

## Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022

# Manejo de niños y adolescentes con diabetes que necesitan intervención quirúrgica

Thomas Kapellen<sup>1</sup> | Juliana Chizo Agwu<sup>2</sup> | Lizabeth Martin<sup>3</sup> | Seema Kumar<sup>4</sup> |  
Marianna Rachmiel<sup>5</sup> | Declan Cody<sup>6</sup> | Sunkara VSG Nirmala<sup>7</sup> |  
M. Loredana Marcovecchio<sup>8</sup> |

<sup>1</sup>Department for Women and Child Health, Hospital for Children and Adolescents, Liebigstrasse 20 Leipzig; Children's hospital Am Nicolausholz, Bad Kösen, University of Leipzig, Germany

<sup>2</sup>Department of Paediatrics, Sandwell and West Birmingham, NHS Trust, United Kingdom

<sup>3</sup>University of Washington Department of Anesthesiology, Division of Pediatric Anesthesia, Seattle Children's Hospital, Seattle, Washington, United States

<sup>4</sup>Division of Pediatric Endocrinology, Department of Pediatric and Adolescent Medicine, Mayo Clinic, Rochester, MN, United States

<sup>5</sup>Pediatric Endocrinology and Diabetes Institute, Shamir (Assaf Haroffeh) Medical Center, Zerifin, Sackler School of Medicine, Tel Aviv University, Israel

<sup>6</sup>Children's Hospital Ireland Crumlin Dublin, University College Dublin

<sup>7</sup>Department of Pediatric and Preventive Dentistry. Narayana Dental College and Hospital, Nellore, Andhra Pradesh, India

<sup>8</sup>Department of Paediatrics, University of Cambridge and Cambridge University Hospitals, NHS Foundation Trust, Cambridge, United Kingdom

**Autor correspondiente:** Thomas Kapellen, Pediatric Endocrinologist, MD, Median Childrens Hospital "Am Nicolausholz" Bad Kösen, Elly Kutscher-Strasse 16 06628 Naumburg, Germany (+49-34463-43150) Email: thomas.kapellen@median-kliniken.de

**Conflictos de intereses:** Los autores no han declarado ningún conflicto de intereses relevante.

**Palabras clave:** diabetes tipo 1, diabetes tipo 2, intervención quirúrgica, ayuno, niños, anestesia, intervención quirúrgica bariátrica, tratamiento con bomba de insulina, vigilancia constante de la glucosa

**Abreviaturas:** UCI: unidad de cuidados intensivos, IV: intravenoso/a, AG: anestesia general, BOHB: betahidroxibutirato, ICIS: infusión continua de insulina subcutánea, DT1: diabetes tipo 1, DT2: diabetes tipo 2

## 1. QUÉ HAY DE NUEVO O DIFERENTE

- Manejo de jóvenes con distintos tipos de diabetes que se someten a intervenciones quirúrgicas.
- Uso de las tecnologías para la diabetes (bombas y sensores) en los jóvenes que se someten a intervenciones quirúrgicas.
- Manejo de jóvenes con diabetes tipo 2 (DT2) tratados con medicamentos orales nuevos.
- Manejo de la diabetes en jóvenes que se someten a intervención quirúrgica bariátrica.

## 2. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

### 2.1 Las metas glucémicas para la intervención quirúrgica son:

- Mantener el nivel de glucemia (NG) dentro de un rango de 5-10

mmol/l (90-180 mg/dl). **C**

- Prevenir la hipoglucemia. **E**
- Prevenir el desarrollo de cetoacidosis diabética (CAD). **E**

### 2.2 Evaluación de los jóvenes antes de la intervención quirúrgica o antes de la anestesia

- Recomendamos que las personas jóvenes con diabetes acudan a una consulta de diabetes antes de cualquier tipo de intervención quirúrgica o anestesia. **E**
- Recomendamos que las personas jóvenes con diabetes se sometan a una revisión formal por parte de su equipo de diabetes varios días antes de una intervención quirúrgica programada o de un procedimiento que requiera anestesia para hacerse una evaluación exhaustiva de la glucemia y las cetonas (en sangre y en orina), y para elaborar un plan formal para el manejo de la diabetes antes, durante y después de la intervención quirúrgica o la anestesia. **E**

- Si la glucemia fuera subóptima y no se pudiera retrasar la intervención quirúrgica, hay que tener en cuenta una hospitalización antes de la intervención quirúrgica para una optimización aguda de la glucemia. **C**

### 2.3 Atención preoperatoria para jóvenes con DT1, DT2 u otros tipos de diabetes que requieren insulina

- Tener en cuenta la admisión al hospital o a la clínica diurna con un equipo de anestesiología que tenga protocolos para el manejo de la diabetes, si se va a administrar anestesia general. **E**
- Si se programó una intervención quirúrgica ambulatoria, el objetivo debe ser que la glucemia esté en el rango meta, y es fundamental la comunicación con el joven con diabetes y su familia. **E**
- Se espera que el anestesiólogo tenga experiencia en el manejo de la insulino terapia en jóvenes con diabetes y que tenga contacto previo con el equipo de diabetes. **E**
- Se recomienda que, preferentemente, se coordine la intervención quirúrgica como la primera del día o de la lista quirúrgica, en especial si se lleva a cabo en un entorno de cuidados diurnos. **E**
- Es necesario colocar una vía intravenosa (IV) antes o durante la intervención para tratar la hipoglucemia. **E**
- El régimen de insulina podría necesitar ajustes específicos según el procedimiento (intervención quirúrgica mayor o menor) y el estado de glucemia preexistente. **E**
- Si el paciente recibe tratamiento con un medicamento antihiper glucémico oral, es posible que haya que modificar esto también. **E**
- La insulina es necesaria, aun en ayunas, para evitar la CAD. **A**
- Hay que hacer pruebas de NG al menos una vez por hora para detectar y prevenir la hipoglucemia y la hiperglucemia. **E**
- Se recomienda medir el nivel de cetonas en orina o en sangre si hubiera hiperglucemia >14 mmol/l (250 mg/dl). **E**
- El tratamiento de infusión continua de insulina subcutánea (ICIS) puede continuar en determinados casos de intervención quirúrgica menor programada. **E**

### 2.4 Atención intraoperatoria

- Monitorear los NG al menos una vez por hora y en la fase de recuperación inmediatamente posterior a la intervención. **E**
- La vigilancia constante de la glucosa (VCG) se puede usar durante la intervención, si el anestesiólogo lo considerase adecuado y se validara el NG en el lugar de la atención (LDA) simultáneamente. **E**
- Existen datos limitados sobre las interacciones entre los agentes anestésicos y la VCG, por lo que es necesario el monitoreo simultáneo del NG en el LDA. **E**
- Tener en cuenta una infusión IV con dextrosa (dextrosa al 5 % y cloruro de sodio al 0.9 %) junto con infusión de insulina IV durante cualquier intervención quirúrgica mayor y en casos de personas jóvenes tratadas con insulina NPH. **E**
- Tener en cuenta una infusión de cloruro de sodio al 0.9 %, en principio sin dextrosa, durante intervenciones menores o procedimientos quirúrgicos que duren menos de 2 horas si la persona joven con diabetes recibe tratamiento con régimen de

múltiples inyecciones diarias (MID) o ICIS. **C**

- Ajustarla infusión de dextrosa y la insulina subcutánea para mantener el NG en el rango de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl). **C**
- Si ocurriera un episodio hipotensivo agudo imprevisto, hay que infundir rápidamente cloruro de sodio al 0.9 %; no obstante, hay que evitar los líquidos que tengan potasio. **E**

