

¿Cuáles son los efectos del ejercicio sobre el control glucémico en pacientes con diabetes?

Anna Novials Sardà

Médico especialista en Endocrinología. Directora del Laboratorio de Investigación de Diabetes y Obesidad. IDIBAPS-Hospital Clínic de Barcelona

INTRODUCCIÓN

A partir del descubrimiento de la insulina, en los inicios del siglo XX, se plantearon diversas reflexiones en cuanto a la interacción de esta con el ejercicio, principalmente, en los pacientes afectados de diabetes mellitus (DM) tipo 1. Al inicio de esta era, se objetivó rápidamente que el ejercicio facilitaba la acción de la insulina para reducir los niveles de glucemia, pero que además podía inducir graves hipoglucemias. Paralelamente, también se observó que un ejercicio intenso podía provocar un empeoramiento de la hiperglucemia en los pacientes sin tratamiento, que mejoraba con la administración de insulina. Estas observaciones iniciales condujeron al Dr. Elliot Proctor Joslin a enfatizar el papel relevante del ejercicio sobre el control de la DM. Para este médico pionero en el conocimiento de dicha enfermedad, la victoria sobre la DM se lograba con la aplicación de la tríada constituida por dieta, insulina y ejercicio.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS Y METABÓLICOS DEL EJERCICIO

Los sustratos energéticos durante el reposo y el ejercicio

Los depósitos de grasa del tejido adiposo constituyen la mayor fuente de energía del organismo humano (60 000-150 000 kcal). La energía que pueden aportar los hidratos de carbono (HC) es muy inferior (2000 kcal aproximadamente). La mayor parte de HC se almacena en forma de depósitos de glucógeno en el músculo y el resto proviene de los depósitos de glucógeno acumulado en el hígado, de la glucosa de la sangre y de los fluidos extracelulares¹. Al inicio del ejercicio, el glucógeno muscular constituye la principal fuente energética para la contrac-

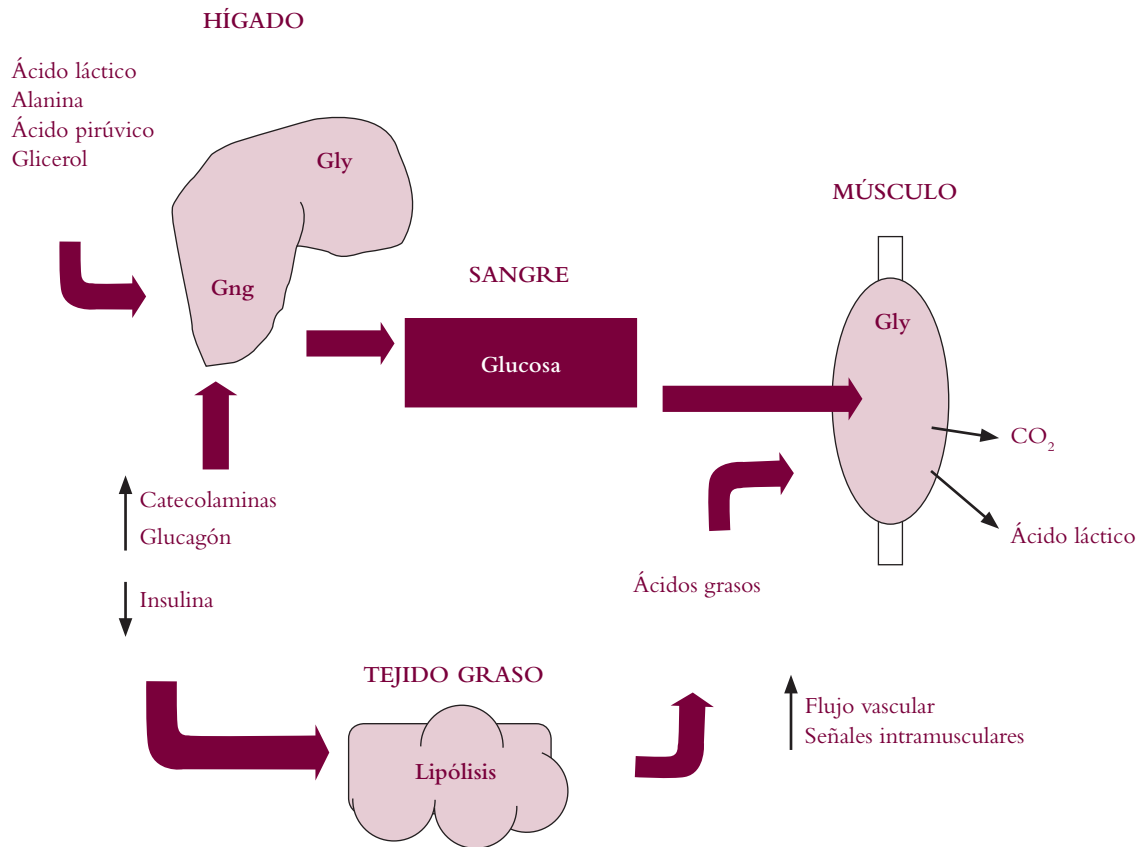
ción muscular. A medida que los depósitos musculares se van agotando, se activa la lipólisis de los ácidos grasos almacenados en el tejido adiposo; de esta manera, el aumento de ácidos grasos libres constituirá otra fuente energética para la contracción muscular. A continuación, los proveedores del sustrato básico que es la glucosa pasan a ser, a medida que el tiempo transcurre, la producción hepática de glucosa, activándose para este proceso las vías metabólicas de glucogenólisis y gluconeogénesis en el propio hígado. Los sustratos utilizados por el hígado para sintetizar nueva glucosa serán el lactato, el piruvato, algunos aminoácidos (principalmente la alanina) y el glicerol derivado del metabolismo de los triglicéridos (figura 1).

