

Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022

Ejercicio en niños y adolescentes con diabetes

Peter Adolfsson^{1,2} | Craig E. Taplin^{3,4,5} | Dessi P. Zaharieva⁶ | John Pemberton⁷
| Elizabeth A. Davis^{3,4,5} | Michael C. Riddell⁸ | Jonathan McGavock^{9,10,11,12} |
Othmar Moser^{13,14} | Agnieszka Szadkowska¹⁵ | Prudence Lopez^{16,17} | Jeerunda
Santiprabhob^{18,19} | Elena Frattolin²⁰ | Gavin Griffiths²¹ | Linda A. DiMeglio²²

¹Department of Pediatrics, Kungsbäck Hospital, Sweden.

²Institute of Clinical Sciences, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Sweden.

³Department of Endocrinology and Diabetes, Perth Children's Hospital, Australia.

⁴Telethon Kids Institute, University of Western Australia, Australia.

⁵Centre for Child Health Research, University of Western Australia, Perth, Australia.

⁶Division of Endocrinology, Department of Pediatrics, Stanford University, School of Medicine, Stanford, CA, USA.

⁷Department of Endocrinology and Diabetes, Birmingham Women's and Children's Hospital, Birmingham, England.

⁸Muscle Health Research Centre, York University, Toronto, ON, Canada.

⁹Faculty of Kinesiology and Recreation Management, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹⁰Diabetes Research Envisioned and Accomplished in Manitoba (DREAM) Theme, Children's Hospital Research Institute of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹¹Department of Pediatrics and Child Health, Faculty of Health Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, MB, Canada.

¹²Diabetes Action Canada SPOR Network, Toronto, ON, Canada.

¹³Division Exercise Physiology and Metabolism, Department of Sport Science, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany

¹⁴Interdisciplinary Metabolic Medicine Trials Unit, Division of Endocrinology and Diabetology, Department of Internal Medicine, Medical University of Graz, Graz, Austria.

¹⁵Department of Pediatrics, Diabetology, Endocrinology & Nephrology
Medical University of Lodz, Lodz, Poland.

¹⁶Department of Paediatrics, John Hunter Children's Hospital, Newcastle, New South Wales, Australia.

¹⁷University of Newcastle, Newcastle, New South Wales, Australia.

¹⁸Siriraj Diabetes Center, Faculty of Medicine Siriraj Hospital Mahidol University, Bangkok, Thailand.

¹⁹Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand.

²⁰Board of Diabete Italia, Vicepresident of Diabete Forum.

²¹Founder of DiAthlete & League of DiAthlete global programme.

²²Department of Pediatrics, Division of Pediatric Endocrinology and Diabetology, Indiana University School of Medicine, Riley Hospital for Children, Indianapolis, IN, USA.

Conflictos de intereses: PA recibió honorarios de disertante de parte de Dexcom, Eli Lilly, Insulet, Novo Nordisk, Sanofi y Tandem en los últimos 24 meses. Ha percibido haberes o ha ocupado puestos de asesoría en Dexcom, Eli Lilly, Medtronic, Novo Nordisk y Roche.

CET recibió honorarios de parte de Medtronic Diabetes Australia, Insulet Australia y Eli Lilly Australia.

DPZ recibió honorarios de disertante de parte de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes e Insulet Canada, apoyo para investigación de parte del Helmsley Charitable Trust y la beca de investigación de ISPAD-JDRF. Además, integra la junta asesora de Dexcom.

JP trabajó para Medtronic desde 2011 hasta 2016 y asistió a dos eventos educativos SIGMA CGM patrocinados por Dexcom en 2017 y 2019.

EAD recibió honorarios de parte de Eli Lilly Australia en los últimos 24 meses.

MCR recibió honorarios de disertante de parte de Novo Nordisk, Eli Lilly, Dexcom y Roche en los últimos 24 meses. HE recibió honorarios por consultoría o puestos de asesoría de parte de Zealand Pharma, Zucara Therapeutics, Eli Lilly e Indigo Diabetes.

JMcG, ninguno.

OM recibió honorarios de disertante de parte de Medtronic, Sanofi, Novo Nordisk y TAD Pharma. Financiación/respaldo de la investigación: Novo Nordisk, Sanofi, Abbott, Medtronic, Dexcom, Maisels, Horizon 2020, EFSD.

AS recibió honorarios de disertante de parte de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes, Abbott, Dexcom, Roche Diabetes, Novo Nordisk, Eli Lilly y Sanofi, integró la junta asesora de Medtronic Diabetes, Ascensia Diabetes, Abbott, Dexcom, Roche Diabetes, Novo Nordisk y Eli Lilly y recibió financiación para investigación de parte de Roche Diabetes.

PL, ninguno.

JS recibió honorarios de disertante de parte de Sanofi, Novo Nordisk y Ferring, e integró la junta asesora de Liraglutide y Norditropin (Novo Nordisk) de Tailandia.

EF, ninguno.

GG, ninguno.

1. QUÉ HAY DE NUEVO O DIFERENTE

- Desde las guías anteriores, se ha avanzado en el campo del manejo de la diabetes y la actividad física (AF).¹ Se publicó un libro electrónico que incluye 10 artículos sobre la AF y la diabetes tipo 1 (DT1)² y recientemente se revisaron las evidencias epidemiológicas y las brechas de conocimiento e investigación de este libro (sección 6).³ Se presentó el impacto de las respuestas de la glucosa según la edad, el sexo y el estado físico ante la AF⁴ y un abordaje estructurado de las consultas para el ejercicio⁵ (sección 3). Por último, se describieron los beneficios y las limitaciones de los avances tecnológicos en relación con la AF en la misma compilación.⁶ Cabe mencionar que muchos de los datos nuevos provienen de poblaciones adultas y no de poblaciones pediátricas.
- Estas guías incorporan un nuevo tema enfocado en estrategias para el manejo de la glucosa para deportistas que viven con DT1, y se basan, parcialmente, en un ensayo controlado aleatorizado (ECA)⁷ sobre el impacto de la hiperglucemia aguda. Se describieron recomendaciones generales de tratamiento para los deportistas,⁸ y posteriormente se publicó una revisión respecto a los deportistas de competición con DT1 (secciones 5 y 8).⁹
- Desde la última guía, en 2018, se han incorporado varios desarrollos tecnológicos a las guías (sección 7). Específicamente, un grupo internacional publicó una declaración de posición donde se explican los abordajes prácticos para el manejo de la glucosa antes, durante y después del ejercicio usando vigilancia constante de la glucosa (VCG) y VCG escaneada intermitentemente (VCGei) (sección 6).¹⁰ También se evaluaron los sistemas en lazo cerrado en el contexto de la AF y en los ECA que ilustran los primeros pasos rumbo a una glucemia óptima en relación con la AF (sección 7).¹¹⁻¹⁶
- El ejercicio es la piedra angular del manejo y el alivio de los factores de riesgo cardiometabólicos en niños y adolescentes con DT1 y con diabetes tipo 2 (DT2). Hay que alentar a los niños y adolescentes con DT1 y DT2 y apoyarlos para que logren los 60 minutos recomendados de AF de intensidad moderada a vigorosa todos los días. **B**
- Se recomienda hablar al respecto de hacer ejercicio periódicamente como parte de la atención de la diabetes de niños y adolescentes con DT1 y DT2. **E**
- Hay un mayor riesgo de hipoglucemia durante, poco después y hasta 24 horas después del ejercicio, debido al aumento de la sensibilidad a la insulina. **A**
- Los antecedentes de hipoglucemia grave en las 24 horas previas suelen ser una contraindicación para el ejercicio. **A**
- Durante toda las formas de ejercicio físico, tiene que haber carbohidratos con alto índice glucémico a disposición para prevenir y tratar la hipoglucemia. **E**
- El control personal de la glucosa en sangre (CPGS), la VCGei o la VCG son fundamentales para optimizar el tiempo en el rango y prevenir la hipoglucemia durante y después del ejercicio en todos los niños y adolescentes con diabetes. **A**
- Se recomienda enérgicamente el uso de la VCG durante el ejercicio para niños y adolescentes con DT1, siendo la VCG la modalidad preferida para ayudar tanto al usuario como a su tutor, ya que los síntomas de hipoglucemia e hiperglucemia pueden ser difíciles de detectar. **A**
- La VCG se desfasa durante el ejercicio aeróbico prolongado. Se recomienda confirmar los niveles de glucosa con una gota de sangre capilar de la punta del dedo si hay antecedentes recientes o si se observa presencia de hipoglucemia. **A**
- Es posible combinar una amplia gama de estrategias de ajuste de insulina y de nutrición para mantener el nivel de glucosa dentro del rango de ejercicio, de 5.0 a 15.0 mmol/l o 90-270 mg/dl, y evitar la hipoglucemia inducida por el ejercicio. **A**
- Se recomienda la medición de los niveles de cetonas, que idealmente se hace en sangre y no orina, antes de hacer ejercicio, en los niños y adolescentes con DT1, si los valores de glucosa indicaran una posible deficiencia de insulina porque los niveles de cetonas elevados antes de hacer ejercicio suponen un posible riesgo. **D**
- El ejercicio en niños y adolescentes con DT1 y DT2 está contraindicado en presencia de cetonas en sangre ≥ 1.5 mmol/l o cetonas en orina 2+ o 4.0 mmol/l. Si los niveles de cetonas en sangre están entre 0.6 y 1.4 mmol/l, se debe posponer el ejercicio

2. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

Estas son guías prácticas que apuntan a ser aplicadas tanto en entornos ricos en recursos como en entornos de recursos limitados (esto último se abarca de manera más integral en el Capítulo 25 de las Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022 sobre el manejo de niños y adolescentes con diabetes en entornos de recursos limitados). Es difícil manejar la actividad deportiva cuando se tiene diabetes. Por lo tanto, las guías propuestas pretenden ser un punto de arranque y se deben personalizar según las necesidades únicas de cada niño o adolescente.

hasta que la causa de los niveles altos de cetonas se haya evaluado, y se haya administrado una dosis en bolo de insulina equivalente a la mitad de la dosis de corrección individual habitual (o 0.05 U/kg). **B**

- El tipo y la cantidad de carbohidratos usados en relación con el ejercicio se deben adaptar a la actividad específica. **B**
- La actividad aeróbica de intensidad moderada, como caminar y andar en bicicleta, durante 15 a 45 minutos entre comidas, reduce los niveles de glucosa en sangre en forma segura, >10.5 mmol/l (190 mg/dl). **B**
- Se debe evitar el alcohol antes y durante el ejercicio, ya que podría aumentar el riesgo de hipoglucemia, incluida la hipoglucemia nocturna después del ejercicio, y perjudicar el rendimiento. **A**
- La insulina se debe administrar en zonas que no estén activamente involucradas en la contracción muscular. **B**
- Los ajustes de dosis de insulina son necesarios, sobre todo, para el ejercicio aeróbico, y es menos probable que se necesiten para ejercicios de muy alta intensidad o anaeróbicos, los que se asocian con más frecuencia con niveles de glucosa elevados. En tales circunstancias se puede tener en cuenta una corrección de insulina por hiperglucemia después del ejercicio. **B**
- Los recientes avances tecnológicos, entre los que se incluyen las bombas de insulina con sistemas en lazo cerrado híbrido (LCH) y la administración automática de insulina, ofrecen beneficios relacionados con el ejercicio para niños y adolescentes con DT1. El uso óptimo durante el ejercicio sigue siendo incierto, y los nuevos sistemas necesitarán abordajes personalizados, pero están claros los beneficios de la hipoglucemia y la hiperglucemia reducidas después de la AF, y específicamente de noche. **B**
- Los niños y adolescentes con DT1 y DT2 con diabetes significativamente inestable, complicaciones frecuentes de la diabetes (hipoglucemia grave, cetoacidosis recurrente) o complicaciones crónicas avanzadas de la enfermedad deberían reducir o detener la participación en ejercicios vigorosos hasta que haya mejorado el control metabólico y se haya hecho un plan específico de manejo del ejercicio. Por lo general, el ejercicio de alta intensidad está contraindicado en las personas con retinopatía más avanzada o proliferativa. **C**
- Un episodio de hipoglucemia grave o antecedentes recurrentes de hipoglucemia dentro de las 24 horas previas constituyen una contraindicación temporal de la AF, C, al igual que la hiperglucemia ≥ 15.0 mmol/l (≥ 270 mg/dl) con cetonemia o cetonuria provocadas por deficiencia de insulina, D lesiones agudas o infecciones. **C**

Cabe mencionar que muchas de las recomendaciones de estas guías se basan en datos derivados de estudios en adultos con DT1. Por lo tanto, los profesionales y los cuidadores de niños y adolescentes deben aplicar la evidencia y adaptarla cuando sea necesario, basándose en el contexto local. Además, muchos de los estudios se han hecho sobre todo en varones, por lo tanto, no es posible aplicar la evidencia a las mujeres de manera universal. Otra cosa a comentar es que estas recomendaciones son generales, y se debe aclarar que las respuestas fisiológicas al ejercicio son individuales y, por consiguiente, el manejo óptimo puede diferir de una persona a otra y

de un contexto a otro con una misma persona. Estas incertidumbres se reflejan en la calificación que antecede.

3. INTRODUCCIÓN

La AF regular es una de las piedras angulares del manejo de la diabetes.^{17,18} Pese a esto, con el paso de los años, los niveles de AF en los niños han disminuido en muchos países; <10 % de la población global de jóvenes cumple actualmente con las guías de movimiento para 24 horas.¹⁹ Además de la AF reducida, se reportó un aumento del índice de masa corporal (IMC) y una disminución de la capacidad de absorción de oxígeno (un indicador de la aptitud física) en los jóvenes con DT1 y DT2, lo que conduce a un aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular.²⁰⁻²⁴ En consecuencia, estos resultados requieren de cierta forma de acción, ya que el nivel de AF suele pasar de la niñez a la vida adulta.^{25,26}

La AF tiene claros beneficios de salud física y mental para todos los jóvenes. Por lo tanto, las guías actuales de la Organización Mundial de la Salud recomiendan lo siguiente:²⁷

- Los niños y adolescentes deben hacer al menos 60 minutos por día de AF de intensidad moderada a vigorosa, sobre todo aeróbica, durante la semana.
- Hay que incorporar actividad aeróbica de intensidad vigorosa y actividades que fortalezcan los músculos y los huesos al menos tres días por semana.
- Los niños y adolescentes deben limitar su tiempo sedentario, en particular la cantidad de tiempo que pasan frente a las pantallas.

No es sorprendente que los beneficios de la AF también se hayan documentado en los niños con enfermedades crónicas.

La AF regular tiene muchos beneficios físicos y mentales para los jóvenes con DT1 y DT2, incluyendo:²⁸⁻³⁵

- Disminución de la HbA1c en alrededor de 0.3-0.5 % dependiendo del nivel de HbA1c inicial y la cantidad de AF, específicamente en los niños y adolescentes
- Menos riesgo de mortalidad prematura, ya sea por motivos cardiovasculares o cualquier otra causa
- Mejor estado físico cardiovascular y cardiorrespiratorio
- Más masa muscular y fuerza
- Reducción de la adiposidad
- Aumento de la densidad mineral ósea
- Mejor sensibilidad a la insulina
- Mejor perfil de riesgo cardiovascular
- Mejor sensación de bienestar general
- Puede extender el tiempo de remisión en los niños con diabetes mellitus recién diagnosticada

Pese a estos beneficios, muy pocas personas con o sin diabetes cumplen con las recomendaciones de AF. Los niños con DT1 menores de 7 años participan en menos AF diaria que los niños sin DT1 de la misma edad.³⁶ Muchos adolescentes con DT1,⁴⁵ y en especial los que tienen DT2,⁴ tienen altos índices de sedentarismo y participan en menos AF moderada a vigorosa que los jóvenes sin

diabetes.³⁷ Por consiguiente, los niños y adolescentes con diabetes, en general, hacen menos actividad física que sus pares.^{37,38} En la población general, los motivos son multifactoriales: falta de tiempo, baja motivación, acceso a instalaciones^{39,40} o discapacidad.⁴¹ Los obstáculos que enfrentan las personas jóvenes con diabetes son similares, pero también hay muchos obstáculos específicos de la enfermedad para manejar. Esto incluye la hipoglucemia recurrente y el miedo a la hipoglucemia, HbA1c alta o variabilidad glucémica elevada, problemas de imagen corporal, la planificación necesaria, las dudas de los padres y madres, los determinantes sociales de la salud y el desconocimiento general del ámbito del ejercicio y la diabetes.^{42,43}

La incorporación del ejercicio regular y la AF en las vidas de niños y adolescentes con diabetes es desafiante, ya que no existe un abordaje de “talle único”. Los profesionales de la salud deben sentir confianza para motivar y aconsejar a los niños y adolescentes con diabetes y a sus cuidadores sobre la adopción y el mantenimiento de un comportamiento nuevo, tener los recursos necesarios y empoderar a las personas jóvenes para que incorporen la AF y el ejercicio en sus vidas diarias y sus planes de autogestión. Todavía hay demasiados baches en el conocimiento relacionado con la AF y la diabetes pediátrica. Esto incluye la falta de ECA y de estudios prospectivos grandes con cohortes que usen mediciones en serie adecuadas en las personas de distintas edades y sexos que puedan dilucidar las “dosis” adecuadas de AF específicas para la diabetes y para la salud en general. A medida que hay nuevas técnicas disponibles, también se necesitan estudios para entender el impacto de su incorporación en el ejercicio regular y las conductas de AF sobre los criterios de valoración cardiometabólicos y los resultados psicológicos. Por último, en la era actual de la atención centrada en la persona y la investigación orientada a la persona, es fundamental la participación de las personas con diabetes, sus socios y sus cuidadores cuando planean y se llevan a cabo estudios sobre la AF y la diabetes.³

Estas guías abarcan muchos aspectos amplios del ejercicio y la diabetes para los niños y adolescentes con DT1 y DT2. Las recomendaciones están diseñadas para servir como punto de partida para los profesionales de la salud y permitir la evolución a una personalización más detallada sobre el manejo del ejercicio para contextos de ejercicio y regímenes de manejo de la diabetes específicos.

4. ABORDAJE DE LA CONSULTA Y LA ASISTENCIA

El abordaje estructurado de la consulta clínica y la planificación del ejercicio en los jóvenes con diabetes requiere de un proceso de pasos lógicos. En primer lugar, el diálogo empieza con una exploración de las metas personalizadas de AF y una conversación sobre la fisiología del ejercicio y las fluctuaciones glucémicas previstas. El siguiente paso es desarrollar un marco metodológico que abarque la vigilancia de la glucosa, la estrategia de dosificación de insulina y el plan de alimentación, para garantizar la seguridad y prevenir la hipoglucemia

en los jóvenes con DT1.⁵ En el caso de los niños y adolescentes con DT2, explorar los obstáculos y estadificar el cambio para aumentar la AF regular puede ayudar a diseñar, en colaboración, planes personalizados para los cambios en el comportamiento.⁴⁴ Los niños y adolescentes con DT2 que necesiten insulina deberán hablar sobre cómo incorporar en forma segura el ejercicio en sus estrategias de dosificación. Estas plantillas se pueden estratificar posteriormente para dar cuenta del ejercicio planificado en comparación con el no planificado. Este último está asociado con una menor flexibilidad para ajustar la dosis de insulina antes del ejercicio, por lo que necesariamente hace énfasis en la ingestión nutricional y la atenta vigilancia de la glucosa. En las secciones relevantes a continuación se habla sobre la evidencia detallada que respalda los ajustes de insulina específicos, la nutrición/alimentación y la vigilancia de la glucosa para guiar el ejercicio.

Como muchos niños con diabetes son sedentarios, se necesita de una planificación minuciosa para empezar en forma segura y mantener un estilo de vida activo en tales situaciones. El siguiente abordaje se podrá usar tanto para jóvenes habitualmente activos como para jóvenes sedentarios. La recomendación es trabajar a partir del centro del “tablero de dardos” hacia afuera, conversando con la persona joven con diabetes para desarrollar un plan personalizado (Figura 1).⁵

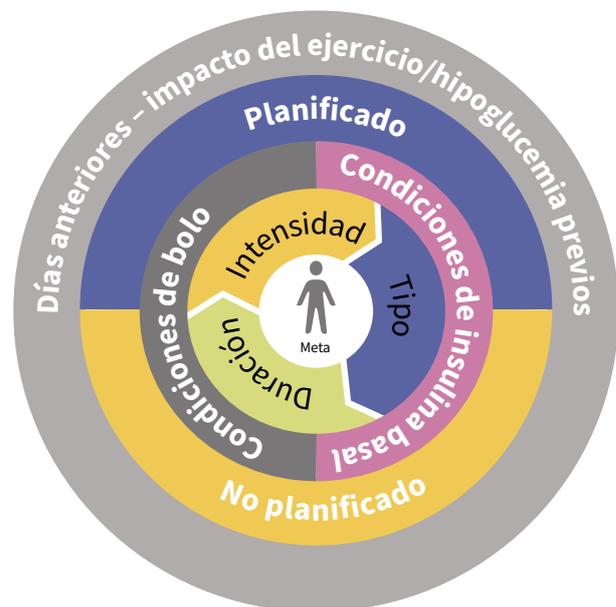


Figura 1. Abordaje estructurado para las consultas por ejercicio (trabajo original de Chetty et ál.).⁵ © 2019 Chetty, Shetty, Fournier, Adolfsson, Jones y Davis. Este es un artículo de acceso libre que se distribuye bajo los términos de la licencia de atribución de Creative Commons (CC BY). El uso, la distribución o la reproducción en otros foros están autorizadas, siempre y cuando se otorgue el debido crédito a los autores originales y a los propietarios de los derechos de autor y se mencione la publicación original en esta revista, de conformidad con la práctica académica aceptada. No están autorizados ningún uso, distribución ni reproducción que no cumpla con estas condiciones.

4.1 Paso 1: Configuración y adaptación de las metas de actividad centradas en la persona

Todo debate clínico debe comenzar con un abordaje centrado en la persona para establecer las metas y la motivación del ejercicio; los profesionales médicos pueden guiar este debate con los factores explorados específicos de la persona. Esto podría incluir el deseo de una mejor forma física, una mejor composición corporal, la inclusión social, las actividades con compañeros o deportes de equipo, una mejor glucemia, el rendimiento de alto nivel o de élite específico para los deportes o el disfrute en general.

Los jóvenes con DT1 tienden a tener sobrepeso^{45,46} y la mayoría de los jóvenes con DT2 tienen sobrepeso o son obesos.⁴⁷⁻⁴⁹ Cuando se buscan mejoras en la composición corporal, una estrategia elaborada en torno a la reducción de la dosis de insulina disminuirá la necesidad de prevenir o tratar la hipoglucemia con carbohidratos adicionales. Se debe prestar atención adicional en la consulta inicial a los obstáculos generales conocidos para acceder al ejercicio,^{42,50-52} en especial en los adolescentes, incluidas las barreras personales (automotivación, habilidades motrices, imagen corporal) y los factores sociales, ambientales y de tiempo⁵³. Además, se debe incluir una evaluación psicosocial y asesoramiento alimentario. Es importante tener en cuenta el estado físico al inicio; un peor estado físico al inicio se asocia con una mayor variabilidad glucémica en los jóvenes con DT1.⁵⁴ Los jóvenes con peor estado físico utilizarán, preferentemente, los depósitos de músculo y glucógeno hepático (como mayor proporción de gasto calórico total) en vez de oxidación de la grasa. Además, para la misma cantidad de ejercicio realizado, quienes tengan peor estado físico necesariamente tendrán que hacer ejercicio más intenso, lo cual se asocia con riesgos de hipoglucemia posterior al ejercicio.⁵⁵ En el caso de los deportistas, la educación también debe incluir una planificación del manejo, tanto durante el entrenamiento como en competencia. Un deportista con diabetes recién diagnosticada necesita apoyo para volver al ejercicio de rutina lo antes posible. Luego, hay que proporcionar la información al entrenador o instructor.