### 2.5 Cuidados posoperatorios

- Una vez que la persona joven pueda tolerar la alimentación oral, hay que reanudar su régimen de insulina habitual. **E**
- Administrar insulina de acción a corto plazo o de acción rápida (basándose en la proporción entre insulina y carbohidratos y el factor de corrección habituales). **E**
- Puede que sea adecuado administrar la primera dosis de insulina posoperatoria después de la primera ingestión oral para asegurarse de que los alimentos se toleren bien. **E**
- Los requisitos de insulina pueden variar después de la intervención quirúrgica debido a los cambios de la ingestión oral, las náuseas, el estrés, el dolor y la inactividad; por lo tanto, se recomienda hacer mediciones de VCG/NG durante las 24-48 horas posteriores a la intervención. **E**
- Algunos sistemas de VCG pueden arrojar lecturas falsas si se exponen a medicamentos específicos (incluyendo el paracetamol), por lo que probablemente también se indique un monitoreo de NG simultáneo en el LDA. **C**
- Se sugiere un objetivo de NG de 7.8-10 mmol/l (140-180 mg/dl) en el entorno de la unidad de cuidados intensivos (UCI) posoperatoria. **C**

### 2.6 Situaciones especiales

#### 2.6.1 Intervención quirúrgica aguda o de emergencia

- La CAD puede parecer un problema abdominal agudo. Si hubiera CAD (pH <7.3 o bicarbonato <18 mmol/l y cetosis), se debe seguir un protocolo de tratamiento establecido para la CAD y, si fuera posible, retrasar la intervención quirúrgica hasta que la acidosis, la cetosis y los déficits de volumen circulatorio y electrolitos estén estables o se hayan corregido lo suficiente. **E**
- Si no hay CAD, empezar a administrar líquidos IV y a manejar la insulina tal como si se tratara de una intervención quirúrgica programada. **E**
- Durante una intervención quirúrgica mayor de emergencia en un niño gravemente enfermo hay que suspender el tratamiento con ICIS. **E**

#### 2.6.2 DT2 u otros tipos de diabetes que solo necesitan medicamentos orales

- Suspender la metformina el día de la intervención quirúrgica. **C**
- Suspender las sulfonilureas, la tiazolidinediona, los inhibidores de la DPP-4 y los análogos de GLP-1 el día de la intervención. **E**
- En las personas jóvenes con diabetes que deban someterse a un procedimiento quirúrgico mayor, que se prevé que dure por lo menos 2 horas, hay que monitorear los NG una vez por hora y ajustar la infusión de dextrosa o la insulina IV para mantener los NG dentro del rango de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl). **E**

- Una vez que se tolere la ingestión oral, reanudar la administración de medicamentos, salvo la metformina, que deberá omitirse durante 24 horas después de una intervención quirúrgica mayor y hasta que se haya confirmado que la función renal es normal. Después de una intervención quirúrgica menor se puede reanudar la metformina una vez que se tolere la ingestión oral. **E**

#### 2.6.3 Recomendaciones y consideraciones generales

- Siempre que sea posible, hay que planificar que la intervención quirúrgica se lleve a cabo en centros que cuenten con el personal y las instalaciones adecuadas para brindar la atención óptima a las personas jóvenes con diabetes. **E**
- Para garantizar el máximo nivel de seguridad, es necesario que haya una comunicación meticulosa entre los equipos quirúrgico, de anestesiología y de atención de la diabetes antes de la admisión al hospital en el caso de las cirugías programadas, y lo antes posible después de la admisión en el caso de las intervenciones quirúrgicas de emergencia. **E**
- Se recomienda que los centros que llevan a cabo procedimientos quirúrgicos en personas jóvenes con diabetes tengan protocolos sobre el manejo perioperatorio. **E**
- Cada hospital en particular debe formalizar las pautas sobre el manejo de las personas con diabetes que reciben tratamiento de ICIS, para que estas tengan la opción de seguir con su ICIS durante la intervención quirúrgica cuando sea adecuado. **E**
- Se recomienda el uso de sistemas de VCG para controlar la evolución de los niveles de glucosa perioperatorios, pero hay que verificar sistemáticamente los datos de VCG por medio de mediciones de NG en el LDA. **E**

#### 2.6.4 Intervenciones y procedimientos quirúrgicos menores

- Las personas jóvenes que se someten a intervenciones y procedimientos quirúrgicos menores pueden manejarse con insulina basal (insulina glargina o insulina NPH en dosis reducida) y quizás no necesiten una infusión de insulina IV. **E**
- Hay que colocar una vía IV. **E**
- Puede que sea adecuado seguir con la ICIS administrando insulina basal o con una reducción temporal del índice basal. **E**
- Se puede dejar la ICIS conectada a la persona con diabetes siempre y cuando no esté dentro del campo quirúrgico o del plano de electrocauterización (en especial si tiene cánula de metal). **E**

#### Intervenciones quirúrgicas mayores

- Se necesita una infusión IV con dextrosa para mantener la glucosa dentro del rango de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl) durante las intervenciones quirúrgicas mayores. **E**
- Monitorear el NG una vez por hora antes, durante y después del procedimiento. **E**
- Es preciso coordinar con el anestesiólogo el horario de la comida preoperatoria y las restricciones de líquidos. **E**
- Se requiere un ajuste específico del programa de administración de insulina. **E**
- Se necesita la infusión de insulina IV. **E**

## 3. INTRODUCCIÓN

El manejo de la diabetes en las personas jóvenes ahora incluye una amplia gama de análogos de la insulina, dispositivos de administración de insulina y VCG. El manejo seguro de las personas jóvenes con diabetes durante el período perioperatorio no solo requiere entender la fisiopatología de la afección que necesita una intervención quirúrgica sino también reflexionar en profundidad sobre el régimen de tratamiento de la diabetes específico de la persona joven, el estado de la glucemia, el curso posoperatorio que se prevé y el entorno al cual será dada de alta la persona. Por lo tanto, es fundamental que el cirujano y el anestesiista (en particular) se vinculen con el equipo de diabetes antes y después de cualquier intervención quirúrgica planificada, en particular en casos de intervención quirúrgica mayor aguda.

Las guías de práctica clínica revisadas actuales se basan en las Guías de Práctica Clínica de la ISPAD de 2018.<sup>1</sup> También se basan en las guías nacionales de práctica clínica basadas en la evidencia para niños, adolescentes y adultos con DT1 del Grupo de Endocrinología Pediátrica de Australasia (Australasian Paediatric Endocrine Group) y de la Asociación Australiana de Diabetes (Australian Diabetes Society),<sup>2</sup> las guías de práctica clínica para la prevención y el manejo de la diabetes en Canadá de la Asociación Canadiense de Diabetes (Canadian Diabetes Association)<sup>3</sup> y las pautas de atención de menores de 18 años con diabetes mellitus sometidos a intervenciones quirúrgicas de la Asociación de Médicos Especialistas en Diabetes Infantil (Association of Children's Diabetes Clinicians).<sup>4</sup> Incluyen además recomendaciones de una revisión integral del manejo perioperatorio de los niños con diabetes publicada en la bibliografía de anestesiología.<sup>5</sup> Como hay pocos artículos científicos de buena calidad sobre el manejo de las personas jóvenes con diabetes durante las intervenciones quirúrgicas, las recomendaciones de estas guías se basan sobre todo en las opiniones de los expertos, de conformidad con la evidencia disponible de estudios pediátricos y la bibliografía sobre adultos relevante. Cuando corresponda, se usarán las pautas para el manejo perioperatorio de los adultos con diabetes como base para estas recomendaciones.