La respuesta hormonal

Los ajustes metabólicos del ejercicio son posibles gracias a la gran eficiencia de un sistema que integra los impulsos nerviosos con la respuesta hormonal. Durante las fases de reposo, los individuos no diabéticos presentan la denominada secreción basal de insulina, la cual se incrementa en respuesta a una elevación de la glucosa en sangre que se produce después de la ingesta de alimentos. Es bien conocido que la insulina estimula la captación de glucosa por el músculo esquelético y el hígado, para facilitar su almacenamiento en forma de depósitos de glucógeno.

Una vez iniciado el ejercicio, la contracción muscular origina una estimulación nerviosa adrenérgica, que actúa sobre las células β -pancreáticas y provoca una inhibición de la secreción de insulina. Afortunadamente, esta disminución de los niveles de insulina no afecta a la captación de glucosa por parte de los músculos en contracción, puesto que el propio ejercicio a través de otros mecanismos facilita y aumenta dicha captación. Lo que sí que favorece la disminución de insulina es el

Figura 1. Regulación de los flujos de glucosa inducidos por el ejercicio



Gly: glucogenólisis; Gng: gluconeogénesis.

aumento de la producción hepática de glucosa debido a la activación de las vías de glucogenólisis y gluconeogénesis hepáticas (figura 1).

La estimulación de otra hormona pancreática, el glucagón, y sobre todo su estrecha y apropiada interacción con la insulina, son fenómenos esenciales durante la fase de ejercicio para mantener y regular los niveles de glucosa en sangre. La inhibición de la insulina al inicio del ejercicio es, en parte, la que favorece el aumento de la secreción de glucagón por las células α de los islotes pancreáticos. Este aumento es crítico y actúa directamente sobre las vías metabólicas de producción hepática de glucosa ya mencionadas. También durante el ejercicio aumentan otras hormonas denominadas de contrarregulación, como son las catecolaminas, el cortisol y la hormona de crecimiento, favoreciendo a su vez el equilibrio de las vías metabólicas mencionadas y facilitando la lipólisis en el tejido adiposo (figura 1).