En el caso de los niños y adolescentes con DT1 que participan en deportes de competición, donde la meta es el rendimiento óptimo en el ejercicio, probablemente se necesite aumentar la alimentación para el ejercicio junto con un aumento general de la ingestión de carbohidratos y proteínas durante el día. Por consiguiente, puede que las dosis de insulina necesiten un ajuste mínimo, o incluso que sea preciso aumentarlas⁵⁶ dependiendo del equilibrio entre el aumento de la ingestión nutricional y la sensibilidad a la insulina mejorada derivada de la mayor intensidad general o del volumen del ejercicio realizado. Los dietistas deben involucrarse estrechamente en la planificación de la nutrición y las dosis de insulina necesarias en torno a un plan de entrenamiento y ejercicio para niños y adolescentes deportistas con DT1.

Para muchos jóvenes, la meta menos complicada es fomentar la participación y el disfrute de un estilo de vida activo. Se sabe bien que la hipoglucemia se asocia con una capacidad de ejercicio reducida. El impacto de la hiperglucemia está menos claro; los datos considerados en su conjunto no respaldan un desempeño convincentemente perjudicial como resultado de una hiperglucemia leve-moderada.⁷ Por

ende, la prevención de la hipoglucemia y la seguridad general deben prevalecer como objetivo principal del plan de manejo. Donde la mejoría del estado físico también sea una meta para un niño o adolescente con DT1 que participa en deportes de competición, la persona, el padre/la madre y el profesional deben hablar de las mejorías que se prevén en relación con la sensibilidad a la insulina que probablemente ocurran en el transcurso de las semanas y que, por consiguiente, hagan que tal vez se necesiten reducciones del total diario de dosis de insulina, independientemente del régimen de insulina.

4.2 Paso 2: Conversación sobre el tipo de ejercicio

El tipo y la duración del ejercicio afectarán las fluctuaciones glucémicas agudas previstas para los niños y adolescentes con DT1, tal como se comentó en otra parte de este capítulo.⁵⁷ Las caídas predecibles de los niveles de glucemia (NG) se deben incorporar en un plan elaborado en torno a la actividad aeróbica general, con reducciones proporcionales de la dosis de insulina previa al ejercicio y de la exposición a la insulina basal (cuando sea posible y con suficiente tiempo para que los ajustes sean eficaces), junto con una estrategia para una alimentación adecuada. Además, el riesgo de hipoglucemia aumenta con la duración del ejercicio. Incluso a baja intensidad, el ejercicio prolongado inevitablemente requerirá ciertos ajustes, tanto de insulina como de alimento, lo que podría irse agregando y ser progresivo a medida que se extienda la actividad.⁵⁸ En cambio, es posible observar hiperglucemia aguda en instancias de ejercicio de mucha intensidad, en especial si se está en ayunas. No obstante, la respuesta glucémica al bolo de insulina y a los carbohidratos ingeridos es mucho menos predecible. Las personas con diabetes deben recibir la educación adecuada para prever esto. [Dicha hiperglucemia aguda se puede manejar con dosis correctivas conservadoras⁵⁹ o con componentes de actividad aeróbica de baja intensidad que aumentan la eliminación de glucosa sin aumentar el ritmo de liberación de la glucosa, o ejercicios de enfriamiento que bajan los niveles de lactato sérico⁶⁰ y catecolaminas. Es menos probable que ocurran estas fluctuaciones agudas de los NG en los adolescentes con DT2.

4.3 Paso 3: Conversación sobre los horarios de ejercicio y la acción de la insulina

En los jóvenes de DT1, y para algunos con DT2, el ejercicio o la AF en general ocurren con frecuencia con cierta insulina activa residual de un bolo reciente ("insulina a bordo"). Los ejemplos incluyen los deportes escolares, los recreos para el almuerzo con hora de juegos, la práctica de equipo después de la escuela o el juego espontáneo en general. Por consiguiente, conversar sobre el tiempo de acción de la insulina con el joven y sus padres y sobre cómo afecta las repuestas glucémicas al ejercicio es fundamental. Los análogos de acción rápida en general alcanzan una acción pico de 60 a 100 minutos después de su inyección, con una duración total de hasta 5 horas. Lo ideal es manejar los niveles de glucosa en torno al ejercicio cuando hay poco o nada de insulina rápida activa en el torrente sanguíneo. No obstante, esta es una situación poco común en los jóvenes que comen con frecuencia y que es poco probable que hagan ejercicio antes de su primera dosis de insulina prandial del día o varias horas

después de su última comida o refrigerio.

Cuando está planeado que haga ejercicio dentro de las 2 o 3 horas después de una comida, debe tenerse en cuenta un ajuste adecuado de la dosis correspondiente de insulina previa al ejercicio. A continuación, en las Tablas A y B, se describen las sugerencias generales basadas en la evidencia de ensayos clínicos. Aun así, dependerán de la predicción de que la actividad cause o no una caída del NG (ver el paso 2 que antecede) y la duración prevista, si se conoce. Las reducciones drásticas de la insulina prandial más de 90 minutos antes del ejercicio podrían disminuir el riesgo de hipoglucemia durante o inmediatamente después del ejercicio, pero también podrían asociarse con hiperglucemia antes de empezar el ejercicio. En consecuencia, estos resultados posibles deben equilibrarse y priorizarse conforme a las metas personalizadas que se dispongan y convengan con la persona con diabetes, tal como se dijo en el paso 1.

Como el alimento para mantener el objetivo de glucemia durante el ejercicio es, necesariamente, una función de la insulinemia predominante, se puede ajustar la ingestión de carbohidratos (como se describe más adelante en este capítulo); por lo general se necesitan menos carbohidratos (en el rango de 0.3-0.5 g/kg/h) cuando solo está activa la insulina basal. Por otro lado, es probable que sea necesario duplicar (o aumentar más) estas cantidades en los adultos cuando el ejercicio coincide con el pico de análogo de insulina de acción rápida.⁵⁷ Es importante hablar con la persona sobre cómo 0.3 0.5 g/kg/h pueden evitar la hipoglucemia. Aun así, cuando el objetivo deseado es el rendimiento óptimo o el trabajo máximo, lo ideal es una mayor ingesta de alimentos. El abordaje se comenta detalladamente a continuación, con recomendaciones específicas, y las concentraciones de glucosa se proporcionan con datos informativos adicionales para ajustar los alimentos necesarios.

Cuando se formula un plan con los jóvenes y las familias, el equipo de diabetes debe conversar sobre estos mismos principios para la actividad planificada. Luego se puede comentar la hora del día detalladamente, con clara evidencia de varios estudios que muestran que el ejercicio por la tarde, ya sea de baja o de alta intensidad, se asocia con riesgos más importantes de hipoglucemia nocturna retrasada, con frecuencia 7-11 horas más tarde.⁶¹ Esta conversación puede entonces usarse para formular el plan con los ajustes necesarios de la dosis de insulina nocturna, como por ejemplo ajustes del índice basal para toda la noche⁶² o la configuración de modos de suspensión por predicción en quienes reciben tratamiento con bomba, o un ajuste al análogo basal nocturno en las personas con diabetes que reciben inyecciones de insulina, posiblemente dividiendo la dosis basal en dos dosis por día, donde una reducción de la dosis basal nocturna no afecta a un día entero. En este punto, hay que recordar a las personas y a sus cuidadores que el ejercicio de alta intensidad por las tardes, que causa hiperglucemia aguda, está no obstante asociado con un riesgo de hipoglucemia nocturna retrasada. Por consiguiente, hacer ejercicio temprano en el día puede ser una estrategia para reducir el riesgo de hipoglucemia nocturna. No hay evidencia para las recomendaciones acerca de las mejores prácticas de insulina para los jóvenes con DT2 que hacen actividad por las tardes.

4.4 Paso 4: Contextualización de los riesgos de hipoglucemia y consideraciones de seguridad

La hipoglucemia reciente antes del ejercicio se asocia con un mayor riesgo de una hipoglucemia posterior (lo que se demostró en adultos)⁶³ debido a las respuestas contrarreguladoras atenuadas y el agotamiento del glucógeno. Un antecedente de hipoglucemia grave en las 24 horas previas suele ser una contraindicación para el ejercicio, mientras que se deben explorar los antecedentes de insensibilidad a la hipoglucemia e incluirse en un plan de acción final, ya que esto podría aumentar aún más el riesgo de hipoglucemia después del ejercicio. En estas personas, se debe hablar sobre alimento adicional o reducciones mayores de insulina. Este riesgo podría ser particularmente pertinente mientras se duerme durante la noche, lo que está asociado con una contrarregulación defectuosa en los jóvenes con DT1.⁶⁴

Estas conversaciones pueden conducir lógicamente a un debate sobre la vigilancia de la glucosa, que es fundamental para el manejo adecuado de los niveles de glucosa durante y después del evento. La VCG puede brindar datos, incluidas alertas, que sirvan de base para un manejo incremental, en particular cualquier necesidad de consumir carbohidratos para mantener niveles de glucosa óptimos, según se comenta en detalle más adelante. En quienes no aplican la VCG, debe llevarse a cabo una medición de NG con tanta frecuencia como sea necesario; las recomendaciones de manejo están en la Tabla 4 a continuación y se basan en una prueba de NG por pinchazo en el dedo cada 30 minutos.

4.5 Paso 5: Revisión de los resultados y ajustes posteriores al plan

Se debe coordinar una consulta de seguimiento con las personas con diabetes y sus familias. Lo ideal es que esto proporcione una oportunidad para compartir más información detallada sobre la insulina, la ingestión de alimentos y los niveles de glucosa antes, durante y después del ejercicio. Las descargas de las bombas y las VCG modernas hacen que esta información invaluable sea de fácil acceso tanto para los jóvenes con diabetes como para los profesionales.

Tal como se reconoce en las recomendaciones y en las tablas a continuación, toda estrategia de dosificación o alimentación debe considerarse como punto de partida, ya que se basan en el consenso y en las respuestas generales de los estudios clínicos. Las respuestas individuales al ejercicio varían ampliamente en torno a estos medios⁶⁵ y, por consiguiente, el personal de salud y las personas con diabetes deben estar preparados para modificar y revisar un plan basado en la experiencia práctica, cuando las metas cambian (ver el Paso 1), a medida que los niños crecen, cuando el estado físico mejora o en tanto cambian las modalidades de sustitución de insulina. Por lo tanto, y según sea necesario, habrá que dar lugar a un ciclo de revisión clínica que incorpore todos estos factores en el entorno clínico o con más frecuencia si se necesitara o deseara.

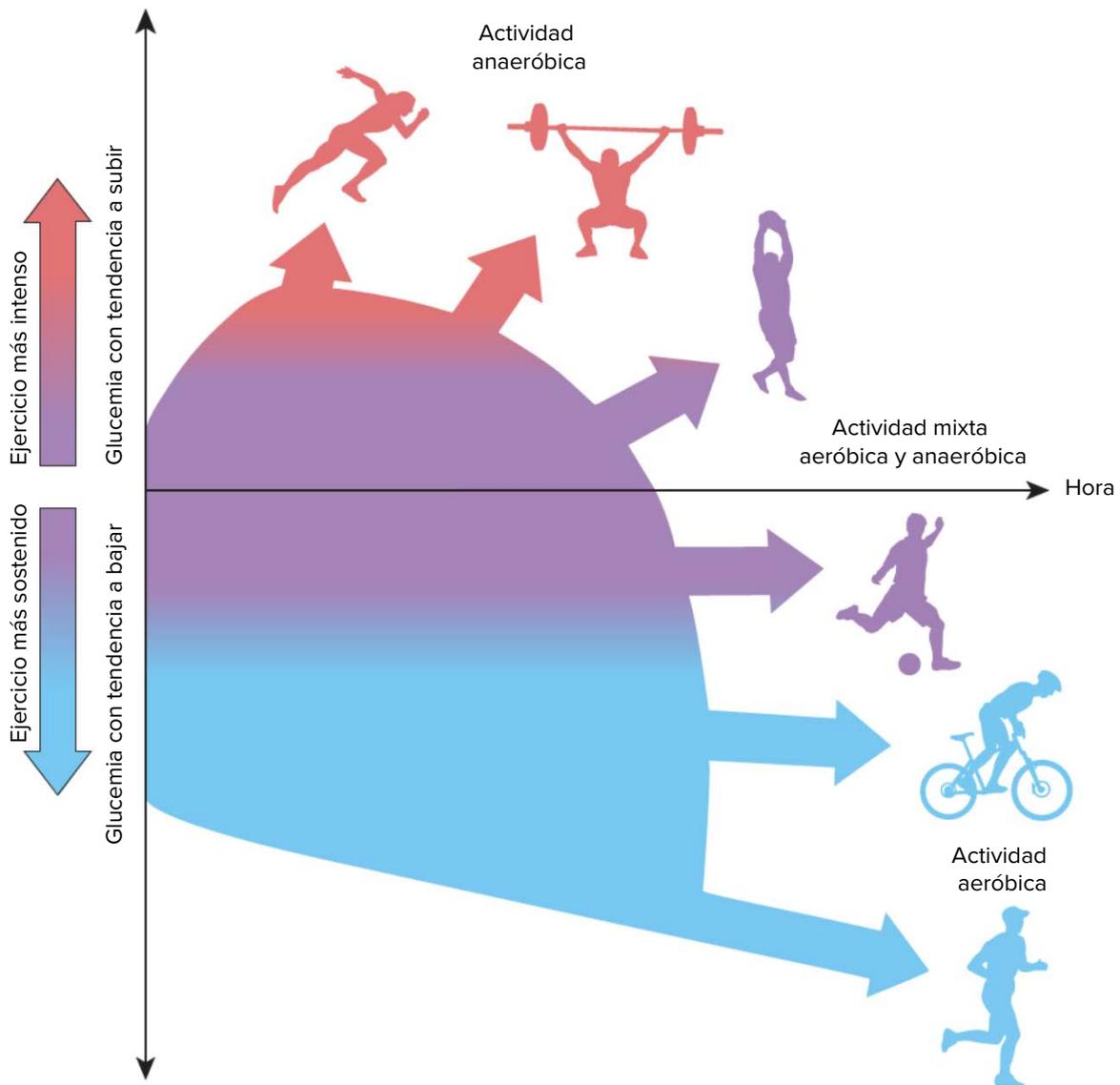
5. FISIOLÓGÍA

El ejercicio debe considerarse una forma estructurada de AF que se puede clasificar como predominantemente aeróbica (metabolismo oxidativo) o anaeróbica (metabolismo no oxidativo) debido a los principales sistemas de combustible utilizados y cómo se utiliza ese combustible. Con las actividades aeróbicas como caminar, trotar y andar en bicicleta, a una intensidad leve a moderada, la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno aumentan respecto al estado de reposo, mientras que los lípidos (es decir los ácidos grasos libres y los triglicéridos de los músculos) y los carbohidratos (glucemia y glucógeno de los músculos) se oxidan.⁶⁶ Con las actividades

anaeróbicas breves, como carreras cortas y levantamiento de peso, los músculos esqueléticos generan energía a partir de la glucólisis anaeróbica, la fosfocreatina y el trifosfato de adenosina libre.⁶⁶ La mayoría de las formas de ejercicio, deporte, juego y AF diaria son una mezcla de metabolismos aeróbico y anaeróbico. La comprensión de la fisiopatología del ejercicio es valiosa para el profesional de la salud con el fin de brindar asesoramiento personalizado a quienes viven con diabetes, debido a la complejidad del ejercicio en los casos de diabetes.

El ejercicio aeróbico tiende a causar la disminución de los niveles de glucosa en el torrente sanguíneo,⁶⁵ mientras que las formas anaeróbicas o mixtas de ejercicio suelen estar asociadas con

Figura 2. En general, el ejercicio aeróbico está asociado con un descenso de la glucemia, mientras que las formas anaeróbicas y mixtas de ejercicio pueden asociarse con una disminución menor o incluso un aumento de la glucemia. Las respuestas individuales dependen de varios factores adicionales, incluyendo la duración y la intensidad de la actividad, las concentraciones de glucemia iniciales, el estado físico individual, la hora del día en que se hace ejercicio, las concentraciones de insulina, glucagón y otras hormonas contrarreguladoras en el torrente sanguíneo y la situación nutricional de la persona. Reproducido con autorización de: Riddell MC. Management of exercise for children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. En: UpToDate, Post TW (Ed), UpToDate, Waltham, MA. (Consultado el 02/08/2022). © 2018 UpToDate, Inc.



una disminución atenuada^{67,68} o un aumento de la glucemia.⁶⁹ En general, las actividades mixtas tienden a tener un efecto moderado. No obstante, se cree que son varios los factores que influyen sobre estas tendencias generales (Figura 2 y Tabla 1). Los efectos agudos del ejercicio anaeróbico sobre la glucemia en los jóvenes con DT2 no están claros.

5.1 Ejercicio aeróbico

Los principales factores determinantes de la concentración de glucosa en la diabetes son la ingestión de nutrientes, la hora de las comidas, las concentraciones de insulina en el torrente sanguíneo, el ritmo de producción de glucosa en el hígado y el ritmo de utilización de la glucosa por parte de los músculos esqueléticos y el sistema nervioso central.⁹ En ayunas, la glucosa del torrente sanguíneo está determinada sobre todo por la cantidad de glucosa liberada por el hígado y el ritmo de asimilación de glucosa en el músculo esquelético y el cerebro.⁷⁴ Cuanto menor sea la concentración de insulina en el torrente sanguíneo, y cuanto más altos sean los niveles de hormonas contrarreguladoras de glucosa, mayor será el ritmo de liberación de glucosa por parte del hígado durante el ejercicio aeróbico.⁷⁴ El volumen de músculo esquelético que participa en el ejercicio determina principalmente

el ritmo de eliminación de glucosa. Mientras que las acciones del músculo esquelético aumentan el índice de eliminación de glucosa durante el ejercicio a través de la translocación de GLUT 4 al sarcolema mediada por contracciones, los niveles elevados de catecolaminas limitan la asimilación de glucosa del torrente sanguíneo para ayudar a evitar la disminución de la glucemia y el aumento del uso de los músculos de los depósitos de glucógeno como combustible.⁶⁶

La translocación de la proteína transportadora GLUT 4 inducida por contracciones permite al músculo esquelético asimilar y utilizar la glucosa de la sangre como combustible, incluso cuando las concentraciones son sumamente bajas.⁷⁵ No obstante, las bajas concentraciones de insulina en el torrente sanguíneo, en casos de la DT1, aumentan el ritmo de liberación de glucosa desde el hígado⁷⁶ y la producción de cetonas,⁷⁷ lo que puede ser peligroso porque puede causar hiperglucemia grave y cetoacidosis por deshidratación.

Debido a la acción reductora de la glucosa del ejercicio aeróbico, lo ideal es que los niveles de insulina exógena en los niños y adolescentes con DT1 sean bajos para ayudar a prevenir la hipoglucemia.⁵⁸ Lamentablemente, no es posible bajar rápidamente las concentraciones de insulina, ni siquiera con una bomba de insulina, por lo que es preciso tomar medidas más proactivas. Estas

Tabla 1. Respuesta prevista de la glucosa y características fisiológicas para las personas con diabetes tipo 1 que hacen ejercicio aeróbico, mixto y anaeróbico.

Tipo de ejercicio	Características fisiológicas	Efecto sobre el nivel de glucosa de la persona con diabetes tipo 1†		Ejemplos
Aeróbico	Ejercicio constante de intensidad moderada, predominantemente por debajo del umbral de lactato en el que los músculos asimilan más glucosa de la que produce el hígado ^{65,70,71}	↘	↓	Correr, caminar, hacer senderismo, andar en bicicleta, remar, nadar
Mixto con breves intervalos de anaeróbico	Actividad (aeróbica) de intensidad moderada a vigorosa intercalada con momentos de actividad anaeróbica más cortos (5-30 segundos) durante el ejercicio ^{68,72}	↘	→	Básquetbol, fútbol americano, fútbol, críquet, handbol, artes marciales
Mixto con largos intervalos de anaeróbico	Actividad (aeróbica) de intensidad baja a moderada intercalada con momentos de actividad anaeróbica más largos (10 a 180 segundos) durante el ejercicio ⁷³	↗	→	Entrenamiento de resistencia, entrenamiento en circuitos, gimnasia, entrenamiento de velocidad (correr, nadar, remar, andar en bicicleta, etc.)
Anaeróbico	Ejercicio de esfuerzo máximo hasta la fatiga (5 segundos a 10 minutos) a una intensidad por encima del umbral de lactato cuando el hígado produce más glucosa de la que asimilan los músculos ^{67,69}	↗	↑	Remar 500-2000 m, competir en carreras de 50-1500 m, ciclos de pruebas cronometradas de 1-2 km, levantamiento de potencia
Día de competencia	Es probable que la producción de glucosa en el hígado sea exagerada durante la competencia, lo que provocará una hiperglucemia pronunciada en comparación con los días de práctica		↑	Carreras, partidos de deportes en equipo o individuales

† Estas son tendencias generales que además reciben la influencia de muchos otros factores, como la insulina a bordo (IAB), la ingestión de macronutrientes, el nivel de glucosa antes del ejercicio, los antecedentes de exposición a hipoglucemia, el nivel de estado físico, la hora del día, la intensidad y duración del ejercicio, el estado de entrenamiento y las condiciones ambientales. Datos de varones adultos.⁷³ Datos de varones y mujeres adultos.^{68,69,72} Datos pediátricos de varones.⁶⁷ Datos pediátricos de varones y niñas.⁶⁵ Esta tabla se creó sobre el supuesto de una IAB circulante baja a moderada.

podrían incluir una reducción de la insulina prandial en la comida previa al ejercicio o una reducción de administración de insulina basal en la bomba de insulina⁵⁸ (ver los detalles a continuación). Cuando no se hayan hecho ajustes a la insulina, la única opción para prevenir la hipoglucemia es el mayor consumo de carbohidratos⁵⁸ (ver los detalles a continuación).

5.2 Ejercicio de intensidad muy alta y anaeróbico

Las actividades anaeróbicas como las carreras cortas y el levantamiento de pesas pueden causar un aumento en los niveles de glucosa, en particular si se hacen temprano durante el día con poco o nada de insulina prandial en el torrente sanguíneo, y si la actividad se lleva a cabo en forma aislada (es decir, sin ejercicio aeróbico), como por ejemplo una carrera de 100 metros, un combate de judo o una carrera de remo.⁷⁸ Además, el aumento de las concentraciones en el torrente sanguíneo de las hormonas del estrés asociadas con la competencia y el ejercicio anaeróbico intensivo podrían potenciar el aumento del nivel de glucosa, incluso antes de que ocurra el evento. Por ejemplo, a Garry Hall Jr., que compitió en carreras de natación (50 metros en estilo libre) en los Juegos Olímpicos de Sídney 2000, le aumentó el NG a 300 mg/dl durante la carrera en la que marcó el récord mundial, que duró más de 21 segundos.

Debido a la posibilidad de que aumenten los niveles de glucosa con algunas formas de ejercicio anaeróbico, no se suele recomendar la reducción de las dosis de insulina, y puede tenerse en cuenta la corrección de la insulina después del ejercicio por la hipoglucemia⁵⁸ (ver los detalles a continuación).

5.3 Ejercicio mixto

La mayoría de las formas de AF para muchos jóvenes consisten en el juego espontáneo o los deportes de equipo y en cancha o pista. Estos entornos suelen caracterizarse por episodios reiterados de actividad relativamente intensa intercalada con actividad de intensidad baja a moderada, o reposo.

Este tipo de actividad “con intervalo” o “mixta” ha demostrado generar un menor nivel de caída de glucemia en las personas con DT1 en comparación con el ejercicio de intensidad moderada continuo, tanto durante como después del evento.⁷⁸ Por lo tanto, las formas de ejercicio mixto probablemente no requieran de ajustes de la dosis de insulina.