## 4. METAS GLUCÉMICAS PERIOPERATORIAS

El estrés asociado con la intervención quirúrgica conduce a una respuesta neuroendócrina compleja caracterizada por hiperglucemia y un estado catabólico, lo que podría afectar la homeostasis de la glucosa en las personas con y sin diabetes. En los adultos sometidos a intervenciones cardíacas, los episodios de hiperglucemia posoperatoria reiterados, en comparación con un único episodio de hiperglucemia o con normoglucemia, se asociaron con un aumento de los índices de complicaciones infecciosas (12.1 % contra 8.2 %), accidentes cerebrovasculares (4.9 % contra 1.5 %) y mortalidad (6.1 % contra 2.1 %), a pesar del uso de un estricto protocolo de manejo del NG.<sup>6</sup>

Si bien es limitada la evidencia existente sobre el impacto del manejo glucémico preoperatorio subóptimo en comparación con el manejo glucémico óptimo en los resultados quirúrgicos en las personas jóvenes con diabetes, los estudios que se hicieron en adultos sugieren que existe un aumento del riesgo de complicaciones posoperatorias

relacionadas con la hiperglucemia.<sup>7</sup> Los adultos con DT2 tuvieron un riesgo alrededor de 10 veces mayor de sufrir infecciones posoperatorias en la herida<sup>8</sup> y, en esta población, la hiperglucemia preoperatoria fue un factor de predicción independiente de complicaciones infecciosas y de la duración de la estancia en el hospital.<sup>9</sup> Un estudio reciente sobre los resultados posoperatorios en los niños con diabetes sometidos a intervenciones quirúrgicas ortopédicas<sup>10</sup> reportó que los índices de complicaciones, nuevas intervenciones y nuevas hospitalizaciones a 30 días eran más altos entre los niños con diabetes no tratados con insulina que entre los niños sin diabetes.

Sobre la base de los resultados de los estudios en adultos, a fin de mejorar los resultados de las intervenciones quirúrgicas mayores programadas (no urgentes), debería tenerse en cuenta el ingreso al hospital antes de la intervención quirúrgica programada para la evaluación y estabilización de las personas que no logran los objetivos glucémicos óptimos, así como también el ajuste de las dosis de insulina antes de una intervención quirúrgica mayor, y su permanencia en el hospital durante varios días después de la intervención.<sup>11</sup>

En lo que respecta a los objetivos glucémicos perioperatorios óptimos, existen actualmente datos suficientes sobre los adultos con diabetes pero pocos ensayos clínicos aleatorizados (ECA) en la población pediátrica para ofrecer recomendaciones sólidas. Por ende, este tema sigue siendo controvertido. Un estudio entre adultos críticamente enfermos mostró los beneficios de la insulino terapia intensiva y del manejo glucémico estricto basándose en la experiencia en una única institución.<sup>12</sup> No obstante, los datos posteriores no son congruentes e incluso sugieren que existen daños asociados con el control de glucemia muy estricto en las poblaciones adultas.<sup>13</sup> Además, un ensayo internacional grande aleatorizado que se realizó en varios centros mostró que un objetivo glucémico de 8-10 mmol/l, comparado con un objetivo más bajo, de 4.4-7 mmol/l, se asociaba con una reducción de la mortalidad a 90 días.<sup>14</sup> Una revisión sistemática de la base de datos de Cochrane no encontró evidencia suficiente para respaldar el manejo glucémico estricto en comparación con el manejo convencional para la prevención de infecciones de lecho quirúrgico.<sup>15</sup>

## 5. ¿5-10 MMOL/L (90-180 MG/DL) ES UN OBJETIVO DE NG ADECUADO PARA LAS PERSONAS JÓVENES CON DIABETES QUE SE SOMETEN A UNA INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA?

Algunos estudios efectuados en adultos con diabetes sugieren que la hiperglucemia perioperatoria es un factor de riesgo independiente de morbilidad posoperatoria.<sup>16,17</sup> El mantenimiento del NG después de la intervención quirúrgica a <11.1 mmol/l (200 mg/dl) redujo considerablemente la incidencia de infecciones de incisiones profundas en los adultos con diabetes sometidos a injertos de revascularización coronaria.<sup>18,19</sup> No obstante, un manejo de la glucosa más estricto podría acarrear un mayor riesgo de hipoglucemia, tanto absoluta como relativa, en estas personas.<sup>20</sup> Dicha hipoglucemia podría ser particularmente peligrosa, ya que las personas con

diabetes podrían no tener conciencia hipoglucémica y padecer inestabilidad autonómica.<sup>21,22</sup> Una revisión de la base de datos de Cochrane no demostró diferencias importantes en la mayoría de los resultados al comparar el manejo glucémico intensivo perioperatorio con el convencional. No obstante, el manejo glucémico intensivo se asoció con una mayor cantidad de episodios hipoglucémicos.<sup>19</sup> Por lo tanto, actualmente no se respaldan los protocolos con objetivos glucémicos intensivos (NG casi normal) para las personas con diabetes sometidas a procedimientos quirúrgicos.

Los informes pediátricos de los niños sin diabetes incluyen estudios retrospectivos más antiguos, que mostraron sistemáticamente una asociación entre la hiperglucemia y la hipoglucemia y malos resultados en el entorno de atención pediátrica crítica.<sup>23-26</sup> Los ECA más recientes, con rangos de glucosa más específicos entre los niños críticamente enfermos, que incluyeron mediciones después de intervenciones cardíacas (con control de glucemia estricto de entre 4.4 y 6.1 mmol/l [80-110 mg/dl]) y después de tratamientos de quemaduras, mostraron que los niños no obtuvieron más beneficios de los objetivos glucémicos más estrictos en comparación con los más liberales.<sup>27-32</sup> Las revisiones sistemáticas y los metaanálisis mostraron que, si bien se redujeron las infecciones adquiridas, no hubo una disminución de la mortalidad a 30 días, y se observó una mayor incidencia de la hipoglucemia.<sup>29,33</sup> Un ECA llevado a cabo en varios centros usando la VCG en pacientes pediátricos críticamente enfermos se detuvo antes de completar la inscripción debido a la ausencia de beneficios y a evidencias de daño en la rama de objetivo más bajo (4.4-6.1 mmol/l [80-110 mg/dl], promedio de 109 mg/dl), en comparación con la rama de objetivo más alto (8-10 mmol/l [150-180 mg/dl]). No se observaron diferencias significativas en la mortalidad, la gravedad de la disfunción orgánica ni la cantidad de días sin uso de respirador, mientras que los participantes en el grupo de objetivo más bajo presentaron índices más altos de infecciones asociadas con la atención médica e índices más altos de hipoglucemia grave.<sup>34</sup>

La Asociación Americana de Diabetes (American Diabetes Association, ADA) publicó sus pautas para la atención de adultos con diabetes hospitalizados. La ADA recomienda un NG objetivo de 7.8-10 mmol/l (140-180 mg/dl) para la mayoría de las personas con diabetes enfermas, ya sea que se encuentren en estado crítico o no. Los objetivos más rigurosos, como de 6.1-7.8 mmol/l (110-140 mg/dl) podrían ser adecuados para personas específicas con diabetes si se pudiera evitar la hipoglucemia.<sup>35</sup> Los objetivos glucémicos para las personas con diabetes en el período perioperatorio deben ser de 4.4-10.0 mmol/l (80-180 mg/dl).<sup>35</sup> Una vez iniciada la insulino terapia IV, el NG debe mantenerse entre 8 y 10 mmol/l (140 y 180 mg/dl).

Nuestra recomendación respecto a objetivos de glucosa en la población pediátrica con diabetes es bastante similar. Si bien los objetivos glucémicos perioperatorios adecuados para las intervenciones quirúrgicas menores son menos claros, los estudios en adultos que compararon distintos métodos de lograr el manejo glucémico durante intervenciones quirúrgicas menores y moderadas no demostraron ningún efecto adverso por mantener los niveles glucémicos perioperatorios entre 5 y 11 mmol/l (90-200 mg/dl). Por lo tanto, y sobre la base de los datos disponibles, parece razonable apuntar a un NG dentro del rango de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl)

durante todos los procedimientos quirúrgicos en niños con diabetes, seguido de un objetivo de tratamiento de 7.8-10 mmol/l (140-180 mg/dl) en la UCI durante el posoperatorio.

## 6. ¿LA VIGILANCIA DE LA GLUCOSA SUBCUTÁNEA DURANTE EL PERÍODO PERIOPERATORIO SIRVE DE ALGO?

Los métodos usados con más frecuencia para la vigilancia de la glucosa perioperatoria siguen siendo las mediciones reiteradas de NG venosa, arterial o capilar, lo que podría minimizar la variabilidad entre las mediciones. Las personas pueden tener una particular tendencia a la variabilidad de glucosa y a la hipoglucemia en los entornos perioperatorios, dados los requisitos de ayuno, la variación en la administración de la insulina y los desarreglos fisiológicos, incluyendo el estrés quirúrgico.

