

Módulo 2. Glucemia y rendimiento deportivo

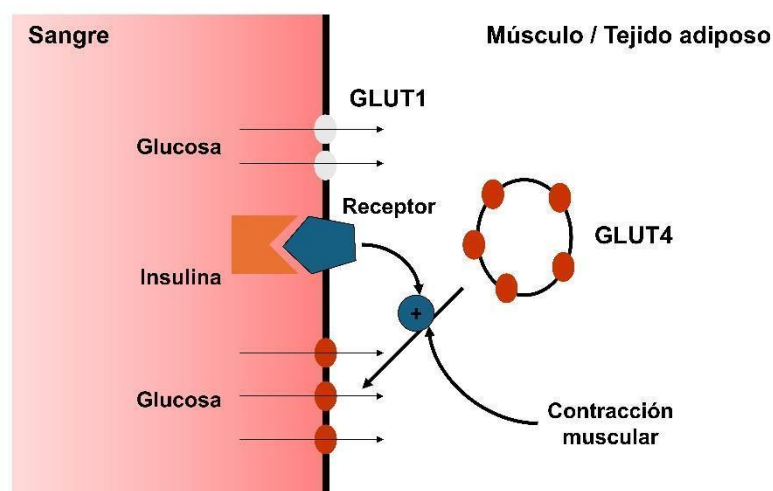
Regulación de la glucemia

Introducción

La glucemia hace referencia a la concentración de glucosa en la sangre, un parámetro importante para el funcionamiento adecuado del organismo. La glucosa es un sustrato energético fundamental, especialmente para el cerebro y el sistema nervioso, que la utilizan casi en exclusiva en condiciones normales. Durante la práctica deportiva, la glucemia cumple una función decisiva para sostener la contracción muscular, mantener la función neuromuscular y prevenir la fatiga.

En esta unidad profundizaremos en los mecanismos hormonales que regulan la glucemia tanto en reposo como en situaciones de ejercicio. Analizaremos el metabolismo de los carbohidratos y las implicaciones de la hipoglucemia e hiperglucemia en el rendimiento. Conocer estos procesos es importante para entrenadores, nutricionistas, preparadores físicos y deportistas que busquen optimizar el aporte energético y mantener un estado de salud y rendimiento adecuados.

Figura 1. Proceso de captación de glucosa



Fuente: Cadefau, 2024

Regulación de la glucemia en reposo y durante el ejercicio

Hormonas involucradas (insulina, glucagón, adrenalina)

El organismo posee un complejo sistema de retroalimentación para mantener la glucemia en un rango relativamente estrecho (aproximadamente 70-100 mg/dL en ayunas para un individuo sano). Este equilibrio depende, sobre todo, de tres hormonas principales.

- **Insulina**

La insulina es secretada por las células β del páncreas, ubicadas en los islotes de Langerhans. Su liberación aumenta cuando la concentración de glucosa en la sangre se eleva, como ocurre después de la ingesta de carbohidratos.

Entre sus acciones principales se encuentran: favorecer la entrada de glucosa en las células —en especial en el músculo esquelético y el tejido adiposo— mediante la movilización y activación de los transportadores GLUT4; estimular la síntesis de glucógeno en el hígado y en los músculos; y promover la lipogénesis, es decir, el almacenamiento de grasa cuando existe un exceso de calorías.

El resultado neto de estos procesos es la disminución de la glucemia, ya que facilita el uso o el almacenamiento de la glucosa por parte de los tejidos periféricos.

- **Glucagón**

El glucagón es liberado por las células α del páncreas. Su secreción se intensifica cuando la glucemia desciende, como sucede en un ayuno prolongado o después de un ejercicio intenso.

Sus acciones principales consisten en estimular la glucogenólisis en el hígado, es decir, la ruptura del glucógeno para generar glucosa, y aumentar la gluconeogénesis, proceso mediante el cual se produce glucosa a partir de precursores no glucídicos como aminoácidos, lactato y glicerol.

El resultado neto de estas funciones es el incremento de la glucemia, ya que se aporta glucosa a la circulación sistémica.

- **Adrenalina (epinefrina)**

La adrenalina, también llamada epinefrina, es liberada por la médula suprarrenal en respuesta a situaciones de estrés, actividad física intensa o hipoglucemia aguda.

Entre sus acciones principales se encuentran: aumentar la glucogenólisis en el hígado y en el músculo; favorecer la liberación de ácidos grasos libres desde los

adipocitos a través de la lipólisis —lo que puede ahorrar glucosa al tejido muscular—; inhibir la secreción de insulina y estimular la liberación de glucagón, reforzando así su efecto hipergluceante.

El resultado neto de estos mecanismos es un incremento en la disponibilidad de glucosa y de otros sustratos energéticos para el músculo en situaciones de demanda inmediata.