Respuestas metabólicas del ejercicio en la diabetes

Los pacientes con DM tipo 1 se comportan de una forma diferente a los no diabéticos, puesto que tienen un déficit de la secreción de insulina y, en consecuencia, una respuesta alterada de las hormonas de contrarregulación. El paciente diabético que recibe tratamiento con insulina debe aprender a imitar el ritmo fisiológico secretor de esta, en respuesta a los cambios que induce el ejercicio².

Se deben evitar los problemas derivados de la mala dosificación de insulina. Si el paciente inicia un ejercicio físico en una situación con déficit importante de insulina, la respuesta al ejercicio puede provocarle una descompensación hiperglucémica con cetosis debido a que la falta de insulina induce:

- Aumento de la producción hepática de glucosa.

- Disminución de la captación de glucosa principalmente por el músculo.
- Lipólisis excesiva en tejido adiposo con aumento de la producción de ácidos grasos libres.

Si el paciente en otras circunstancias tiene un exceso de insulina cuando realiza el ejercicio, la respuesta al ejercicio provoca la hipoglucemia, debido a:

- Disminución de la producción hepática de glucosa.
- Aumento de la utilización de glucosa por el músculo.
- Disminución de la lipólisis.

También es muy importante considerar los cambios que se producen después de la actividad física. El músculo está ávido de glucosa, porque necesita reponer los depósitos de glucógeno que se han consumido. El hecho de que el ejercicio también aumenta la sensibilidad de la propia insulina hace que se alarguen los efectos de esta. Si el paciente no lleva a cabo una correcta reposición de los HC con la ingesta, se puede presentar una hipoglucemia importante horas después de haber finalizado el ejercicio.

ASPECTOS PRÁCTICOS DEL EJERCICIO SOBRE EL CONTROL DE LA DIABETES

Es bien conocido que la respuesta glucémica al ejercicio no muestra un patrón homogéneo, sino que se caracteriza por una elevada variabilidad intra e interindividual. A pesar de ello, es posible comprender cuáles son las características que intervienen; algunas de ellas son dependientes del tipo de deporte y otras del individuo que lo practica^{3,4}.

Características del ejercicio

- **Tipo de ejercicio:** aquellos ejercicios preferentemente aeróbicos como caminar, correr, nadar, patinar o ciclismo son los que tienen un mayor efecto hipoglucemiante. En cambio, los ejercicios con un componente anaeróbico como sprint, deportes de lucha u otros que incluyen trabajos con pesos importantes pueden llegar a producir una importante estimulación adrenérgica (estimulan la producción hepática de glucosa) y, por tanto, suelen tener un bajo efecto hipoglucemiante⁵. Es inherente al deporte competitivo asociar un im-

portante estrés emocional (con alta estimulación adrenérgica) que ocasione grandes cambios de los niveles de glucemia, especialmente en niños y adolescentes.

- **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 se van agotando (vaciado) y es entonces cuando los niveles de glucosa en sangre tienden a disminuir si no se aportan HC mediante la alimentación.
- **Intensidad:** la glucosa es el combustible muscular elegido para aquellos ejercicios realizados a intensidad moderada o alta. A baja intensidad, la fuente de energía utilizada son, preferentemente, los ácidos grasos. Por tanto, las actividades realizadas a baja intensidad, como pasear, pueden tener un efecto mínimo sobre la glucemia y, en cambio, actividades intensas como correr tienen un alto efecto hipoglucemiante.
- **Horario:** el momento del día en que se realiza el ejercicio puede afectar a los niveles de glucemia, especialmente en relación con los niveles de insulina en sangre presentes en cada momento. Además, se debe tener en cuenta que pueden producirse cambios de horario importante, como, por ejemplo, el niño que habitualmente realiza sus entrenamientos por la tarde, pero que esporádicamente compite por la mañana.