5.4 Motivos de disglucemia durante el ejercicio en los jóvenes con DT1

Los motivos de disglucemia debida al ejercicio en los casos de diabetes son complejos y multifacéticos. Los principales factores asociados con las disminuciones mayores de la glucemia durante el ejercicio aeróbico son, probablemente, los niveles de insulina en el torrente sanguíneo, la intensidad del ejercicio y la duración de la actividad.⁵⁸ Los niveles de hormonas contrarreguladoras de glucosa (glucagón, catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento) y el nivel de glucosa antes del ejercicio también pueden tener un impacto sobre el cambio de la glucosa durante el ejercicio aeróbico.⁵⁸ Hay más factores, entre los que se incluyen el tamaño físico, la masa muscular, la edad, el sexo, el estado físico, los niveles

de estrés y la genética de la persona, que también pueden tener un impacto sobre el cambio de la glucosa; no obstante, la magnitud de estos efectos no está tan clara.

El ejercicio podría aumentar el índice de absorción de la insulina de administración subcutánea,⁷⁹ lo que podría aumentar la acción de la insulina poco después de la administración de un bolo. La insulina debe administrarse en un lugar que no participe activamente en la contracción muscular. Esto podría ser difícil en algunas actividades en las que participa todo el cuerpo, como nadar, o cuando las personas tienen un set de infusión de insulina que no es fácil de mover para hacer ejercicio. Además, no está claro el impacto del ejercicio sobre el ritmo de absorción de la insulina de liberación ultraprolongada. No obstante, un estudio en adultos con DT1 descubrió que la insulina detemir se asoció con menos hipoglucemia durante y después del ejercicio.⁸⁰

En cuanto a los jóvenes con DT2, hay poca evidencia sobre la influencia de la duración, el tipo o la intensidad del ejercicio en fluctuaciones glucémicas agudas o el tiempo en el rango de la glucosa. Los estudios transversales sugieren que los episodios más frecuentes de AF estructurada,⁸¹ en particular la actividad de intensidad vigorosa y estructurada,¹⁷ se asocian con una mejoría de la glucemia y de los factores de riesgo metabólicos.

La naturaleza impredecible de la actividad en los jóvenes con DT1 hace que el manejo glucémico sea un desafío. No obstante, es posible implementar varias estrategias para limitar la disglucemia asociada con el ejercicio (ver los detalles a continuación).

5.5 Hipoglucemia previa

Los niveles moderados o sostenidos de hipoglucemia durante las 24-48 horas previas al ejercicio aparentemente reducen las respuestas contrarreguladoras al ejercicio y podrían aumentar el riesgo de hipoglucemia inducida por el ejercicio.⁸² La obesidad y hacer ejercicio en el frío también podrían reducir algunas de las hormonas contrarreguladoras (p. ej. hormona del crecimiento o catecolaminas),^{83,84} lo que podría aumentar el riesgo de hipoglucemia.

5.6 Glucemia, salud musculoesquelética y rendimiento en el ejercicio

Un episodio agudo de hiperglucemia leve a moderada aparentemente no afecta el ejercicio ni el rendimiento deportivo en los casos de DT1.⁷ No obstante, incluso la hipoglucemia leve afecta en forma negativa el tiempo de reacción y el rendimiento deportivo en general.⁸⁵ Por otra parte, la hiperglucemia sostenida (por días o semanas) probablemente afecte varios procesos metabólicos y circulatorios que podrían, al menos en teoría, afectar negativamente la capacidad de ejercicio, incluida una aparente pérdida de masa muscular y de contenido mitocondrial de los músculos, una reducción de la capilarización de los músculos y deshidratación en general.⁸⁶ A largo plazo, los niveles elevados de HbA1c en los jóvenes con DT1 podrían afectar el crecimiento y el desarrollo⁸⁷ y, probablemente, afectar negativamente a la salud musculoesquelética.⁸⁸ En el caso de los jóvenes con diabetes, hacer AF regular, los períodos prolongados de hiperglucemia causados

por el ejercicio o el miedo de tener hipoglucemia por el ejercicio podrían afectar negativamente el logro de los objetivos glucémicos en general. Sin embargo, de manera similar a los jóvenes con DT2,^{17,81} los días con más AF podrían mejorar las probabilidades de lograr los objetivos glucémicos en los jóvenes con DT1 en comparación con los días de inactividad.⁸⁹ Actualmente no existen datos sobre el rendimiento en el ejercicio y la glucemia en los jóvenes con DT2.

6. NUTRICIÓN Y EJERCICIO

6.1 Requisitos de nutrición y calidad de los alimentos

El asesoramiento sobre nutrición deportiva para maximizar el rendimiento incluirá información sobre el tipo y la cantidad de alimentos y los horarios de ingestión. La cantidad de carbohidratos y proteínas requeridas en las comidas variará según la edad, el sexo y los niveles de actividad. Para los jóvenes que realicen actividades diarias asociadas con la salud (p. ej. 60 minutos de AF moderada a vigorosa a diario), la ingestión diaria de alimentos debe ser suficiente para satisfacer las exigencias de la actividad, siempre y cuando las comidas se distribuyan regularmente a lo largo del día. En muchas partes del mundo existen guías específicas de cada país para el consumo de calorías y macronutrientes y, en general, el aumento de los niveles de actividad se vincula con el aumento de los requisitos calóricos. En el caso de jóvenes muy activos, es probable que haya que hacer un cálculo del aumento de los requisitos de calorías y carbohidratos, y las tablas de recopilación de AF específica de cada joven ofrecen listas integrales para ayudar con los cálculos de gasto calórico.⁹⁰ El asesoramiento sobre carbohidratos complementarios para la prevención de la hipoglucemia debe apuntar a no aumentar el consumo calórico total por encima del gasto, y el consumo de refrigerios no debe reducir la calidad de la alimentación. La tabla de nutrición (Tabla E) sugiere cuáles son los carbohidratos más eficaces para prevenir la hipoglucemia con el contenido calórico total más bajo. El consumo adecuado de líquido es fundamental para reducir el riesgo de deshidratación.⁹¹ En la mayoría de las situaciones, el agua o los líquidos sin azúcar son más adecuados para mantener la hidratación. Las recomendaciones de alimentación detalladas para la salud y el ejercicio se pueden ver en el Capítulo 10 de las Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022 sobre manejo nutricional en niños y adolescentes con diabetes, junto con otros consejos respecto a los complementos nutricionales.

6.2 Complementos nutricionales y deportivos

Hay mínima evidencia sobre el consumo de proteínas u otros complementos nutricionales como apoyo para el rendimiento deportivo en los adolescentes. Los complementos de proteínas en deportistas adolescentes podrían no tener ningún beneficio adicional para el rendimiento deportivo,⁹² aunque hay cierta evidencia que establece que podrían reducir las respuestas inflamatorias posteriores al ejercicio⁹² y tener beneficios agudos sobre el anabolismo muscular posterior al ejercicio; no obstante, el daño muscular demostrable y los cambios de recuperación no se han establecido con claridad. Por lo tanto, la complementación de proteínas no se debe recomendar como

rutina para los jóvenes que hagan AF regularmente.

Los deportistas competidores adolescentes suelen usar complementos deportivos.^{94,95} No obstante, la revisión de los complementos para mejorar el rendimiento que hizo la Asociación Internacional de Nutrición Deportiva (International Society of Sports Nutrition) identificó que son muy escasos los datos sobre la eficacia de su uso en menores de 18 años.⁹⁶ Por lo tanto, hay que priorizar el asesoramiento sobre el uso de alimentos para maximizar las adaptaciones de entrenamiento. Hay que brindar asesoramiento sobre los riesgos del consumo de complementos deportivos, lo que incluye la contaminación con sustancias prohibidas para mejorar el rendimiento, con información sobre el antidopaje conforme a cada deporte y al nivel de competencia. En algunos deportes, los procedimientos antidopaje empiezan antes de que los deportistas tengan 18 años. Los programas educativos sobre antidopaje en el deporte están disponibles a través de muchas organizaciones deportivas nacionales. La información sobre la exoneración por uso terapéutico para la insulina está disponible en el sitio web de la autoridad mundial sobre antidopaje (<https://www.wada-ama.org>).

6.3 Alcohol

Los adolescentes y los adultos jóvenes tienen que entender los efectos del alcohol sobre la respuesta al ejercicio y los NG decrecientes. Como algunos deportes están asociados con una “cultura de bebida”, hay que aconsejar sobre el consumo seguro de alcohol, sin respaldar dicho consumo. Sobre la base de estudios en adultos con diabetes, el alcohol afecta la contrarregulación de la glucosa mediante la inhibición de la gluconeogénesis hepática (pero no la glucogenólisis) y aumenta el riesgo de hipoglucemia.⁹⁷⁻¹⁰⁰ Se debe evitar el alcohol antes y durante el ejercicio, ya que podría aumentar el riesgo de hipoglucemia, incluida la hipoglucemia nocturna después del ejercicio, y perjudicar el rendimiento. Si se consume alcohol después del ejercicio, tal vez sea necesario aconsejar reducciones más drásticas de la insulina y mayores cantidades de carbohidratos complementarios conforme a las tablas de ajuste que se comentan más adelante en este capítulo (Tablas A-E).

6.4 Dietas con bajo contenido de carbohidratos

Ningún estudio ha examinado específicamente el rendimiento deportivo de los jóvenes con diabetes sometidos a dietas con bajo contenido de carbohidratos. Una revisión sistemática reciente de personas adultas que hacen ejercicio por recreación y no tienen diabetes no demostró ninguna afectación del rendimiento aeróbico ni del tiempo hasta el agotamiento después de una adaptación alimentaria a través de una dieta con bajo contenido de carbohidratos.¹⁰¹ La única diferencia fue una mayor utilización de ácidos grasos libres (AGL).¹⁰¹ No obstante, un ensayo clínico demostró una afectación de la economía del ejercicio y del rendimiento cuando los deportistas de resistencia de élite consumieron una dieta con bajo contenido de carbohidratos.¹⁰² Recientemente se ha replicado el déficit de rendimiento a nivel de élite, y la deficiencia se atribuyó a la reducción de los índices de oxidación de carbohidratos.¹⁰²

Es cuestionable la relevancia de esta investigación para niños con DT1 que reciben insulina exógena. Las personas con DT1 tienen niveles

de insulina periférica en el torrente sanguíneo 2.5 veces superiores a los de las personas sin diabetes.¹⁰³ Un nivel alto de insulina periférica altera a los metabolismos hepático y muscular.¹⁰⁴ Ante la ausencia de ensayos clínicos, se recomienda orientar en contra de este abordaje alimentario, en especial para un rendimiento óptimo en el ejercicio. Si un niño o una familia insisten en llevar una dieta con bajo contenido de carbohidratos, es fundamental asesorar sobre cómo hacer ejercicio en forma segura. Luego del ajuste de insulina, es sensato empezar con las estrategias que se sugieren en las Tablas 2 y 3. No obstante, la cantidad de carbohidratos complementarios que se necesitan durante el ejercicio tal vez sea menor a lo indicado en las Tablas 4 y 5. Se necesitarán una evaluación personalizada y un proceso de ensayo y error con un plan en evolución.

6.5 Deportistas de élite y de alto rendimiento

Las recomendaciones específicas sobre el aumento de los requisitos alimentarios y las estrategias avanzadas de ajuste de insulina que se necesitan para apoyar a los deportistas de alto rendimiento con diabetes escapan al ámbito que trata este capítulo. Los jóvenes que participan en deportes a nivel de élite deben ser remitidos a un equipo con experiencia multidisciplinaria en el ejercicio y el manejo de la DT1.

La sección de nutrición habla sobre el cálculo de los requisitos de calorías, carbohidratos y proteínas sobre la base del entrenamiento regular y los calendarios de competición. Un artículo de revisión reciente habla sobre las estrategias de ajuste de insulina personalizadas y cómo planificar protocolos de entrenamiento dinámico para distintas modalidades y duraciones de ejercicio.^{9,70,105-108}

7. INTEGRACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INSULINA Y NUTRICIÓN PARA EL MANEJO DE EJERCICIO AGUDO

7.1 Ejercicio planificado

El ejercicio planificado que dura al menos 30 minutos requiere de estrategias de manejo del tratamiento antes, durante y después, y durante toda la noche posterior. Es posible combinar una amplia gama de estrategias de ajuste de insulina y de nutrición para mantener el nivel de glucosa durante la actividad dentro de un rango de ejercicio de 5.0-15.0 mmol/l o 90-270 mg/dl y evitar la hipoglucemia inducida por el ejercicio. Es primordial que el profesional de la salud se asegure de que la persona con diabetes y, si fuera necesario, su familia, tenga conciencia de que tal vez sea necesario aplicar el método de ensayo y error, y que los planes deben adaptarse sobre la base de los resultados observados. Las tablas de ajustes con bomba de insulina, infusión continua de insulina subcutánea (ICIS – Tabla 2) y múltiples inyecciones diarias (MID – Tabla 3) ofrecen planes de inicio y protocolos de ajuste. Las Tablas 4 y 5 ofrecen guías sobre cómo calcular carbohidratos para evitar la hipoglucemia justo antes y cada 30 y 20 minutos durante el ejercicio en las personas que usan CPGS y VCG, respectivamente. En la Tabla 6 se pueden encontrar ideas de comidas, refrigerios y carbohidratos durante el ejercicio.

Las recomendaciones de las Tablas 2-6 se basan en estudios

con cantidades pequeñas de adultos en general saludables, llevados a cabo en cinta caminadora o bicicleta fija, y no replican el ejercicio del mundo real en el caso de los jóvenes. Por lo tanto, extrapolar esto a poblaciones con menos masa corporal magra, como los jóvenes sedentarios, con sobrepeso u obesos, podría ser problemático. En las secciones relevantes y en las tablas se comentan las consideraciones específicas para estas poblaciones. Para terminar, el uso de las tablas no producirá resultados uniformes en una población debido a la importante variación de las respuestas de la glucosa entre las distintas personas y en una misma persona ante el mismo ejercicio. Hay que informar a los destinatarios de los planes elaborados a partir de las tablas acerca de sus limitaciones y que son simplemente un punto de partida que necesitará ser adaptado luego de ensayos y errores.

7.2 Antes del ejercicio planificado: ajustes de insulina y estrategias de nutrición

El ejercicio después de un bolo de insulina a la hora de comer, sin ajustes, podría provocar hipoglucemia en los jóvenes con DT1,^{65,70} incluso cuando se les proporcionan 15 g de carbohidratos durante el ejercicio.⁷¹ Las reducciones de la insulina prandial de 25-75 % han demostrado ser exitosas en los adultos para prevenir la hipoglucemia en el ejercicio aeróbico,^{72,73,109} mixto⁷³ y anaeróbico.⁷³ Para los varones adultos, las reducciones de insulina prandial hechas 1-2 horas antes del ejercicio^{109,110} limitan la hiperglucemia previa al ejercicio en comparación con las reducciones hechas 2-4 horas antes del ejercicio.^{73,110} Al extrapolar los datos de los varones adultos a los jóvenes, parece importante determinar el lapso de tiempo entre la comida y la actividad y aconsejar tener como objetivo mantenerlo, idealmente durante 90 minutos, cuando se reduce el bolo de insulina antes de ejercicio. Para prevenir el trastorno gastrointestinal en los varones adultos, se demostró la eficacia de una comida con bajo contenido de grasas y alto contenido de carbohidratos, de 1.0-1.5 gramos por kilogramo de peso corporal (g/kg/peso), y la tolerancia cuando se ingiere dentro de las dos horas previas al comienzo del ejercicio.^{109,110} Si la persona joven tiene un índice de masa corporal (IMC) ≥ 91 , se debe usar su peso ideal, salvo que el percentil de IMC alto se deba a una gran masa muscular. El método de IMC para calcular el peso ideal en kg [percentil 50 del IMC para la edad x (altura en metros)²] se ha validado en pediatría.¹¹¹

Cuando está planificado que el ejercicio comience más de dos horas después de la comida, se recomienda administrar la dosis de insulina habitual con la comida para evitar un exceso de hiperglucemia, lo cual se ha observado en varones adultos cuando se reducen las dosis de 2 a 4 horas después del ejercicio.⁷³ Las reducciones del índice basal de la bomba de insulina de 50 % y 80 % redujeron el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio aeróbico en ausencia de insulina prandial cuando dichas reducciones se activaron 90 minutos antes del ejercicio.¹¹² No obstante, desconectar una bomba de insulina al principio del ejercicio por lo general no evita la hipoglucemia durante el ejercicio.^{112,113} Si la comida previa al ejercicio se va a consumir de 2 a 3 horas antes del ejercicio, mantener el contenido de carbohidratos de la comida a un máximo de 2 g/kg/peso corporal evitará una circulación excesiva de insulina al inicio del ejercicio. Es preferible que haya un lapso de tiempo de al menos 3 horas entre la hora de la

Tabla 2. Ajustes de insulina en bomba de insulina y recomendaciones de alimentación para antes, inmediatamente después y durante la noche posterior a actividades aeróbicas, mixtas y anaeróbicas de al menos 30 minutos de duración. La tabla sugiere un plan de inicio (primera recomendación a dar) que luego se puede adaptar sobre una base personal (nivel de evidencia D). La tabla proporciona guías sobre cómo adaptar los planes (primera recomendación en gris) sobre la base de probar el plan de inicio. Solo es preciso ajustar la estrategia para antes o después que provoque hiperglucemia o hipoglucemia, no todo el plan.

Tipo de ejercicio	Ejecución del plan	Antes del ejercicio		Después del ejercicio		
		Insulina prandial	Índice basal para ejercicio sin ayuno	Insulina prandial después del ejercicio	Elegir una o ambas opciones si el ejercicio se hace después de las 4:00 p. m. y dura más de 30 minutos	
		Si la comida se ingiere más de 2 horas antes de hacer ejercicio, administrar la dosis prandial habitual para prevenir la hiperglucemia ⁷³	Si el ejercicio empieza más de 120 minutos después de la insulina prandial, reducir la basal 90 minutos antes ¹¹²	Reducción de la insulina prandial	Cambio del índice basal	Si los niveles de glucosa son inferiores a 10.0 mmol/l (180 mg/dl), refrigerios con carbohidratos de bajo índice glucémico sin bolo de insulina antes de acostarse ¹²⁸ Si el nivel de glucosa es inferior a 7.0 mmol/l (126 mg/dl), agregar 15 g de proteína adicionales ¹²⁸
Aeróbico	> 15,0 mmol/l (270 mg/dl) application du plan de départ	-25% ^{73,109}	-25%	-25%	Dosis regular	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-50% ^{72,73,109}	-50% ¹¹²	-50% ¹¹⁰	-20 % durante 6 h ⁶²	0.4 g/kg/peso[†] ^{72,110}
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-75% ^{73,110}	-80% ¹¹²	-75%	-40 % durante 6 h	0.6 g/kg/peso [†]
Mixto	>15.0 mmol/l (270 mg/dl) Usando el plan de inicio	-25% ⁷³	Dosis regular	Dosis regular ^{72,73}	Dosis regular	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-50% ^{72,73}	-25%	-25%	-20 % durante 6 h	0.4 g/kg/peso[†] ⁷²
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-75% ⁷³	-50%	-50%	-40 % durante 6 h	0.6 g/kg/peso [†]
Anaeróbico	>15.0 mmol/l (270 mg/dl) Usando el plan de inicio	Dosis regular	Dosis regular y bolo pequeño 15 minutos antes del ejercicio	Dosis regular ⁷³	Dosis regular	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-25% ⁷³	Dosis regular	-25%	-20 % durante 6 h	0.4 g/kg/peso[†]
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-50% ⁷³	-25%	-50%	-40 % durante 6 h	0.6 g/kg/peso [†]

† peso = el peso corporal. Si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥ 91 , entonces hay que usar el peso ideal en kg = $[IMC \text{ en el percentil } 50 \text{ para la edad } \times (\text{altura en metros})^2]$,¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. Tener en cuenta las sugerencias de reducción de carbohidratos en poblaciones con menos masa corporal magra que los adultos varones saludables, como las mujeres y los varones sedentarios. Datos de varones adultos.^{73,109,110} Datos de varones y mujeres adultos.^{72,112,128} Datos pediátricos de varones y niñas.^{62,111}

Tabla 3. Ajustes de múltiples inyecciones de insulina diarias y recomendaciones de alimentación para antes, inmediatamente después y durante la noche posterior a actividades aeróbicas, mixtas y anaeróbicas de al menos 30 minutos de duración. La tabla sugiere un plan de inicio (primera recomendación a dar) basado en el nivel de evidencia D. Estas guías sirven como punto de partida que requiere de adaptación personalizada. La tabla proporciona guías sobre cómo adaptar los planes (primera recomendación en gris) sobre la base de probar el plan de inicio. Solo es preciso ajustar la estrategia para antes o después que provoque hiperglucemia o hipoglucemia, no todo el plan.

		Antes del ejercicio		Después del ejercicio	
		Insulina a la hora de comer	Insulina con la comida después del ejercicio	Elegir una o ambas opciones si el ejercicio se hace después de las 4:00 p. m. y dura más de 30 minutos	
Tipo de ejercicio	Ejecución del plan	Si la comida se ingiere más de 2 horas antes de hacer ejercicio, administrar la dosis prandial habitual para prevenir la hiperglucemia ⁷³ Si la comida se ingiere dentro de las 2 horas previas al ejercicio, ajustar la dosis prandial según estas sugerencias ^{109,110}	Reducción de la insulina a la hora de la comida	Insulina basal de la noche	Si los niveles de glucosa son inferiores a 10.0 mmol/l (180 mg/dl), refrigerios con carbohidratos de bajo índice glucémico sin bolo de insulina antes de acostarse ¹²⁸ Si el nivel de glucosa es inferior a 7.0 mmol/l (126 mg/dl), agregar 15 g de proteína adicionales ¹²⁸
Aeróbico	>15.0 mmol/l (270 mg/dl) Usando el plan de inicio	-25% ¹⁰⁹	-25%	Dosis regular ¹¹⁰	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-50% ^{72,73,109}	-50% ¹¹⁰	-20% ¹¹⁰	0.4g/kg/BW ^{72,110}
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-75% ^{73,110}	-75%	-40%	0.6 g/kg/peso [†]
Mixto	>15.0 mmol/l (270 mg/dl) Usando el plan de inicio	-25% ⁷³	Dose habituelle ^{72,73}	Dose habituelle	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-50% ^{72,73}	-25%	-20%	0.4 g/kg/peso[†] ⁷²
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-75% ⁷³	-50%	-40%	0.6 g/kg/peso [†]
Anaeróbico	>15.0 mmol/l (270 mg/dl) Usando el plan de inicio	Dosis regular	Dosis regular ⁷³	Dosis regular	0.2 g/kg/peso [†]
	Plan de inicio	-25% ⁷³	-25%	-20%	0.4 g/kg/peso[†]
	<5.0 mmol/l (90 mg/dl) Usando el plan de inicio	-50% ⁷³	-50%	-40%	0.6 g/kg/peso [†]

† peso = el peso corporal. Si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥ 91 , entonces hay que usar el peso ideal en kg = [IMC en el percentil 50 para la edad x (altura en metros)²],¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. Tener en cuenta las sugerencias de reducción de carbohidratos en poblaciones con menos masa corporal magra, como las personas sedentarias. Datos de varones adultos.^{73,109,110} Datos de varones y mujeres adultos.^{72,128} Datos pediátricos de varones y niñas.¹¹¹

Tabla 4. Objetivos de glucemia para dispositivos con obtención de muestra por pinchazo en el dedo y requisitos de carbohidratos para niños y adolescentes con DT1 antes del ejercicio y cada 30 minutos durante el ejercicio, sobre la base del nivel de evidencia D

Glucemia del sensor o en la sangre	Respuesta de glucosa esperada durante el ejercicio según el tipo de ejercicio, la insulina a bordo y los ajustes de bolo, ajustes basales y control de glucosa previo	
	Previsión de caída durante el ejercicio	Previsión de estabilidad o subida durante el ejercicio
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de más de 0.6 mmol/l	Cetonas >1.5 mmol/l: Seguir los consejos habituales sobre cetonas y evitar el ejercicio Cetonas 1.1-1.4 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 60 minutos para reevaluar Cetonas 0.6-1.0 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 15 minutos para hacer ejercicio	
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de menos de 0.6 mmol/l	Tener en cuenta una corrección de insulina equivalente a ½ bolo de insulina habitual	
10.1-15.0 mmol/l (181-270 mg/dl)	Nada de carbohidratos	
Requisitos de carbohidratos (g/kg/peso/30 min, sin superar los 60 kg)‡		
Objetivos de ejercicio† 7.0-10.0 mmol/l (126-180 mg/dl)	0.2 – 0.5 ¹¹⁷	0
5.0-6.9 mmol/l (90-125 mg/dl)	0.5 ⁷⁰	0.2 ¹¹⁶
Retrasar o detener el ejercicio 20 minutos 4.0-4.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	0.3 ¹⁹⁵	0.3 ¹⁹⁵
3.0-3.9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Tratar la hipoglucemia y retrasar el ejercicio hasta que sea de más de 4.9 mmol/l (89 mg/dl)	
Menos de 3.0 mmol/l (54 mg/dl)	Tratar la hipoglucemia y no empezar el ejercicio debido a la respuesta hormonal contrarreguladora defectuosa	

† Si el riesgo de hipoglucemia o la insensibilidad a la hipoglucemia fueran medios o altos, el nivel de objetivo de ejercicio se debe aumentar a 8.0-11.0 mmol/l (145-198 mg/dl) o 9.0-12.0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivamente. ‡ No superar los 60 kg cuando se calculen las cantidades de carbohidratos para evitar sugerencias que superen el uso exógeno pico de carbohidratos de 1.0-1.2 g por minuto.^{105-107,196} Además, si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥ 91 , entonces se usa el peso en kg = [IMC en el percentil 50 para la edad x (altura en metros)²],¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. Datos de varones adultos.^{105-107,196} Datos de varones y mujeres adultos.^{116,117} Datos pediátricos de varones.⁷⁰ Datos pediátricos de varones niños y niñas.^{111,195}

comida y el ejercicio para minimizar la circulación de la insulina del bolo¹¹⁴ y dar bastante tiempo para que los carbohidratos se digieran, asimilen y se usen durante el ejercicio.¹¹⁵ Si el lapso es de más de 3 horas, se recomienda una comida que contenga 1-3 g/kg/peso corporal de carbohidratos con nivel moderado a bajo en grasa para mejorar los depósitos de glucógeno del hígado y de los músculos.¹¹⁵ Los deportistas de resistencia con entrenamiento de alta intensidad pueden necesitar 4 g/kg/peso corporal.