La VCG es una opción posible de monitoreo intensivo de los niveles de glucosa antes, durante y después de la intervención quirúrgica que tiene beneficios respecto al mantenimiento de la normoglucemia. No obstante, sigue siendo limitada la evidencia sobre la precisión, la comprensibilidad y el efecto sobre la glucemia y el pronóstico usando la VCG en el entorno operativo. La precisión y confiabilidad de los sistemas de VCG en general durante el posoperatorio podrían ser variadas (el coeficiente de correlación entre la VCG y los métodos convencionales de monitoreo de la glucosa varía entre 0.69 y 0.92). Un estudio pequeño en niños sin diabetes sometidos a intervenciones cardíacas mostró un índice elevado de fallo en la medición en el quirófano, lo que se pensó que se debía a la interferencia con el equipamiento eléctrico, aunque no fue afectado por la hipoglucemia, el uso de inótropos ni el edema.<sup>36</sup> Un estudio más reciente en 12 adultos, en el que se comparó el sistema de VCG Dexcom G6 calibrado de fábrica con el NG obtenido durante una intervención quirúrgica abdominal programada, reportó resultados alentadores, con una diferencia relativa absoluta media (DRAM) de 12.7±8.7 %, 99.2 % de mediciones de VCG dentro de las zonas A y B de la cuadrícula de errores de Clarke, y la VCG sobrestimó la glucosa de referencia en 1.1±0.8 mmol/l.<sup>37</sup>

Otra opción es el uso de VCG escaneada intermitentemente (VCGei) (sistema FreeStyle Libre).<sup>38</sup> El control intermitente de la glucosa usando el sistema FreeStyle Libre se evaluó entre ocho adultos críticamente enfermos con diabetes y mostró una alta confiabilidad entre una prueba y la posterior y una precisión aceptable en comparación con la medición de NG arterial.<sup>39</sup> No obstante, el FreeStyle Libre no debe usarse durante las resonancias magnéticas (RM), las tomografías computarizadas (TC) o los tratamientos con calor eléctrico de alta frecuencia (diatermia) según lo indicado por el fabricante. Esto también se aplica al sistema de VCG de Dexcom.

Algunos fármacos pueden interferir con los resultados de la VCG. En particular, se sabe que las dosis altas de paracetamol (acetaminofeno) provocan elevaciones falsas de valores de glucosa (a un máximo de hasta 61 mg/dl de diferencia) durante hasta 8 horas.<sup>40</sup> Se ha reportado una posible interferencia de la hidroxurea con el Dexcom G6 y de fármacos como lisinopril, albuterol y atenolol con los sistemas

Medtronic Guardian y Dexcom G4.<sup>41,42</sup> Se necesitan más estudios para investigar la precisión de la VCG con los agentes anestésicos utilizados habitualmente.

Los usuarios de VCG en el entorno perioperatorio deben tener en cuenta el posible desfase temporal entre las lecturas del sensor y el NG, en especial en situaciones en las que los NG cambian rápidamente. También se debe tomar en cuenta un efecto de compresión sobre el sensor, conocido como “artefacto de compresión”, y la posición del sensor en la mesa de operaciones no debe tener ningún tipo de compresión y debe estar lo más lejos posible del campo quirúrgico.

En vistas al futuro, la posibilidad de medir la glucosa mediante VCG al menos cada cinco minutos y la información adicional que proporcionan las tendencias de glucosa de la VCG tienen el potencial de mejorar el manejo glucémico perioperatorio de los niños y adolescentes con diabetes.

## 7. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS Y EVALUACIÓN PREOPERATORIA

Para el manejo de las personas jóvenes con diabetes que se someten a intervenciones quirúrgicas, es útil dividir los procedimientos en dos categorías principales: intervenciones mayores e intervenciones menores. Es importante tener en cuenta que, a veces, el manejo de una intervención quirúrgica “mayor” en un niño con diabetes estable puede ser menos complejo que el de una intervención quirúrgica “menor” en un niño con glucemia subóptima o con apoyo social limitado.

**(A) Una intervención quirúrgica menor** es un procedimiento breve (por lo general de menos de 2 horas de duración), con o sin sedación o anestesia, del que se prevé una recuperación rápida (por lo general menos de 2 horas) y que el niño pueda comer cuando llegue la hora de la siguiente comida (en un plazo de 2-4 horas). Entre los ejemplos se incluyen procedimientos en clínicas diurnas y procedimientos ambulatorios, como endoscopías, estudios de imágenes, adenoamigdalectomías, introducción de tubo de timpanostomía o procedimientos simples en personas hospitalizadas como cambios de vendajes o tratamientos oncológicos.

**(b) Una intervención quirúrgica mayor** incluye cualquier intervención quirúrgica o exploración bajo anestesia que sea más importante que una menor, en general de más de 2 horas de duración y con altas probabilidades de presentar náuseas, vómitos o imposibilidad de alimentarse adecuadamente durante el posoperatorio.

Antes de una intervención quirúrgica programada, las personas jóvenes con diabetes deben someterse a una evaluación exhaustiva del perfil de glucosa y, cuando corresponda, una medición de cetonas (en orina o sangre) y un plan formal para el manejo de la diabetes formulado para intervenciones quirúrgicas y anestias. Si se está planificando una intervención quirúrgica mayor, también es preciso evaluar los electrolitos.

Si se sabe que la glucemia es subóptima y no se pudiera retrasar la intervención quirúrgica, hay que tener en cuenta una hospitalización antes de la intervención quirúrgica para una estabilización aguda de la glucemia.

## 8. ATENCIÓN PREOPERATORIA PARA LAS PERSONAS JÓVENES CON DIABETES TRATADAS CON INSULINA

- Siempre que sea posible, la intervención quirúrgica debe programarse en el primer lugar disponible por la mañana, para evitar el ayuno prolongado y poder ajustar con la mayor facilidad los regímenes de tratamiento de la diabetes.
- Según las regulaciones del hospital, las personas jóvenes con diabetes pueden asistir al hospital o a la clínica diurna el mismo día o ingresar antes de la intervención si van a recibir anestesia general. Si se ha planificado una intervención quirúrgica ambulatoria, la glucemia debe estar dentro del objetivo. Si la persona con diabetes tiene otros motivos para estar hospitalizado, o si la diabetes no está bien controlada, se recomienda ingresar al paciente antes de la intervención quirúrgica.
- El anestesiólogo debe tener experiencia en el tratamiento de la diabetes insulino dependiente y ponerse en contacto con el equipo de diabetes con anticipación.
- Dependiendo de que se trate de una intervención quirúrgica mayor o menor, es necesario hacer ajustes específicos del régimen de insulina y del estado glucémico. La insulina es necesaria (si bien probablemente haya que ajustar las dosis), aun en ayunas, para prevenir la cetosis y la CAD.
- Hay que colocar una vía IV antes o durante la intervención quirúrgica para tratar la hipoglucemia.
- El monitoreo del NG al menos una vez por hora durante la operación es necesario para detectar y prevenir la hipoglucemia y la hiperglucemia. También hay que hacer mediciones de cetonas en orina o en sangre si hubiera una hiperglucemia >14 mmol/l (250 mg/dl).
- En ciertos casos de intervenciones quirúrgicas menores programadas, los jóvenes pueden seguir recibiendo insulina mediante ICIS.

## 9. INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA MAYOR (SEGÚN LO DEFINIDO ANTERIORMENTE)

### 9.1 La noche anterior a la intervención quirúrgica

- Administrar las insulinas habituales de la noche o de la hora de irse a dormir (algunos endocrinólogos tal vez recomienden reducir la cantidad de insulina basal de la hora de irse a dormir en un 20-30 %). En los casos de ICIS, hay que seguir administrando los índices basales de insulina habituales (tener en cuenta una reducción basal a las 03.00 en un 20 % si la hipoglucemia fuera una preocupación).
- Monitorear el NG y medir el betahidroxibutirato (BOHB) en sangre o la concentración de cetonas en orina si el NG fuera >14 mmol/l (250 mg/dl).