Características del individuo

La respuesta glucémica a un mismo ejercicio es diferente según cada individuo⁶. Algunos de los factores más significativos son los siguientes:

- **Estado de forma:** el entrenamiento produce multitud de adaptaciones al esfuerzo físico, entre las que destaca la capacidad de ahorrar glucosa como combustible durante el ejercicio. Así, la mejora del estado de forma se relaciona con una disminución del gasto de glucosa y, por tanto, pueden ser necesarias menores reducciones de insulina o suplementos con HC que las que se producen cuando el deportista tiene un estado de forma menor.
- **Control glucémico:** algunos estudios relacionan una peor respuesta al ejercicio en aquellos pacientes que previamente mantienen un mal control glucémico. Además, el ejercicio físico realizado en

presencia de niveles de insulina en sangre por encima o por debajo de lo normal puede dar respuestas glucémicas anormales, especialmente si existen niveles muy bajos de insulinemia que podrían conducir a hiperglucemia y cetosis o a hipoglucemia en el caso contrario.

- **Estrés:** el deporte de competición supone conducir el cuerpo al máximo nivel de estrés físico, pues el objetivo es lograr el mayor rendimiento del deportista. A este tipo de estrés se le añade el estrés psicológico, resultante de la presión que ejerce la propia competición. Como resultado, se observan niveles aumentados de hormonas contrarreguladoras (principalmente catecolaminas), capaces de estimular la formación endógena de glucosa, lo que da lugar a hiperglucemia. Por ello, en algunos casos, la adaptación al ejercicio requiere una menor reducción de los niveles de insulina o menor aporte de HC de lo habitual, pues la producción de glucosa está aumentada.

La hipoglucemia

La hipoglucemia es el efecto adverso más frecuente y que puede llegar a ser grave en la práctica habitual del ejercicio, sobre todo en pacientes con DM tipo 1 con actividad deportiva intensa, aunque no debe descartarse la posibilidad de hipoglucemia en pacientes con DM tipo 2 que realicen tratamiento con fármacos orales. Antes de iniciar la práctica de cualquier tipo de ejercicio de mediana o alta intensidad es recomendable valorar el nivel de glucemia previo al inicio. Esta práctica debe ser fundamental, no solamente antes de las competiciones, sino también previa a cualquier tipo de entrenamiento^{1,5,6}.

Glucemia previa al ejercicio

Según los valores de glucemia encontrados, las estrategias que se han de llevar a cabo deberán ser diferentes:

- Glucemia inferior a 100 mg/dl: tomar un suplemento de unos 10-20 g de HC antes de iniciar el ejercicio.
- Glucemia entre 100 y 180 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 orina. Si la cetonuria es positiva se debe evitar o retrasar el ejercicio hasta que desaparezcan los niveles en orina. En

algunos casos, se puede administrar una pequeña dosis extra de insulina de acción rápida y verificar de nuevo glucemia y 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, sobre todo si no existe posibilidad de avituallamiento. En competiciones, puede ser recomendable realizar un control de glucemia extra unos 30-60 minutos antes de la prueba, para así comprobar la tendencia glucémica antes del ejercicio.

Disminución de la dosis de insulina previa al ejercicio

La adaptación de los diferentes tratamientos de la DM es esencial para conseguir un buen control de las cifras de glucosa en sangre, pero también para ayudar a aumentar la seguridad y el óptimo rendimiento del deportista diabético durante la práctica deportiva. Se debe señalar que la hipoglucemia durante el ejercicio es una de las principales barreras que dificulta la práctica de ejercicio, especialmente en niños y adolescentes.