7.3 Durante la actividad planeada: ajustes de insulina y estrategias de nutrición

El pilar del manejo de la glucosa durante la actividad es el consumo de carbohidratos adicionales. La investigación muestra que, ante una alta circulación de bolo de insulina en sangre, se necesitan 0.5-1.0 g/kg/hora,⁷⁰ pero solo 0.3-0.5 g/kg/hora si pasaron más de 2 horas desde la última insulina prandial.^{116,117} La tabla de requisitos de carbohidratos para personas que usan CPGS ofrece sugerencias iniciales de

Tabla 5. Objetivos de glucosa para VCG y requisitos de carbohidratos basados en valores de glucosa y flechas de tendencia para niños y adolescentes con DT1 antes de hacer ejercicio y cada 20 minutos durante el ejercicio, sobre la base del nivel de evidencia D¹⁰

Glucemia del sensor o en la sangre	Flecha de tendencia	Respuesta de glucosa esperada durante el ejercicio según el tipo de ejercicio, la insulina a bordo y los ajustes de bolo, ajustes basales y control de glucosa previo	
		Previsión de caída durante el ejercicio	Previsión de estabilidad o subida durante el ejercicio
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de más de 0.6 mmol/l	Todas las flechas	Cetonas >1.5 mmol/l: Seguir los consejos habituales sobre cetonas y evitar el ejercicio Cetonas 1.1-1.4 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 60 minutos para reevaluar Cetonas 0.6-1.0 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 15 minutos para hacer ejercicio	
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de menos de 0.6 mmol/l	→ ↗↑	Tener en cuenta una corrección de insulina equivalente a ½ bolo de insulina habitual	
	↘↓	Nada de carbohidratos	
Requisitos de carbohidratos (g/kg/peso/20 min, sin superar los 60 kg)‡			
10.1-15.0 mmol/l (181-270 mg/dl)	↑	0	0
	↗	0	0
	→	0	0
	↘	0.1	0
	↓	0.2	0
Objetivos de ejercicio† 7.0-10.0 mmol/l (126-180 mg/dl)	↑	0	0
	↗	0.1	0
	→	0.2	0
	↘	0.3	0.1
	↓	0.4	0.2
5.0-6.9 mmol/l (90-125 mg/dl)	↑	0.1	0
	↗	0.2	0.1
	→	0.3	0.2
	↘	0.4	0.3
	↓ [§]	0.5	0.4
4.0-4.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	↑	0.2	0.1
	↗	0.3	0.2
Retrasar o detener el ejercicio 20 minutos 4.0-4.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	→	0.3	0.3
	↘ [§]	0.4	0.4
	↓ [§]	0.5	0.5
3.0-3.9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Todas las flechas	Tratar la hipoglucemia y retrasar el ejercicio hasta que sea de más de 4.9 mmol/l (89 mg/dl)	
Menos de 3.0 mmol/l (54 mg/dl)	Todas las flechas	Tratar la hipoglucemia y no empezar el ejercicio debido a la respuesta hormonal contrarreguladora defectuosa	

† Si el riesgo de hipoglucemia o la insensibilidad a la hipoglucemia fueran medios o altos, el nivel de objetivo de ejercicio se debe aumentar a 8.0-11.0 mmol/l (145-198 mg/dl) o 9.0-12.0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivamente. ‡ No superar los 60 kg cuando se calculen las cantidades de carbohidratos para evitar sugerencias que superen el uso exógeno pico de carbohidratos de 1.0-1.2 g por minuto.^{105-107,196} Además, si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥91, entonces se usa el peso en kg = [IMC en el percentil 50 para la edad x (altura en metros)²],¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. § Tener en cuenta la prueba de glucemia como valor de VCG puede ser algo rezagado. Datos de varones adultos.^{105-107,196} Datos pediátricos de varones y niñas.¹¹¹

Tabla 6. Ejemplos de nutrición para antes, durante, inmediatamente después y durante la noche para actividad aeróbica, mixta y anaeróbica que dure al menos 30 minutos, basándose en evidencia de nivel D

Antes del ejercicio	Durante el ejercicio	Después del ejercicio	Antes de acostarse
<p>Apuntar a una comida al menos 180 minutos antes del ejercicio para minimizar la insulina que circula en el torrente sanguíneo¹¹⁴ y maximizar los depósitos de glucógeno¹¹⁵ siguiendo el contenido y los ejemplos de comidas posteriores al ejercicio</p> <p>Si se come dentro de los 180 minutos previos al ejercicio, hay que apuntar a comer dentro de los 60-90 minutos previos para reducir el riesgo de hiperglucemia previa al ejercicio^{109,110}</p>	<p>Opciones de carbohidratos con índice glucémico alto cuando se hagan pruebas frecuentes durante el ejercicio</p> <p>Opciones de carbohidratos con índice glucémico medio cuando se hacen pruebas con poca frecuencia o no se hacen pruebas durante el ejercicio</p>	<p>Comida dentro de los 90 minutos posteriores a la finalización del ejercicio</p> <p>Priorizar la inclusión de una fuente de proteínas</p>	<p>Ejercicio después de las 4:00 p. m. y ≥ 30 min de duración</p> <p>Nivel de glucosa < 10 mmol/l (180 mg/dl)†: Carb.¹²⁸</p> <p>Nivel de glucosa < 7 mmol/l (126 mg/dl)†: Carb. + proteína¹²⁸</p>
<p>Contenido de la comida dentro de los 60-90 min posteriores al ejercicio:</p> <p>Carb.: 1-1.5 g/kg/peso*, proteínas: bajas, grasas: bajas^{109,110}</p>	<p>Cantidad de carbohidratos:</p> <p>Requisito de carbohidratos en Tablas C y D</p>	<p>Contenido de la comida:</p> <p>Carb. 1-4 g/kg/peso*, proteínas: ≥ 15 g, grasas: moderadas¹¹⁵</p>	<p>Contenido del refrigerio:</p> <p>Carb.: 0.4 g/kg/peso* índice glucémico bajo-medio^{72,110}</p> <p>Proteínas: 15 g</p>
<p>Ejemplos de desayuno para una comida dentro de los 60-90 minutos†:</p> <p>Ensalada de fruta</p> <p>Tostada/Marmite o Vegemite/fruta</p> <p>Cereales de desayuno/leche</p> <p>Barra de muesli a base de avena</p> <p>Pikelets (panqueques australianos)</p> <p>Bagel/queso crema con bajo contenido de grasa</p> <p>Panqueques</p>	<p>Opciones de líquidos†:</p> <p><i>Opciones a base de glucosa (las más eficaces):</i></p> <p>Bebidas deportivas isotónicas al 6-8 % (6-8 g/100 ml)</p> <p>Bebidas energéticas con glucosa al 8-10 % (8-10 g/100 ml)</p> <p>Tragos de glucosa al 25 % (25 g/100 ml)</p> <p>Geles deportivos de glucosa al 60-70 % (60-70 g/100 ml)</p> <p><i>Opciones con sacarosa (glucosa/fructosa):</i></p> <p>Jugo de fruta al 11 % (11 g/100 ml)</p> <p>Bebidas endulzadas al 8-10 % (8-10 g/100 ml)</p>	<p>Ejemplos de desayuno†:</p> <p>Ensalada de fruta/leche/frutos secos/yogur</p> <p>Tostada/huevos/tomate/fruta</p> <p>Cereales de desayuno/leche</p> <p>Copos de avena/leche/frutos secos/fruta</p> <p>Tostada/aguacate/huevos</p> <p>Panqueques/panceta/hongos/tomate</p> <p>Omelette/queso/ensalada/panecillo</p> <p>Crêpes (panqueques franceses)/pollo/ensalada de arvejas</p>	<p>Opciones con carbohidratos de índice glucémico bajo-medio†:</p> <p>200 g de leche (10 g)</p> <p>1 rebanada de pan o tostada multigranos (15 g)</p> <p>50 g de garbanzos cocidos (15 g)</p> <p>1 manzana grande o banana mediana (15 g)</p> <p>200 g de yogur natural (14 g)</p> <p>50 g de arroz cocido (15 g)</p> <p>30 g de cereales de desayuno integrales (15-20 g)</p> <p>50 g de fideos o pasta cocidos (15 g)</p>
<p>Ejemplos de almuerzo para una comida dentro de los 60-90 minutos†:</p> <p>Sándwich o panecillo/ensalada</p> <p>Galletas de arroz/Vegemite o Marmite</p> <p>Tortilla de trigo/carne magra/ensalada</p> <p>Galletas de trigo/fruta</p> <p>Arroz/vegetales salteados</p> <p>Tostada/Marmite o Vegemite/fruta</p>	<p>Opciones sólidas†:</p> <p><i>Opciones a base de glucosa (las más eficaces):</i></p> <p>Pastillas de dextrosa (3 g cada una)</p> <p>Pastillas de glucosa (4 g cada una)</p> <p><i>Opciones con sacarosa (glucosa/fructosa):</i></p> <p>Caramelos/dulces al 75-90 % (75-90 g/100 g)</p>	<p>Ejemplos de almuerzo†:</p> <p>Sándwich o panecillo/carne magra o queso/ensalada</p> <p>Tostada integral/mantequilla de maní/banana</p> <p>Burrito o wrap (pollo/ensalada/frijoles cocidos)</p> <p>Galletas de trigo/queso cottage bajo en grasas/fruta</p> <p>Cuscús/hummus/verduras/fruta</p> <p>Pasta/aguacate/pollo/vegetales/pesto</p> <p>Quesadillas/vegetales/pesto</p>	<p>Opciones de proteínas†:</p> <p>50 g de frutos secos picados (8 g)</p> <p>2 huevos (14 g)</p> <p>70 g de pescado en lata (15 g)</p> <p>150 g de queso bajo en grasas (15 g)</p> <p>200 ml de leche (7 g)</p> <p>200 g de yogur natural (7 g)</p> <p>50 g de queso duro (12 g)</p> <p>50 g de garbanzos cocidos (3 g)</p>

Ejemplos de cena para una comida dentro de los 60 90 minutos[†]: Arroz/vegetales/salsa de tomate Sopa de vegetales/panecillo Tortilla/verduras/salsa/guacamole/ frijoles Papa en su cáscara/frijoles cocidos Fideos/vegetales salteados	Si no fuera posible controlar con frecuencia el nivel de glucosa, o si no pudiera hacerse de ninguna manera durante el ejercicio[‡]: Antes o durante el ejercicio, incluir: Banana (22 g/100 g) Barra de desayuno (67 g/100 g) Barra de muesli (53 g/100 g) Galletas de arroz (83 g/100 g) Up and Go (10 g/100 ml) Yogur natural bajo en grasas (7 g/100 g)	Ejemplos de cena[†]: Pasta/salsa de tomate/ carne molida/verduras Arroz/pescado/verduras/ salsa de tomate Pad Thai/carne o pescado/ ensalada Papa en su cáscara/atún/ mayonesa/ensalada Lasaña/pan de ajo/verduras Curry a base de frutos secos o lentejas/chapati (pan indio)/ensalada Estofado de verduras con frijoles/papa en su cáscara Puré de papas/salchichas magras/verduras	
---	--	---	--

† Los ejemplos son estimaciones que variarán según cada país; por lo tanto, el lector debe revisar las etiquetas de información nutricional de cada producto y adaptar las comidas según la cantidad de carbohidratos cada 100 ml o 100 g. † peso = peso corporal. Si el percentil de IMC es ≥ 91 , entonces hay que usar el peso en kg = $[\text{IMC en el percentil } 50 \text{ para la edad } \times (\text{altura en metros})^2]$,¹¹¹ salvo que el IMC alto se deba a una gran masa muscular, y usar el valor más bajo de los rangos de carbohidratos en casos de personas sedentarias. ‡ Es probable que los niveles de objetivo de glucosa deban personalizarse. Datos de varones adultos.^{109,110,114} Datos de varones y mujeres adultos.^{72,115,128} Datos pediátricos de varones y niñas.¹¹¹

Tabla 7. Explicación de los dispositivos de VCG y VCGei usados habitualmente respecto a las flechas de tendencia de la declaración consensuada de ISPAD/EASD de 2020.¹⁰

Dispositivo	Flecha de tendencia	Interpretación en 15 min	Cumple con la flecha de tendencia genérica conforme a su uso en la declaración de posición
Dispositivos Abbott Dispositivos Senseonics	↑	Aumento >30 mg/dl (1.7 mmol/l)	↑
	↗	Aumento 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↗
	→	Aumento/disminución <15 mg/dl (0.8 mmol/l)	→
	↘	Disminución 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↘
	↓	Disminución >30 mg/dl (1.7 mmol/l)	↓
Dispositivos Dexcom	↑↑	Aumento >45 mg/dl (2.5 mmol/l)	↑
	↑	Aumento 30-45 mg/dl (1.7-2.5 mmol/l)	
	↗	Aumento 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↗
	→	Aumento/disminución <15 mg/dl (0.8 mmol/l)	→
	↘	Disminución 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↘
	↓	Disminución 30-45 mg/dl (1.7-2.5 mmol/l)	↓
	↓↓	Disminución >45 mg/dl (2.5 mmol/l)	

Dispositivos Medtronic ¹	↑↑↑	Aumento >45 mg/dl (2.5 mmol/l)	↑
	↑↑	Aumento 30-45 mg/dl (1.7-2.5 mmol/l)	
	↑	Aumento 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↗
		Aumento/disminución <15 mg/dl (0.8 mmol/l)	→
	↓	Disminución 15-30 mg/dl (0.8-1.7 mmol/l)	↘
	↓↓	Disminución 30-45 mg/dl (1.7-2.5 mmol/L)	↓
	↓↓↓	Disminución >45 mg/dl (2.5 mmol/l)	

¹ Si el sistema Medtronic CGM no muestra ninguna flecha de tendencia, esto significa que la glucosa del sensor está estable, según se detalla a continuación.

Tabla 8. Resumen de VCGei y VCG durante el ejercicio para casos de DT1 a partir de la declaración consensuada de ISPAD/EASD de 2020.¹⁰

Precisión:
<ul style="list-style-type: none"> La diferencia relativa de la media absoluta (DRMA) aumenta ~10 % a 13.6 % durante el ejercicio El desfase temporal entre la glucemia y la glucosa del sensor se extiende de ~5 min a 12-24 min Cuanto más rápido se mueva la glucosa, mayor será el desfase temporal entre la glucemia y la glucosa del sensor
Seguridad:
<ul style="list-style-type: none"> Fijar la alerta de bajo nivel en un valor mayor al habitual durante el ejercicio, por ejemplo 5.6 mmol/l (100 mg/dl) Cambiar el nivel objetivo de glucosa del sensor para ejercicio, basándose en la experiencia con el ejercicio y el riesgo de hipoglucemia Si la glucosa del sensor cae a menos de 3.0 mmol/l (54 mg/dl), no se debe reiniciar el ejercicio Usar la glucosa del sensor y la flecha de tendencia después del ejercicio para determinar si es necesario administrar carbohidratos para prevenir la hipoglucemia Alentar a los seguidores, donde sea aceptable, a dar su apoyo durante y después del ejercicio, y durante la noche En el caso de sistemas sin alertas y alarmas, se insta a hacer controles periódicos durante la noche

carbohidratos antes del ejercicio y cada 30 minutos durante este (las sugerencias por franja de peso están en la Tabla 4 y el Anexo 1). Las sugerencias se basan en el nivel de glucosa y el peso de la persona que hace ejercicio, y si se prevé que el nivel de glucosa suba, se mantenga estable o baje durante el ejercicio. La expectativa del cambio del nivel de glucosa durante el ejercicio debe basarse en el tipo de ejercicio, si se administró o no un bolo de insulina, los cambios efectuados a la insulina basal y la experiencia previa con el ejercicio.

En las personas con diabetes que usen sistemas de VCG, hay que tener en cuenta las tendencias de glucosa (la dirección de las flechas). Es preciso medir el NG si la glucosa captada por el sensor estuviera al límite, dado que la precisión del sensor se deteriora con el ejercicio. La VCG puede permitir ajustar las cantidades de carbohidratos basándose en niveles de glucosa en tiempo real y en las flechas de tendencia. Se ha demostrado que proporcionar cantidades más pequeñas de carbohidratos complementarios cada 10-20 minutos, basándose en el nivel de glucosa, elimina la hipoglucemia de importancia clínica (<3.0 mmol/l o <54 mg/dl). La Tabla 5 (Anexo 2 para las sugerencias por franja de peso) ofrece sugerencias iniciales de carbohidratos a consumir antes del ejercicio y luego cada 20 minutos basadas en el valor de glucosa y las flechas de tendencia en la declaración de consenso reciente de la ISPAD/EASD.¹⁰ Para interpretar debidamente las flechas de tendencia en distintos dispositivos de VCG, es importante entender su significado (Tabla 7). Para conocer en más profundidad la precisión de la VCG durante el ejercicio y cómo mitigar los problemas, se refiere al lector a la declaración de consenso de EASD/ISPAD, a partir de la cual se presenta el resumen de consideraciones en la Tabla 8.¹⁰

La VCG se desfasa unos 12 ± 11 minutos durante el ejercicio aeróbico prolongado.¹¹⁸ Por lo tanto, se recomienda que las personas confirmen sus niveles de glucosa con mediciones de glucosa en sangre capilar si se percibiera una hipoglucemia inminente o presente.¹¹⁸ Se necesitan ensayos clínicos sobre los beneficios de la tecnología de VCG sobre el CPGS y las conductas relacionadas con el ejercicio para los adolescentes con DT2.

El límite superior de absorción gastrointestinal de la glucosa es de alrededor de 1.0 g/min en los varones adultos.¹⁰⁵ Al aplicar la bibliografía para varones adultos a los jóvenes, los cálculos de carbohidratos usados para las Tablas 4 y 5 (anexos) se limitaron a 60 kg para evitar sugerir más glucosa de la que pueda ser absorbida a fin de evitar una hiperglucemia retrasada. Los productos de alto índice glucémico de absorción rápida como las pastillas de dextrosa, las bebidas con glucosa y los geles de glucosa serán los más eficaces cuando se hacen pruebas cada 20 minutos (Tabla 5). Las bebidas

deportivas con 8-10% de carbohidratos son eficaces durante el ejercicio en los adolescentes con DT1.¹¹⁹ Los carbohidratos de absorción más lenta, como la fruta, los bizcochos y las galletas, el chocolate y los dulces probablemente aumenten el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio y de hiperglucemia después de este si se consumen cada 20 minutos. No obstante, si las pruebas se hacen con menos frecuencia, los carbohidratos de absorción más lenta como la fruta, las barras de cereales o los bizcochos con bajo contenido de grasa podrían evitar la hiperglucemia inicial. En la Tabla 6 se encuentran recomendaciones prácticas de alimentación con sugerencias de comidas para antes, durante y después del ejercicio. La hiperglucemia se puede rectificar administrando la mitad de la dosis de corrección habitual si el nivel de glucosa estuviera por encima de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) con cetonas de menos de 1.5 mmol/l.⁵⁹

7.4 Inmediatamente después de la actividad planificada: ajustes de insulina y estrategias de nutrición

Las reducciones de 50% de la insulina prandial posterior al ejercicio han demostrado ser eficaces en la prevención de la hipoglucemia en varones adultos después del ejercicio aeróbico.¹¹⁰ No obstante, el nivel de glucosa posterior al ejercicio sigue siendo alto después del ejercicio mixto, en comparación con el aeróbico,⁷² lo que sugiere que se necesitan reducciones menores del bolo después del ejercicio mixto y anaeróbico. Además, también en los varones adultos, en las dos horas posteriores al ejercicio se repone el glucógeno de los músculos y del hígado y los índices de síntesis de proteína muscular están en su punto más alto.¹²⁰ Por consiguiente, extrapolando esto a los jóvenes, parece prudente aprovechar esta ventana anabólica recomendando comidas balanceadas después del ejercicio, con 1.4 g/kg/peso corporal de carbohidratos y 15-20 g de proteína.⁷² Solo los deportistas de resistencia necesitarán 3 g/kg/peso corporal o más de carbohidratos, y se debe utilizar el peso ideal si el IMC se encuentra en el percentil ≥ 91 .

Completar carreras cortas e intensas justo antes de terminar el ejercicio puede ayudar a prevenir la hipoglucemia 120 minutos después del ejercicio.⁶⁷ No obstante, la viabilidad de completar esas carreras cortas e intensas puede ser difícil después de hacer ejercicio. Por lo tanto, es mejor reservar esta estrategia para cuando no se está comiendo en la ventana posterior al ejercicio, en la que las reducciones del bolo evitarán la hipoglucemia.

