d-médical

Diabetes tipo 1 en la edad pediátrica

Lo que se necesita saber para la autogestión de la diabetes

Madrid, marzo 2024

Autores

- **Dra. Raquel Barrio Castellanos**, diabetóloga pediátrica.
- **Dña. Lourdes Cartaya Otamendi,** licenciada en pedagogía.

El objetivo de este material educativo es proporcionar, a pacientes y familiares, información actualizada sobre la diabetes tipo 1, con el fin de facilitar la consecución de un adecuado control de la enfermedad con una buena calidad de vida.

En la elaboración de este libro han participado, indirectamente, muchas personas y sociedades que nos han permitido ir acumulando los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para conseguir estrategias para conseguir un buen control de la diabetes.

El objetivo actual del tratamiento es **MANTENER LA NORMOGLUCEMIA** que es la que nos ayudara a evitar, a largo plazo, las complicaciones. Esto debe ser conseguido sin riesgo de complicaciones agudas (hipoglucemia y cetosis) y con una buena calidad de vida. Para ello se necesita la participación de todos los implicados.

Lo primero es dar las gracias a todos los pacientes que nos han acompañado en el largo devenir de nuestra vida profesional y que han sido los que más nos han enseñado, en el día a día, lo que significa vivir con diabetes.

Además, queremos también dar las gracias a los profesionales con las que hemos intercambiado opiniones y experiencias que han enriquecido y modificado, a veces sustancialmente, nuestra práctica diaria. Asimismo, deseamos agradecer a las sociedades científicas, tanto nacionales como internacionales, la difusión de los avances que están surgiendo cada día en este mundo tan dinámico.

Sentimos que los pacientes, protagonistas de la enfermedad, han cogido las riendas del desarrollo de la terapia y este es un camino que nosotros queremos compartir.

Como los conocimientos sobre la diabetes evolucionan, este libro, cuya primera edición es de enero del año 2020, ha sido revisado de nuevo en marzo del año 2024.

Un cordial saludo.

Pasa el cursor por uno de los títulos y haz click para ir al contenido

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

MÓDULO 1: El páncreas: su función endocrina

MÓDULO 2: Insulina: secreción y acción

MÓDULO 3: Diabetes tipo 1: estadios, abordaje y periodo de remisión

MÓDULO 4: Clínica y diagnóstico de diabetes tipo 1

MÓDULO 5: Métodos de medición de glucosa y objetivos de control

MÓDULO 6: Terapia insulínica y terapias de reemplazo de las células beta

MÓDULO 7: Nutrición y diabetes tipo 1

MÓDULO 8: Ejercicio y diabetes tipo 1

MÓDULO 9: Hipoglucemia en diabetes tipo 1

MÓDULO 10: Hiperglucemia y cetosis tipo1

MÓDULO 11: Cálculo de la dosis de insulina y ajustes del tratamiento

MÓDULO 12: Tratamiento con bomba de insulina

MÓDULO 13: Sistemas integrados: parada en predicción de hipoglucemia

MÓDULO 14: Sistemas de asa cerrada híbrida (páncreas artificial)

MÓDULO 15: Sueño y diabetes

MÓDULO 16: Situaciones especiales: días de enfermedad, viajes, diabetes en la escuela, cirugía, celebraciones y fiestas.

MODULO 17: Telemedicina en diabetes tipo 1

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus tipo 1 (DM1) es una de las enfermedades crónicas más frecuentes en la edad pediátrica. Su incidencia está aumentando en alrededor de un 3% anual en el mundo, posiblemente debido a factores epigenéticos y ambientales. Es una condición grave que requiere tratamiento con insulina para su supervivencia. Es la forma más prevalente de diabetes en este grupo etario, aunque el 50% de la diabetes tipo 1 aparecen en la edad adulta. Se estima que, aproximadamente, 96.000 niños menores de 15 años desarrollan DM1 anualmente en el mundo.
Ya en el año 1993, el estudio DCCT (Diabetes Control and Complications Trial) demostró que un buen control glucémico protege y/o enlentece la aparición de las complicaciones crónicas tanto a nivel renal, retiniano como cardiovascular. Cuando la DM1 se inicia en la edad pediátrica o en el adulto joven, la evolución de la enfermedad es larga y el control metabólico es fundamental para prevenir la aparición de dichas complicaciones.