#### 9.1.1 Omitir la insulina habitual de la mañana (de liberación a corto plazo y de liberación prolongada) el día de la intervención quirúrgica, y empezar la infusión de insulina

- Empezar una infusión de insulina IV y administrar líquidos IV de mantenimiento, compuestos por dextrosa al 5 % y cloruro de sodio

al 0.9 % (ver Anexos 1 y 2).

- En niños con ICIS se debe suspender la administración de insulina mediante dicho método cuando se empiece la infusión de insulina.
- Dependiendo de la colocación de la cánula de ICIS en relación con el campo quirúrgico, se puede dejar colocada o habrá que quitarla.
- Monitorear los NG por lo menos una vez por hora en el período perioperatorio. Apuntar a mantener los NG entre 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl) ajustando la dosis de insulina IV o el ritmo de infusión de dextrosa durante la intervención quirúrgica.
- Si el NG <4 mmol/l (70 mg/dl), administrar un bolo IV de dextrosa al 10 %, 2 ml/kg; volver a medir el NG 15 minutos después y repetir el procedimiento si fuera necesario. Si sigue siendo <4 mmol/l (70 mg/dl), detener la insulina IV durante 15 minutos y volver a medir.
- Después de la intervención quirúrgica, cuando no sea posible la ingestión, hay que continuar con la infusión IV de dextrosa hasta que el niño pueda empezar a comer y beber.

## 10. INTERVENCIÓN QUIRÚRGICA MENOR (SEGÚN LO DEFINIDO ANTERIORMENTE)

A continuación se sugieren algoritmos para distintos tipos de regímenes de insulina.

### *Para todos los regímenes de insulina, si ocurriera lo siguiente*

- NG <4 mmol/l (70 mg/dl): administrar un bolo IV de dextrosa al 10 %, 2 ml/kg; volver a medir el NG 15 minutos después y repetir el procedimiento si fuera necesario.
- NG >14 mmol/l (250 mg/dl) durante >1 hora: tener en cuenta administrar insulina de acción rápida subcutánea, utilizando el factor de corrección habitual del niño o 5-10 % del total de dosis diaria habitual del niño. Hay que medir las cetonas en sangre u orina, y tener en cuenta la infusión de insulina IV, si hubiera una producción importante de cetonas (en general se considera que un nivel de cetonas en plasma >0.6 mmol/l es significativo).

1. Personas con diabetes tratadas con un régimen de múltiples inyecciones diarias (MID), insulina basal una o dos veces por día (NPH, detemir, degludec o glargina) e insulina de acción rápida o de liberación a corto plazo.

### *Operaciones por la mañana*

- En la mañana del procedimiento, administrar la dosis habitual de insulina basal de liberación prolongada (glargina, detemir, degludec), si se suele administrar a esta hora. Si la evaluación preoperatoria muestra un patrón de NG bajos por la mañana, hay que tener en cuenta reducir la dosis de insulina de liberación prolongada entre 20 y 30 % (ambas dosis si se administra la de liberación prolongada dos veces por día).<sup>43</sup> No hay evidencia que informe cuál es la reducción de dosis de degludec adecuada; no obstante, sobre la base de la experiencia utilizando otras insulinas de liberación prolongada, podría tenerse en cuenta una reducción de dosis de entre 20 y 30 %.
- En general, omitir la insulina de acción rápida previa al desayuno (p. ej. insulina aspart, insulina lispro y glulisina) hasta después del procedimiento, cuando se puede administrar con un desayuno

tardío. Tener en cuenta la insulina de acción rápida solo para corregir la hiperglucemia.

- Tener en cuenta comenzar la administración de líquidos IV: Las personas sometidas a un régimen de MID con un NG por encima del rango meta tal vez necesiten, al principio, líquidos IV sin dextrosa. No obstante, se debe iniciar la administración de líquidos IV con dextrosa (dextrosa al 5 %/cloruro de sodio al 0.9 %) en todas las personas tratadas con insulina NPH para mitigar el riesgo de hipoglucemia (porque la insulina NPH tiene un punto de acción máxima amplio). De manera alternativa, se puede empezar la infusión de insulina IV según lo descrito anteriormente para intervenciones quirúrgicas mayores.

#### **Operaciones por la tarde (si fueran inevitables)**

- En la mañana del procedimiento, administrar la dosis habitual de insulina de liberación prolongada (si se suele administrar a esta hora). Para algunas personas, una reducción de 20-30 % de la dosis disminuirá el riesgo de hipoglucemia.<sup>43</sup>
- Si el anestesiólogo permitiera al niño comer un desayuno liviano y consumir líquidos transparentes hasta 4 horas antes del procedimiento, se podría comenzar la administración de líquidos IV (y la infusión de insulina IV, si correspondiera) 2 horas antes de la intervención quirúrgica o hasta el mediodía (ver los Anexos) si esa fuera la opción de manejo del equipo de diabetes.

#### **2. Personas jóvenes tratadas con infusión continua de insulina subcutánea (ICIS)**

- En personas jóvenes con ICIS, esta podría continuarse durante un procedimiento quirúrgico. No obstante, si el anestesiólogo no confiara en el manejo de la ICIS, lo más seguro es quitar la bomba de insulina y sustituirla por una infusión de insulina IV, tal como se describió anteriormente.
- Cuando un niño con ICIS entra en el quirófano, es importante asegurar la cánula de infusión subcutánea para evitar que se salga de lugar y que se interrumpa la administración de insulina durante el procedimiento. Este sitio de inserción debe estar lejos del campo quirúrgico y en un lugar donde no sea posible apretarlo. Lo ideal es cambiar la cánula el día antes de la intervención quirúrgica y que no quede colocada durante más de dos días.
- Si la anestesia general fuera breve (<2 horas), la ICIS puede seguir infundiéndose insulina al ritmo basal adecuado para la hora del día. El ritmo basal se puede suspender, si fuera necesario, durante no más de 30 minutos, para corregir cualquier episodio de hipoglucemia leve.
- En casos de hipoglucemia, hay que administrar dextrosa (ver la recomendación general que antecede).
- No administrar una dosis en bolo de insulina de acción rápida salvo que sea necesario para corregir la hiperglucemia o una cetonemia importante, como se explicó anteriormente.
- Hay que tener en cuenta empezar a administrar líquidos IV: las personas con NG por encima del rango meta podrían necesitar, al principio, líquidos IV sin dextrosa. Un abordaje basado en el ajuste del ritmo basal de insulina podría ser más fisiológico.<sup>44,45</sup> Como alternativa, se puede empezar una infusión de insulina IV

según se describió anteriormente, en vez de la ICIS (asegurarse de suspenderla o quitarla).

- Si bien hay sistemas avanzados de administración automática de insulina (AAI) a disposición, no existe evidencia sobre el uso perioperatorio de estos sistemas y es preferible cambiar a un modo manual o a la administración de insulina IV y suspender la AAI durante la operación.

## **11. ATENCIÓN INTRAOPERATORIA**

- El estrés quirúrgico podría causar hiperglucemia y aumentar los requisitos de insulina. Se recomiendan las mediciones periódicas del NG, al menos una vez por hora, y con más frecuencia si hay hiperglucemia o hipoglucemia (según se describe a continuación). Si fuera necesario, empezar la infusión de dextrosa o aumentar la concentración de dextrosa en los líquidos IV de 5 % a 10 % para evitar la hipoglucemia, o si se iniciara una infusión de insulina.
- Se puede usar insulina subcutánea de acción rápida en las intervenciones quirúrgicas menores para mantener los NG dentro del rango de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl). La insulina subcutánea de acción rápida no se debe administrar con una frecuencia menor a cada 2 horas para evitar que se “acumule” y cause una posterior hipoglucemia.
- Para las intervenciones quirúrgicas mayores o la hiperglucemia descontrolada durante los procedimientos menores, la infusión de insulina IV debe ajustarse para mantener el NG entre 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl) (Anexo 1).
- Si el NG supera los 14 mmol/l (>250 mg/dl), también se deben medir las cetonas en orina o en sangre.
- Si hubiera una caída aguda imprevista en la presión arterial, el cloruro de sodio al 0.9 % es el líquido IV de preferencia, y hay que tener cuidado de evitar los líquidos con potasio.