El nivel de glucosa puede aumentar en forma aguda inmediatamente después del ejercicio, y son varios los posibles motivos por lo que puede ocurrir esto.^{59,121,122} En primer lugar, los varones que hacen ejercicio con muchos componentes anaeróbicos acumularán tanto lactato como adrenalina en el torrente sanguíneo.⁷³ El lactato que no se elimina en los músculos ejercitados es enviado al hígado, donde se convierte en glucosa mediante el ciclo de Cori y vuelve al torrente sanguíneo. Un alto nivel de adrenalina en el torrente sanguíneo provoca resistencia a la insulina y hace que el hígado libere el glucógeno almacenado.^{123,124} Completar un enfriamiento durante 10 a 15 minutos podría reducir los niveles de lactato en suero, y es una sugerencia común administrar una dosis de insulina de corrección reducida al 50%.⁵⁹ No obstante, no se han estudiado de manera experimental los enfriamientos, y administrar 100%

y 150% de insulina de corrección después del entrenamiento de intervalo de alta intensidad fue más eficaz que el 50% y no aumentó significativamente los índices de hipoglucemia.¹²⁵ Si la persona que hace ejercicio desconecta la bomba de insulina para la actividad, habrá insulina en circulación inadecuada una vez que cese el ejercicio y eso provocará hiperglucemia.¹²⁶ Una opción es un bolo del 50% del índice basal omitido antes o durante la actividad. Para terminar, supongamos que los carbohidratos consumidos durante el ejercicio superan los 1.0 g/min o son carbohidratos de absorción más lenta, como galletas o chocolate. En dicho caso, habrá una acumulación de carbohidratos para digerir inmediatamente después de terminado el ejercicio sin la presencia de insulina para cubrirlo. Usar opciones glucémicas altas, como pastillas de dextrosa, bebidas deportivas y geles en pequeñas cantidades, con más frecuencia, es la forma más sencilla de evitar esta causa de hiperglucemia después del ejercicio. En la Tabla 6 puede encontrar sugerencias prácticas.

7.5 La noche después de la actividad planeada: ajustes de insulina y estrategias de nutrición

Después de una sesión de ejercicio de 45 minutos de duración, el riesgo de hipoglucemia dura entre 7 y 11 horas, lo que aumenta el riesgo de hipoglucemia durante la noche en casos de actividad realizada después de las 4:00 p. m.⁶¹ Se demostró que la reducción de la insulina de respaldo en un 20% en adultos con regímenes de MID es eficaz,¹¹⁰ y la reducción de los índices basales en un 20% para usuarios de bomba de insulina durante 6 horas durante la noche mitiga la hipoglucemia en jóvenes con DT1.⁶² La eficacia de una reducción del 20% se ha corroborado en un estudio de sistemas de lazo cerrado, donde se redujo la insulina basal en un promedio de 20% durante la noche posterior a una sesión de ejercicio.¹²⁷ Si la reducción de la insulina no es deseable o no es práctica, el consumo de un refrigerio de 0.4 g/kg/peso corporal, de IG bajo a medio, a la hora de acostarse y sin bolo de insulina, ha prevenido la hipoglucemia en los varones adultos.¹¹⁰

Además, solo se necesita un refrigerio a la hora de acostarse si el nivel de glucosa en ese momento es de menos de 10.0 mmol/l (180 mg/dl); incluir 15 g de proteína ofreció una protección adicional cuando la glucosa era de menos de 7.0 mmol/l (126 mg/dl) en los varones adultos.¹²⁸ Sin duda se necesitarán refrigerios más chicos para los niños más pequeños, en especial los que tengan sobrepeso u obesidad. Estos refrigerios antes de acostarse deben personalizarse sobre la base de la respuesta de la glucosa y los niveles de actividad habituales.

Hacer ejercicio durante 45 minutos a mediodía no tiene el mismo efecto provocador de hipoglucemia durante la noche y, por lo tanto, no necesita los mismos ajustes.¹²⁹ Esto es importante para los niños en edad escolar, ya que sugiere que el ajuste de dosis de la insulina basal no es necesario después de las clases de deporte diurnas ni las actividades de la hora del almuerzo. Las sugerencias de nutrición de la Tabla 6 ofrecen ideas prácticas para refrigerios antes de acostarse.

7.6 Regímenes de insulina de dos veces por día

Para quienes están bajo regímenes en los que reciben insulina dos veces por día y que combinan insulina de liberación a corto plazo y de liberación prolongada, el ajuste de dosis mixtas para el ejercicio puede

ser problemático, y la estrategia más sencilla es consumir carbohidratos adicionales para evitar la hipoglucemia. No obstante, no es recomendable el régimen de insulina de dos veces por día. Las Tablas 4 y 5 ofrecen sugerencias de carbohidratos complementarios para antes del ejercicio y durante el ejercicio. La prevención de la hipoglucemia durante la noche después de un ejercicio que dure 30 minutos o más, llevado a cabo después de las 4:00 p. m., se puede lograr consumiendo un refrigerio adicional antes de acostarse, según el nivel de glucosa (Tablas 3 y 6).

7.7 Ejercicio no planificado

La mayoría de las actividades de los niños pequeños no son planificadas, ya que son de naturaleza esporádica y suelen durar menos de un minuto.¹³⁰ Estas actividades se manejan como parte de la rutina diaria habitual. Las actividades oportunistas no planificadas, como saltar en un trampolín o jugar en el recreo de la escuela, suelen durar menos de 15 minutos y rara vez causan hipoglucemia. No obstante, si estas actividades duran más de 15 minutos, es probable que se necesiten carbohidratos de absorción rápida. Confirmando esto, un estudio en 50 personas jóvenes que anduvieron en una cinta caminadora durante cuatro intervalos de 15 minutos descubrió una caída mínima de la glucosa tras 15 minutos. No obstante, pasados entre 15 y 30 minutos, la mitad de los participantes experimentó una caída de más de 2 mmol/l (36 mg/dl).⁷¹ Por lo tanto, se recomiendan las sugerencias de carbohidratos de las Tablas 4 y 5 para el ejercicio no planificado de 20 minutos de duración. Estas tablas también se pueden usar para manejar las clases de gimnasia en la escuela y en campamentos de actividades. Las sugerencias deben servir como punto de partida que se puede adaptar según la experiencia.

El efecto de disminución de la glucosa del ejercicio de intensidad moderada después de comer se ha establecido en un informe que combina cuatro juegos de datos (N=20), que mostró una disminución promedio de glucosa de 4.2 mmol/l (76 mg/dl) tras 45 minutos.⁶⁵ El indicador más potente de la disminución de glucosa fue el nivel de glucosa previo al ejercicio: los sujetos con un nivel de glucosa inicial de más de 10.5 mmol/l (190 mg/dl) presentaron una caída promedio (cuartiles) de 6.1 mmol/l (4.3, 8.9) o 110 mg/dl (78, 160) con muy pocos episodios de hipoglucemia.⁶⁵ Esto sugiere que la aplicación de actividad moderada para tratar rápidamente la hiperglucemia entre comidas podría ser una nueva estrategia que valga la pena explorar en ensayos clínicos. Además, para 100 jóvenes, la implementación de la mnemotécnica de la palabra “GAME” en inglés (tiempo en el rango deseado de la Glucosa, Alerta para la hiperglucemia de manera acorde, Modo de actividad moderada a intensa, Ejercicio en alerta de hiperglucemia entre las comidas, si fuera posible, durante 10-40 minutos, dependiendo del valor de glucosa y las flechas de tendencia), fue el indicador más sólido de tiempo en el rango (3.9-10.0 mmol/l o 70-180 mg/dl) 6 meses después de asistir a una educación estructurada enfocada en el manejo de la VCG proactiva.¹³¹ Una estrategia como esta podría ofrecer a padres e hijos otra opción para mejorar el tiempo en el rango al reducir rápidamente la hiperglucemia entre comidas, siempre y cuando no esté alta la cetonemia. Usar el ejercicio de esta manera requiere de más investigación, pero existe el potencial de

que la actividad mejore el tiempo en el rango.

8. ESTRATEGIAS CON SISTEMAS EN LAZO CERRADO HÍBRIDO

8.1 Tecnología en lazo cerrado híbrido con hormona única (solo insulina)

La disponibilidad del LCH en el mercado varía según el lugar del mundo. Cada uno de los sistemas de LCH disponibles en el mercado tiene la opción de activar un objetivo de glucosa para ejercicio o actividad, anticipándose al ejercicio o a la AF. El propósito de un “objetivo de ejercicio” es aumentar los niveles de glucosa y mantener un objetivo de NG más alto durante el ejercicio mediante el ajuste del algoritmo de administración de insulina. La Tabla 9 describe algunas de las diferencias entre los sistemas de dispositivos disponibles en el mercado, incluidos los distintos nombres que se usan para describir un objetivo de actividad (p. ej. objetivo temp., actividad de ejercicio, disminución gradual) y los varios objetivos de glucosa durante el ejercicio según el tipo de dispositivo.

8.2 Objetivos de ejercicio y suspensión de la bomba usando tecnologías de lazo cerrado híbrido

El ejercicio aeróbico de intensidad baja a moderada, de más duración (más de 30 minutos), suele hacer que caigan los niveles de glucosa y aumenta el riesgo de hipoglucemia.⁵⁸ Las siguientes secciones describen estrategias para ayudar a reducir el riesgo de hipoglucemia asociada con el ejercicio en los jóvenes que usan tecnología de LCH.

Independientemente del sistema de LCH que se use, lo ideal es configurar los objetivos de ejercicio bastante antes del ejercicio aeróbico. De manera similar, los estudios han mostrado que usar un sistema de LCH, configurando un objetivo de ejercicio 90-120 minutos antes del ejercicio aeróbico (de 40 minutos o más) también reduce el riesgo de hipoglucemia.^{16,132} En las situaciones en las que la planificación previa del ejercicio no es posible, sigue siendo valioso configurar un objetivo de ejercicio cercano a la actividad, aunque se pierda la ventana de 90-120 minutos, porque configurar un objetivo de ejercicio detendrá la autocorrección de la administración de bolo (p. ej. en las bombas 770G/780G) y aumentará el rango meta de glucosa, por lo que se administrará menos insulina basal durante la actividad.

Para las actividades que pudieran no causar disminuciones drásticas de la glucemia (p. ej. actividades de duración más breve [<30 minutos] o algunos ejercicios anaeróbicos de alta intensidad), y el ejercicio en ayunas, tal vez no sea necesario fijar un objetivo de ejercicio. No obstante, Morrison et ál.¹³² mostraron recientemente que el uso del sistema de LCH MiniMed® fijando un objetivo de ejercicio (es decir, un objetivo temporal) 120 minutos antes del ejercicio de alta intensidad fue eficaz en el mantenimiento del tiempo en el rango de la glucosa. Para los ejercicios de mayor duración en los jóvenes, se comparó el sistema Tandem Control-IQ® con un sistema de bomba con sensor aumentado de monitoreo remoto, durante un campamento invernal de esquí, que demostró un mejor tiempo porcentual dentro del rango del sistema de LCH.¹³ Se justifica hacer

Tabla 9. Objetivos y configuraciones de ejercicio para varias tecnologías de lazo cerrado híbrido. * = CamAPS tiene la marca de aprobación CE en la Unión Europea y en el Reino Unido, y actualmente solo está disponible en el mercado en Europa. # = Omnipod 5 obtuvo la aprobación de la FDA y solo está disponible en el mercado en Estados Unidos. I:C = proporción entre insulina y carbohidratos, FSI = factor de sensibilidad a la insulina, DIY = “do it yourself” (hágalo usted mismo), SPA = sistema de páncreas artificial.

Sistema de dispositivo	Tecnología de sensor y bomba	Objetivo de glucosa estándar	Objetivo de glucosa durante el ejercicio	Terminología del objetivo durante el ejercicio	Información adicional
MiniMed 670G/770G (Medtronic)	Sensor Guardian 3 y bomba 670G o 770G	6.7 mmol/l (120 mg/dl)	8.3 mmol/l (150 mg/dl)	Objetivo temp.	Programación para determinada duración; se desactivará automáticamente al final de ese tiempo
MiniMed 780G (Medtronic)	Sensor Guardian 3 y bomba 780G	5.5 mmol/l (100 mg/dl) 6.1 mmol/l (110 mg/dl) 6.7 mmol/l (120 mg/dl)	8.3 mmol/l (150 mg/dl)	Objetivo temp.	Programación para determinada duración; se desactivará automáticamente al final de ese tiempo
Control-IQ (Tandem)	Sensor Dexcom G6 y bomba Tandem t-slim X2	6.2-8.9 mmol/l (112-160 mg/dl)	7.8-8.9 mmol/l (140-160 mg/dl)	Actividad de ejercicio Se pueden crear hasta seis perfiles personales con dosis basales personalizadas y proporciones de I:C y FSI para usar con el modo Ejercicio	Inicio y detención manuales; no es posible programar la duración por un determinado tiempo El modo Ejercicio suspende la administración de insulina a un nivel previsto de glucosa superior al modo estándar Anula el modo Sueño programado, salvo que se apague el modo Ejercicio
CamAPS FX (CamDiab)*	Sensor Dexcom G6 y bombas Dana RS y Dana-i	5.8 mmol/l (105 mg/dl) (Objetivo de glucosa personalizable)	Sin valor de glucosa fijado (personalizable)	Disminución gradual o Disminución gradual planificada	Programación para determinada duración; se desactivará automáticamente al final de ese tiempo
Omnipod 5 (Insulet)#	Sensor Dexcom G6 y unidad Omnipod 5	6.1, 6.7, 7.2, 7.8 y 8.3 mmol/l (110, 120, 130, 140, 150 mg/dl) (Objetivo de glucosa personalizable)	8.3 mmol/l (150 mg/dl)	Función de Actividad	Se habilita entre 1 y 24 horas; se desactiva automáticamente al terminar el tiempo
SPA DIY (OpenAPS, AndroidAPS, Loop)	Variedad de sistemas	Personalizable	Se fija el objetivo según lo deseado (personalizable)	Objetivo temporal, cambio de perfil, anulaciones o modo de actividad	Programa para determinada duración o de configuración para una hora específica; se desactivará automáticamente al final de ese tiempo

más investigaciones para entender si es necesario un objetivo de ejercicio para varias intensidades y duraciones del ejercicio.

De manera alternativa, algunos usuarios de LCH pueden optar por suspender la administración de insulina (es decir, suspender la bomba) en vez de fijar un objetivo de ejercicio para reducir el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio aeróbico. Para las actividades de alto impacto y determinados deportes de contacto (como lucha libre, artes marciales, fútbol americano, handbol), puede que sea preferible o incluso necesario suspender o desconectar la bomba. Esta puede ser una estrategia más eficaz para la AF de duración más corta.¹³³ No obstante, es fundamental apagar el sistema de LCH; de lo contrario, el algoritmo considerará que la insulina fue administrada. Hay que evitar las suspensiones de la bomba por más de 90 minutos si no se reemplaza por insulina administrada, por ejemplo, una vez por hora, conectando la bomba o usando una pluma de insulina con este fin.

8.3 Estrategias de ajuste de bolo antes y después de hacer ejercicio, usando tecnología de lazo cerrado híbrido

8.3.1 Antes del ejercicio:

Si bien es limitada la investigación que evalúa el momento y las estrategias específicas de ajuste del bolo de insulina con tecnología de LCH en relación con el ejercicio, esta sección se desarrolló sobre la base de la bibliografía publicada existente¹⁵ y la opinión de expertos. Incluso con tecnología de LCH, puede que sea necesaria una reducción manual del bolo de insulina con la comida anterior al ejercicio, porque el tiempo de acción del bolo de insulina administrado con la comida podría extenderse hasta la sesión de ejercicio cuando esta tiene lugar de 1 a 3 horas después de una comida. Tal como se hace con los sistemas de ICIS de lazo abierto, las personas que usan sistemas de LCH deben tener en cuenta aplicar una reducción del bolo de entre 25 y 75 % en la comida anterior al ejercicio. Usando la tecnología de LCH, un estudio reciente en adultos llevado a cabo por Tagougui et ál.¹⁵ descubrió que la combinación de un objetivo de ejercicio fijado justo antes del ejercicio, junto con una reducción de 33 % del bolo de insulina a la hora de comer, generó un rango de hipoglucemia menor (2.0 ± 6.2 % de tiempo, <3.9 mmol/l) en comparación con solo fijar un objetivo de ejercicio (7.0 ± 12.6 %) o un objetivo de ejercicio desconocido y un bolo completo (13.0 ± 19.0 %). Por lo tanto, para ejercicios aeróbicos y mixtos poco después de una comida, recomendamos un plan de inicio de reducción de bolo del 25 % con la comida anterior al ejercicio (Tabla 2). Algo importante a tener en cuenta es que no todos los sistemas disponibles en el mercado tienen una función específica que permita reducir el bolo. Por eso, una estrategia es ingresar en el sistema LCH un valor de carbohidratos inferior a lo que se está consumiendo. Algunos sistemas de LCH (p. ej. Tandem Control-IQ) permiten agregar varios perfiles, o perfiles adicionales, a la bomba. Al utilizar este abordaje, las personas pueden tener en cuenta agregar otro perfil de “actividad” con un factor de sensibilidad a la insulina (FSI) más alto y una proporción de carbohidratos menos drástica (PIC). A su vez, esto permitirá que el sistema de LCH sugiera una cantidad menor de bolo de insulina. No obstante, no existen actualmente

estudios que evalúen estas estrategias específicas y, por lo tanto, debería hablar sobre ellas con profesionales de la salud para personalizarlas, revisarlas y usarlas con precaución.

En el caso de ejercicio anaeróbico de más intensidad o entornos competitivos, un plan de inicio puede no incluir la reducción del bolo (es decir, se administra la dosis habitual del bolo) con la comida anterior al ejercicio. También debe tenerse en cuenta que si la comida anterior al ejercicio tuviera un contenido alto de carbohidratos, la reducción del bolo de insulina podría hacer subir la glucemia antes de empezar el ejercicio, lo que aumentaría la administración automática de insulina basal en la mayoría de los sistemas de LCH o incluso dar lugar a bolos de corrección automáticos justo antes del ejercicio, lo que genera un mayor riesgo de hipoglucemia. Este riesgo se puede minimizar eligiendo una comida con menos carbohidratos, cuando sea posible, y fijando el objetivo de ejercicio poco después de la comida, de modo que se pueda restringir la administración de insulina hasta cierto grado.

8.3.2 Después del ejercicio:

Las recomendaciones respecto a las reducciones del bolo con la comida después del ejercicio para reducir el riesgo de hipoglucemia asociada al ejercicio son justificadas. Como hasta la fecha no se han investigado bien las guías en torno a las reducciones de bolos después del ejercicio con sistemas de LCH, las sugerencias de esta sección se basan en la opinión de expertos. El plan de inicio (ver la Tabla 2) para la insulina con la comida después del ejercicio es una reducción del bolo de 25 %, independientemente del tipo de ejercicio.

8.4 Necesidades de carbohidratos antes y durante de hacer ejercicio, usando tecnología de lazo cerrado híbrido

Hay unas pocas diferencias importantes en las guías de ingestión de carbohidratos para el ejercicio en personas con sistemas de LCH. En primer lugar, hay que tener en cuenta las necesidades de ingestión de carbohidratos antes del ejercicio. La ingestión de carbohidratos bastante tiempo antes del ejercicio (es decir, 20 minutos o más) tiende a promover un aumento de la glucemia y una posterior administración aumentada de insulina por parte del sistema de LCH. Esto puede causar hipoglucemia durante la actividad. En segundo lugar, la cantidad de carbohidratos consumidos tal vez deba ser menos de lo típico en entornos donde el modo de ejercicio se haya activado con mucha antelación a la actividad o se haya hecho una reducción del bolo antes del ejercicio. El uso de los sistemas de VCG sirve de base para las decisiones acerca de la ingestión de carbohidratos a fin de limitar la hipoglucemia durante varias formas de ejercicio, sobre la base de la concentración de glucosa y las flechas de tendencia de dirección de la VCG.¹⁰

8.4.1 Antes del ejercicio:

Si bien el consumo de refrigerios no cubiertos para insulina 30 minutos antes del ejercicio puede reducir la hipoglucemia en los varones con MID,¹³⁴ para la tecnología de LCH, el aumento

de los niveles de glucosa por sensor asociados con el refrigerio no cubierto probablemente conduzca a un posterior aumento de la administración automática de insulina y, por consiguiente, un aumento del riesgo de hipoglucemia durante la actividad. El consenso actual es que la ingestión de carbohidratos debe limitarse a entre 5 y 10 minutos antes de empezar el ejercicio o si la persona desarrolla hipoglucemia antes de la sesión de ejercicio. En situaciones en las que la ingestión de carbohidratos es necesaria 1-2 horas antes del ejercicio, se debe administrar un bolo reducido en alrededor de 25 % (ver anteriormente) y luego hay que poner al sistema de LCH en “modo de actividad”.

8.4.2 Durante el ejercicio:

Las personas deben usar su glucosa de VCG y las flechas de tendencia (cuando corresponda) para tomar decisiones sobre la necesidad de ingerir carbohidratos para evitar la hipoglucemia durante el ejercicio¹⁰ (Tabla 5). Durante el ejercicio, la ingestión de carbohidratos en cantidades más pequeñas también puede reducir la probabilidad de una hiperglucemia de rebote después del ejercicio. Entre otras estrategias para reducir la hipoglucemia se incluyen hacer ejercicio con poco o nada de bolo de insulina en el torrente sanguíneo, si fuera posible, o tener en cuenta retrasar el ejercicio hasta llegar al estado postabsortivo (es decir, 3 o más horas después de comer y recibir un bolo de insulina) para permitir que los niveles de insulina prandial bajen antes del ejercicio, colocando el sistema en lazo cerrado en modo de ejercicio. Si se desarrollara hipoglucemia durante el ejercicio, las personas que usan sistemas en lazo cerrado tal vez necesiten ingerir menos carbohidratos como tratamiento (p. ej., 10 gramos). No obstante, esto es algo sumamente personal que se basa en el tamaño de la persona y en la cantidad de insulina y hormonas contrarreguladoras que tenga en el torrente sanguíneo.

8.5 Hiperglucemia después del ejercicio

En la mayoría de los casos, los sistemas de LCH parecen manejar bien la hiperglucemia leve posterior al ejercicio, en particular si el sistema se vuelve a poner en modo estándar de lazo cerrado automático (es decir, en modo sin actividad). En algunos casos, puede que sea necesario administrar un pequeño bolo de insulina correctivo (p. ej., 50 % de la dosis habitual de corrección) en entornos de hiperglucemia extrema después del ejercicio (es decir, >15.0 mmol/l, 270 mg/dl).

8.6 Actividad planificada vs. no planificada

Los profesionales de la salud deben hablar sobre las varias opciones de usar sistemas de LCH para prepararse para el ejercicio o la AF basándose en el estilo de vida y las metas de la persona. Por ejemplo, algunos jóvenes pueden preferir hacer una planificación previa al ejercicio, mientras que a otros les podría costar la planificación previa y, por lo tanto, tal vez elijan opciones alternativas para el ejercicio. En la sección incluida a continuación hablamos de las varias opciones que ofrece el sistema LCH para ejercicio planificado y no planificado para reducir el riesgo de una disglucemia asociada al ejercicio.

8.7 Ejercicio planificado con tecnología de lazo cerrado híbrido

Sobre la base de la escasa investigación clínica sobre estrategias del LCH en torno al ejercicio y el consenso de los expertos, hay que tener en cuenta las siguientes opciones en situaciones en las que las personas tengan tiempo para prepararse para el ejercicio:

Reducción del bolo antes del ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta una reducción del bolo de 25 % con la comida anterior al ejercicio (de lo contrario, aumentarán la glucosa y la administración automática de insulina antes del ejercicio, por lo tanto la insulina a bordo [IAB] será más alta). La reducción del bolo disminuirá además la IAB total al inicio del ejercicio.
Objetivo de ejercicio antes de hacer ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Fijar de 1 a 2 horas antes del ejercicio. Retomar al terminar el ejercicio. Si hubiera más riesgo de hipoglucemia, mantener un objetivo de ejercicio/ actividad más alto durante 1-2 horas en recuperación.
Reducción del bolo y objetivo del ejercicio antes de hacer ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Se puede tener en cuenta una reducción del bolo de 25 % con la comida anterior al ejercicio y fijar el objetivo del ejercicio 1-2 horas antes de hacer ejercicio.
IAB más baja antes de empezar el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Consumir la comida principal al menos 3 horas antes del ejercicio.
Suspensión o desconexión de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> Evitar suspensiones prolongadas de la bomba (>120 minutos) –riesgo de hiperglucemia o elevación de cetonas–.