Los avances en el tratamiento de la DM1 han llevado a disminuir el riesgo de complicaciones, retrasar el momento de aparición y enlentecer su evolución, aumentando de forma global la calidad de vida de los pacientes.

La educación nutricional, con la valoración del tipo y cantidad de los hidratos de carbono (HC) y la utilización de la ratio insulina-carbohidratos, ha permitido optimizar la dosificación de insulina para cubrir las ingestas. La utilización actual del régimen de tratamiento basal-bolo con múltiples dosis de insulina (MDI) o la infusión subcutánea continua de insulina (ISCI) junto a la monitorización continua de glucosa (MCG) y la conexión de ambas con un algoritmo para la liberación automática de insulina (“páncreas artificial” o sistemas híbridos avanzados de asa cerrada) facilita la obtención de un mejor control. Pero es la educación terapéutica continuada, impartida por profesionales cualificados, a los pacientes y las familias, la que permitirá conseguir los objetivos de un excelente control con una buena calidad de vida. Es esta educación el principal instrumento terapéutico para conseguir la implicación del entorno familiar en el cuidado de los pacientes pediátricos con diabetes.

VOLVER AL ÍNDICE

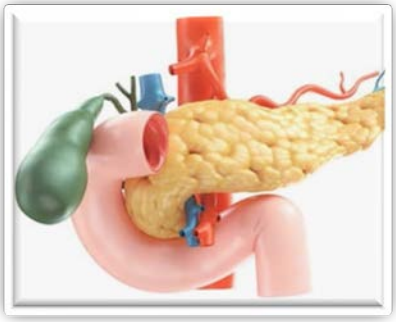
MÓDULO 1

PÁNCREAS Y SU FUNCIÓN ENDOCRINA

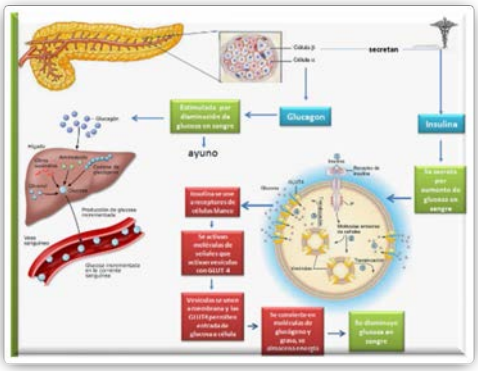
1. EL PÁNCREAS ¿CUÁL ES SU FUNCIÓN?
2. ¿QUÉ ES LA INSULINA?
3. ¿QUÉ ES EL PÉPTIDO C?
4. ¿QUÉ ES EL GLUCAGÓN?
5. ¿CÓMO REGULA EL PÁNCREAS EL CONTROL DE LA GLUCOSA EN EL ORGANISMO?
6. ¿QUÉ PAPEL JUEGA EL HÍGADO EN EL CONTROL DE LA GLUCOSA?
7. ¿QUÉ SON LOS CUERPOS CETÓNICOS?

1. EL PÁNCREAS ¿CUÁL ES SU FUNCIÓN?

El páncreas es un órgano que está situado en el abdomen, en una zona posterior al estómago y rodeado en parte por el intestino. El páncreas se encarga de producir y verter al intestino delgado enzimas (*lo que se conoce como* ***función exocrina*****)** que contribuyen a la digestión de los alimentos, principalmente proteínas y grasas, pero también de los hidratos de carbono, así como de segregar hormonas (***función endocrina*****)** principalmente la insulina y el glucagón, ambas hormonas tienen acciones antagónicas.



