau.es

#### Lista de acrónimos citados en el texto:

HC: hidratos de carbono; ISCI: infusión subcutánea continua de insulina.

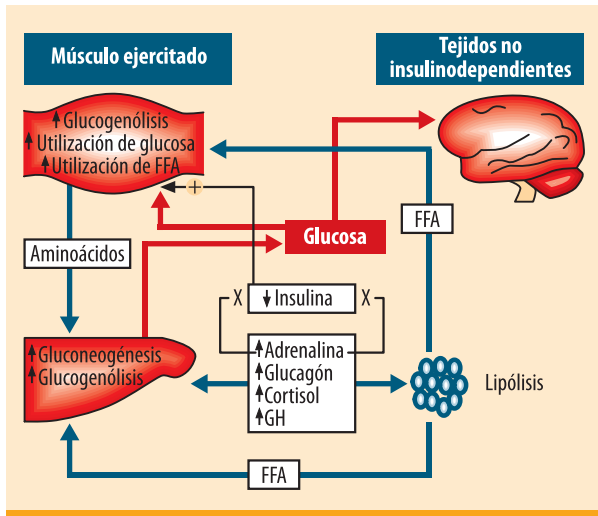


Figura 1. Respuesta metabólica al ejercicio físico. FFA: ácidos grasos libres; GH: hormona del crecimiento

2B). Estos cambios hormonales permiten un aumento de la producción de glucosa y, por tanto, satisfacer las necesidades energéticas sin llegar a la hipoglucemia<sup>1,2</sup>. Por otra parte, aunque la concentración de insulina es menor, el mayor flujo sanguíneo en el músculo ejercitado permite que la acción insulínica sea suficiente para facilitar el consumo de glucosa (efecto permisivo) por el músculo.

En los pacientes con diabetes tipo 1 y tipo 2 tratados con insulina, están generalmente presentes todas estas modificaciones metabólicas, excepto el ajuste automático de los niveles de insulina. Por tanto, si no se prevé este ajuste, el ejercicio físico podría provocar, según la situación en la que se realice, una disminución, un aumento o un mantenimiento de las cifras de glucemia. Esta circunstancia condiciona que, contrariamente a lo que sucede en los pacientes con diabetes tipo 2 no tratados con insulina, la práctica de ejercicio físico, aunque reduce los requerimientos de insulina, no suele mejorar el control glucémico a largo plazo en los pacientes con diabetes tipo 1 y tipo 2 con insulinopenia.

Por consiguiente, no debe indicarse con este objetivo, pero sí por muchas otras razones relacionadas con la salud, especialmente en niños y jóvenes, así como por el placer de practicar deporte, formar parte de un equipo y no sentirse diferente de los demás. Por tanto, para mejorar la seguridad y facilitar la participación y la práctica regular de ejercicio físico, es necesario realizar ajustes del tratamiento. En este artículo revisare-