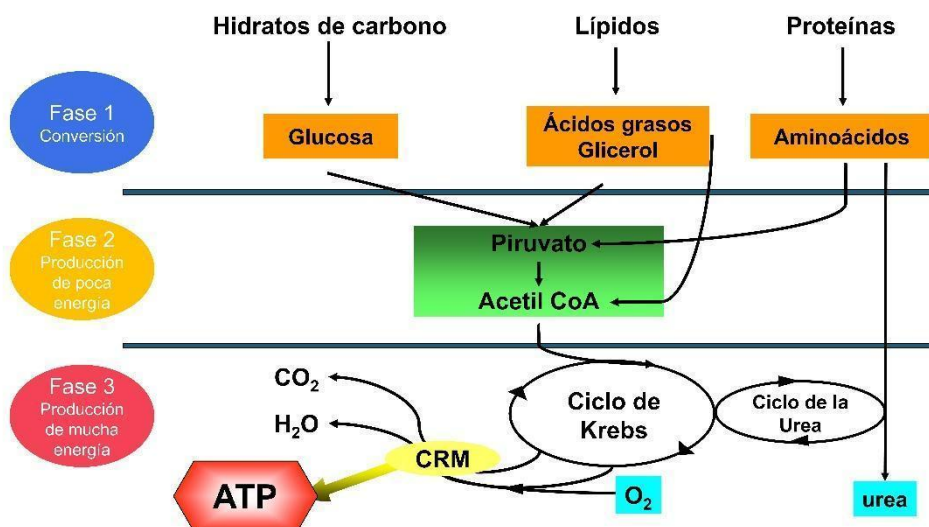
Otras hormonas colaboradoras

Además de la insulina, el glucagón y la adrenalina, existen otras hormonas que participan en la regulación de la glucemia.

El cortisol, secretado por la corteza suprarrenal, favorece la gluconeogénesis y la movilización de aminoácidos, sobre todo en periodos prolongados de estrés o de ejercicio. La hormona del crecimiento (GH), por su parte, eleva la disponibilidad de glucosa al reducir su captación por las células y estimular la lipólisis.

En conjunto, estas hormonas coordinan la oferta de glucosa para mantener niveles normales en la sangre y asegurar un suministro constante al cerebro y, en menor medida, al músculo.

Figura 2. Fases del metabolismo de los diferentes sustratos energéticos



ATP: adenosín trifosfato; CO₂: dióxido de carbono; CRM: cadena respiratoria mitocondrial; H₂O: agua; O₂: oxígeno.

Fuente: Cadefau, 2024

Efectos del ejercicio sobre la sensibilidad a la insulina



Durante y después del ejercicio, la sensibilidad a la insulina aumenta de manera notable, especialmente en el músculo esquelético. Este fenómeno se explica por distintos mecanismos, entre ellos los siguientes:

- **Transporte de GLUT4 independiente de insulina**

En el músculo en contracción se activa la traslocación de los transportadores GLUT4 hacia la membrana celular sin necesidad del estímulo de la insulina. Este proceso ocurre a través de vías de señalización asociadas a la contracción muscular, como la mediada por la AMPK.

El resultado es una mayor captación de glucosa por parte de la fibra muscular, incluso cuando los niveles de insulina en sangre son bajos.

- **Reducción de la resistencia periférica**

Después de una sesión de ejercicio, el músculo presenta una mayor sensibilidad a la insulina, lo que permite que concentraciones más bajas de esta hormona produzcan un efecto más marcado en la captación de glucosa.

Este fenómeno resulta especialmente beneficioso en personas con resistencia a la insulina, como quienes presentan prediabetes o diabetes tipo 2, motivo por el cual el ejercicio físico se considera una estrategia importante en su tratamiento.

- **Mejora de la perfusión muscular**

El aumento del flujo sanguíneo hacia los músculos activos favorece el intercambio de nutrientes y hormonas, lo que potencia la acción de la insulina.

- **Efecto prolongado**

La mayor sensibilidad a la insulina puede mantenerse durante horas e incluso días después de finalizar la actividad física, en función de la intensidad y la duración del ejercicio. Este efecto sostenido constituye una de las bases del mejor control metabólico que se observa tanto en deportistas como en personas que entrenan de forma regular.

Metabolismo de carbohidratos durante el ejercicio

Uso de glucógeno muscular y hepático

Los hidratos de carbono se almacenan principalmente en forma de glucógeno en el músculo esquelético y en el hígado.

- **Músculo esquelético**

El glucógeno muscular constituye la fuente de energía directa para la contracción. Se encuentra en mayor proporción en las fibras de tipo IIa y IIX (rápidas), aunque también está presente en las fibras de tipo I (lentas). Durante el ejercicio, especialmente en actividades de alta intensidad, el glucógeno muscular se degrada mediante la glucogenólisis para generar glucosa-6-fosfato, que ingresa en la glucólisis y produce ATP de manera rápida.

- **Hígado**

El glucógeno hepático cumple la función de regular la glucemia a nivel sistémico, liberando glucosa a la sangre cuando esta desciende por debajo de los valores normales. Este proceso está mediado, principalmente, por la acción del glucagón y la adrenalina. El aporte hepático resulta fundamental para abastecer al cerebro y a los tejidos periféricos —incluidos los músculos— durante los periodos de ayuno o el ejercicio prolongado. En estas condiciones, el hígado incrementa la liberación de glucosa para prevenir la hipoglucemia.

Importancia de la disponibilidad de glucosa

La glucosa sanguínea y el glucógeno almacenado son factores determinantes para mantener la intensidad del ejercicio y retrasar la aparición de la fatiga.

Reserva limitada de glucógeno

Un deportista bien entrenado, con características antropométricas promedio (70 kg y 15 % de grasa corporal), puede almacenar entre 500 y 600 g de glucógeno en el músculo y en el hígado. Esta cantidad equivale a unas 2000-2400 kcal, que pueden agotarse en ejercicios de larga duración —como una maratón—, generando la conocida «pájara» o *hitting the wall*. La depleción de glucógeno se asocia a una reducción drástica de la capacidad para sostener la intensidad del esfuerzo, lo que obliga al organismo a recurrir en mayor medida a las grasas, un proceso energético más lento.