## **12. CUIDADOS POSOPERATORIOS**

Después de la intervención quirúrgica, según la condición en la que se encuentre la persona joven, se puede reiniciar la ingestión oral o se puede continuar con la infusión de dextrosa IV hasta que tolere los alimentos. De manera similar, sobre la base de las condiciones clínicas, se debe continuar o administrar la infusión de insulina IV o de insulina de acción rápida o de liberación a corto plazo (según la proporción entre insulina y carbohidratos y el factor de corrección habituales), si fuera necesario, para reducir la hiperglucemia o para emparejarla con la ingestión de alimentos. Los requisitos de insulina pueden variar debido a la ingestión oral retrasada, las náuseas, el estrés posoperatorio, los medicamentos adicionales, el dolor y la inactividad. Para la primera comida después de la intervención quirúrgica es preferible administrar insulina después de la ingestión oral para asegurarse de que se toleren bien los alimentos, sin náuseas ni vómitos.

Se puede reanudar el régimen de tratamiento de la diabetes habitual de la persona joven una vez que esta pueda empezar a alimentarse por vía oral.

## 13. CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES

### **Intervención quirúrgica de emergencia**

La mayoría de los procedimientos quirúrgicos son programados; no obstante, tanto los procedimientos menores como los mayores pueden ocurrir por emergencias. Es importante recordar que la CAD puede presentarse como “síndrome abdominal agudo” y, a la vez, una enfermedad aguda puede precipitar una CAD.

Antes de una intervención quirúrgica de emergencia en personas jóvenes con diabetes, se recomienda medir siempre el NG, las cetonas en sangre (si fuera posible) o las cetonas en orina, los electrolitos en plasma y llevar a cabo una gasometría, si las cetonas o el NG tuvieran valores altos.

Si hubiera CAD, hay que seguir el protocolo para CAD de la ISPAD (ver el Capítulo 13 de las Guías de Práctica Clínica de la ISPAD 2022 sobre cetoacidosis diabética y estado y síndrome hiperglucémico hiperosmolar) y retrasar la intervención, si fuera posible, hasta corregir el volumen circulante y los déficits de electrolitos; lo ideal es postergarla hasta que se resuelva la acidosis. Si no hay CAD, empezar a administrar líquidos IV y a manejar la insulina tal como si se tratara de una intervención quirúrgica programada.

#### **DT2 con medicamentos orales exclusivamente**

Para las personas jóvenes con DT2 tratadas con insulina se pueden seguir las mismas pautas que para las intervenciones quirúrgicas programadas, dependiendo del tipo de régimen de insulina. Para quienes toman medicamentos orales, el abordaje puede variar según el medicamento específico que se use.

Metformina: el momento de suspensión dependerá de la duración prevista del procedimiento. El consumo de metformina se ha asociado con acidosis láctica y el riesgo aumenta en presencia de insuficiencia renal. Como la acidosis láctica es un evento raro y potencialmente mortal, hay datos limitados que informen las pautas de manejo perioperatorio, y la metformina podría ser útil en un estado hiperglucémico posoperatorio.<sup>46,47</sup> Por lo tanto, para intervenciones quirúrgicas mayores y menores, hay que suspender la metformina el día del procedimiento. En el caso de una intervención quirúrgica mayor, hay que suspender la metformina durante 24 horas después de la intervención y hasta que se haya confirmado una función renal normal. En intervenciones quirúrgicas menores, se puede reiniciar la metformina una vez que se tolere la ingesta oral.

#### **Agonista del receptor del péptido similar al glucagón de tipo 1 (GLP-1):**

suspenderlo en la mañana de la intervención quirúrgica.

Todos los demás fármacos que disminuyen la glucosa deben suspenderse en la mañana de la intervención quirúrgica.

Se prevé que las personas jóvenes con DT2 que se sometan a un procedimiento quirúrgico mayor que dure al menos 2 horas empiecen a recibir una infusión de insulina IV según se describió anteriormente. Para quienes se sometan a procedimientos menores, es recomendable controlar el NG una vez por hora y, si fuera superior a 14 mmol (250 mg/dl), hay que tener en cuenta un tratamiento con insulina de acción rápida subcutánea (0.1 U/kg hasta 10 unidades) cada 3 horas o más.

#### **Personas jóvenes con diabetes sometidas a intervenciones quirúrgicas bariátricas**

Las personas con DT2 que se sometan a intervenciones quirúrgicas bariátricas podrían tener mejoras importantes en la resistencia a la insulina y una disminución de la necesidad de insulina poco después de la intervención, incluso antes de bajar de peso. Por lo tanto, en estas personas, se aconseja monitorear los NG atentamente después de la intervención quirúrgica y ajustar en tiempo y forma las dosis de insulina. Cabe mencionar que la mayoría de las remisiones en adultos ocurren casi inmediatamente después de la operación, debido a un aumento drástico de las concentraciones posprandiales de la incretina endógena, GLP-1, principalmente después de una derivación gástrica en Y de Roux.<sup>48</sup> Estas personas suelen adoptar una dieta de líquidos transparentes durante varios días después de la intervención quirúrgica, y por lo tanto es posible que haya que reducir la dosis de insulina basal por lo menos a un 50 % de la dosis preoperatoria. También se sugiere reducir la insulina de liberación a corto plazo después de la intervención, comenzando con tan solo la mitad de la dosis preoperatoria recomendada si los NG estuvieran altos. Después de una intervención quirúrgica bariátrica, los medicamentos de liberación prolongada (como la metformina XR) deben cambiarse por preparaciones de liberación inmediata.

#### **Diabetes relacionada con la fibrosis quística (DRFQ) con uso de insulina**

Las personas jóvenes con DRFQ que usan insulina deben recibir el mismo manejo perioperatorio que las personas con DT1, incluyendo el monitoreo regular de la glucosa y un régimen de insulina ajustado de manera personal. Si bien la CAD podría ser poco común en casos de DRFQ, se sugiere hacer análisis de cetonas en orina o sangre si el NG fuera >14 mmol/l (250 mg/dl).

## 14. CONCLUSIÓN

La intervención quirúrgica o la anestesia general en los niños y adolescentes con diabetes deben llevarse a cabo en los centros con personal e instalaciones adecuados para apoyar la atención preoperatoria, perioperatoria y posoperatoria al más alto nivel. Para garantizar el máximo nivel de seguridad, es fundamental que haya una vinculación meticulosa entre los equipos quirúrgico, de anestesiología y de atención de la diabetes antes de una intervención quirúrgica programada y lo antes posible después de la admisión en el caso de intervenciones quirúrgicas de emergencia. Los centros que llevan a cabo procedimientos quirúrgicos en personas jóvenes con diabetes deben contar con protocolos escritos para el manejo posoperatorio de la diabetes en las salas donde se hospitalice a niños.