8.8 Ejercicio no planificado con tecnología de lazo cerrado híbrido

Para situaciones en las que las personas no tienen tiempo de prepararse para hacer ejercicio, se pueden tener en cuenta las siguientes opciones:

Ingestión de carbohidratos antes del ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta consumir un refrigerio con carbohidratos 5-10 minutos antes del ejercicio. El consumo de carbohidratos demasiado tiempo antes del ejercicio podría provocar un aumento de la glucosa y la administración automática de insulina. Tal vez se necesite una pequeña cantidad de carbohidratos para el ejercicio porque la tecnología de LCH puede reducir la administración automática de insulina, si fuera necesario, y también administrar más insulina, si fuera necesario.
--	--

Ingestión de carbohidratos durante el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta administrar carbohidratos aproximadamente cada 30 minutos durante la actividad.
Reducción del bolo después del ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Si una persona corre más riesgo de hipoglucemia o experimenta hipoglucemia después del ejercicio, tener en cuenta una reducción del bolo de 25 % con la comida después del ejercicio como punto de partida.
IAB más baja antes de empezar el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Consumir la comida principal al menos 3 horas antes del ejercicio.
Suspensión o desconexión de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> Evitar suspensiones prolongadas de la bomba (>120 minutos) –riesgo de hiperglucemia o elevación de cetonas–.

8.9 Consideraciones especiales

En esta sección, en particular en situaciones donde las recomendaciones antemencionadas no parecen adecuadas ni eficaces, resaltamos algunas consideraciones y trucos especiales a tener en cuenta respecto al ejercicio. Además, esta sección también apunta a abordar algunas diferencias únicas entre los sistemas de LCH en torno al ejercicio.

Cambiar a modo manual o a ICSI de lazo abierto para prepararse para el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta una reducción basal de 50-80 % 90 minutos antes del ejercicio y hasta terminar el ejercicio.
Suspensión o desconexión de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> Evitar suspensiones prolongadas de la bomba (>120 minutos) –riesgo de hiperglucemia o elevación de cetonas. Solo es necesario ajustarla antes del ejercicio y luego para prevenir la deficiencia de insulina durante el ejercicio, posiblemente añadiendo al menos 50 % de la “basal habitual” cada hora.
Trucos del Tandem Control-IQ para el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Tener en cuenta configurar un perfil de “actividad de ejercicio”. Para empezar una “actividad” alternativa y personalizada 90 minutos antes del ejercicio con proporciones de insulina basal, de I:C y de FSI ajustadas. Si se administra un bolo de corrección mínima de 0.05 U antes de la actividad, esto detendrá la posibilidad de que el sistema se autocorrija. Recordar desactivar el perfil de “actividad de ejercicio” para evitar una hiperglucemia después del ejercicio.

Trucos de CamAPS para el ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> Personalizar el objetivo de glucosa dependiendo de las experiencias previas y usar el modo de ejercicio. Usar la disminución gradual (“Ease-Off”) luego de una posible hipoglucemia. Usar la función de aumentar (“Boost”) durante una hiperglucemia más prolongada.
------------------------------------	--

9. DATOS ESPECÍFICOS PARA LOS JÓVENES CON DIABETES TIPO 1

9.1 Glucemia y rendimiento en el ejercicio

Entre las personas jóvenes, se ha demostrado que solo unas pocas llevan a cabo adaptaciones planificadas antes de y durante la AF, y esto requiere de charlas de capacitación y motivacionales.¹³⁵ Evitar la hipoglucemia aguda relacionada con el ejercicio es una meta importante para la seguridad entre los jóvenes con DT1. Además, la hipoglucemia perjudica el rendimiento y podría aumentar el nivel de esfuerzo percibido. No obstante, sigue sin haber certeza respecto a si la hiperglucemia aguda perjudica o no a la capacidad de hacer ejercicio, y en qué medida lo hace. Un estudio reciente⁷ de adolescentes y adultos jóvenes con DT1 activos a modo recreativo comparó la normoglucemia con la hiperglucemia en estados normal e hipoinsulinémico y descubrió que el pico de VO₂ fue apenas más bajo cuando se mantuvo a los participantes en 17.0 mmol/l (306 mg/dl) y el pico de suministro de energía en carrera fue, de hecho, apenas más alto. El tiempo de reacción resultó apenas impactado por la hiperglucemia en el estado hipoinsulinémico, pero no se descubrió ninguna otra diferencia. En este estudio no se evaluaron la utilización del combustible, la cinética del VO₂ ni ningún otro marcador. En los adultos¹³⁶ con DT1, la hiperglucemia leve (12.4 mmol/l, 223 mg/dl) no afectó la capacidad para hacer ejercicio, el esfuerzo percibido ni la oxidación de carbohidratos.

El nivel de HbA1c elevado se asocia con una capacidad de ejercicio deteriorada en los adultos con DT1,¹³⁷ pero la glucemia estrictamente controlada se asocia con una capacidad de ejercicio a la par de la de las personas sin DT1. Las personas con DT1 que no está debidamente controlada tienen respuestas pulmonar, cardíaca y vascular deterioradas con el ejercicio, y la hiperglucemia crónica en modelos animales atenúa los efectos beneficiosos del entrenamiento con ejercicio,¹³⁸ con una remodelación aeróbica deficiente del músculo esquelético. Por ende, es muy probable que sea necesario lograr un control glucémico objetivo a largo plazo para tener un buen estado cardiovascular y un rendimiento en ejercicio óptimos.

9.2 Día de competencia

Se suele reportar hiperglucemia aguda en los jóvenes con DT1 en relación con el ejercicio o actividades vinculadas con competencias, incluso cuando por lo general se asocian con la normoglucemia o la hipoglucemia bajo condiciones de entrenamiento o no competitivas de bajo nivel de estrés. Es probable que un estado adrenérgico

elevado contribuya al aumento de la producción de glucosa hepática y, posiblemente, a la resistencia a la insulina. Dada la escasez de ensayos clínicos que aborden esta situación, se favorece un abordaje práctico que enfatiza un aumento de tiempo para prepararse para la competencia planificada, una vigilancia de la glucosa temprana para detectar el surgimiento de hiperglucemia por estrés y la reducción de las posibilidades de un exceso de combustible antes de la competencia.

Para quienes reciben tratamiento con bomba de insulina, se puede programar un aumento temporal de la administración de insulina basal al principio de la hiperglucemia prevista (u observada); no obstante, es importante volver a reducir el índice a los valores de inicio o por debajo de ellos antes de que empiece la competencia, para evitar una hipoglucemia debida a la resolución del estado adrenérgico durante la actividad de competencia o poco después de esta. Para quienes usan un sistema de LCH, el retraso del uso del modo de ejercicio podría reducir el riesgo de una hiperglucemia relacionada con el estrés, al permitir la administración de más insulina basal o que continúen las dosis de corrección automáticas.

Practicar una rutina previa al partido o a la carrera puede ser beneficioso para quienes con frecuencia sufren hiperglucemia asociada con la competencia. Esto puede incluir hacer un calentamiento aeróbico de baja intensidad (caminata o trote suave) para reducir las hormonas contrarreguladoras y facilitar la absorción de glucosa, u otras estrategias de preparación mental. Hay pocos datos sobre la eficacia de estas estrategias. Es probable que la emoción aguda o la hiperglucemia mediada por el estrés se resuelvan rápidamente con la actividad misma. La corrección agresiva de la hiperglucemia relacionada con el nerviosismo o con la emoción previa a la competencia probablemente aumenten el riesgo de una hipoglucemia retrasada o posterior al ejercicio.

9.3 Desconexión prolongada de la bomba

A veces es deseable una desconexión prolongada de la bomba. Los deportes que se practican dentro del agua (natación, buceo) o sobre el agua (navegación) son motivos para desconectar algunos dispositivos. Del mismo modo, hay que desconectar los dispositivos para algunos deportes de contacto (p. ej., lucha libre, handbol, hockey sobre hielo, fútbol americano/australiano). A veces, la justificación para desconectar la bomba es reducir el riesgo de hipoglucemia. Para los jóvenes con DT1 que usan terapia con bomba de insulina, detener la infusión de insulina basal (es decir, suspensión/desconexión de la bomba) al principio del ejercicio aeróbico moderado (durante unos 60 minutos) a últimas horas de la tarde podría reducir el riesgo de hipoglucemia durante el período de ejercicio.¹³⁹ No obstante, la suspensión de la bomba podría no ser tan eficaz como la reducción de la insulina basal¹¹² (o fijar un objetivo de ejercicio más alto) 90-120 minutos antes del ejercicio. Si bien no es común en general,¹⁴⁰ algunas preocupaciones en torno a la suspensión prolongada de la bomba (>120 minutos), en especial en niños más pequeños (de 4-9 años),¹⁴¹ incluye el posible aumento de los niveles de cetonemia y la posibilidad de olvidar reiniciar la administración de insulina después del ejercicio. Si se desconecta durante más de 90 minutos, se pueden usar distintas estrategias para evitar la deficiencia de insulina: reconectar la bomba cada 60 minutos y administrar un bolo que corresponda a

alrededor del 50 % de la administración de insulina estándar por hora o usar un régimen híbrido de insulina inyectada como se describe a continuación.

9.4 Consideraciones ambientales: natación en aguas abiertas, surf, navegación, temperatura ambiente, gran altitud y buceo

9.4.1 Natación en aguas abiertas, surf, navegación

Nadar en aguas abiertas, hacer surf y navegar exponen al cuerpo a temperaturas frías (ver a continuación) y al agua. Podría ser necesaria la desconexión prolongada de la bomba (ver lo anterior) o el tratamiento con bomba de insulina, en combinación con el tratamiento con pluma de insulina, y hay que seleccionar el tipo de insulina que se adapte al tiempo que la bomba estará desconectada. Se ha demostrado que un régimen híbrido de insulina degludec inyectada e insulino terapia con bomba (desconectada durante el ejercicio) es segura y eficaz en los adultos.¹⁴² El mismo abordaje, con una combinación de tratamiento con bomba de insulina e insulina glargina inyectada en los niños, también demostró ser una estrategia viable y podría reducir el riesgo de hiperglucemia y cetoacidosis durante una suspensión prolongada de la bomba.¹⁴³

9.4.2 Temperatura ambiente

La temperatura ambiente alta tiende a aumentar el índice de absorción de insulina y la temperatura ambiente baja tiene el efecto opuesto.¹⁴⁴ Esta última podría afectar en casos de natación en aguas abiertas (como se mencionó anteriormente); el uso de un traje de neopreno puede proteger contra el frío. La temperatura ambiente alta también puede provocar estrés, lo que genera un mayor gasto calórico y, por consiguiente, aumenta el riesgo de disminución rápida de los niveles de glucosa.

La precisión de los medidores de glucosa puede verse afectada por varios factores, entre los que se incluyen la temperatura y la altitud (ver más adelante), y se recomienda informarse sobre los valores límite que se aplican al medidor que se usa. Además, la temperatura alta podría resultar en una deshidratación, lo que también puede afectar la precisión de los dispositivos de VCG. Por consiguiente, la hidratación es de primordial importancia, ya que la deshidratación grave puede causar lecturas de glucosa imprecisas de los sensores.

De manera inversa, las temperaturas bajas también pueden reducir la precisión de las mediciones o hacer que no se capte ningún valor de glucosa. Esta situación es bastante típica en el caso de monitores de glucemia que se mantienen a temperaturas por debajo de los 0 °C (32 °F). Por tanto, durante AF en tales circunstancias, la VCG es una mejor opción.¹⁴⁵

9.4.3 Gran altitud

Esquiar ladera abajo o trepar por rocas son ejemplos de ejercicios a gran altitud. La anorexia inducida por la gran altitud y el aumento del gasto calórico podrían causar disglucemia, y la hipoxia podría provocar la toma de decisiones incorrectas. El ejercicio y la tensión bajo estas condiciones afectan además la respuesta hormonal contrarreguladora. Por ende, es fundamental tener la glucemia óptima. Como los medidores de glucemia pueden ser imprecisos a gran altitud, se recomienda la VCG para un uso combinado. Hay una

revisión¹⁴⁶ donde puede encontrar información adicional sobre el ejercicio en condiciones de gran altitud.

9.4.4 Buceo

A principios de la década de 1990 se publicaron guías formales para el buceo en el caso de las personas con diabetes insulino dependiente. Posteriormente, tras un taller que tuvo lugar en 2005, se llegó a un consenso.¹⁴⁷

Actualmente está aprobado bucear cuando se tiene diabetes insulino dependiente, con ciertas reservas, en la mayoría de los países del mundo.^{148,149} No obstante, sigue siendo necesario hacer evaluaciones minuciosas y periódicas para asegurar que sea adecuada la participación en las actividades de buceo. En relación con el buceo, es importante, por consiguiente, tener un control personal minucioso y pensar muy bien los detalles sobre los ajustes de las dosis de insulina e ingestión de carbohidratos antes de cada instancia de buceo.

Hay que revisar los niveles de glucosa 60, 30 y 10 minutos antes de bucear e inmediatamente después de hacerlo. Durante este período, se busca lograr una glucemia estable sin valores ni tendencias a la baja, y un nivel de zona segura de mínimo 8.3 mmol/l (150 mg/dl) antes de bucear.¹⁵⁰

Existen programas que se aplican a los jóvenes, que permiten el buceo a profundidades menores, pero en combinación con la diabetes se deben tener en cuenta otros aspectos, además de la edad. La persona que empieza a bucear, en general, debe tener buen estado físico para hacerlo, pero además debe tener una personalidad adecuada y una glucemia bien controlada. En cuanto a los jóvenes, esto significa además que la persona debe tener la capacidad de tomar la decisión adecuada en situaciones urgentes, incluyendo la capacidad de evaluar las consecuencias de sus decisiones. Tomando esto como una base, solo se recomienda un Certificado Junior de Buceo en aguas abiertas en casos muy excepcionales de jóvenes con DT1, mientras que el factor limitante en el mismo grupo etario pero con DT2 posiblemente sea tan solo tener buen estado físico para bucear.

10. CONTRAINDICACIONES PARA HACER EJERCICIO Y DEPORTES

La DT1 no debe ser una contraindicación para participar en educación física ni en los deportes, en todos los niveles de educación, ni para entrenar o participar en competencias. El rango objetivo de NG ideal antes del ejercicio es de entre 5.0 a 15 mmol/l (90 y 270 mg/dl). En las personas con diabetes que usan sistemas de VCG, hay que tener en cuenta las tendencias de glucosa. Es preciso medir el NG si la glucosa captada por el sensor estuviera al límite, dado que la precisión del sensor se deteriora con el ejercicio. Las personas con diabetes y NG dentro del rango ideal en general pueden proceder, en forma segura, a hacer ejercicio, con ingestión de carbohidratos y ajustes en las dosis de insulina.

10.1 Contraindicaciones temporales para el ejercicio:

1. Episodio de hipoglucemia grave dentro de las 24 horas previas (hipoglucemia asociada con un trastorno cognitivo grave que requirió de asistencia externa para su recuperación). Antecedentes

de hipoglucemia grave que afecta la respuesta hormonal contrarreguladora durante el ejercicio, lo que aumenta, por ende, el riesgo de hipoglucemia recurrente.¹⁵¹

2. Hiperglucemia 15.0 mmol/l (≥ 270 mg/dl) con cetonemia/cetonuria simultánea debido a una deficiencia de insulina y no al exceso de carbohidratos. La cetonemia ≥ 1.5 mmol/l es una contraindicación absoluta para empezar a hacer ejercicio físico y para continuarlo. En casos de cetonemia de 1.0 a 1.4 mmol/l (cetonas en orina ++), se debe posponer el ejercicio hasta que se normalicen los niveles de cetonas tras la administración de un bolo de insulina de corrección.
3. Lesión e infección aguda. Pueden precipitar episodios de hiperglucemia en personas con diabetes porque tienden a aumentar las respuestas de las catecolaminas y del cortisol.

Además de las contraindicaciones temporales al ejercicio, hay que tener en cuenta las contraindicaciones respecto a los deportes de competencia. Las personas con diabetes significativamente inestable, complicaciones agudas graves y frecuentes por diabetes y complicaciones crónicas avanzadas de la enfermedad no deben participar en deportes competitivos hasta que se estabilicen los problemas.

11. ESCUELAS Y CAMPAMENTOS

Con frecuencia, las escuelas ofrecen oportunidades de actividad física a muchos jóvenes. El entorno escolar tiene el potencial de fomentar la actividad física en los jóvenes a través de clases de educación física, las actividades extracurriculares (actividad física estructurada) y las actividades en el recreo o a la hora del almuerzo (actividad física voluntaria). Los estudiantes con diabetes deben participar plenamente en las clases de educación física y demás actividades físicas en la escuela, siempre y cuando no tengan contraindicado el ejercicio.

Las clases de educación física y otras partes activas de la jornada escolar podrían tener que ver con trastornos glucémicos. La buena comunicación y la colaboración entre el estudiante, el personal de salud que lo trata, sus padres, el enfermero de la escuela, los instructores de educación física o los entrenadores de equipo y el establecimiento de metas que incluyan un régimen bien diseñado de mediciones de glucosa, ajustes de insulina y alimentación durante y después del ejercicio son fundamentales. Por lo tanto, es imprescindible la educación en diabetes; hay cursos virtuales sobre diabetes disponibles (p. ej., en Australia [T1D Learning Centre – Courses]).

En cuanto a las clases de educación física, es preciso desarrollar un plan de atención de la diabetes, incluidas instrucciones detalladas para los estudiantes, sus docentes y sus entrenadores. El objetivo principal es evitar la hipoglucemia durante y después del ejercicio. Para la mayoría de las actividades físicas en la escuela, las guías son similares a las que se presentaron anteriormente.

Los campamentos especializados para niños con DT1 ofrecen una oportunidad excelente para aprender habilidades adicionales para manejar la actividad física. El asesoramiento sobre alimentación y ajustes de la insulina para el ejercicio puede reducir los niveles de HbA1c.¹⁵² Los niños adquieren experiencia, que además pueden

compartir con otras personas con diabetes. Además, los profesionales de la salud también pueden beneficiarse de este tipo de experiencias.¹⁵³

12. EJERCICIO EN LOS NIÑOS CON DIABETES INSULINODEPENDIENTE QUE VIVEN EN ENTORNOS DE ATENCIÓN LIMITADA

Si bien se recomienda un régimen de insulina intensivo (MID e ICIS) para el tratamiento de jóvenes con DT1, una cantidad importante de jóvenes con esta enfermedad sigue usando los regímenes de insulina convencionales.¹⁵⁴⁻¹⁵⁶

En muchos países de bajos ingresos, la cobertura de salud universal no cubre el costo de las tiras de prueba de glucosa. Ni siquiera es posible un CPGS (de al menos cuatro veces por día) debido a los costos.¹⁵⁷ Aunque haya pruebas de cetonemia disponibles, el costo es alto y en general no muchas personas con diabetes las usan. Es sumamente difícil mantener la normoglicemia durante el ejercicio en niños con regímenes de insulina convencionales sumados a un CPGS limitado.

12.1 Régimen de insulina convencional

En los regímenes convencionales, se administra una combinación de insulina NPH e insulina regular o un análogo de insulina de acción rápida a la hora del desayuno y de la cena, o se administra una insulina premezclada dos veces por día. No obstante, este tipo de régimen no es recomendable.

Cuando se hace ejercicio después de comer, la dosis de insulina premezclada se debe reducir alrededor de 20-50 %¹⁵⁸ para disminuir el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio, si bien podría ocurrir una hiperglucemia más tarde ese mismo día, porque la cantidad de insulina de actuación intermedia se reduce simultáneamente.

Si se hace ejercicio 2-3 horas después de la inyección de insulina, y fue planificado, la dosis de insulina de acción rápida o de insulina regular se puede reducir. Si el ejercicio se hará alrededor del momento del pico de acción de la NPH (p. ej., al mediodía), o si durará varias horas, entonces se debe reducir la dosis de NPH. No obstante, en muchas circunstancias, incluso con la dosis de insulina reducida, puede que las personas sigan necesitando ingerir carbohidratos adicionales durante el ejercicio. Si el ejercicio no fue planificado, se recomienda ingerir carbohidratos antes y durante el ejercicio.

13. DIABETES TIPO 2 Y EJERCICIO

Gran parte de las guías antemencionadas también se aplican a la DT2, y esta sección ofrece un par de consideraciones más respecto al cuidado de los jóvenes con DT2. Las comorbilidades se describen en el Capítulo 3 de las Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022 sobre diabetes tipo 2 en niños y adolescentes.

13.1 La actividad física mejora la salud cardiovascular de los adolescentes con DT2

La AF diaria es un pilar de la prevención de complicaciones

cardiometabólicas asociadas con la DT2 y un objetivo clínico de las guías nacionales e internacionales para la atención de la diabetes.^{1,159-162} Las revisiones sistemáticas revelan asociaciones contundentes de respuesta a la dosis entre la AF y varios resultados de salud cardiometabólica en jóvenes de peso saludable y obesos.¹⁶³⁻¹⁶⁵ Estas asociaciones se reprodujeron en estudios experimentales entre adolescentes con obesidad.¹⁶⁶⁻¹⁶⁹ Es importante destacar que los beneficios para la salud cardiometabólica asociados con la AF regular, de moderada a vigorosa, son evidentes en los adolescentes que sufren varios tipos de enfermedades crónicas.^{170,171} Existe un conjunto de investigaciones significativamente más reducido sobre el rol de la AF en la salud cardiometabólica de los adolescentes con DT2.

Hasta la fecha, solo tres estudios examinaron la asociación entre la AF^{17,81,172} y los resultados de salud cardiometabólica en los adolescentes con DT2, y todos son transversales. El estudio más grande (N = 588) se basó en encuestas realizadas durante las visitas clínicas, y descubrió que los adolescentes con DT2 que manifestaron ser activos tres o más días de la semana exhibieron niveles más bajos de HbA1c y colesterol de lipoproteínas de alta densidad más elevado en comparación con los adolescentes menos activos.⁸¹ Un estudio de observación reciente de Canadá descubrió que los adolescentes con DT2 físicamente activos tenían un 40 % menos de probabilidades de tener albuminuria (aOR: 0.60, IC de 95 %: 0.19, 0.84) y 50 % menos probabilidades de tener niveles de HbA1c por encima de 8.0 % (>60 mmol/mol, aOR: 0.50, IC de 95 %: 0.26, 0.98).¹⁷ Los adolescentes con DT2 que participaron en actividades regulares de intensidad vigorosa también observaron una tendencia a la baja de la hipertensión nocturna (aOR: 0.54, IC de 95 %: 0.27, 1.07). Colectivamente, estas observaciones brindan cierta evidencia respecto a que la AF está asociada con una mejor salud cardiometabólica en los adolescentes con DT2. No obstante, se necesitan ECA para confirmar estas observaciones.

13.2 Los factores psicosociales son comunes y obstaculizan los cambios de conducta entre los adolescentes con DT2

Para muchos adolescentes con DT2, la implementación de conductas de estilo de vida saludable, incluyendo la AF diaria, es un desafío.¹⁷³⁻¹⁷⁵ Esto se debe, en parte, a la exposición a factores psicosociales que incluyen experiencias adversas durante la infancia, pobreza^{176,177} y trastornos de salud mental.¹⁷⁸⁻¹⁸⁴ Los trastornos de salud mental son comunes entre los adolescentes con DT2,^{185,186} reduciendo la calidad de vida y la preparación para adoptar la AF como algo regular y cotidiano.⁴⁴ Por ejemplo, las probabilidades de estar listo para adoptar nuevas conductas de salud (incluyendo la AF cotidiana) son ~14 % más bajas por cada aumento de unidad en ansiedad, depresión y angustia entre los adolescentes con DT2.⁴⁴ Por otro lado, los adolescentes con DT2 que reportaron tener características más resilientes, en particular un vínculo con otras personas y una sensación de dominio de sus vidas, tuvieron una probabilidad un 5-10 % mayor de encontrarse en la etapa de ejecución y mantenimiento del cambio.⁴⁴ Existe una necesidad urgente de desarrollar intervenciones conductuales de estilo de vida que aborden específicamente estos factores de estrés y que respalden a los adolescentes con DT2 para aumentar su AF cotidiana.