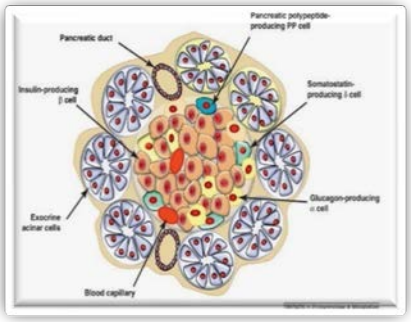
En un organismo sano, el nivel de glucosa se mantiene estable en un rango estrecho *(entre 70 y 99 mg/dl durante la noche y en ayunas y no superior a 140 mg/dl a las 2 horas de una ingesta)* a pesar de la alimentación, el ejercicio, el estrés… etc. Todo ello mediante la producción regulada de insulina y glucagón que son vitales para mantener dicho equilibrio.



Cuando se elevan los niveles de glucosa en el organismo se libera insulina para regularlo y se inhibe la producción de glucagón y ocurre a la inversa cuando descienden los niveles de glucosa.

2. ¿QUÉ ES LA INSULINA?

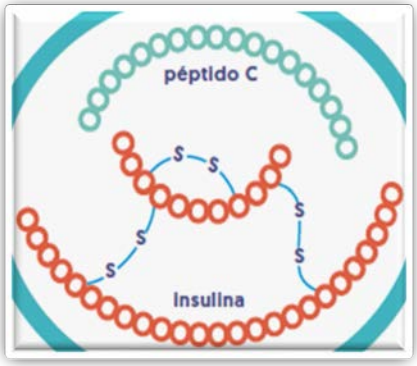
La insulina es una hormona producida por las células beta del páncreas. Estas forman parte de los islotes de Langerhans (constituyen el 60% del islote). La función principal de la insulina es intervenir en el metabolismo de la glucosa que proviene de la alimentación o la producida dentro del organismo.



La insulina permite la entrada de glucosa en las células, fundamentalmente en el músculo y en el adipocito *(célula grasa)*, para que tengan energía y al tiempo favorece el almacenaje de glucosa en forma de glucógeno en el hígado y en el músculo, principalmente. Cuando se ha acumulado suficiente glucógeno, la glucosa restante, facilitado por la insulina, se transforma en grasa que queda almacenada en los adipocitos.

3. ¿QUÉ ES EL PÉPTIDO-C?

El péptido-C se produce en la célula beta del páncreas junto a la insulina y se segregan unidas, lo que se conoce como **proinsulina** *(el péptido-C une las dos cadenas de la insulina y al ser secretada se separa de ellas).*



Ambos: insulina y péptido-C son secretados en cantidades equivalentes. Por eso, la determinación del péptido-C puede mostrar cuánta insulina está produciendo la célula beta Su determinación es útil porque el péptido-C tiende a permanecer en el organismo más tiempo que la insulina (*20 a 30*

minutos vs 3 a 5 minutos de la insulina). Mientras la mitad de la insulina es metabolizada por el hígado, el péptido-C tiene poco aclaramiento hepático y se excreta *(elimina)* exclusivamente por el riñón.

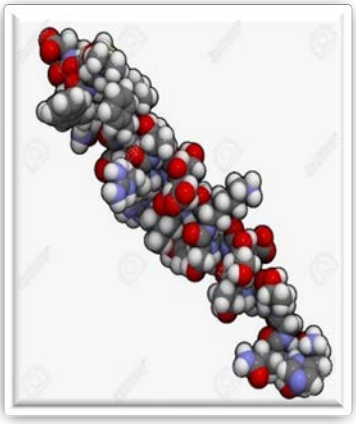
En las personas con diabetes tratadas con insulina, la determinación de insulina en sangre puede estar enmascarada por la insulina exógena administrada. Por lo tanto, en estas circunstancias, la determinación del péptido-C es un buen marcador de la producción de insulina por el organismo.

La valoración de la reserva pancreática puede hacerse, entre otros, mediante la determinación basal de péptido-C o la respuesta de este tras su estimulación (*por una comida o administración de glucagón).* La secreción del péptido-C va disminuyendo a lo largo de la evolución de la diabetes.