La disminución de las dosis de insulina previas al ejercicio es una estrategia imprescindible para evitar la hipoglucemia en ejercicios de larga duración (> 90 minutos), pues en estos casos el consumo muscular de glucosa es tan elevado que difícilmente puede compensarse de forma exclusiva mediante la ingesta de alimentos ricos en HC. Por tanto, ante la práctica de ejercicios de duración superior a los 30-60 minutos, se puede considerar la reducción de las dosis de insulina como estrategia de adaptación al ejercicio, siempre en función de la duración y la intensidad de cada actividad.

La reducción de las dosis de insulina de acción rápida se realizará en el caso de que el ejercicio tenga lugar en el período de 2-3 horas posteriores, bien sea a la inyección de análogos de insulina de acción rápida o 4-6 horas en el caso de utilizar insulina regular. Después de este período, los niveles de insulina de acción rápida disminuyen de forma importante, y existe solamente el efecto de la insulina retardada. En los ejercicios de larga duración puede ser necesario programar también una reducción de las

Tabla 1. Contenido en hidratos de carbono de diferentes alimentos habituales durante el ejercicio

Alimento	Porción	Hidratos de carbono (g)
Bebidas		
Bebida isotónica	200 ml	14
Bebidas refrescantes	200 ml	20
Zumos de frutas comerciales	200 ml	24
Otros alimentos		
Naranja	Unidad mediana, 130 g	10
Manzana	Unidad mediana, 130 g	12
Plátano	Unidad pequeña, 80 g	16
Galletas tipo María	3 unidades, 21 g	13
Pan	1 rebanada grande, 30 g	14
Barritas energéticas	1 unidad, 25 g	15
Pastillas de glucosa	2 unidades, 10 g	10
Gel de glucosa	Unidad	15/30

dosis de insulina de acción prolongada. Esta modificación se realizará con el objetivo de contribuir a que los niveles de insulina durante la competición sean menores de lo habitual.

Ingesta extra de 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 HC. Este es el caso de ejercicios de larga duración (más de 60-90 minutos) o aquellos ejercicios no planificados. Estos suplementos de HC se deben individualizar según la duración e intensidad del ejercicio. En la tabla 1 se muestra el contenido en HC de algunos de los alimentos más utilizados durante la práctica de ejercicio físico.

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 HC. Se debe valorar el momento del día en que se lleva a cabo

la actividad, ya que, si se encuentra bajo el efecto máximo de una insulina de acción rápida o un fármaco hipoglucemiante, se deberá evitar la hipoglucemia administrando una mayor cantidad de HC. Se tomará un suplemento inicial de unos 10-30 g de HC y, a continuación, se seguirán tomando HC en función de la intensidad y duración del ejercicio que se vaya a realizar. Algunos autores recomiendan suplementar hasta con 1,0-1,5 g de HC por kilo de peso corporal y hora de ejercicio no programado.

Prevención de la hipoglucemia tras el ejercicio

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 del transporte de glucosa a las células musculares 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 amplifica a su vez la probabilidad de sufrir episodios de hipoglucemia, la cual debe prevenirse mediante cambios en la alimentación y en las dosis de insulina.

BIBLIOGRAFÍA

1. Colberg SR. Exercise and diabetes: a clinician's guide to prescribing physical activity. Alexandria, VA: American Diabetes Association; 2013.
2. Colberg SR, Riddell MC. Physical activity: regulation of glucose metabolism, clinical management strategies, and weight control. In: Peters AL, Laffel LM, editors. Type 1 diabetes sourcebook. Alexandria, VA: American Diabetes Association; 2013. p. 249-92.
3. 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.
4. Grupo de trabajo de Diabetes y Ejercicio de la Sociedad Española de Diabetes. Ejercicio y diabetes. Barcelona. Ediciones Mayo; 2009.
5. Nagi D. Exercise and sport in diabetes. 2.^a ed. Chichester: Wiley & Sons; 2006.
6. Robertson K, Riddell MC, Guinhouya BC, Adolfsson P, Hanas R; International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2014. Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes* 2014;15(Suppl 20):S203-23.