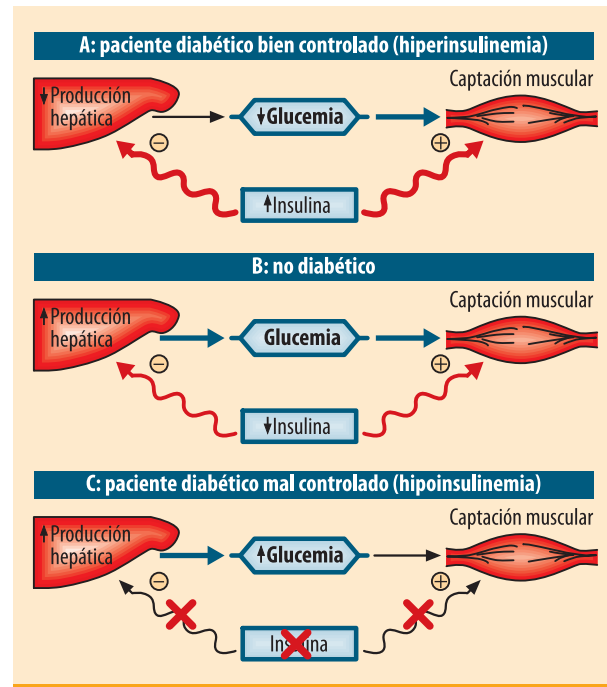
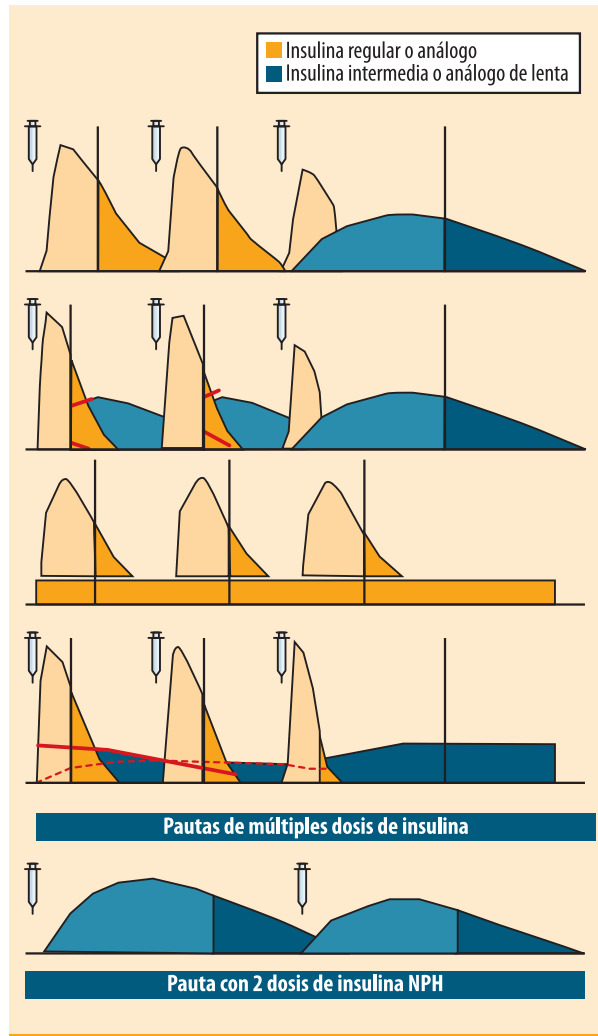


Figura 2. Homeostasis de la glucosa durante el ejercicio físico

mos los ajustes del tratamiento insulínico necesarios para prevenir en lo posible los cambios metabólicos durante y después del ejercicio físico.

### Ejercicio físico y cambios glucémicos en los pacientes tratados con insulina Hipoglucemia<sup>1,2</sup>

En situación de buen control glucémico y en los momentos del día en que la insulinemia es mayor, si no se disminuyen los niveles de insulina o bien se aumenta la ingesta de hidratos de carbono (HC) antes o durante el ejercicio físico, hay un riesgo de hipoglucemia. Ello se debe a que la hiperinsulinemia relativa existente inhibe la producción hepática de glucosa y aumenta su captación periférica, por lo que los niveles de glucemia disminuirán y puede aparecer una hipoglucemia (figura 2A). Las situaciones de mayor riesgo corresponden a aquellas en que el ejercicio físico se realiza coincidiendo con el pico de acción de las insulinas administradas; por ejemplo, después de las comidas en las pautas con múltiples dosis, o bien durante la mañana y después de cenar en las pautas con 2 dosis de insulina NPH o intermedia (figura 3). El riesgo de hipoglucemia será mayor cuanto más intenso y prolongado sea el ejercicio físico. En cambio, si el ejercicio físico no es muy intenso, es de corta



**Figura 3.** Riesgo de hipoglucemia según la hora de realización del ejercicio físico. Las zonas oscuras corresponden a las de menor riesgo; las zonas claras corresponden a las de mayor riesgo

duración y se realiza en un momento del día en que los niveles de insulinemia son bajos, el riesgo de desarrollar hipoglucemia es bajo; por ejemplo, antes de las comidas en las pautas con múltiples dosis, o antes del desayuno y de la cena en las pautas con 2 dosis de insulina NPH o intermedia (figura 3). En los pacientes con monodosis nocturna de insulina intermedia, únicamente existe riesgo de hipoglucemia durante la noche. Este riesgo es muy bajo cuando se utilizan análogos de insulina de acción prolongada.