En concentraciones normales, el péptido-C mejora el flujo sanguíneo microvascular *(vasos pequeños)* y la función endotelial de esos vasos *(libera óxido nítrico).* Por lo que vemos que este péptido tiene importantes funciones fisiológicas.

Niveles altos de péptido-C han demostrado, en diversos estudios, incluyendo el estudio del DCCT, ser protectores de las complicaciones de la diabetes. Los pacientes con niveles bajos de péptido-C tienen mayor variabilidad de la glucosa y mayor riesgo de hipoglucemia. Por eso, es tan importante que prolonguemos su presencia el mayor tiempo posible, lo que significa prolongar, entre otros, el periodo de remisión. En la actualidad, se están haciendo estudios para encontrar medicaciones que permitan preservar la función de la célula beta.

4. ¿QUÉ ES EL GLUCAGÓN?



Es una hormona producida por las células alfa de los islotes pancreáticos que se libera cuando se precisa aumentar los niveles de glucosa *(por ejemplo, ante una hipoglucemia).* Actúa en el hígado facilitando la producción de glucosa. Esto, por ejemplo, ocurre durante el ayuno, lo que ayuda a preservar los niveles adecuados de glucosa durante la noche o tras periodos prolongados de ayuno. Si no tenemos glucagón suficiente utilizamos las grasas como fuente de energía.

5. ¿CÓMO REGULA EL PÁNCREAS EL CONTROL DE LA GLUCOSA EN EL ORGANISMO?

Los niveles de glucosa se mantienen en el organismo en unos límites estrechos, para ello debe haber un equilibrio entre la secreción de insulina y la secreción de glucagón. Si los niveles de glucosa bajan, se inhiben la producción de insulina y aumenta la liberación de glucagón. Si los niveles de glucosa aumentan, el páncreas libera insulina de forma rápida y se inhibe la secreción de glucagón.

La glucosa es una de las principales fuentes de energía del organismo, siendo prácticamente el único sustrato del tejido cerebral.

6. ¿QUÉ PAPEL JUEGA EL HÍGADO EN EL CONTROL DE LA GLUCOSA?

La insulina segregada por el páncreas pasa por la vía porta inicialmente al hígado donde ejerce el 50% de su efecto (*esto indica la importancia del hígado en el control de la glucosa).*

El hígado actúa como depósito de glucosa en forma de glucógeno (*favorecido por la acción de la insulina*) que constituye la reserva para cuando se precisa glucosa. Cuando necesitamos que el glucógeno se trasforme en glucosa juega un papel importante el glucagón. Si no hay reservas de glucógeno se consumen grasas y se producen cuerpos cetónicos.

7. ¿QUÉ SON LOS CUERPOS CETÓNICOS?

Como ya hemos comentado, cuando las reservas de glucógeno se agotan, y no hay glucosa disponible, el organismo necesita aumentar el metabolismo de las grasas para obtener energía. En esta situación se generan los cuerpos cetónicos.

Esta situación puede ocurrir en relación, por ejemplo, con el ayuno nocturno, y se considera fisiológico que pueda haber una pequeña cantidad de cuerpos cetónicos en sangre inferior a 0,6 mmol/L.

Cuando hay reservas de carbohidratos, pero éstas no pueden ser aprovechadas por las células por ausencia de insulina, ocurre algo semejante. Aumenta la obtención de energía a través de la oxidación de los ácidos grasos y se producen cuerpos cetónicos. Si esta situación se mantiene, los cuerpos cetónicos se acumulan en

exceso y pueden alterar el pH sanguíneo, ya que son ácidos, y producir una situación que puede llevar a una situación grave de cetoacidosis (CAD).

Así pues, si los cuerpos cetónicos están elevados, quiere decir que el organismo no está siendo capaz de utilizar la glucosa como fuente de energía, bien por falta de glucosa o bien por falta de insulina.

Hace años, se consideraba que los cuerpos cetónicos eran sólo sustancias de desecho, hoy sabemos que además pueden ser utilizados como sustrato energético por el cerebro, el corazón y en pequeña medida por otros tejidos.