13.3 Los abordajes convencionales para el cambio de conductas no son eficaces en los adolescentes con DT2

El cambio de conductas entre los adolescentes que padecen DT2, o están en riesgo de padecerla, es un desafío. El abordaje óptimo para aumentar la AF entre los adolescentes con DT2 sigue siendo incierto. Las revisiones sistemáticas recientes¹⁸⁷⁻¹⁸⁹ sugieren que la eficacia de las intervenciones conductuales de estilo de vida para adolescentes obesos es escasa y que rara vez se mantiene. Los efectos discretos pueden estar vinculados con la observación de que ~80 % de los ECA de intervenciones conductuales de estilo de vida ofrecieron solo 30 minutos de apoyo semanal y solo 2 de 35 intervenciones abordaron los factores psicosociales.¹⁹⁰⁻¹⁹² El estudio Opciones de Tratamiento de la Diabetes Tipo 2 en Adolescentes y Jóvenes (Treatment Options for Type 2 Diabetes in Adolescents and Youth, TODAY) fue el único ensayo terapéutico que comparó una intervención conductual de estilo de vida que incluyó un aumento de la AF cotidiana con el estándar de atención en los adolescentes con DT2.¹⁹³ Esta intervención de estilo de vida intensiva de 2 años de duración se basó en los principios de la terapia cognitivo-conductual (TCC) y proporcionó mucho apoyo a los adolescentes con DT2 para bajar de peso y aumentar la AF.¹⁹³ Pese a los rigurosos esfuerzos del equipo conductual, la intervención intensiva del estilo de vida no tuvo éxito en cuanto a mantener los niveles objetivo de HbA1c (<8 % o <60 mmol/mol)⁴⁸ o las conductas de estilo de vida.¹⁹⁴ El no tratar los factores psicosociales se identificó como posible explicación de la ineficacia de este abordaje.¹⁹⁴ Se necesitan ECA para determinar el abordaje ideal para respaldar la adopción y el mantenimiento de la AF regular y cotidiana en los adolescentes con DT2.

Referencias:

- Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD clinical practice consensus guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:205-226.
- Jendle JH, Riddell MC, Jones TW. *Physical Activity and Type 1 Diabetes*. In: Lausanne: Frontiers Media SA; 2020.
- Klaprat N, MacIntosh A, McGavock JM. Gaps in Knowledge and the Need for Patient-Partners in Research Related to Physical Activity and Type 1 Diabetes: A Narrative Review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:42.
- Yardley JE, Brockman NK, Bracken RM. Could Age, Sex and Physical Fitness Affect Blood Glucose Responses to Exercise in Type 1 Diabetes? *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9:674.
- Chetty T, Shetty V, Fournier PA, Adolfsson P, Jones TW, Davis EA. Exercise Management for Young People With Type 1 Diabetes: A Structured Approach to the Exercise Consultation. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:326.
- Tagougui S, Taleb N, Rabasa-Lhoret RJF. *The benefits and limits of technological advances in glucose management around physical activity in patients type 1 diabetes*. 2019;9:818.
- Rothacker KM, Armstrong S, Smith GJ, et al. Acute hyperglycaemia does not have a consistent adverse effect on exercise performance in recreationally active young people with type 1 diabetes: a randomised crossover in-clinic study. *Diabetologia*. 2021;64(8):1737-1748.
- Yardley JE. The Athlete with Type 1 Diabetes: Transition from Case Reports to General Therapy Recommendations. *Open Access J Sports Med*. 2019;10:199-207.
- Riddell MC, Scott SN, Fournier PA, et al. The competitive athlete with type 1 diabetes. *Diabetologia*. 2020.
- Moser O, Riddell MC, Eckstein ML, et al. Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA). *Pediatr Diabetes*. 2020;21(8):1375-1393.
- Petruselkova L, Soupal J, Plasova V, et al. Excellent Glycemic Control Maintained by Open-Source Hybrid Closed-Loop AndroidAPS During and After Sustained Physical Activity. *Diabetes technology & therapeutics*. 2018;20(11):744-750.
- Renard E, Tubiana-Rufi N, Bonnemaison-Gilbert E, et al. Closed-loop driven by control-to-range algorithm outperforms threshold-low-glucose-suspend insulin delivery on glucose control albeit not on nocturnal hypoglycaemia in prepubertal patients with type 1 diabetes in a supervised hotel setting. *Diabetes Obes Metab*. 2019;21(1):183-187.
- Ekhlaspour L, Forlenza GP, Chernavsky D, et al. Closed loop control in adolescents and children during winter sports: Use of the Tandem Control-IQ AP system. *Pediatr Diabetes*. 2019;20(6):759-768.
- Dovc K, Piona C, Yesiltepe Mutlu G, et al. Faster Compared With Standard Insulin Aspart During Day-and-Night Fully Closed-Loop Insulin Therapy in Type 1 Diabetes: A Double-Blind Randomized Crossover Trial. *Diabetes Care*. 2020;43(1):29-36.
- Tagougui S, Taleb N, Legault L, et al. A single-blind, randomised, crossover study to reduce hypoglycaemia risk during postprandial exercise with closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes: announced (with or without bolus reduction) vs unannounced exercise strategies. *Diabetologia*. 2020;63(11):2282-2291.
- Paldus B, Morrison D, Zaharieva DP, et al. A Randomized Crossover Trial Comparing Glucose Control During Moderate-Intensity, High-Intensity, and Resistance Exercise With Hybrid Closed-Loop Insulin Delivery While Profiling Potential Additional Signals in Adults With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*. 2022;45(1):194-203.
- Slaght JL, Wicklow BA, Dart AB, et al. Physical activity and cardiometabolic health in adolescents with type 2 diabetes: a cross-sectional study. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2021;9(1).
- Absil H, Baudet L, Robert A, Lysy PA. Benefits of physical activity in children and adolescents with type 1 diabetes: A systematic review. *Diabetes research and clinical practice*. 2019;156:107810.
- Tapia-Serrano MA, Sevil-Serrano J, Sanchez-Miguel PA, Lopez-Gil JF, Tremblay MS, Garcia-Hermoso A. Prevalence of meeting 24-Hour Movement Guidelines from pre-school to adolescence: A systematic review and meta-analysis including 387,437 participants and 23 countries. *J Sport Health Sci*. 2022;11(4):427-437.
- Lagestad P, van den Tillaar R, Mamen A. Longitudinal Changes in Physical Activity Level, Body Mass Index, and Oxygen Uptake Among Norwegian Adolescents. *Front Public Health*. 2018;6:97.
- Nadeau KJ, Regensteiner JG, Bauer TA, et al. Insulin resistance in adolescents with type 1 diabetes and its relationship to cardiovascular function. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(2):513-521.
- Wittmeier KD, Wicklow BA, MacIntosh AC, et al. Hepatic steatosis and low cardiorespiratory fitness in youth with type 2 diabetes. *Obesity (Silver Spring)*. 2012;20(5):1034-1040.
- Bjornstad P, Cree-Green M, Baumgartner A, et al. Achieving ADA/ISPAD clinical guideline goals is associated with higher insulin sensitivity and cardiopulmonary fitness in adolescents with type 1 diabetes: Results from RESistance to InSulin in Type 1 ANd Type 2 diabetes (RESISTANT) and Effects of METformin on Cardiovascular Function in AdoLescents with Type 1 Diabetes (EMERALD) Studies. *Pediatr Diabetes*. 2018;19(3):436-442.
- Bjornstad P, Truong U, Dorosz JL, et al. Cardiopulmonary Dysfunction and Adiponectin in Adolescents With Type 2 Diabetes. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(3):e002804.
- Biddle SJ, Pearson N, Ross GM, Braithwaite R. Tracking of sedentary behaviours of young people: a systematic review. *Prev Med*. 2010;51(5):345-351.
- Jones RA, Hinkley T, Okely AD, Salmon J. Tracking physical activity and sedentary behavior in childhood: a systematic review. *Am J Prev Med*. 2013;44(6):651-658.
- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-1462.
- Miculis CP, De Campos W, da Silva Boguszewski MC. Correlation between glycemic control and physical activity level in adolescents and children with type 1 diabetes. *J Phys Act Health*. 2015;12(2):232-237.
- Beraki A, Magnuson A, Sarnblad S, Aman J, Samuelsson U. Increase in physical activity is associated with lower HbA1c levels in children and adolescents with type 1 diabetes: results from a cross-sectional study based on the Swedish pediatric diabetes quality registry (SWEDIABKIDS). *Diabetes research and clinical practice*. 2014;105(1):119-125.
- Quirk H, Blake H, Tennyson R, Randell TL, Glazebrook C. Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis. *Diabet Med*. 2014;31(10):1163-1173.
- Tikkanen-Dolenc H, Wadén J, Forsblom C, et al. Physical Activity Reduces Risk of Premature Mortality in Patients With Type 1 Diabetes With and Without Kidney Disease. *Diabetes Care*. 2017;40(12):1727-1732.
- Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia*. 2012;55(3):542-551.
- Maggio AB, Rizzoli RR, Marchand LM, Ferrari S, Beghetti M, Farpour-Lambert NJ. Physical activity increases bone mineral density in children with type 1 diabetes. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(7):1206-1211.
- Pivovarov JA, Taplin CE, Riddell MC. Current perspectives on physical activity and exercise for youth with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2015;16(4):242-255.
- Jamiolkowska-Sztabkowska M, Glowinska-Olszewska B, Luczynski W, Konstantynowicz J, Bossowski A. Regular physical activity as a physiological factor contributing to extend partial remission time in children with new onset diabetes mellitus-Two years observation. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(5):800-807.
- Sundberg F, Forsander G, Fasth A, Ekelund U. Children younger than 7 years with type 1 diabetes are less physically active than healthy controls. *Acta Paediatr*. 2012;101(11):1164-1169.
- Elmesmari R, Reilly JJ, Martin A, Paton JY. Accelerometer measured levels of moderate-to-vigorous intensity physical activity and sedentary time in children and adolescents with chronic disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(6):e0179429.
- de Lima VA, Mascarenhas LPG, Decimo JP, et al. Physical Activity Levels of Adolescents with Type 1 Diabetes Physical Activity in T1D. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(2):213-219.
- Ziebland S, Thorogood M, Yudkin P, Jones L, Coulter A. Lack of willpower

- or lack of wherewithal? “Internal” and “external” barriers to changing diet and exercise in a three year follow-up of participants in a health check. *Soc Sci Med*. 1998;46(4-5):461-465.
40. Trost SG, Saunders R, Ward DS. Determinants of physical activity in middle school children. *Am J Health Behav*. 2002;26(2):95-102.
 41. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25 Suppl 3:1-72.
 42. Jabbour G, Henderson M, Mathieu ME. Barriers to Active Lifestyles in Children with Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2016;40(2):170-172.
 43. Lascar N, Kennedy A, Hancock B, et al. Attitudes and barriers to exercise in adults with type 1 diabetes (T1DM) and how best to address them: a qualitative study. *PLoS One*. 2014;9(9):e108019.
 44. McGavock J, Durksen A, Wicklow B, et al. Determinants of Readiness for Adopting Healthy Lifestyle Behaviors Among Indigenous Adolescents with Type 2 Diabetes in Manitoba, Canada: A Cross-Sectional Study. *Obesity (Silver Spring)*. 2018;26(5):910-915.
 45. Michalak A, Gawrecki A, Gątczyński S, et al. Assessment of Exercise Capacity in Children with Type 1 Diabetes in the Cooper Running Test. *International journal of sports medicine*. 2019;40(2):110-115.
 46. Liu LL, Lawrence JM, Davis C, et al. Prevalence of overweight and obesity in youth with diabetes in USA: the SEARCH for Diabetes in Youth study. *Pediatric diabetes*. 2010;11(1):4-11.
 47. Bjornstad P, Drews K, Zeitler PS. Long-Term Complications in Youth-Onset Type 2 Diabetes. Reply. *N Engl J Med*. 2021;385(21):2016.
 48. Group TS, Zeitler P, Hirst K, et al. A clinical trial to maintain glycemic control in youth with type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2012;366(24):2247-2256.
 49. Carino M, Elia Y, Sellers E, et al. Comparison of Clinical and Social Characteristics of Canadian Youth Living With Type 1 and Type 2 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2021;45(5):428-435.
 50. Livny R, Said W, Shilo S, et al. Identifying sources of support and barriers to physical activity in pediatric type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(1):128-134.
 51. Yardley JE, Sigal RJ. Exercise strategies for hypoglycemia prevention in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):32-38.
 52. Roberts AJ, Taplin CE, Isom S, et al. Association between fear of hypoglycemia and physical activity in youth with type 1 diabetes: The SEARCH for diabetes in youth study. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(7):1277-1284.
 53. Martins J, Costa J, Sarmento H, et al. Adolescents' Perspectives on the Barriers and Facilitators of Physical Activity: An Updated Systematic Review of Qualitative Studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9).
 54. Singhvi A, Tansey MJ, Janz K, Zimmerman MB, Tsalikian E. Aerobic fitness and glycemic variability in adolescents with type 1 diabetes. *Endocr Pract*. 2014;20(6):566-570.
 55. Jagers JR, King KM, Watson SE, Wintergerst KA. Predicting Nocturnal Hypoglycemia with Measures of Physical Activity Intensity in Adolescent Athletes with Type 1 Diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2019;21(7):406-408.
 56. Adolfsson P, Mattsson S, Jendle J. Evaluation of glucose control when a new strategy of increased carbohydrate supply is implemented during prolonged physical exercise in type 1 diabetes. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2599-2607.
 57. Shetty VB, Fournier PA, Davey RJ, et al. Effect of exercise intensity on glucose requirements to maintain euglycemia during exercise in type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(3):972-980.
 58. Riddell MC, Gallen IW, Smart CE, et al. Exercise management in type 1 diabetes: A consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017;5(5):377-390.
 59. Zaharieva DP, Riddell MC. Prevention of exercise-associated dysglycemia: a case study-based approach. *Diabetes Spectr*. 2015;28(1):55-62.
 60. Van Hooren B, Peake JM. Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response. *Sports Med*. 2018;48(7):1575-1595.
 61. McMahon SK, Ferreira LD, Ratnam N, et al. Glucose requirements to maintain euglycemia after moderate-intensity afternoon exercise in adolescents with type 1 diabetes are increased in a biphasic manner. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2007;92(3):963-968.
 62. Taplin CE, Cobry E, Messer L, McFann K, Chase HP, Fiallo-Scharer R. Preventing post-exercise nocturnal hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *J Pediatr*. 2010;157(5):784-788.
 63. Dagogo-Jack SE, Craft S, Cryer PE. Hypoglycemia-associated autonomic failure in insulin-dependent diabetes mellitus. Recent antecedent hypoglycemia reduces autonomic responses to, symptoms of, and defense against subsequent hypoglycemia. *The Journal of clinical investigation*. 1993;91(3):819-828.
 64. Diabetes Research in Children Network Study G. Impaired overnight counterregulatory hormone responses to spontaneous hypoglycemia in children with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2007;8(4):199-205.
 65. Riddell MC, Zaharieva DP, Tansey M, et al. Individual glucose responses to prolonged moderate intensity aerobic exercise in adolescents with type 1 diabetes: The higher they start, the harder they fall. *Pediatr Diabetes*. 2019;20(1):99-106.
 66. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab*. 2020;2(9):817-828.
 67. Bussau VA, Ferreira LD, Jones TW, Fournier PA. The 10-s maximal sprint: a novel approach to counter an exercise-mediated fall in glycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes care*. 2006;29(3):601-606.
 68. Guelfi KJ, Ratnam N, Smythe GA, Jones TW, Fournier PA. Effect of intermittent high-intensity compared with continuous moderate exercise on glucose production and utilization in individuals with type 1 diabetes. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007;292(3):E865-870.
 69. Justice TD, Hammer GL, Davey RJ, et al. Effect of antecedent moderate-intensity exercise on the glycemia-increasing effect of a 30-sec maximal sprint: a sex comparison. *Physiol Rep*. 2015;3(5).
 70. Riddell MC, Bar-Or O, Hollidge-Horvat M, Schwarcz HP, Heigenhauser GJ. Glucose ingestion and substrate utilization during exercise in boys with IDDM. *J Appl Physiol*. 2000;88(4):1239-1246.
 71. Tansey MJ, Tsalikian E, Beck RW, et al. The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentrations in children with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2006;29(1):20-25.
 72. Iscoe KE, Riddell MC. Continuous moderate-intensity exercise with or without intermittent high-intensity work: Effects on acute and late glycaemia in athletes with Type 1 diabetes mellitus. *Diabetic Medicine*. 2011;28(7):824-832.
 73. Moser O, Tschakert G, Mueller A, et al. Effects of high-intensity interval exercise versus moderate continuous exercise on glucose homeostasis and hormone response in patients with type 1 diabetes mellitus using novel ultra-long-acting insulin. *PLoS One*. 2015;10(8):e0136489.
 74. Brooks GA. The Precious Few Grams of Glucose During Exercise. *Int J Mol Sci*. 2020;21(16).
 75. Sylow L, Kleinert M, Richter EA, Jensen TE. Exercise-stimulated glucose uptake - regulation and implications for glycaemic control. *Nat Rev Endocrinol*. 2017;13(3):133-148.
 76. Muller MJ, Acheson KJ, Burger AG, Jequier E. Evidence that hyperglycaemia per se does not inhibit hepatic glucose production in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;60(4):293-299.
 77. Avogaro A, Gnudi L, Valerio A, et al. Effects of different plasma glucose concentrations on lipolytic and ketogenic responsiveness to epinephrine in type I (insulin-dependent) diabetic subjects. *J Clin Endocrinol Metab*. 1993;76(4):845-850.
 78. Guelfi KJ, Jones TW, Fournier PA. New insights into managing the risk of hypoglycaemia associated with intermittent high-intensity exercise in individuals with type 1 diabetes mellitus: implications for existing guidelines. *Sports Med*. 2007;37(11):937-946.
 79. Pitt JP, McCarthy OM, Hoeg-Jensen T, Wellman BM, Bracken RM. Factors Influencing Insulin Absorption Around Exercise in Type 1 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:573275.
 80. Arutchelvam V, Heise T, Dellweg S, Elbroend B, Minns I, Home PD. Plasma glucose and hypoglycaemia following exercise in people with Type 1 diabetes: a comparison of three basal insulins. *Diabet Med*. 2009;26(10):1027-1032.
 81. Herbst A, Kapellen T, Schober E, et al. Impact of regular physical activity on blood glucose control and cardiovascular risk factors in adolescents with type 2 diabetes mellitus—a multicenter study of 578 patients from 225 centres. *Pediatr Diabetes*. 2015;16(3):204-210.
 82. Ertl AC, Davis SN. Evidence for a vicious cycle of exercise and hypoglycemia in type 1 diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev*. 2004;20(2):124-130.
 83. Oliver SR, Rosa JS, Minh TD, et al. Dose-dependent relationship between severity of pediatric obesity and blunting of the growth hormone response

- to exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2010;108(1):21-27.
84. Eliakim A, Nemet D, Zaldivar F, et al. Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100(5):1630-1637.
 85. Kelly D, Hamilton JK, Riddell MC. Blood glucose levels and performance in a sports cAMP for adolescents with type 1 diabetes mellitus: a field study. *Int J Pediatr*. 2010;2010.
 86. Galassetti P, Riddell MC. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Compr Physiol*. 2013;3(3):1309-1336.
 87. Wise JE, Kolb EL, Sauder SE. Effect of glycemic control on growth velocity in children with IDDM. *Diabetes Care*. 1992;15(7):826-830.
 88. Monaco CMF, Perry CGR, Hawke TJ. Diabetic Myopathy: current molecular understanding of this novel neuromuscular disorder. *Curr Opin Neurol*. 2017;30(5):545-552.
 89. Gal JJ, Li Z, Willi SM, Riddell MC. Association Between High Levels of Physical Activity and Improved Glucose Control on Active Days in Youth with Type 1 Diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2022.
 90. Butte NF, Watson KB, Ridley K, et al. A Youth Compendium of Physical Activities: Activity Codes and Metabolic Intensities. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(2):246-256.
 91. Wilk B, Timmons BW, Bar-Or O. Voluntary fluid intake, hydration status, and aerobic performance of adolescent athletes in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35(6):834-841.
 92. McKinlay BJ, Theocharidis A, Adebero T, et al. Effects of Post-Exercise Whey Protein Consumption on Recovery Indices in Adolescent Swimmers. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21).
 93. Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med*. 2014;44(5):655-670.
 94. Nieper A. Nutritional supplement practices in UK junior national track and field athletes. *Br J Sports Med*. 2005;39(9):645-649.
 95. Wiens K, Erdman KA, Stadnyk M, Parnell JA. Dietary supplement usage, motivation, and education in young, Canadian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2014;24(6):613-622.
 96. Kerkick CM, Wilborn CD, Roberts MD, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018;15(1):38.
 97. Plougmann S, Hejlesen O, Turner B, Kerr D, Cavan D. The effect of alcohol on blood glucose in Type 1 diabetes--metabolic modelling and integration in a decision support system. *Int J Med Inform*. 2003;70(2-3):337-344.
 98. Turner BC, Jenkins E, Kerr D, Sherwin RS, Cavan DA. The effect of evening alcohol consumption on next-morning glucose control in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2001;24(11):1888-1893.
 99. Siler SQ, Neese RA, Christiansen MP, Hellerstein MK. The inhibition of gluconeogenesis following alcohol in humans. *Am J Physiol*. 1998;275(5):E897-907.
 100. Avogaro A, Beltramello P, Gnudi L, et al. Alcohol intake impairs glucose counterregulation during acute insulin-induced hypoglycemia in IDDM patients. Evidence for a critical role of free fatty acids. *Diabetes*. 1993;42(11):1626-1634.
 101. Cao J, Lei S, Wang X, Cheng S. The Effect of a Ketogenic Low-Carbohydrate, High-Fat Diet on Aerobic Capacity and Exercise Performance in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2021;13(8).
 102. Burke LM, Whitfield J, Heikura IA, et al. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *J Physiol*. 2021;599(3):771-790.
 103. Gregory JM, Smith TJ, Slaughter JC, et al. Iatrogenic Hyperinsulinemia, Not Hyperglycemia, Drives Insulin Resistance in Type 1 Diabetes as Revealed by Comparison With GCK-MODY (MODY2). *Diabetes*. 2019;68(8):1565-1576.
 104. Cree-Green M, Stuppy JJ, Thurston J, et al. Youth With Type 1 Diabetes Have Adipose, Hepatic, and Peripheral Insulin Resistance. *J Clin Endocrinol Metab*. 2018;103(10):3647-3657.
 105. Roberts JD, Tarpey MD, Kass LS, Tarpey RJ, Roberts MG. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(1):8.
 106. Trommelen J, Fuchs CJ, Beelen M, et al. Fructose and Sucrose Intake Increase Exogenous Carbohydrate Oxidation during Exercise. *Nutrients*. 2017;9(2).
 107. Jentjens RL, Achten J, Jeukendrup AE. High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(9):1551-1558.
 108. Rowlands DS, Thorburn MS, Thorp RM, Broadbent S, Shi X. Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous 14C-fructose and 13C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(6):1709-1719.
 109. 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(4):625-630.
 110. Campbell MD, Walker M, Bracken RM, et al. Insulin therapy and dietary adjustments to normalize glycemia and prevent nocturnal hypoglycemia after evening exercise in type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *BMJ Open Diabetes Res Care*. 2015;3(1):e000085.
 111. Kang K, Absher R, Farrington E, Ackley R, So TY. Evaluation of Different Methods Used to Calculate Ideal Body Weight in the Pediatric Population. *J Pediatr Pharmacol Ther*. 2019;24(5):421-430.
 112. Zaharieva DP, McGaugh S, Pooni R, Vienneau T, Ly T, Riddell MC. Improved Open-Loop Glucose Control With Basal Insulin Reduction 90 Minutes Before Aerobic Exercise in Patients With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care*. 2019;42(5):824-831.
 113. Zaharieva D, Yavelberg L, Jamnik V, Cinar A, Turksy K, Riddell M. The effects of basal insulin suspension at the start of exercise on blood glucose levels during continuous versus circuit-based exercise in individuals with type 1 diabetes on continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabetes technology & therapeutics*. 2017;19(6):370-378.
 114. Tuominen JA, Karonen SL, Melamies L, Bolli G, Koivisto VA. Exercise-induced hypoglycaemia in IDDM patients treated with a short-acting insulin analogue. *Diabetologia*. 1995;38(1):106-111.
 115. Kerkick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017;14:33.
 116. McGaugh SM, Zaharieva DP, Pooni R, et al. Carbohydrate Requirements for Prolonged, Fasted Exercise With and Without Basal Rate Reductions in Adults With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion. *Diabetes Care*. 2021;44(2):610-613.
 117. Moser O, Eckstein ML, Mueller A, et al. Pre-Exercise Blood Glucose Levels Determine the Amount of Orally Administered Carbohydrates during Physical Exercise in Individuals with Type 1 Diabetes-A Randomized Cross-Over Trial. *Nutrients*. 2019;11(6).
 118. Zaharieva DP, Turksy K, McGaugh SM, et al. Lag time remains with newer real-time continuous glucose monitoring technology during aerobic exercise in adults living with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2019;21(6):313-321.
 119. Perrone C, Laitano O, Meyer F. Effect of carbohydrate ingestion on the glycemic response of type 1 diabetic adolescents during exercise. *Diabetes Care*. 2005;28(10):2537-2538.
 120. Berardi JM, Price TB, Noreen EE, Lemon PW. Postexercise muscle glycogen recovery enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(6):1106-1113.
 121. Yardley JE, Kenny GP, Perkins BA, et al. Resistance versus aerobic exercise: Acute effects on glycemia in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2013;36(3):537-542.
 122. Yardley JE, Iscoe KE, Sigal RJ, Kenny GP, Perkins BA, Riddell MC. Insulin pump therapy is associated with less post-exercise hyperglycemia than multiple daily injections: an observational study of physically active type 1 diabetes patients. *Diabetes technology & therapeutics*. 2013;15(1):84-88.
 123. Sigal RJ, Fisher S, Halter JB, Vranic M, Marliss EB. The roles of catecholamines in gluco-regulation in intense exercise as defined by the islet cell clamp technique. *Diabetes*. 1996;45(2):148-156.
 124. Marliss EB, Simantirakis E, Miles PD, et al. Glucoregulatory and hormonal responses to repeated bouts of intense exercise in normal male subjects. *J Appl Physiol* (1985). 1991;71(3):924-933.
 125. Aronson R, Brown RE, Li A, Riddell MCJDC. *Optimal insulin correction factor in post-high-intensity exercise hyperglycemia in adults with type 1 diabetes: the FIT study*. 2019;42(1):10-16.
 126. Admon G, Weinstein Y, Falk B, et al. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics*. 2005;116(3):e348-355.
 127. Sherr JL, Cengiz E, Palerm CC, et al. Reduced hypoglycemia and increased