Una situación frecuentemente infradiagnosticada es la hipoglucemia tardía<sup>3-5</sup>. Si bien la mayoría de las hipoglucemias relacionadas con el ejercicio físico aparecen du-

rante o inmediatamente después de su práctica, en ocasiones se producen más tardíamente. Estas hipoglucemias aparecen transcurridas 4 horas o más tras finalizar la sesión de ejercicio físico. Lo más frecuente es que se presenten entre las 6 y las 15 horas, aunque puede retrasarse hasta transcurridas 24. Son más frecuentes tras ejercicios muy prolongados e intensos (esquí, excursiones, maratón, etc.), especialmente en pacientes no entrenados o que están intensificando su plan de entrenamiento. Se deben a que se ha producido una depleción de los depósitos de glucógeno y, en cambio, el aumento a la sensibilidad de la insulina se mantiene en las horas posteriores a la práctica de ejercicio. La prevención incluye la reposición de los depósitos de glucógeno, mediante la ingesta de 1-1,5 g de HC por kg, durante o inmediatamente después del ejercicio<sup>6</sup>, y la reducción de las dosis de insulina posteriores.

### Hiperoglucemia

Si los niveles de insulina son demasiado bajos (situación de mal control metabólico y final del efecto de la dosis de insulina), el ejercicio físico provoca un mayor incremento de la producción de glucosa (liberación de hormonas contrarreguladoras y niveles de insulina bajos), y su utilización por el músculo está disminuida (déficit de insulina), por lo que en vez de hipoglucemia aparecerá hiperoglucemia, e incluso cetosis, en situación de clara deficiencia de insulina, al metabolizarse los ácidos grasos como fuente energética alternativa (figura 2C)<sup>7-9</sup>. Por tanto, es importante controlar la glucemia previa al ejercicio y, si ésta es mayor de 250-300 mg/dL, determinar la cetonemia/cetonuria, pues si fuese positiva, el ejercicio físico estaría contraindicado hasta que se restableciera el control glucémico, para evitar una situación de cetoacidosis<sup>10</sup>.

A pesar de un buen control glucémico previo al ejercicio, también puede aparecer hiperoglucemia después de una actividad física de corta duración y muy intensa o violenta de características anaeróbicas, o bien tras una competición, pues el estrés físico y/o psíquico conlleva la secreción de un pico importante de hormonas contrarreguladoras, y la producción hepática de glucosa llega a superar al consumo<sup>2,11</sup>. En estos casos, si la insulinemia es suficiente y, por tanto, la hiperoglucemia no se acompaña de cetosis, podrá solucionarse disminuyendo el suplemento de HC y/o aumentando (o, mejor, no disminuyendo) la dosis de insulina previos al ejercicio<sup>12</sup>. Otra causa de hiperoglucemia después del ejercicio es la inges-

ción excesiva de suplementos alimentarios antes o durante éste, realizada frecuentemente para evitar las hipoglucemias.

### Prescripción del ejercicio: prevención de los cambios glucémicos (tabla 1)

Excepto en situaciones muy concretas en las que los riesgos de la práctica de ejercicio físico son muy elevados, los beneficios superan los inconvenientes y el objetivo será adaptar el programa de ejercicio a la situación de cada paciente para, así, obtener los máximos beneficios y minimizar los riesgos. Esto únicamente es posible mediante la adecuada prescripción e instrucción del paciente sobre el programa que se va a realizar.