Glucemia y fatiga central

El cerebro depende casi de manera exclusiva de la glucosa, salvo en condiciones de cetosis. Una disminución aguda de la glucemia, es decir, una hipoglucemia, afecta la función cognitiva y la concentración, incrementa el riesgo de cometer errores y reduce tanto la motivación como la tolerancia al esfuerzo. Mantener valores estables de glucemia contribuye a una mejor toma de decisiones y a un rendimiento mental adecuado, aspecto especialmente relevante en deportes técnicos y de equipo.

Papel del consumo de carbohidratos durante el ejercicio

En disciplinas de larga duración se recomienda la ingesta de carbohidratos durante la actividad —en bebidas deportivas, geles o barras con alto contenido de azúcares— para sostener la glucemia y retrasar la fatiga. Asimismo, la estrategia de «carga de carbohidratos» previa a competiciones de resistencia permite maximizar las reservas de glucógeno, lo que contribuye a mejorar el rendimiento y a disminuir el riesgo de fatiga temprana.

Efectos de la hipoglucemia en el rendimiento

Síntomas y riesgos asociados

La hipoglucemia se define como una disminución de la glucosa en sangre por debajo de 70 mg/dL, aunque en algunos casos se utilizan puntos de corte más bajos, como 60 mg/dL.

En el contexto deportivo, la hipoglucemia puede presentarse por distintos motivos: depleción del glucógeno hepático, ingesta insuficiente de carbohidratos, ejercicios de larga duración o actividades de alta intensidad, entre otros factores.

- **Síntomas tempranos (adrenérgicos)**

Entre los primeros signos de hipoglucemia se encuentran palpitaciones, sudoración, temblores, ansiedad y sensación de hambre. Estos síntomas son consecuencia de la liberación de adrenalina y otras catecolaminas en respuesta a la disminución de la glucemia.

- **Síntomas tardíos (neurogénicos)**

Si la glucosa continúa descendiendo, aparecen manifestaciones más graves, como confusión, mareos, visión borrosa, debilidad extrema e, incluso, alteraciones del estado de conciencia o desmayo en los casos más severos. Estos síntomas se deben a la falta de glucosa disponible para el cerebro, lo que compromete tanto la función cognitiva como el control motor.

Riesgos en el rendimiento

La hipoglucemia durante la práctica deportiva conlleva varios riesgos que comprometen tanto la capacidad física como el desempeño técnico:

- **Pérdida de habilidad técnica y táctica.** Al no recibir suficiente glucosa, el cerebro ve afectadas la concentración y la toma de decisiones, lo que impacta de manera especial en deportes de equipo o de precisión, como el fútbol, el baloncesto o el tenis.
- **Descenso drástico de la potencia:** la falta de combustible rápido impide que el músculo sostenga esfuerzos de alta intensidad.

- **Aumento de la percepción de esfuerzo:** el deportista experimenta mayor fatiga y menor motivación para mantener el ritmo.

Estrategias de prevención

Para reducir el riesgo de hipoglucemia durante la práctica deportiva, se recomiendan las siguientes estrategias:

- **Nutrición antes del ejercicio**

Conviene consumir una comida o un refrigerio rico en carbohidratos de bajo a moderado índice glucémico entre una y tres horas antes de un esfuerzo prolongado. Esto asegura niveles adecuados de glucosa en sangre y un aumento de las reservas de glucógeno, en especial las hepáticas. Asimismo, es recomendable evitar picos elevados de insulina justo antes de comenzar la actividad, como los que pueden producirse tras la ingesta excesiva de azúcares simples en los minutos previos.

- **Ingesta de carbohidratos durante la actividad**

En ejercicios de más de 60-90 minutos de duración resulta fundamental reponer carbohidratos. Para ello pueden emplearse soluciones isotónicas al 6-8 %, geles o barritas energéticas. La cantidad aconsejada varía entre 30 y 60 g por hora, aunque en atletas de resistencia altamente entrenados puede llegar hasta 90 g/h cuando se combina la ingesta de monosacáridos como glucosa y fructosa.

- **Control de la intensidad y el volumen**

En sesiones muy prolongadas o exigentes conviene periodizar las cargas de entrenamiento y planificar descansos, así como la reposición de líquidos y carbohidratos. También es importante prestar atención a las señales de fatiga temprana y a posibles síntomas de hipoglucemia, como temblores, hambre repentina o dificultades de concentración.

- **Recuperación adecuada posejercicio**

Después del esfuerzo se recomienda consumir carbohidratos de absorción rápida junto con proteínas para favorecer la reposición del glucógeno y la reparación muscular. La proporción sugerida suele ser de aproximadamente 3:1 (carbohidratos:proteína).

Efectos de la hiperglucemia en el rendimiento

Impacto en deportistas con diabetes

La hiperglucemia se define como una concentración anormalmente elevada de glucosa en sangre, superior a 126 mg/dL en ayunas o mayor de 200 mg/dL en cualquier momento del día en contextos patológicos.

En deportistas sin alteraciones metabólicas, la hiperglucemia aguda es poco frecuente durante el ejercicio, aunque puede aparecer en situaciones de estrés intenso o tras la ingesta excesiva de azúcares simples de absorción rápida.

La situación clínica más relevante en el ámbito deportivo es la de quienes presentan diabetes tipo 1 o tipo 2, ya que deben gestionar sus niveles de glucosa con especial precisión.