Los cuerpos cetónicos pueden medirse en sangre y en orina. El mejor marcador de su nivel, en un determinado momento, es la determinación en sangre del nivel de beta hidroxibutírico *(cetonemia).* Esta valoración la puede hacer el propio paciente mediante tiras reactivas específicas con un aparato de medición. En la actualidad existe ya un sistema de medición continua de cuerpos cetónicos (beta hidroxibutírico) en líquido intersticial que va a tener múltiples aplicaciones.

Valores de los cuerpos cetónicos

Normal	< 0,6 mmol/mol
Ligeramente elevado	0,6-1,5 mmol/mol
Riesgo de cetoacidosis	1,6-3 mmol/mol
Acidosis importante	>3 mmol/mol

Si la glucosa está muy alta y los cuerpos cetónicos muy positivos indican que hay déficit importante de insulina y hay que actuar con rapidez por el riesgo de cetoacidosis diabética grave.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 2

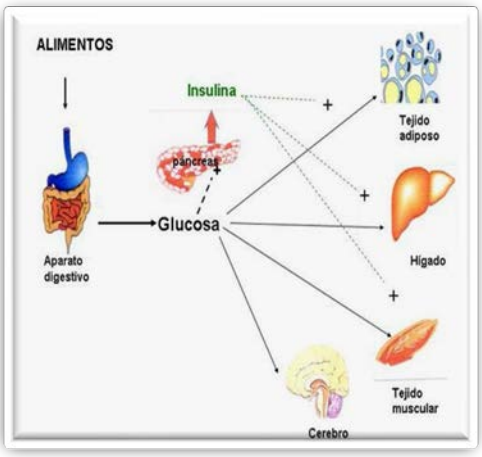
INSULINA: SU SECRECIÓN Y ACCIÓN

1. FUNCIONES DE LA INSULINA
2. SECRECIÓN FISIOLÓGICA (*NORMAL*) DE INSULINA

1. FUNCIONES DE LA INSULINA

Como hemos expuesto en el módulo anterior, la insulina es una hormona producida por las células beta del páncreas, su función principal es intervenir en el metabolismo de la glucosa que proviene de la alimentación o la producida dentro del organismo pero tiene más acciones.

1. Sobre los hidratos de carbono

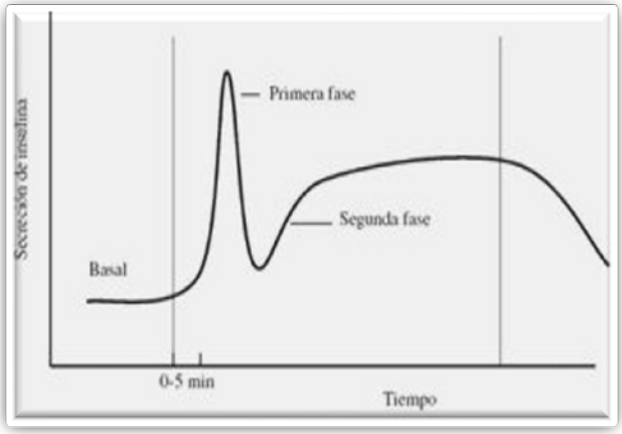


* Facilita la entrada de glucosa en las células para aportar energía *(en las células del cerebro la glucosa entra sin necesidad de insulina).*
* Facilita el depósito de glucosa en forma de glucógeno en el hígado y los músculos, principalmente.
* Intervine en la transformación del exceso de glucosa en grasa y su acúmulo en los adipocitos.

2. Sobre las grasas y las proteínas

* Facilita la formación de grasas.
* Inhibe la escisión de las grasas en ácidos grasos.
* Facilita el transporte de aminoácidos a las células que son la base para la formación de proteínas

2. SECRECIÓN DE INSULINA



La célula beta segrega la insulina en pulsos y lo hace en dos fases:

- Una **fase rápida o precoz** (*a partir de la insulina ya almacenada en las vesículas de la célula beta*) que es proporcional a los niveles de glucosa de la sangre, comienza a los 20-30 segundos después del estímulo y se mantiene 4 a 6 minutos
- Una 2ª **fase más tardía** (*unos 10 a 15 minutos después*) que viene de la insulina de nueva producción, que es más mantenida.