La información disponible no permite establecer unas directrices fijas, pero sí elaborar unas recomendaciones que, utilizadas de forma flexible, pueden aplicarse a la mayor parte de los pacientes y situaciones. Establecidas las modificaciones iniciales, considerando los aspectos antes indicados –dado que la respuesta a un determinado ejercicio variará de un individuo a otro, y también en un mismo individuo según la intensidad del ejercicio, el horario, el grado de entrenamiento, el tipo de insulina y el programa insulínico–, éstas deberán ajustarse en función de los resultados obtenidos en el control de las glucemias antes, después e incluso durante el ejercicio<sup>10</sup>.

A continuación exponemos algunas normas de modificación para ejercicios de moderada intensidad y en torno a 1 hora de duración:

### Ejercicios no programados

En estas situaciones no se puede modificar la dosis de insulina ya administrada, de manera que la única opción para evitar la hipoglucemia en la mayoría de las ocasiones será tomar un suplemento de HC<sup>12,13</sup>. Cuando el ejercicio se realiza en las horas de mayor riesgo de hipoglucemia (figura 3), en general suelen ser suficientes unos 10-20 g por cada 30 minutos de actividad física. Estos suplementos se tomarán durante y después del ejercicio si la glucemia previa es elevada y/o han transcurrido menos de 2 horas desde la última ingesta, o bien antes y durante el ejercicio si la glucemia es normal y/o han transcurrido más de 2-3 horas desde la última comida. Finalmente, si la glucemia resultante es demasiado alta, se debe a que el suplemento no era necesario o ha sido excesivo, por lo que se reducirá en otras ocasiones similares. Por el contrario, si ocurre la hipoglucemia o la glucemia resultante es baja, en sucesivas ocasiones deberá incrementarse el suplemento. En los pacientes tratados con infusión subcutánea continua de insulina (ISCI), también puede realizarse una desconexión temporal de la infusora<sup>14</sup>, lo que permitiría reducir el suplemento de HC. Cuando el ejercicio se realiza en las horas de menor riesgo de hipoglucemia (figura 3), no suelen requerirse modificaciones, o bien es suficiente tomar antes un pequeño suplemento de 10 g de HC.

### Ejercicios programados

En estos casos, puede establecerse una estrategia previa al ejercicio para evitar una hipoglucemia. No está claro si es mejor disminuir las dosis de insulina o bien tomar un suplemento de HC. Dependerá de las preferencias del

**Tabla 1. Ejercicio físico en la diabetes. Prevención de los cambios glucémicos**

| Planteamiento: esquema general/experiencia individual                                   |  |  |
|---|--|--|
| Modificaciones preferentes  | Dieta si:<br>Sujetos delgados<br>Ejercicios no programados y/o esporádicos<br>Bajo efecto de la insulina intermedia/larga duración | Insulina si:<br>Sujetos obesos<br>Ejercicios programados y regulares<br>Bajo efecto de la insulina rápida/análogo de acción rápida |
| Sin modificaciones  | Ejercicio de baja intensidad y corta duración (<20-30 min)<br>Final del efecto de la insulina                                      |  |
| Glucemias capilares: antes, durante y después del ejercicio                             |  |  |
| Cambio de la zona de inyección: no recomendable   |  |  |
| Ejercicio anaeróbico: no tomar suplementos de hidratos ni reducir las dosis de insulina |  |  |

paciente y del momento en que se realice el ejercicio (tabla 1), pero debe recordarse que un estado de hiperinsulinemia inhibirá la producción endógena de glucosa, y el rendimiento muscular será menor. Por el contrario, una situación de hipoinsulinemia impedirá la captación muscular de glucosa, y el rendimiento muscular también disminuirá.