- **Diabetes tipo 1 (insulinodependiente)**

En este caso, el páncreas no produce insulina o lo hace en cantidad insuficiente, por lo que el deportista debe administrarse insulina exógena y controlar de manera estricta su glucemia. Durante el ejercicio, la captación de glucosa por el músculo se incrementa, lo que puede inducir hipoglucemias si no se ajustan las dosis de insulina o no se ingieren suficientes carbohidratos. Sin embargo, en determinadas circunstancias, también puede producirse un aumento de la glucemia, ya sea por efecto del estrés o por una dosis inadecuada de insulina previa al esfuerzo.

Un control deficiente o un error en la dosificación puede conducir a hiperglucemia sostenida, condición que favorece la deshidratación y la aparición de cetosis.

- **Diabetes tipo 2**

Suele estar asociada a resistencia a la insulina, sobrepeso u obesidad. La práctica regular de ejercicio mejora la sensibilidad a la insulina y contribuye al control de la glucemia. El riesgo de hiperglucemia existe, aunque en general el ejercicio bien planificado tiende a favorecer una reducción progresiva de los niveles de glucosa en sangre. No obstante, si la dieta es inadecuada o el tratamiento farmacológico está desajustado, la glucemia puede permanecer elevada.

Manejo y control durante la actividad física

Para un manejo seguro de la glucemia durante la práctica deportiva, conviene atender a las siguientes recomendaciones.

- **Monitoreo frecuente de la glucemia**

Los deportistas con diabetes deben medir sus niveles de glucosa antes, durante —si es posible— y después del ejercicio, con el fin de ajustar sobre la marcha la ingesta de carbohidratos o la dosificación de insulina. El uso de dispositivos de monitoreo

continuo de glucosa (CGM) facilita esta tarea al incorporar alarmas que advierten sobre episodios de hipoglucemia o hiperglucemia inminentes.

- **Planificación de la insulina**

En el caso de la diabetes tipo 1, es fundamental tener en cuenta que la actividad física incrementa la sensibilidad a la insulina. Por ello, el deportista podría requerir una reducción de la dosis previa al ejercicio para evitar hipoglucemias posteriores. Asimismo, si se encuentra en hiperglucemia antes de iniciar la actividad —con valores superiores a 250-300 mg/dL— puede ser necesario un ajuste de insulina, siempre sin excederse, para no inducir una hipoglucemia rápida. En ciertos casos, lo más adecuado será posponer la sesión hasta alcanzar valores más seguros.

- **Dieta y control de carbohidratos**

El ajuste en la ingesta de carbohidratos, tanto en cantidad como en tipo, resulta esencial para prevenir oscilaciones bruscas de la glucosa durante y después del ejercicio. Se recomienda priorizar carbohidratos de absorción lenta (bajo índice glucémico) en las comidas previas a la actividad y reservar los de absorción rápida (alto índice glucémico) para correcciones rápidas de hipoglucemia o para la reposición inmediata tras el esfuerzo.

- **Consideraciones de seguridad**

Es aconsejable portar siempre un *kit* de emergencia —con glucagón inyectable, geles de glucosa u otros recursos similares— y comunicar a entrenadores o compañeros la condición, así como las señales de alarma en caso de hipoglucemia o hiperglucemia.

Conclusiones

La regulación de la glucemia desempeña un papel fundamental en el rendimiento deportivo y en la salud general del atleta. La capacidad del organismo para mantener niveles óptimos de glucosa, incluso bajo condiciones de estrés físico, depende tanto del equilibrio hormonal —insulina, glucagón, adrenalina, cortisol, entre otras hormonas— como de la disponibilidad de sustratos energéticos adecuados, principalmente el glucógeno muscular y hepático.

Las hormonas regulan de manera precisa el aporte de glucosa al músculo y al cerebro, adaptándose a la intensidad del ejercicio y a las reservas disponibles. En cuanto al metabolismo de los carbohidratos, la glucosa derivada del glucógeno constituye un recurso esencial para sostener la intensidad del esfuerzo, sobre todo en ejercicios de mediana y larga duración.

La hipoglucemia afecta de forma crítica tanto el rendimiento físico como el cognitivo, pudiendo generar fatiga temprana, falta de coordinación y, en los casos más severos, pérdida de conciencia. Su prevención requiere una adecuada planificación nutricional y la ingesta de carbohidratos durante los esfuerzos prolongados. Por otro lado, la hiperglucemia es menos común en deportistas sin patologías, pero en quienes presentan diabetes tipo 1 o tipo 2 se hace imprescindible un control riguroso de la insulina y de la alimentación para evitar complicaciones.

En términos prácticos, una correcta planificación de la dieta y la hidratación, el uso apropiado de suplementos de carbohidratos y la periodización del entrenamiento permiten mantener la glucemia estable y optimizar el rendimiento. En el caso de los deportistas con diabetes, las nuevas tecnologías de monitorización continua de la glucosa, sumadas al asesoramiento médico especializado, hacen cada vez más viable competir en alto nivel con un riesgo mínimo de desajustes glucémicos.

Resumen de la unidad 1

La glucemia en el contexto deportivo constituye un eje fundamental para asegurar un rendimiento adecuado y prevenir desajustes metabólicos. El organismo dispone de mecanismos hormonales que regulan la concentración de glucosa en sangre mediante la acción de la insulina, el glucagón, la adrenalina y otras hormonas secundarias. Durante el ejercicio, el músculo esquelético depende principalmente del glucógeno almacenado y de la glucosa sanguínea, por lo que resulta determinante contar con una adecuada disponibilidad de carbohidratos antes, durante y después de la actividad física.