- time in target using closed-loop insulin delivery during nights with or without antecedent afternoon exercise in type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2013;36(10):2909-2914.
128. Kalergis M, Schiffrin A, Gougeon R, Jones PJ, Yale JF. Impact of bedtime snack composition on prevention of nocturnal hypoglycemia in adults with type 1 diabetes undergoing intensive insulin management using lispro insulin before meals: a randomized, placebo-controlled, crossover trial. *Diabetes Care*. 2003;26(1):9-15.
 129. Davey RJ, Howe W, Paramalingam N, et al. The effect of midday moderate-intensity exercise on postexercise hypoglycemia risk in individuals with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(7):2908-2914.
 130. Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(7):1033-1041.
 131. IPemberton JS, Barrett TG, Dias RP, Kershaw M, Krone R, Uday S. An effective and cost-saving structured education program teaching dynamic glucose management strategies to a socio-economically deprived cohort with type 1 diabetes in a VIRTUAL setting. *Pediatr Diabetes*. 2022.
 132. Morrison D, Zaharieva DP, Lee MH, et al. Comparable Glucose Control with Fast-Acting Insulin Aspart Versus Insulin Aspart Using a Second-Generation Hybrid Closed-Loop System During Exercise. *Diabetes technology & therapeutics*. 2021.
 133. Zaharieva DP, Cinar A, Yavelberg L, Jamnik V, Riddell MC. No Disadvantage to Insulin Pump Off vs Pump On During Intermittent High-Intensity Exercise in Adults With Type 1 Diabetes. *Can J Diabetes*. 2020;44(2):162-168.
 134. West DJ, Stephens JW, Bain SC, et al. A combined insulin reduction and carbohydrate feeding strategy 30 min before running best preserves blood glucose concentration after exercise through improved fuel oxidation in type 1 diabetes mellitus. *J Sports Sci*. 2011;29(3):279-289.
 135. Neyman A, Woerner S, Russ M, Yarbrough A, DiMeglio LA. Strategies That Adolescents With Type 1 Diabetes Use in Relation to Exercise. *Clin Diabetes*. 2020;38(3):266-272.
 136. Stettler C, Jenni S, Allemann S, et al. Exercise capacity in subjects with type 1 diabetes mellitus in eu- and hyperglycaemia. *Diabetes Metab Res Rev*. 2006;22(4):300-306.
 137. Cho JH, Kim HO, Surh CD, Sprent J. T cell receptor-dependent regulation of lipid rafts controls naive CD8+ T cell homeostasis. *Immunity*. 2010;32(2):214-226.
 138. MacDonald TL, Pattamapranont P, Pathak P, et al. Hyperglycaemia is associated with impaired muscle signalling and aerobic adaptation to exercise. *Nat Metab*. 2020;2(9):902-917.
 139. Diabetes Research in Children Network Study G, Tsalikian E, Kollman C, et al. Prevention of hypoglycemia during exercise in children with type 1 diabetes by suspending basal insulin. *Diabetes Care*. 2006;29(10):2200-2204.
 140. Beck RW, Raghinaru D, Wadwa RP, et al. Frequency of morning ketosis after overnight insulin suspension using an automated nocturnal predictive low glucose suspend system. *Diabetes Care*. 2014;37(5):1224-1229.
 141. Wadwa RP, Chase HP, Raghinaru D, et al. Ketone production in children with type 1 diabetes, ages 4-14 years, with and without nocturnal insulin pump suspension. *Pediatr Diabetes*. 2017;18(6):422-427.
 142. Aronson R, Li A, Brown RE, McGaugh S, Riddell MC. Flexible insulin therapy with a hybrid regimen of insulin degludec and continuous subcutaneous insulin infusion with pump suspension before exercise in physically active adults with type 1 diabetes (FIT Untethered): a single-centre, open-label, proof-of-concept, randomised crossover trial. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2020;8(6):511-523.
 143. Alemzadeh R, Parton EA, Holzum MK. Feasibility of continuous subcutaneous insulin infusion and daily supplemental insulin glargine injection in children with type 1 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2009;11(8):481-486.
 144. Berger M, Cuppers HJ, Hegner H, Jorgens V, Berchtold P. Absorption kinetics and biologic effects of subcutaneously injected insulin preparations. *Diabetes Care*. 1982;5(2):77-91.
 145. Deakin S, Steele D, Clarke S, et al. Cook and Chill: Effect of Temperature on the Performance of Nonequilibrated Blood Glucose Meters. *J Diabetes Sci Technol*. 2015;9(6):1260-1269.
 146. Mohajeri S, Perkins BA, Brubaker PL, Riddell MC. Diabetes, trekking and high altitude: recognizing and preparing for the risks. *Diabet Med*. 2015;32(11):1425-1437.
 147. Dear Gde L, Pollock NW, Uguccioni DM, Dovenbarger J, Feinglos MN, Moon RE. Plasma glucose responses in recreational divers with insulin-requiring diabetes. *Undersea Hyperb Med*. 2004;31(3):291-301.
 148. Jendle JH, Adolfsson P, Pollock NW. Recreational diving in persons with type 1 and type 2 diabetes: Advancing capabilities and recommendations. *Diving and hyperbaric medicine*. 2020;50(2):135-143.
 149. Jendle J, Adolfsson P. Continuous Glucose Monitoring Diving and Diabetes: An Update of the Swedish Recommendations. *J Diabetes Sci Technol*. 2020;14(1):170-173.
 150. Pollock NW, Uguccioni DM, Dear Gde L. Diabetes and recreational diving: guidelines for the future. Proceedings of the UHMS/DAN 2005 June 19 Workshop. 2005; <https://dan.org/health-medicine/health-resource/health-safety-guidelines/guidelines-for-diabetes-and-recreational-diving/>, 2022.
 151. Galassetti P, Tate D, Neill RA, Morrey S, Wasserman DH, Davis SN. Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes. *Diabetes*. 2003;52(7):1761-1769.
 152. Hasan I, Chowdhury A, Haque MI, Patterson CC. Changes in glycated hemoglobin, diabetes knowledge, quality of life, and anxiety in children and adolescents with type 1 diabetes attending summer camps: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Diabetes*. 2021;22(2):124-131.
 153. American Diabetes A. Diabetes management at camps for children with diabetes. *Diabetes Care*. 2012;35 Suppl 1:S72-75.
 154. Tsadik AG, Gidey MT, Assefa BT, et al. Insulin injection practices among youngsters with diabetes in Tikur Anbesa Specialized Hospital, Ethiopia. *J Diabetes Metab Disord*. 2020;19(2):805-812.
 155. Dejkhamron P, Santiprabhob J, Likitmaskul S, et al. Type 1 diabetes management and outcomes: A multicenter study in Thailand. *J Diabetes Investig*. 2021;12(4):516-526.
 156. Amutha A, Praveen PA, Hockett CW, et al. Treatment regimens and glycosylated hemoglobin levels in youth with Type 1 and Type 2 diabetes: Data from SEARCH (United States) and YDR (India) registries. *Pediatr Diabetes*. 2021;22(1):31-39.
 157. Klatman EL, McKee M, Ogle GD. Documenting and visualising progress towards Universal Health Coverage of insulin and blood glucose test strips for people with diabetes. *Diabetes research and clinical practice*. 2019;157:107859.
 158. 15Smith D, Connacher A, Newton R, Thompson C. *Exercise and Sport in Diabetes*. 2nd Edition ed: Wiley; 2006.
 159. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19(Suppl 27):105-114.
 160. Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert C, Sigal RJ, Armstrong MJ, et al. Physical Activity and Diabetes. *Can J Diabetes*. 2018;42 Suppl 1:S54-S63.
 161. DiMeglio LA, Acerini CL, Codner E, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Glycemic control targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young adults with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:105-114.
 162. Adolfsson P, Riddell MC, Taplin CE, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27:205-226.
 163. Skrede T, Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Resaland GK, Ekelund U. The prospective association between objectively measured sedentary time, moderate-to-vigorous physical activity and cardiometabolic risk factors in youth: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2019;20(1):55-74.
 164. Ekelund U, Luan J, Sherar LB, et al. Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *JAMA*. 2012;307(7):704-712.
 165. Verswijveren S, Lamb KE, Bell LA, Timperio A, Salmon J, Ridgers ND. Associations between activity patterns and cardio-metabolic risk factors in children and adolescents: A systematic review. *PLoS One*. 2018;13(8):e0201947.
 166. Hay J, Wittmeier K, MacIntosh A, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes risk in overweight youth: a randomized trial. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40(4):607-614.

167. Davis CL, Pollock NK, Waller JL, et al. Exercise dose and diabetes risk in overweight and obese children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2012;308(11):1103-1112.
168. Ingul CB, Dias KA, Tjonna AE, et al. Effect of High Intensity Interval Training on Cardiac Function in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Prog Cardiovasc Dis*. 2018;61(2):214-221.
169. Dias KA, Ingul CB, Tjonna AE, et al. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sports Med*. 2018;48(3):733-746.
170. McPhee PG, Singh S, Morrison KM. Childhood Obesity and Cardiovascular Disease Risk: Working Toward Solutions. *Can J Cardiol*. 2020;36(9):1352-1361.
171. Torrance B, McGuire KA, Lewanczuk R, McGavock J. Overweight, physical activity and high blood pressure in children: a review of the literature. *Vasc Health Risk Manag*. 2007;3(1):139-149.
172. Wittkind SG, Edwards NM, Khoury PR, et al. Association of Habitual Physical Activity With Cardiovascular Risk Factors and Target Organ Damage in Adolescents and Young Adults. *J Phys Act Health*. 2018;15(3):176-182.
173. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr*. 2020;174(6):609-617.
174. Reinehr T. Lifestyle intervention in childhood obesity: changes and challenges. *Nat Rev Endocrinol*. 2013;9(10):607-614.
175. Cardel MI, Atkinson MA, Taveras EM, Holm JC, Kelly AS. Obesity Treatment Among Adolescents: A Review of Current Evidence and Future Directions. *JAMA Pediatr*. 2020.
176. McGavock J, Wicklow B, Dart AB. Type 2 diabetes in youth is a disease of poverty. *Lancet*. 2017;390(10105):1829.
177. Protudjer JL, Dumontet J, McGavock JM. My voice: a grounded theory analysis of the lived experience of type 2 diabetes in adolescence. *Can J Diabetes*. 2014;38(4):229-236.
178. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res*. 2019;86(4):522-528.
179. Hagger MS, Panetta G, Leung CM, et al. Chronic inhibition, self-control and eating behavior: test of a 'resource depletion' model. *PLoS One*. 2013;8(10):e76888.
180. Vohs KD, Baumeister RF, Schmeichel BJ, Twenge JM, Nelson NM, Tice DM. Making choices impairs subsequent self-control: a limited-resource account of decision making, self-regulation, and active initiative. *J Pers Soc Psychol*. 2008;94(5):883-898.
181. Sheinbein DH, Stein RI, Hayes JF, et al. Factors associated with depression and anxiety symptoms among children seeking treatment for obesity: A social-ecological approach. *Pediatr Obes*. 2019;14(8):e12518.
182. Vila G, Zipper E, Dabbas M, et al. Mental disorders in obese children and adolescents. *Psychosom Med*. 2004;66(3):387-394.
183. Lu Y, Pearce A, Li L. Distinct patterns of socio-economic disparities in child-to-adolescent BMI trajectories across UK ethnic groups: A prospective longitudinal study. *Pediatr Obes*. 2020;15(4):e12598.
184. Gardner R, Feely A, Layte R, Williams J, McGavock J. Adverse childhood experiences are associated with an increased risk of obesity in early adolescence: a population-based prospective cohort study. *Pediatr Res*. 2019;86(4):522-528.
185. Sellers EAC, McLeod L, Prior HJ, Dragan R, Wicklow BA, Ruth C. Mental health comorbidity is common in children with type 2 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2022.
186. McVoy M, Hardin H, Fulchiero E, et al. Mental health comorbidity and youth onset type 2 diabetes: A systematic review of the literature. *Int J Psychiatry Med*. 2022;912174211067335.
187. McGavock J, Chauhan BF, Rabbani R, et al. Layperson-Led vs Professional-Led Behavioral Interventions for Weight Loss in Pediatric Obesity: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open*. 2020;3(7):e2010364.
188. Force USPST, Grossman DC, Bibbins-Domingo K, et al. Screening for Obesity in Children and Adolescents: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2017;317(23):2417-2426.
189. O'Connor EA, Evans CV, Burda BU, Walsh ES, Eder M, Lozano P. Screening for Obesity and Intervention for Weight Management in Children and Adolescents: Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*. 2017;317(23):2427-2444.
190. DeBar LL, Stevens VJ, Perrin N, et al. A primary care-based, multicomponent lifestyle intervention for overweight adolescent females. *Pediatrics*. 2012;129(3):e611-620.
191. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2007;297(24):2697-2704.
192. Savoye M, Shaw M, Dziura J, et al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2007;297:2697-2704.
193. Group TS. Design of a family-based lifestyle intervention for youth with type 2 diabetes: the TODAY study. *Int J Obes (Lond)*. 2010;34(2):217-226.
194. Kaar JL, Schmiege SJ, Drews K, et al. Evaluation of the longitudinal change in health behavior profiles across treatment groups in the TODAY clinical trial. *Pediatr Diabetes*. 2020;21(2):224-232.
195. McTavish L, Wiltshire E. Effective treatment of hypoglycemia in children with type 1 diabetes: a randomized controlled clinical trial. *Pediatr Diabetes*. 2011;12(4 Pt 2):381-387.
196. Wagenmakers AJ, Brouns F, Saris WH, Halliday D. Oxidation rates of orally ingested carbohydrates during prolonged exercise in men. *J Appl Physiol* (1985). 1993;75(6):2774-2780.

Anexo 1. Objetivos de glucemia para dispositivos con obtención de muestra por pinchazo en el dedo y requisitos de carbohidratos para jóvenes con DT1 antes del ejercicio y cada 30 minutos durante el ejercicio, sobre la base del nivel de evidencia D

Sensor o nivel de glucemia	Respuesta de glucosa esperada durante el ejercicio según el tipo de ejercicio, la insulina a bordo y los ajustes de bolo, ajustes basales y respuesta previa al ejercicio					
	Previsión de caída durante el ejercicio			Previsión de estabilidad o subida durante el ejercicio		
	Carbohidratos por cada 30 minutos por peso en kilogramos ‡					
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de más de 0.6 mmol/l.	Cetonas >1.5 mmol/l: Seguir los consejos habituales sobre cetonas y evitar el ejercicio Cetonas 1.1-1.4 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 60 minutos para reevaluar Cetonas 0.6-1.0 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 15 minutos para hacer ejercicio					
Más de 15.0 mmol/ (270 mg/dl) y cetonas de menos de 0.6 mmol/l	Tener en cuenta una corrección de insulina equivalente a ½ bolo de insulina habitual					
10.1-15.0 mmol/l (181-270 mg/dl)	Nada de carbohidratos					
Peso (kg) ‡	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg
Objetivos de ejercicio † 7.0-10.0 mmol/l (126-180 mg/dl)	2-12 g ¹¹⁷	6-25 g ¹¹⁷	12-24 g ¹¹⁷	0 g	0 g	0 g
5.0-6.9 mmol/l (90-125 mg/dl)	5-15 g ⁷⁰	15-25 g ⁷⁰	30 g ⁷⁰	2-6 g ¹¹⁶	6-10 g ¹¹⁶	12 g ¹¹⁶
Retrasar o detener el ejercicio 20 minutos 4.0-4.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	3-9 g ¹⁹⁵	9-15 g ¹⁹⁵	18 g ¹⁹⁵	3-9 g ¹⁹⁵	9-18 g ¹⁹⁵	18 g ¹⁹⁵
3.0-3.9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Tratar la hipoglucemia y retrasar el ejercicio hasta que sea de más de 4.9 mmol/l (89 mg/dl)					
Menos de 3.0 mmol/l (54 mg/dl)	Tratar la hipoglucemia y no empezar el ejercicio debido a la respuesta hormonal contrarreguladora defectuosa					

† Si el riesgo de hipoglucemia o la insensibilidad a la hipoglucemia fueran medios o altos, el nivel de objetivo de ejercicio se debe aumentar a 8.0-11.0 mmol/l (145-198 mg/dl) o 9.0-12.0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivamente. ‡ Si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥ 91 , entonces se usa el peso en kg = $[\text{IMC en el percentil 50 para la edad} \times (\text{altura en metros})^2]$,¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. Datos de varones adultos.^{105-107,196} Datos de varones y mujeres adultos.^{116,117} Datos pediátricos de varones.⁷⁰ Datos pediátricos de varones y niñas.^{111,195}

Anexo 2. Objetivos de glucosa para VCG y requisitos de carbohidratos basados en valores de glucosa y flechas de tendencia para jóvenes con DT1 antes de hacer ejercicio y cada 20 minutos durante el ejercicio, sobre la base del nivel de evidencia D

Glucemia del sensor o en la sangre	Flecha de tendencia	Respuesta de glucosa esperada durante el ejercicio según el tipo de ejercicio, la insulina a bordo y los ajustes de bolo, ajustes basales y control de glucosa previo					
		Previsión de caída durante el ejercicio			Previsión de estabilidad o subida durante el ejercicio		
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de más de 0.6 mmol/l	Todas las flechas	Cetonas >1.5 mmol/l: Seguir los consejos habituales sobre cetonas y evitar el ejercicio Cetonas 1.1-1.4 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 60 minutos para reevaluar Cetonas 0.6-1.0 mmol/l: Administrar ½ dosis de corrección con pluma y esperar 15 minutos para hacer ejercicio					
Más de 15.0 mmol/l (270 mg/dl) y cetonas de menos de 0.6 mmol/l	→↗↑	Tener en cuenta una corrección de insulina equivalente a ½ bolo de insulina habitual					
	↘↑	Nada de carbohidratos					
Peso (kg)‡		10-30 kg	30-50 kg	>50 kg	10-30 kg	30-50 kg	>50 kg
10.1-15.0 mmol/l (181-270 mg/dl)	↑						
	↗						
	→						
	↘	1-3g	3-5g	6g			
	↓	2-6g	6-10g	12g			
Objetivos de ejercicio† 7.0-10.0 mmol/l (126-180 mg/dl)	↑						
	↗	1-3g	3-5g	6g			
	→	2-6g	6-10g	12g			
	↘	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	12g
	↓	4-12g	12-20g	24g	3-9g	9-15g	18g
5.0-6.9 mmol/l (90-125 mg/dl)	↑	1-3g	3-5g	6g			
	↗	2-6g	6-10g	12g	1-3g	3-5g	6g
	→	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	18g
	↘	4-12g	12-20g	24g	3-9g	12-20g	18g
	↓ [§]	5-15g	15-25g	30g	4-12g	12-20g	24g
4.04.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	↑	2-6g	6-10g	12g	1-3g	3-5g	6g
	↗	3-9g	9-15g	18g	2-6g	6-10g	18g
Retrasar o detener el ejercicio 20 minutos 4.0-4.9 mmol/l (70-89 mg/dl)	→	3-9g	9-15g	18g	3-9g	9-15g	18g
	↘ [§]	4-12g	12-20g	24g	4-12g	12-20g	24g
	↓ [§]	5-15g	15-25g	30g	5-15g	15-25g	30g
3.0-3.9 mmol/l (54-70 mg/dl)	Todas las flechas	Tratar la hipoglucemia y retrasar el ejercicio hasta que sea de más de 4.9 mmol/l (89 mg/dl)					
Menos de 3.0 mmol/l (54 mg/dl)	Todas las flechas	Tratar la hipoglucemia y no empezar el ejercicio debido a la respuesta hormonal contrarreguladora defectuosa					

† Si el riesgo de hipoglucemia o la insensibilidad a la hipoglucemia fueran medios o altos, el nivel de objetivo de ejercicio se debe aumentar a 8.0-11.0 mmol/l (145-198 mg/dl) o 9.0-12.0 mmol/l (162-216 mg/dl), respectivamente. ‡ Si el percentil de índice de masa corporal (IMC) es ≥ 91 , entonces se usa el peso en kg = $[\text{IMC en el percentil 50 para la edad} \times (\text{altura en metros})^2]$,¹¹¹ salvo que el percentil alto de IMC se deba a una gran masa muscular. § Tener en cuenta que la prueba de glucemia como valor de VCG puede estar algo desfasada. Datos pediátricos de varones y niñas.¹¹¹