### Tratamiento con las pautas intensivas con régimen bolo-basal

En la actualidad, la práctica generalización de las pautas intensivas con régimen bolo-basal en la diabetes tipo 1, ya sea en múltiples dosis subcutáneas (análogo de insulina lenta y análogo de insulina rápida/insulina regular) o con ISCI, simplifican la estrategia para prevenir las hipoglucemias.

#### Ejercicio en ayunas

Cuando el ejercicio se realiza por la mañana, antes de la administración de la insulina del desayuno, el riesgo de hipoglucemia es menor respecto a otros momentos del día, dado que los niveles de insulina son bajos y, además, los depósitos de glucógeno muscular están llenos<sup>15</sup>. En general, no es necesario realizar modificaciones, o bien es suficiente la toma de un pequeño suplemento de 10 g de HC antes del ejercicio. Si el ejercicio es más intenso/prolongado, puede ser necesario disminuir la dosis nocturna previa de análogo de acción prolongada<sup>16</sup> (aunque ello puede condicionar la aparición de hiperglucemia durante la noche) y la dosis siguiente de insulina prandial del desayuno hasta en un 30-50%<sup>17</sup>.

#### Ejercicio preprandial

Cuando el ejercicio se realiza después de 2 horas tras administrar una dosis de análogo de acción rápida, o de 4 horas tras una dosis de insulina regular, generalmente tampoco es necesario realizar modificaciones, ya que la insulinemia es baja<sup>18,19</sup>. Como en el caso anterior, el bolo previo no ha de modificarse, aunque en ocasiones también será necesario disminuir el bolo posterior o la infusión basal de las siguientes horas, especialmente en los niños<sup>11</sup>.

En individuos tratados con ISCI, deberemos diferenciar 2 situaciones, según la glucemia previa al ejercicio<sup>20</sup>:

- En caso de glucemia <120 mg/dL, lo más prudente será desconectar la infusión.

- Si la glucemia previa es >120 mg/dL, puede escogerse entre: a) no modificar la infusión basal y tomar un pequeño suplemento de 10 g de HC; b) disminuir la infusión basal al 50%, o c) suspender la infusión basal y administrar un pequeño bolo.

#### Ejercicio posprandial

Cuando el ejercicio se realiza en situación posprandial, en las 4 horas siguientes a la administración de la insulina rápida o en las 2 horas después de la administración de un análogo de acción rápida, existen diferentes posibilidades:

- Retrasar, si fuese factible, la actividad hasta pasada la hora del máximo efecto de la insulina rápida/análogo de acción rápida<sup>21</sup>.
- Reducir la dosis previa de insulina rápida en proporción variable según la intensidad y la duración del ejercicio<sup>22</sup>. Generalmente, será suficiente una reducción del 30-50%<sup>11,12,23</sup> para ejercicios moderados de menos de 1 hora, o bien la ingesta de un suplemento de 15-20 g de HC por cada 30 minutos de ejercicio físico. En cambio, para ejercicios de más de 90 minutos, pueden ser necesarias reducciones de hasta el 70-80%<sup>6</sup>, e incluso disminuir el bolo de la siguiente comida<sup>22,23</sup>.
- En los pacientes tratados con ISCI<sup>20</sup> puede optarse por mantener la infusión basal y disminuir el bolo previo a la ingesta en un 50-75%, suspender la infusión basal y disminuir el bolo en un 30-50%, o tomar 15-20 g de HC por cada 30 minutos de ejercicio realizado.

#### Ejercicios muy intensos y de larga duración

Deben ser siempre planificados, manteniendo un control glucémico previo aceptable, monitorizando las glucemias frecuentemente a lo largo del día. Deberán ingerirse suplementos de HC cada 20-30 minutos, así como después del ejercicio para replecionar los depósitos de glucógeno. También es necesario reducir las dosis de insulina, tanto antes como después del ejercicio<sup>5</sup>. Se puede disminuir la dosis basal (análogo de insulina de acción prolongada) o la infusión basal diurna (ISCI) en un 50%, y las dosis prandiales o bolos de antes y durante el ejercicio en un 25-50%, o bien no modificar la basal (lo más práctico si se administra un análogo de insulina de acción prolongada sólo por la noche) y reducir las dosis prandiales en un 50-75%. La dosis prandial después del ejercicio debe reducirse un 20-30% y la basal de la noche posterior al ejercicio en un 10-20%.