La hipoglucemia representa un riesgo relevante que afecta tanto el rendimiento físico como la función cognitiva, mientras que la hiperglucemia puede presentarse en deportistas con diabetes si no se ajustan correctamente la insulina y la ingesta de carbohidratos. El conocimiento profundo de estos procesos, acompañado de una planificación adecuada de la nutrición y del entrenamiento, permite a los atletas optimizar su desempeño, reducir riesgos y sostener su vida deportiva de manera saludable.

Monitorización continua de glucosa

Introducción

En las últimas dos décadas, el control de la glucemia ha trascendido el ámbito clínico —especialmente el manejo de la diabetes— para posicionarse como una práctica con gran potencial en el ámbito deportivo. La monitorización continua de glucosa (MCG), también conocida por sus siglas en inglés CGM (*continuous glucose monitoring*), ofrece la posibilidad de conocer en tiempo real, o con muy baja latencia,

la concentración de glucosa intersticial, lo que proporciona indicadores valiosos para la planificación nutricional y el ajuste de las cargas de entrenamiento.

Este avance tecnológico ha transformado la forma en que los deportistas, tanto diabéticos como no diabéticos, gestionan su disponibilidad energética, adaptando sus rutinas de ejercicio y su ingesta de nutrientes con mayor precisión. A medida que la investigación avanza, se han ido sumando nuevas aplicaciones: desde la prevención de hipoglucemias e hiperglucemias en competiciones hasta la optimización de los procesos de recuperación y la personalización del entrenamiento según las necesidades glucémicas individuales.

En este bloque, abordaremos la relevancia de la monitorización continua de la glucosa, las tecnologías disponibles, la manera de integrar estos datos en programas de entrenamiento y la evidencia científica actual que respalda su uso.

Importancia de la monitorización continua de la glucosa

Beneficios para el rendimiento y la salud

La glucosa es uno de los combustibles primarios del organismo, en especial para el sistema nervioso central y los músculos durante el ejercicio de intensidad moderada o alta. Mantener un nivel de glucemia estable y adecuado favorece la contracción muscular, previene la fatiga temprana y asegura la funcionalidad cognitiva necesaria en deportes que requieren técnica o estrategia. Por el contrario, alteraciones significativas en la glucemia —como la hipoglucemia o la hiperglucemia— pueden derivar en problemas de salud y en un bajo rendimiento.

- **Optimización del aporte energético**

Conociendo la curva glucémica de un deportista, es posible identificar el momento en que sus niveles de glucosa tienden a descender —especialmente durante ejercicios de larga duración— y establecer pautas de ingesta de carbohidratos para mantenerlos en un rango adecuado. La monitorización continua permite observar en tiempo real la respuesta glucémica frente a distintos alimentos y protocolos de suplementación.

- **Detección precoz de hipoglucemias**

Uno de los riesgos más frecuentes durante el entrenamiento intenso o la competencia es la hipoglucemia, que puede afectar la capacidad de reacción, la fuerza, la concentración y la coordinación. Los sistemas CGM ofrecen alarmas que alertan cuando la glucosa desciende por debajo de valores seguros, lo que permite al deportista adoptar medidas correctivas —como la ingesta de un gel, zumo o barra energética—.

- **Gestión de la hiperglucemia**

Aunque la hipoglucemia suele ser más conocida en el ámbito deportivo, la hiperglucemia también conlleva complicaciones: deshidratación, disminución de la función cognitiva y mayor riesgo de fatiga. En deportistas con diabetes, la monitorización continua es fundamental para evitar subidas bruscas y ajustar con precisión la dosis de insulina o la ingesta calórica.

- **Mejora de la salud metabólica**

Diversos estudios señalan que el uso continuado de *CGM* puede fomentar hábitos alimentarios más saludables, al generar conciencia sobre la relación entre la dieta y los niveles de glucosa a lo largo del día, tanto en deportistas como en la población general. El *feedback* continuo promueve un autocontrol más efectivo, contribuye a evitar excesos de azúcares simples y favorece la adherencia a pautas nutricionales equilibradas.

Uso en deportistas diabéticos y no diabéticos

- **Deportistas con diabetes tipo 1 o tipo 2**

Para quienes requieren insulinoterapia, el CGM no solo facilita la detección de hipoglucemias, sino que también permite ajustar la dosis de insulina basal y los bolos antes o después del ejercicio.

Esta tecnología minimiza los riesgos de episodios graves de hipoglucemia durante una competición o un entrenamiento intenso.

En la diabetes tipo 2, la monitorización ofrece un control más preciso de la resistencia a la insulina, lo que posibilita planificar los ejercicios y las comidas de forma que se eviten picos o descensos pronunciados de glucosa.

- **Deportistas no diabéticos**

Aunque no se padezca una patología crónica, la monitorización continua aporta información valiosa sobre cómo responde el organismo ante distintos tipos de ejercicio, descanso y alimentación.

Puede detectar tendencias de hipoglucemia reactiva tras ingestas con alto índice glucémico, así como hiperglucemias inusuales provocadas por el estrés competitivo.

Cada vez más atletas de élite y deportistas aficionados con experiencia utilizan CGM para personalizar sus estrategias de entrenamiento y recuperación.

Tecnologías disponibles para el monitoreo

Los dispositivos de monitorización continua de glucosa (CGM) se componen, por lo general, de un sensor que se inserta debajo de la piel —típicamente en la zona del brazo o del abdomen—, un transmisor que envía los datos de la glucosa intersticial a un receptor o a un dispositivo móvil —como un teléfono inteligente o un reloj inteligente—, y un software que procesa la información.