## Referencias:

1. Jefferies C, Rhodes E, Rachmiel M, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Management of children and adolescents with diabetes requiring surgery. *Pediatr Diabetes*. Oct 2018;19 Suppl 27:227-236. doi:10.1111/pedi.12733
2. Craig MET, S.; Donaghue, K.C.; Cheung, N.W.; Cameron, F.J.; Conn, J.; Jenkins, A.J.; Silink, M.; for the Australian Type 1 Diabetes Guidelines Expert Advisory Group. . <https://diabetessociety.com.au/documents/Type1guidelines14Nov2011.pdf>.
3. Malcolm J, Halperin I, Miller DB, et al. In-Hospital Management of Diabetes. *Can J Diabetes*. Apr 2018;42 Suppl 1:S115-s123. doi:10.1016/j.jcjd.2017.10.014
4. Agwu JCN, Ng S.M.; Edge, J.A.; Drew, J.H.; Moudiots, C.; Wright, N.P.; Kershaw, M.; Trevelyan, N.; Goonetilleke, R. Care of children under 18 years with Diabetes Mellitus undergoing Surgery. <http://www.a-c-d-c.org/wp-content/uploads/2012/08/Care-of-children-under-18-years-with-Diabetes-Mellitus-undergoing-Surgery-1.pdf>.
5. Martin LD, Hoagland MA, Rhodes ET, et al. Perioperative Management of Pediatric Patients With Type 1 Diabetes Mellitus, Updated Recommendations for Anesthesiologists. *Anesth Analg*. Apr 2020;130(4):821-827. doi:10.1213/ANE.0000000000004491
6. Jarvela KM, Khan NK, Loisa EL, Sutinen JA, Laurikka JO, Khan JA. Hyperglycemic Episodes Are Associated With Postoperative Infections After Cardiac Surgery. *Scand J Surg*. Jun 2018;107(2):138-144. doi:10.1177/1457496917731190
7. Dronge AS, Perkal MF, Kancir S, Concato J, Aslan M, Rosenthal RA. Long-term glycemic control and postoperative infectious complications. *Arch Surg*. Apr 2006;141(4):375-80; discussion 380. doi:10.1001/archsurg.141.4.375
8. Cruse PJ, Foord R. A five-year prospective study of 23,649 surgical wounds. *Arch Surg*. Aug 1973;107(2):206-10. doi:10.1001/archsurg.1973.01350200078018
9. Guvener M, Pasaoglu I, Demircin M, Oc M. Perioperative hyperglycemia is a strong correlate of postoperative infection in type II diabetic patients after coronary artery bypass grafting. *Endocr J*. Oct 2002;49(5):531-7. doi:10.1507/endocrj.49.531
10. Farahani F, Ahn J, Nakonezny PA, Wukich DK, Wimberly RL, Riccio AI. Postoperative Outcomes in Diabetic Pediatric Orthopaedic Surgery Patients: A National Database Study. *J Pediatr Orthop*. Sep 1 2021;41(8):e664-e670. doi:10.1097/BPO.0000000000001879
11. Kaufman FR, Devgan S, Roe TF, Costin G. Perioperative management with prolonged intravenous insulin infusion versus subcutaneous insulin in children with type I diabetes mellitus. *J Diabetes Complications*. Jan-Feb 1996;10(1):6-11. doi:10.1016/1056-8727(94)00044-1
12. van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients. *The New England journal of medicine*. Nov 8 2001;345(19):1359-67. doi:10.1056/NEJMoa011300
13. Finfer S, Chittock D, Li Y, et al. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients with traumatic brain injury: long-term follow-up of a subgroup of patients from the NICE-SUGAR study. *Intensive Care Med*. Jun 2015;41(6):1037-47. doi:10.1007/s00134-015-3757-6
14. Intensive versus Conventional Glucose Control in Critically Ill Patients. *New England Journal of Medicine*. 2009;360(13):1283-1297. doi:10.1056/NEJMoa0810625
15. Kao LS, Meeks D, Moyer VA, Lally KP. Peri-operative glycaemic control regimens for preventing surgical site infections in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. Jul 8 2009;(3):CD006806. doi:10.1002/14651858.CD006806.pub2
16. Doenst T, Wijesundera D, Karkouti K, et al. Hyperglycemia during cardiopulmonary bypass is an independent risk factor for mortality in patients undergoing cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. Oct 2005;130(4):1144. doi:10.1016/j.jtcvs.2005.05.049
17. Ata A, Valerian BT, Lee EC, Bestle SL, Elmendorf SL, Stain SC. The effect of diabetes mellitus on surgical site infections after colorectal and noncolorectal general surgical operations. *Am Surg*. Jul 2010;76(7):697-702.
18. Zerr KJ, Furnary AP, Grunkemeier GL, Bookin S, Kanhere V, Starr A. Glucose control lowers the risk of wound infection in diabetics after open heart operations. *Ann Thorac Surg*. Feb 1997;63(2):356-61. doi:10.1016/s0003-4975(96)01044-2
19. Buchleitner AM, Martinez-Alonso M, Hernandez M, Sola I, Mauricio D. Perioperative glycaemic control for diabetic patients undergoing surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. Sep 12 2012;(9):CD007315. doi:10.1002/14651858.CD007315.pub2
20. Krinsley JS, Schultz MJ, Spronk PE, et al. Mild hypoglycemia is independently associated with increased mortality in the critically ill. *Crit Care*. Jul 25 2011;15(4):R173. doi:10.1186/cc10322
21. Adler GK, Bonyhay I, Failing H, Waring E, Dotson S, Freeman R. Antecedent hypoglycemia impairs autonomic cardiovascular function: implications for rigorous glycemic control. *Diabetes*. Feb 2009;58(2):360-6. doi:10.2337/db08-1153
22. Martin-Timon I, Del Canizo-Gomez FJ. Mechanisms of hypoglycemia unawareness and implications in diabetic patients. *World J Diabetes*. Jul 2015;6(7):912-26. doi:10.4239/wjd.v6.i7.912
23. Faustino EV, Apkon M. Persistent hyperglycemia in critically ill children. *J Pediatr*. Jan 2005;146(1):30-4. doi:10.1016/j.jpeds.2004.08.076
24. Faustino EV, Bogue CW. Relationship between hypoglycemia and mortality in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med*. Nov 2010;11(6):690-8. doi:10.1097/PCC.0b013e3181e8f502
25. Kong MY, Alten J, Tofil N. Is hyperglycemia really harmful? A critical appraisal of "Persistent hyperglycemia in critically ill children" by Faustino and Apkon (*J Pediatr* 2005; 146:30-34). *Pediatr Crit Care Med*. Sep 2007;8(5):482-5. doi:10.1097/01.PCC.0000282778.86088.9D
26. Hirshberg E, Larsen G, Van Duker H. Alterations in glucose homeostasis in the pediatric intensive care unit: Hyperglycemia and glucose variability are associated with increased mortality and morbidity. *Pediatr Crit Care Med*. Jul 2008;9(4):361-6. doi:10.1097/PCC.0b013e318172d401
27. Agus MS. Tight glycemic control in children--is the target in sight? *The New England journal of medicine*. Jan 9 2014;370(2):168-9. doi:10.1056/NEJMe1313770
28. Agus MS, Asaro LA, Steil GM, et al. Tight glycemic control after pediatric cardiac surgery in high-risk patient populations: a secondary analysis of the safe pediatric euglycemia after cardiac surgery trial. *Circulation*. Jun 3 2014;129(22):2297-304. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.008124
29. Srinivasan V, Agus MS. Tight glucose control in critically ill children--a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Diabetes*. Mar 2014;15(2):75-83. doi:10.1111/pedi.12134
30. Jeschke MG, Kraft R, Emdad F, Kulp GA, Williams FN, Herndon DN. Glucose control in severely thermally injured pediatric patients: what glucose range should be the target? *Ann Surg*. Sep 2010;252(3):521-7; discussion 527-8. doi:10.1097/SLA.0b013e3181f2774c
31. Macrae D, Grieve R, Allen E, et al. A randomized trial of hyperglycemic control in pediatric intensive care. *The New England journal of medicine*. Jan 9 2014;370(2):107-18. doi:10.1056/NEJMoa1302564
32. Vlasselaers D, Milants I, Desmet L, et al. Intensive insulin therapy for patients in paediatric intensive care: a prospective, randomised controlled study. *Lancet*. Feb 14 2009;373(9663):547-56. doi:10.1016/S0140-6736(09)60044-1
33. Ling Y, Li X, Gao X. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Intern Med*. Sep 2012;23(6):564-74. doi:10.1016/j.ejim.2012.02.013
34. Agus MS, Wypij D, Hirshberg EL, et al. Tight Glycemic Control in Critically Ill Children. *The New England journal of medicine*. Feb 23 2017;376(8):729-741. doi:10.1056/NEJMoa1612348
35. Draznin B, Aroda VR, Bakris G, et al. 16. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care*. Jan 1 2022;45(Suppl 1):S244-s253. doi:10.2337/dc22-S016
36. Piper HG, Alexander JL, Shukla A, et al. Real-time continuous glucose monitoring in pediatric patients during and after cardiac surgery. *Pediatrics*. Sep 2006;118(3):1176-84. doi:10.1542/peds.2006-0347
37. Tripyla A, Herzog D, Joachim D, et al. Performance of a factory-calibrated, real-time continuous glucose monitoring system during elective abdominal surgery. *Diabetes Obes Metab*. Sep 2020;22(9):1678-1682. doi:10.1111/dom.14073
38. Olafsdottir AF, Attvall S, Sandgren U, et al. A Clinical Trial of the Accuracy and Treatment Experience of the Flash Glucose Monitor FreeStyle Libre in Adults with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technol Ther*. Mar 2017;19(3):164-172. doi:10.1089/dia.2016.0392
39. Ancona P, Eastwood GM, Lucchetta L, Ekinici EI, Bellomo R, Martensson J. The performance of flash glucose monitoring in critically ill patients with diabetes. *Crit Care Resusc*. Jun 2017;19(2):167-174.