El principal estímulo de secreción de insulina es la glucosa, pero también la estimulan ciertos aminoácidos y las hormonas gastrointestinales denominadas **incretinas (GLP1 y GIP)** que se liberan en el intestino al contacto con los nutrientes y aumentan el poder secretor de insulina por la glucosa.

Existe un fenómeno denominado **GLUCOTOXICIDAD** *(toxicidad por el exceso de glucosa)* que lleva a una alteración en la función de la célula beta con una menor producción de insulina y, además, a una disminución en la respuesta de los tejidos a la misma (*resistencia a la insulina*).

Secreción de insulina lo largo de las 24 horas del día

En realidad, el cuerpo produce un único tipo de insulina, sólo que en determinados momentos produce mayores cantidades que en otros.

La distinción entre necesidades de insulina basal *(necesaria cuando no se come y a lo largo de la noche)* y de insulina en bolos *(necesaria para cubrir las comidas)* nos sirve como concepto para el tratamiento, tanto con múltiples dosis de insulina (MDI) como con bomba de insulina (ISCI).

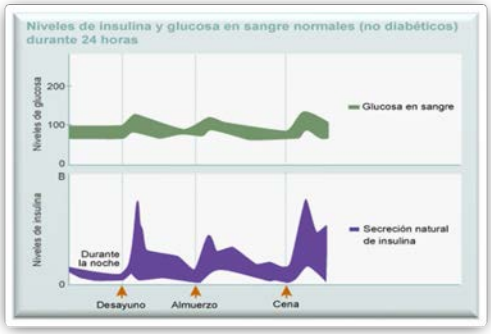
En el régimen de MDI las necesidades basales se cubre con insulina de acción prolongada y las ingestas y las correcciones de las hiperglucemias con insulina de acción rápida.

En el tratamiento con bomba solo se utiliza insulina rápida o ultrarrápida, tanto para cubrir las necesidades basales, como para cubrir las ingestas y realizar las correcciones de las hiperglucemias.

Distinguimos entonces entre secreción basal y la estimulada por la ingesta.

Secreción basal

Es la que cubre la noche y los periodos tardíos posteriores a la ingesta para regular la salida de glucosa hepática y metabolizar la glucosa. Las necesidades de insulina basal son variables entre personas, a lo largo de la vida y de las 24 horas del día.



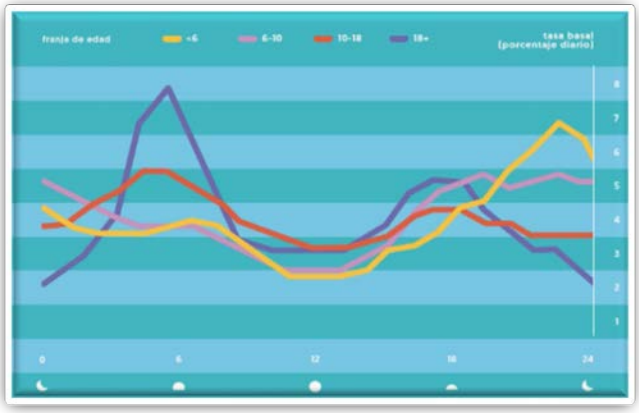
Secreción estimulada por la ingesta

Fisiológicamente, la respuesta de insulina es rápida y proporcional a la ingesta.

Cuando comemos, el páncreas produce mayores cantidades de insulina, pues se estimula no solo por el aumento de glucosa en sangre sino también por la secreción de incretinas *(hormonas gastrointestinales que se segregan en el intestino por estímulo de la ingesta de carbohidratos, proteínas y grasas).*

A esta secreción de insulina puntual, las denominamos “bolos de insulina”.