El sensor mide la concentración de glucosa en el líquido intersticial, que suele correlacionarse bastante bien con la glucemia sanguínea, aunque presenta un retraso de aproximadamente 5 a 15 minutos. La mayoría de los sistemas ofrecen lecturas cada 1 a 5 minutos, lo que permite obtener un perfil muy detallado de los cambios glucémicos a lo largo del día y durante el ejercicio.

Entre las marcas y modelos más utilizados se encuentran los siguientes:

- **Dexcom G6 y G7:** ampliamente reconocidos en los ámbitos clínico y deportivo, con buena precisión —*mean absolute relative difference* (MARD) por debajo del 10 %—, alarmas configurables y conexión con aplicaciones móviles.
- **Freestyle Libre:** dispositivo *flash* cuyas versiones más recientes —Freestyle Libre 2 y 3— ofrecen lecturas en tiempo casi real y alarmas para hipoglucemia o hiperglucemia, con sensores pequeños y fáciles de aplicar.
- **Medtronic Guardian:** integrado con bombas de insulina y muy empleado por deportistas con diabetes tipo 1 que requieren administración continua de insulina.

Las características principales de estos sistemas incluyen una duración del sensor de entre 7 y 14 días, según la marca. Algunos dispositivos requieren calibraciones diarias o cada pocos días mediante glucómetros de sangre capilar, mientras que otros vienen calibrados de fábrica y no necesitan ajustes frecuentes. La precisión, indicada por el MARD, en los modelos más modernos se sitúa entre el 8 y el 10 %, margen considerado aceptable para la mayoría de las aplicaciones.

Integración con otros *wearables* y aplicaciones

Los dispositivos de monitorización continua de glucosa (CGM) pueden sincronizarse con relojes inteligentes y teléfonos móviles, lo que permite visualizar los datos del sensor en tiempo real desde la muñeca del deportista y facilita la toma de decisiones rápidas —por ejemplo, ingerir un gel si se detecta un descenso—.

Aplicaciones como xDrip+ y Glimp —para sistemas Freestyle Libre—, así como las oficiales de Dexcom o Medtronic, permiten llevar un registro histórico detallado, enviar los datos a la nube y compartir la información con el equipo médico o el entrenador.

Además, algunos dispositivos CGM —como TrainingPeaks y Garmin Connect— permiten exportar o sincronizar datos con plataformas de análisis del rendimiento.

Estas integraciones permiten correlacionar los niveles de glucosa con otras métricas, como la frecuencia cardíaca, la potencia, los ritmos de carrera y los distintos momentos del entrenamiento —calentamiento, picos de esfuerzo, recuperación, entre otros—, lo que amplía la comprensión del comportamiento glucémico durante la actividad física.

Por otro lado, se están desarrollando avances orientados a mejorar la personalización del monitoreo. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- La incorporación de algoritmos de inteligencia artificial capaces de ofrecer recomendaciones en tiempo real —por ejemplo, «tu glucosa está descendiendo rápido, ingiere 20 g de carbohidratos»—.
- El diseño de sensores no invasivos, basados en tecnología óptica, microondas u otras, que podrían reemplazar la necesidad de inserción subcutánea en el futuro.

Integración de datos glucémicos en programas de entrenamiento

La integración de los datos proporcionados por la monitorización continua de glucosa permite ajustar distintos componentes del entrenamiento deportivo. A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones más relevantes en este contexto:

- **Personalización de planes nutricionales**

Uno de los beneficios más destacados de la monitorización continua es la posibilidad de adaptar la ingesta de nutrientes a las necesidades reales del deportista en cada fase del entrenamiento y la competición.

- **Ajuste de carbohidratos**

Gracias al registro de los valores de glucosa, es posible observar cómo responde el organismo tras el consumo de determinados alimentos —como arroz, pasta o barras energéticas— y, con base en esta información, establecer patrones

nutricionales más adecuados. De este modo, se prioriza el consumo de carbohidratos de absorción lenta antes de sesiones prolongadas y se opta por azúcares de absorción rápida cuando se anticipa un aumento de la demanda energética o para corregir hipoglucemias incipientes.

- **Diseño de estrategias de precompetición**

La monitorización permite experimentar con distintos desayunos o comidas previas al entrenamiento para identificar cuáles mantienen la glucosa más estable y evitan picos que podrían derivar en caídas bruscas posteriores. Asimismo, se puede planificar la ingesta de suplementos deportivos —como geles o bebidas isotónicas— a partir de las lecturas obtenidas en entrenamientos simulados.

- **Periodización de la carga glucémica**

En deportes de resistencia —como el maratón o las pruebas de ultradistancia—, la monitorización facilita la planificación precisa de los *re-feedings* de carbohidratos. También permite alinear la periodización del entrenamiento con fases de dieta baja en carbohidratos, orientadas a favorecer la adaptación al uso de grasas como fuente de energía, sin poner en riesgo la estabilidad glucémica.

- **Ajuste en tiempo real de la intensidad y el volumen**

La información que aporta el CGM no solo orienta la nutrición, sino también la intensidad y el volumen del ejercicio, ya sea durante una sesión específica o a lo largo de una semana de entrenamiento.