40. Maahs DM, DeSalvo D, Pyle L, et al. Effect of acetaminophen on CGM glucose in an outpatient setting. *Diabetes Care*. Oct 2015;38(10):e158-9. doi:10.2337/dc15-1096
41. Basu A, Slama MQ, Nicholson WT, et al. Continuous Glucose Monitor Interference With Commonly Prescribed Medications: A Pilot Study. *J Diabetes Sci Technol*. Sep 2017;11(5):936-941. doi:10.1177/1932296817697329
42. Tellez SE, Hornung LN, Courter JD, et al. Inaccurate Glucose Sensor Values After Hydroxyurea Administration. *Diabetes Technol Ther*. Jun 2021;23(6):443-451. doi:10.1089/dia.2020.0490
43. Demma LJ, Carlson KT, Duggan EW, Morrow JG, 3rd, Umpierrez G. Effect of basal insulin dosage on blood glucose concentration in ambulatory surgery patients with type 2 diabetes. *J Clin Anesth*. Feb 2017;36:184-188. doi:10.1016/j.jclinane.2016.10.003
44. Mucha GT, Merkel S, Thomas W, Bantle JP. Fasting and insulin glargine in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. May 2004;27(5):1209-10.
45. Al-Khawari M, Al-Ruwayeh A, Al-Doub K, Allgrove J. Adolescents on basal-bolus insulin can fast during Ramadan. *Pediatr Diabetes*. Mar 2010;11(2):96-100. doi:10.1111/j.1399-5448.2009.00544.x
46. Baradari AG, Emami Zeydi A, Aarabi M, Ghafari R. Metformin as an adjunct to insulin for glycemic control in patients with type 2 diabetes after CABG surgery: a randomized double blind clinical trial. *Pak J Biol Sci*. Dec 1 2011;14(23):1047-54. doi:10.3923/pjbs.2011.1047.1054
47. Baradari AG, Habibi MR, Khezri HD, et al. Does high-dose metformin cause lactic acidosis in type 2 diabetic patients after CABG surgery? A double blind randomized clinical trial. *Heart Int*. 2011;6(1):e8. doi:10.4081/hi.2011.e8
48. Chumakova-Orin M, Vanetta C, Moris DP, Guerron AD. Diabetes remission after bariatric surgery. *World J Diabetes*. Jul 15 2021;12(7):1093-1101. doi:10.4239/wjcd.v12.i7.1093

## ANEXO 1. GUÍA DE INFUSIÓN DE LÍQUIDOS IV PARA PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS.

### 1.1 Guía de líquidos de mantenimiento

#### 1.1.1 Cloruro de sodio al 0.9 % con dextrosa al 5 %

- Intervención quirúrgica mayor y cualquier cirugía, cuando se haya administrado insulina basal.
- Si el NG fuera alto (>14 mmol/l, 250 mg/dl), usar cloruro de sodio al 0.9 % sin dextrosa y aumentar la insulina IV; tener en cuenta añadir dextrosa al 5 % cuando el NG caiga por debajo de 14 mmol/l (250 mg/dl).
- Usar el ritmo de mantenimiento (según se describe a continuación).

#### 1.1.2 Sodio

Hay evidencia de que podría aumentar el riesgo de hiponatremia aguda cuando se usan soluciones de mantenimiento hipotónicas (es decir, cloruro de sodio al 0.45 %) en niños hospitalizados. Por lo tanto, hay que usar cloruro de sodio al 0.9 %.

#### 1.1.3 Potasio

Se recomienda el monitoreo de electrolitos durante la intervención en las personas jóvenes con diabetes con niveles de glucosa inestables. Los niveles de potasio podrían aumentar, y es preciso evitar el uso intraoperatorio de líquidos IV con potasio para evitar un posible riesgo de administración excesiva de potasio en caso de reanimación con líquidos de emergencia. Quienes se sometan a intervenciones quirúrgicas más prolongadas o a intervenciones de emergencia, durante las que sea más probable una descompensación metabólica, necesitan una evaluación intraoperatoria de electrolitos y un ajuste adecuado de la composición de electrolitos de su solución IV.

#### 1.1.4 Ejemplo del cálculo de requisitos de mantenimiento:

	<b>Peso corporal</b>	<b>Requisito de líquidos/24 h</b>
Por cada kg entre	3-9 kg	100 ml/kg/24 horas (Para un niño de 5 kg: ~20 ml/hora)
Por cada kg entre	10-20 kg	Agregar 50 ml/kg/24 horas (Para un niño de 10 kg: ~40 ml/hora)
Por cada kg por encima de	20 kg	Agregar 20 ml/kg/24 horas

(Máximo 2000 ml/24 horas en mujeres, 2500 ml/24 horas en varones)

### 1.2 Solución salina con dextrosa

El porcentaje es un porcentaje de masa, por lo que una solución con glucosa/dextrosa al 5 % contiene 50 g/l de glucosa/dextrosa o 5 g/100 ml. Una (1) unidad de insulina suele eliminar 5-10 g de dextrosa/hora; dextrosa al 5 % a un ritmo de 40 ml/hora proporciona 2 g de dextrosa por hora, lo que requerirá de 0.1 a 2 U/hora de insulina (o según se disponga a continuación para la infusión de insulina de 0.025 U/kg/hora de insulina).<sup>5</sup>

## ANEXO 2. INFUSIÓN DE INSULINA

- Agregar 50 unidades de insulina soluble (regular) a 50 ml de cloruro de sodio al 0.9 %, haciendo una solución de 1 unidad de insulina/ml; adjuntar a la bomba con jeringa y etiquetarla con claridad como tal.
- Empezar la infusión como se explica, una vez que el NG sea >4 mmol/l (>70 mg/dl):
  - 0.025 ml/kg/hora (es decir, 0.025 U/kg/hora) si el NG es <6-7.9 mmol/l (110-143 mg/dl)
  - 0.05 ml/kg/hora (es decir, 0.05 U/kg/hora) si el NG es 8-11.9 mmol/l (144-215 mg/dl)
  - 0.075 ml/kg/hora (es decir, 0.075 U/kg/hora) si el NG es 12-14.9 mmol/l (216-269mg/dl)
  - 0.1 ml/kg/hora (es decir, 0.1 U/kg/hora) si el NG es ≥15 mmol/l >270 mg/dl)
- Ajustar la infusión en 0.01-0.03 U/kg/h para lograr el rango meta de NG de 5-10 mmol/l (90-180 mg/dl).
- El NG debe medirse por lo menos una vez por hora cuando la persona recibe insulina IV. Aumentar a una vez cada 30 minutos después de un cambio en el tratamiento o cada 15 minutos si el NG <5 mmol/l (80 mg/dl).
- No detener la infusión de insulina si el NG está entre 5 y 6 mmol/l (90 mg/dl), ya que esto causaría una hiperglucemia de rebote. Reducir el ritmo de infusión en un 50 %.
- La infusión de insulina podría detenerse temporalmente si el NG <4 mmol/l (70 mg/dl) pero por no más de 15 minutos.