## Tratamiento con 2 dosis de insulina NPH o intermedia con o sin insulina de acción rápida<sup>12</sup>

Con estas pautas de tratamiento, si el ejercicio se realiza en ayunas o antes de la cena, no suele ser necesario realizar las modificaciones, o únicamente tomar un pequeño suplemento de HC (10 g) antes del ejercicio. Si el ejercicio se realiza durante la mañana o después de la cena, debe reducirse un 25-50% la dosis de insulina rápida previa al ejercicio, o ingerir un suplemento de HC (10-20 g por cada 30 minutos de ejercicio). Esta última es la única alternativa si sólo se administra insulina intermedia. Si el ejercicio se realiza por la tarde, se deberán ingerir 10-20 g de HC por cada 30 minutos de ejercicio (p. ej., aumentar la merienda) o bien, aunque resulte más complejo, disminuir la dosis de insulina intermedia de la mañana en un 15-25% y aumentar la dosis de insulina rápida en un 10-15%.

### Ejercicios muy intensos y de corta duración

Como hemos comentado previamente, estos ejercicios pueden provocar hiperglucemia transitoria posterior, especialmente cuando no se realiza un calentamiento adecuado, por lo que deben evitarse si el control glucémico previo no es bueno. No debe reducirse la dosis de insulina previa y, si bien en algunos casos se indica<sup>2</sup>, tampoco es recomendable administrar una dosis suplementaria de insulina después del ejercicio para corregir esta hiperglucemia, por el mayor riesgo de hipoglucemia<sup>11</sup>.

### Ejercicios de intensidad intermitente

Es importante distinguir entre ejercicios anaeróbicos y aeróbicos, ya que su repercusión sobre la glucemia es diferente. Como hemos dicho, los primeros suelen provocar hiperglucemia; en cambio, los segundos se asocian con un mayor riesgo de hipoglucemia. Sin embargo, la mayoría de las actividades físicas, como el juego infantil o un partido de fútbol, no se adaptan estrictamente a uno u otro grupo, sino que intercalan fases de moderada y de alta intensidad. En estos casos, si bien se asocian generalmente también con una disminución de la glucemia, ésta será menor en comparación con los ejercicios de moderada intensidad y, por tanto, requerirán menores suplementos de HC y/o disminución de las dosis de insulina<sup>1,24</sup>.

### Cambio de la zona de inyección

En 1978, Koivisto y Felig<sup>25</sup> publicaron un estudio en el que indicaban que el ejercicio físico practicado inmedia-

tamente después de la administración de insulina en el muslo aceleraba su absorción. A partir de ahí, se generalizó la recomendación de cambiar la zona de inyección a una que no se fuera a ejercitar (la utilizada con mayor frecuencia era el abdomen). Posteriormente, no se ha demostrado que el cambio de zona prevenga las hipoglucemias relacionadas con el ejercicio, sino que lo importante es la reducción de la dosis absoluta. De hecho, el efecto sobre la absorción de insulina del cambio de una zona de absorción lenta, como el muslo, a una zona de absorción rápida, como el abdomen, es mayor que el que se produce por el efecto del ejercicio. Además, sólo se ha demostrado que el ejercicio aumenta la absorción de insulinas de acción rápida, pero no la de las de acción intermedia<sup>26</sup> ni la de la insulina glargina<sup>27</sup>. Por tanto, no se debe recomendar el cambio de zona de administración de insulina de forma sistemática, sobre todo si el ejercicio se practica transcurridos más de 30 minutos desde la inyección de insulina rápida<sup>12,28</sup>.