- **Feedback instantáneo en deportistas de élite**

Algunos atletas profesionales reciben alertas directas en sus dispositivos cuando sus niveles de glucosa alcanzan valores críticos. Esto permite ajustar la intensidad —por ejemplo, reducir el ritmo si se aproxima una hipoglucemia— o modificar la ingesta de combustible durante la sesión.

- **Monitoreo diario y prevención del sobreentrenamiento**

Cuando se detectan niveles de glucosa relativamente bajos durante los periodos de descanso o durante la noche, puede interpretarse como señal de un alto gasto energético no compensado con una adecuada reposición dietética, lo que favorece la fatiga crónica.

Un control más integral de la glucemia, en combinación con la frecuencia cardíaca o la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), ofrece indicios sobre la necesidad de ajustar tanto la carga de entrenamiento como la estrategia nutricional.

- **Enfoque en sesiones con depleción de glucógeno**

Algunas metodologías de entrenamiento se basan en trabajar con reservas parciales de glucógeno para estimular vías de oxidación de grasas y favorecer adaptaciones metabólicas. La monitorización de la glucosa permite identificar en qué momento y con qué intensidad se activan estos procesos. Esto ayuda al preparador físico a determinar cuándo incorporar sesiones *low glycogen* —por ejemplo, entrenamientos en ayuno o con ingesta reducida de carbohidratos— y cuándo priorizar la carga de hidratos para maximizar el rendimiento en sesiones clave.

Estudios y evidencias actuales

Impacto en la mejora del rendimiento

Aunque la mayoría de los estudios sobre monitorización continua de glucosa se han centrado en personas con diabetes, está creciendo el interés por su aplicación en atletas sanos. A continuación, se presentan algunos ejemplos en los que esta herramienta ha mostrado un impacto positivo en el rendimiento deportivo.

- **Investigaciones en corredores de resistencia**

Estudios piloto han demostrado que la monitorización continua de glucosa permite optimizar el *pacing* y la estrategia de avituallamiento en maratones, lo que reduce la incidencia de episodios de hipoglucemia —conocidos comúnmente como «pájara»— en la segunda mitad de la carrera. Los corredores que utilizan CGM suelen presentar menos fluctuaciones extremas de glucosa y logran mantener ritmos más estables.

- **Uso en deportes intermitentes (fútbol, rugby, baloncesto)**

Algunos equipos profesionales han experimentado con CGM para observar si los niveles de glucosa descienden en la segunda mitad del partido, situación que se ha asociado con caídas en el rendimiento. Esta información permite planificar con mayor precisión el consumo de geles o bebidas con carbohidratos durante el descanso.

Si bien aún faltan estudios controlados, existen indicios de que un manejo preciso de la glucemia podría favorecer aspectos como la toma de decisiones, la visión de juego y la velocidad de reacción.

- **Aplicación en deportes de precisión**

En disciplinas donde el control neuromuscular y la concentración sostenida son fundamentales —como el tiro con arco o el golf—, niveles bajos de glucosa pueden

afectar negativamente el rendimiento técnico. Las evidencias preliminares sugieren que mantener la glucosa dentro de un rango óptimo ayuda a reducir la variabilidad en el desempeño.

Casos prácticos y recomendaciones

- **Caso de un triatleta con diabetes tipo 1**

Un triatleta con diabetes tipo 1 ha logrado optimizar su rendimiento y controlar su condición mediante el uso de monitorización continua de glucosa. Planifica sus entrenamientos a partir de las lecturas obtenidas por el CGM, lo que le permite ajustar la dosis de insulina basal antes de las sesiones intensas de ciclismo o carrera, con el objetivo de prevenir episodios de hipoglucemia.

Durante la natación en aguas abiertas, utiliza un transmisor resistente al agua vinculado a un reloj inteligente que le envía alertas vibratorias ante descensos rápidos de la glucosa, incluso sin necesidad de mirar el dispositivo. Esta estrategia le ha permitido reducir de manera drástica los episodios de hipoglucemia severa y mejorar la consistencia de sus ritmos durante las pruebas de triatlón olímpico.

- **Equipo de ciclismo profesional**

Un equipo de ciclismo profesional ha incorporado el uso de monitorización continua de glucosa durante la fase de entrenamiento en altitud. Al analizar las lecturas nocturnas, detectan que algunos ciclistas presentan un aumento de la glucosa como respuesta al estrés generado por la altitud, mientras que otros mantienen niveles más bajos de lo esperado durante las sesiones de fondo.

Con base en estos datos, ajustan de forma individualizada la ingesta de carbohidratos, adaptando la estrategia nutricional a los patrones glucémicos específicos de cada ciclista. Como resultado, se observa una disminución en el porcentaje de abandonos por fatiga y una mejora en el equilibrio entre la adaptación fisiológica a la altitud y la preservación de las reservas de glucógeno.

Recomendaciones generales

Entre las recomendaciones generales para el uso adecuado de la monitorización continua de glucosa en el ámbito deportivo, se destaca la importancia de una formación adecuada. El deportista debe contar con las herramientas necesarias para interpretar correctamente los datos, evitando conclusiones erróneas o el desarrollo de conductas obsesivas. Es fundamental también el trabajo en equipo: la colaboración entre médicos del deporte, nutricionistas y entrenadores permite traducir la información glucémica en decisiones concretas, como ajustes en el plan de alimentación o en la carga de entrenamiento. La individualización es otro aspecto clave, ya que cada persona responde de manera diferente ante los mismos

estímulos; por ello, la monitorización continua permite adaptar las pautas a las necesidades reales de cada atleta. Finalmente, el refuerzo positivo que brinda observar la evolución constante de los niveles de glucosa contribuye a fortalecer buenos hábitos nutricionales y a fomentar una mayor conciencia sobre el impacto del entrenamiento y del descanso en el metabolismo.

Conclusiones

La monitorización continua de glucosa (CGM) se ha consolidado como una herramienta con amplio potencial para la optimización del rendimiento deportivo, al aportar información que va más allá de la simple medición puntual de la glucemia. Al ofrecer un registro dinámico de las variaciones glucémicas, posibilita la detección precoz de hipoglucemias o hiperglucemias, la planificación precisa de la ingesta de carbohidratos y la personalización de los planes de entrenamiento en función de la respuesta individual de cada atleta.

Los beneficios abarcan desde una mayor seguridad para deportistas con diabetes hasta mejoras en el rendimiento de atletas sanos que buscan ajustar con exactitud su estrategia de alimentación e hidratación. En cuanto a las tecnologías disponibles, existen actualmente múltiples dispositivos CGM con niveles de precisión aceptables y sensores de mayor duración. Además, se avanza hacia una integración más profunda con relojes inteligentes, aplicaciones móviles y plataformas de análisis del rendimiento.

La aplicación de estos sistemas en el entrenamiento permite ajustar las cargas, planificar sesiones con ayuno controlado o carga de hidratos y relacionar los niveles de glucosa con otras métricas como la frecuencia cardíaca, la potencia, la cadencia y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC). La evidencia científica que respalda estos usos está en expansión: se observa una correlación positiva entre el uso de CGM, la reducción de episodios de hipoglucemia y un mejor rendimiento en disciplinas de resistencia e intermitentes. Sin embargo, aún se requieren más investigaciones que permitan establecer protocolos estandarizados y cuantificar con mayor precisión los beneficios en deportistas de élite.

En definitiva, la monitorización continua de glucosa representa una innovación que, si se interpreta y aplica correctamente, ofrece un nivel de detalle sin precedentes en la gestión del rendimiento y la salud metabólica. Todo indica que, en un futuro cercano, estos sistemas se volverán más accesibles, se integrarán de forma más inteligente con otras métricas fisiológicas y contribuirán a consolidar un modelo de entrenamiento cada vez más individualizado y eficaz.

Resumen de la unidad 2

La monitorización continua de glucosa (CGM) en el ámbito deportivo ofrece una visión detallada de la fisiología individual de cada deportista, lo que permite asegurar niveles adecuados de glucosa durante el entrenamiento y la competición, prevenir episodios de hipoglucemia e hiperglucemia —especialmente en personas con diabetes—, personalizar la ingesta de carbohidratos y ajustar las cargas de trabajo según la respuesta glucémica específica. Además, la integración con dispositivos *wearables* y aplicaciones móviles facilita una comprensión más amplia del rendimiento.

El creciente número de investigaciones, junto con la experiencia práctica de atletas de distintos niveles, respalda el uso de esta tecnología para perfeccionar las estrategias de alimentación e hidratación, adaptar la intensidad del ejercicio y mejorar la consistencia del rendimiento. La adopción y expansión de estos sistemas contribuirá a una mayor comprensión de la fisiología glucémica y a la optimización del rendimiento y la salud en todas las disciplinas deportivas.

Referencias bibliográficas de consulta

American Diabetes Association, (2022). Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*, 45(1). <https://doi.org/10.2337/dc22-SINT>

Bonomi, A. G., Westerterp, K. R., & Cavagna, G. A. (2021). Predicting real-time blood glucose dynamics during exercise using continuous glucose monitoring and machine learning. *NPJ Digital Medicine*, 4(1), 1–9.

Brooks, G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: The “crossover” concept. *Journal of Applied Physiology*, 76(6), 2253–2261. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2253>

Campbell, B. I., Kreider, R. B., Ziegenfuss, T. N., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., Landis, J., López, H., Antonio, J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4, 8. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-8>

DeSalvo, D. J., Miller, K. M., Hermann, J. M., Clements, M. A., Tamborlane, W. V., Bergenstal, R. M., ... & Beck, R. W. (2021). Continuous glucose monitoring in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care*, 44(6), 1362–1371.

Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2010). Carbohydrate availability and training adaptation: Effects on cell metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(4), 152–160. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181f44dd9>



Ivy, J. L., Goforth, H. W., Damon, B. M., McCauley, T. R., Parsons, E. C., & Price, T. B. (2002). Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied Physiology*, *93*(4), 1337–1344.

Jeukendrup, A., & Gleeson, M. (2010). *Sport nutrition: An introduction to energy production and performance*. Human Kinetics.

Marliss, E. B., & Vranic, M. (2002). Intense exercise has unique effects on both insulin release and its roles in glucoregulation: Implications for diabetes. *Diabetes*, *51*(1), S271–S283. <https://doi.org/10.2337/diabetes.51.2007.S271>

McGaugh, S. M., Beck, R. W., & Bergenstal, R. M. (2019). Monitoring of blood glucose during exercise: Technological solutions and glycemic control. *Current Diabetes Reports*, *19*(11), 120.

Moser, O., Eckstein, M. L., Mueller, A., Birnbaumer, P., Aberer, F., Koehler, G., & Sourij, H. (2020). Continuous glucose monitoring in individuals with type 1 diabetes and high physical activity: A narrative review. *European Journal of Applied Physiology*, *120*(5), 1005–1018.

Péronnet, F. (2006). Glycemic index and performance. *Current Sports Medicine Reports*, *5*(4), 197–201.