### Tratamiento de las hipoglucemias

A pesar de realizar las modificaciones del tratamiento en principio adecuadas, las hipoglucemias aparecerán con menor o mayor frecuencia, por lo que su tratamiento debe estar previsto y planificado. El paciente debe llevar siempre consigo para resolver la hipoglucemia suplementos de HC, preferiblemente de fácil asimilación, como los líquidos azucarados, y no reiniciar la actividad física hasta asegurar su recuperación.

### Conclusiones

La práctica de ejercicio físico en los pacientes con diabetes tipo 1 y 2 tratados con insulina provoca frecuentemente alteraciones de la glucemia si no se realizan los ajustes adecuados del tratamiento. Aunque existen otros factores, los niveles de insulina presentes en el momento de la práctica del ejercicio constituyen el factor más determinante de la respuesta glucémica. El riesgo de hipoglucemia es elevado cuando el control es adecuado y el ejercicio coincide con el pico de máxima acción de la insulina administrada (hiperinsulinemia), por lo que debe reducirse la dosis previa o tomar HC durante y/o después del ejercicio. La hiperglucemia suele ocurrir cuando el ejercicio se realiza en situaciones de hipoinsulinemia (situación de mal control y final del efecto de la insulina) y se agrava con la toma de HC antes o durante el ejercicio. Por tanto, el tipo y la pauta de administración de la insu-

lina, así como el horario en el que se practica el ejercicio físico, son elementos fundamentales para establecer las modificaciones iniciales del tratamiento. Posteriormente, el control de la glucemia antes, durante y después del ejercicio permitirá ajustar las modificaciones a la respuesta individual de cada paciente. El cambio de la zona de inyección de la insulina no está justificado. ■

### Consideraciones prácticas

- Las situaciones de mayor riesgo de hipoglucemia al realizar ejercicio son las que coinciden con el pico de acción de las insulinas administradas. Por ejemplo, después de las comidas en las pautas con múltiples dosis, o bien durante la mañana y después de cenar en las pautas con 2 dosis de insulina NPH o intermedia.
- Las hipoglucemias tardías se deben al aumento de la sensibilidad a la insulina, que se mantiene en las horas posteriores al ejercicio, y a la disminución de los depósitos de glucógeno. La prevención de la hipoglucemia incluye la reposición de estos depósitos mediante la ingestión de hidratos de carbono durante o después del ejercicio, junto con la reducción de las dosis de insulina posteriores a éste.
- Si la glucemia es mayor de 300 mg/dL, o bien si hay cetonemia/cetonuria, el ejercicio físico estará contraindicado por el riesgo de cetosis que ello comporta.

### Bibliografía

1. Wasserman DH, Davis SN, Zinman B. Fuel metabolism during exercise in health and diabetes. In: Ruderman N, Devlin JT, Schneider SH, Kriska A, editors. Handbook of exercise in diabetes. Alexandria: American Diabetes Association; 2002. p. 63-99.
2. Riddell MC, Perkins BA. Type 1 diabetes and vigorous exercise: applications of exercise physiology to patient management. *Can J Diabetes*. 2006;30:63-71.
3. MacDonald MJ. Post exercise late-onset hypoglycaemia in insulin-dependent diabetic patients. *Diabetes Care*. 1987;10:584-8.
4. Bogardus C, Thuillez P, Ravussin E, Vasquez B, Narimiga M, Azhar S. Effects of muscle glycogen depletion on in vivo insulin action in man. *J Clin Invest*. 1983;72:1605-10.
5. Hopkins D. Exercise-induced and other daytime hypoglycaemic events in patients with diabetes: Prevention and treatment. *Diab Res Clin Pract*. 2004;65:35S-9S.
6. Farrell PA. Diabetes, exercise and competitive sports. *Sports Science Library*; 2003:16. Available at: [www.gssiweb.com](http://www.gssiweb.com)
7. Maynard T. Exercise (I). Physiological response to exercise in diabetes mellitus. *Diabetes Educ*. 1991;17:196-206.
8. American Diabetes Association. Diabetes mellitus and exercise. *Diabetes Care*. 1999;22 Suppl 1:49-53.
9. Berger BIS, Berger M, Berchtold P, et al. Metabolic and hormonal effects of muscular exercise in juvenile type 1 diabetes. *Diabetologia*. 1977;13:355-65.
10. American Diabetes Association (Position Statements). Physical activity/exercise and diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27:58S-62S.
11. Riddell MC, Iscoe KE. Physical activity, sport and pediatric diabetes. *Pediatric Diabetes*. 2006;7:60-70.
12. Pérez A, Carreras G. Prescripción del ejercicio físico en la diabetes. Ajustes del tratamiento y adaptación a las complicaciones tardías. En: Sociedad Española de Diabetes, editor. *Diabetes y ejercicio*. Barcelona: Editorial Mayo; 2006. p. 89-108.
13. Toni S, Reali MF, Barni F, Lenzi L, Festin F. Managing insulin therapy during exercise in type 1 diabetes mellitus. *Acta Biomed*. 2006;77 Suppl 1:344-50.
14. Lenhard MJ, Reeves GD. Continuous subcutaneous insulin infusion. A comprehensive review of insulin pump therapy. *Arch Intern Med*. 2001;161:2293-300.
15. Ruegger JJ, Squires RW, Marsh HM, Haymond MW, Cryer PE, Rizza RA, et al. Differences between pre-breakfast and late afternoon glycemic responses to exercise in IDDM patients. *Diabetes Care*. 1990;13:104-10.
16. Peter R, Luzio SD, Dunseath G, Miles A, Hare B, Backx K, et al. Effects of exercise on the absorption of insulin glargine in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:560-5.
17. Peirce NS. Diabetes and exercise. *Br J Sports Med*. 1999;33:161-73.
18. Schiffrin A, Parikh S, Marliss E, Desroisiers MM. Metabolic response to fasting exercise in adolescent insulin-dependent diabetic subjects treated with continuous insulin infusion and intensive conventional therapy. *Diabetes Care*. 1984;7:255-60.
19. Nathan DM, Madnek SF, Delahanty L. Programming pre-exercise snacks to prevent post-exercise hypoglycemia in intensively treated insulin-dependent diabetes. *Ann Intern Med*. 1985;102:483-6.
20. Zinman B. Insulin pump therapy with continuous subcutaneous insulin infusion and exercise in patients with type 1 diabetes. In: Ruderman N, Devlin JT, Schneider SH, Kriska A, editors. Handbook of exercise in diabetes. Alexandria: American Diabetes Association; 2002. p. 377-81.
21. Steppel JH, Horton ES. Exercise in the management of type 1 diabetes mellitus. *Rev Endocr Metabol Dis*. 2003;4:355-60.
22. 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.
23. Schiffrin A, Parikh S. Accommodating planned exercise in type 1 diabetic patients on intensive treatment. *Diabetes Care*. 1985;8:337-42.
24. Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. The decline in blood glucose levels is less with intermittent high-intensity compared with moderate exercise in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:1289-94.
25. Koivisto V, Felig P. Effects of leg exercise on insulin absorption in diabetic patients. *N Engl J Med*. 1978;298:77-83.
26. Berger M, Cuppers HJ, Jorgens V, Berchtold P. Absorption kinetics and biological effects of subcutaneously injected insulin preparations. *Diabetes Care*. 1982;5:77-91.
27. Peter R, Luzio SD, Dunseath G, Miles A, Hare B, Backx K, et al. Effects of exercise on the absorption of insulin glargine in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28:560-5.
28. Berger M. Adjustment of insulin and oral agent agents. In: Ruderman N, Devlin JT, Schneider SH, Kriska A, editors. Handbook of exercise in diabetes. Alexandria: American Diabetes Association; 2002. p. 365-76.