Patrones de necesidades basales de insulina



Las necesidades basales de insulina varían en las distintas edades de la vida, con variaciones a veces muy marcadas a lo largo de las 24 horas. Esto hace difícil su substitución en las personas con diabetes, sobre todo, cuando se utilizan para la substitución de la insulina basal la insulina de acción prolongada, esto mejora con la administración de insulina mediante sistemas de infusión continua *(bombas de insulina)* y es remedada con la utilización de los sistemas automáticos de liberación de insulina *(páncreas artificial o sistemas automáticos de liberación de insulina).*

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 3

DIABETES TIPO 1: ESTADIOS Y PERIODO DE REMISIÓN

1. ¿QUÉ ES LA DIABETES?
2. TIPOS DE DIABETES
3. DIABETES TIPO 1
   - Fases de la diabetes
   - Periodo de remisión
   - Nuevos abordajes
4. RIESGO DE PADECER DIABETES TIPO 1

1. ¿QUÉ ES LA DIABETES?

La diabetes mellitus (DM), comprende un grupo heterogéneo de alteraciones metabólicas caracterizadas por la presencia de hiperglucemia (*elevación de la glucosa en sangre)* crónica en ausencia de tratamiento. En todos los subtipos, hay disfunción o destrucción de las células beta pancreáticas a los que se llega por distintos mecanismos. Puede ser debido a defectos en la secreción y/o acción de la insulina que lleva a anomalías en el metabolismo de los hidratos de carbono, grasas y proteínas.

Los subtipos de diabetes son importantes para el correcto diagnóstico, para guiar la elección del tratamiento y tomar decisiones en aquellos pacientes cuyo control es insatisfactorio

Las formas más frecuentes de diabetes son:

- La diabetes tipo 1 (DM1), la más frecuente en la edad pediátrica (90%) y en el adulto joven, con destrucción (inmunomediada) de las células beta y deficiencia muy marcada de insulina.
- La diabetes tipo 2 (DM2), emergente en este grupo de edad, ligada al aumento de obesidad y sobre todo en ciertas etnias. En la DM2 existe varios grados de disfunción de la célula beta y resistencia a la insulina, generalmente asociada a obesidad o sobrepeso.

2.TIPOS DE DIABETES

El desarrollo de la genética molecular ha permitido a los clínicos identificar un número creciente de subtipos de diabetes monogénicas que tiene implicaciones importantes en la elección del tratamiento. Esto, junto al mayor conocimiento de la patofisiología lleva hacia el desarrollo de las terapias personalizadas y a la medicina de precisión.

- Diabetes tipo 1: autoinmune que lleva a un déficit de insulina
- Diabetes tipo 2: resistencia a la insulina y déficit de función de la célula beta
- Diabetes monogénica: por alteración de algún gen relacionado con la función de la célula beta o con la acción de la insulina. Hereditaria y a veces por mutaciones de “novo”.
- Diabetes gestacional: que aparece durante el embarazo
- Otros tipos de diabetes
  - ligadas a enfermedades del páncreas exocrino
  - diabetes relacionada con fibrosis quística
  - diabetes relacionada con fármacos…etc.
  - diabetes fulminante…

3. DIABETES TIPO 1

La DM1 es una enfermedad poligénica con determinantes ambientales (no bien conocidos: estos incluyen infecciones virales y/o bacterianas, factores dietéticos, tóxicos, déficit de vitaminas y nutrientes) que lleva a respuesta inmune contra las células beta, promueven la muerte de dichas células y ocasiona una dependencia permanente de la insulina exógena. Intervienen factores genéticos de susceptibilidad, el HLA *(antígeno leucocitario humano)* confiere el 50% del riesgo [DR3/DQ2-DR4/DQ8].

Hay presencia de uno o más marcadores de esta inmunidad (*anticuerpos GAD [descarboxilasa del ácido glutámico], IA2 [autoanticuerpos asociados a insulinoma 2], anticuerpos antiinsulina y autoanticuerpos contra el transportador 8 del zinc]*). Los autoanticuerpos están presentes en el 90-95% de los pacientes con DM1 al diagnóstico. Su titulación disminuye con la evolución.

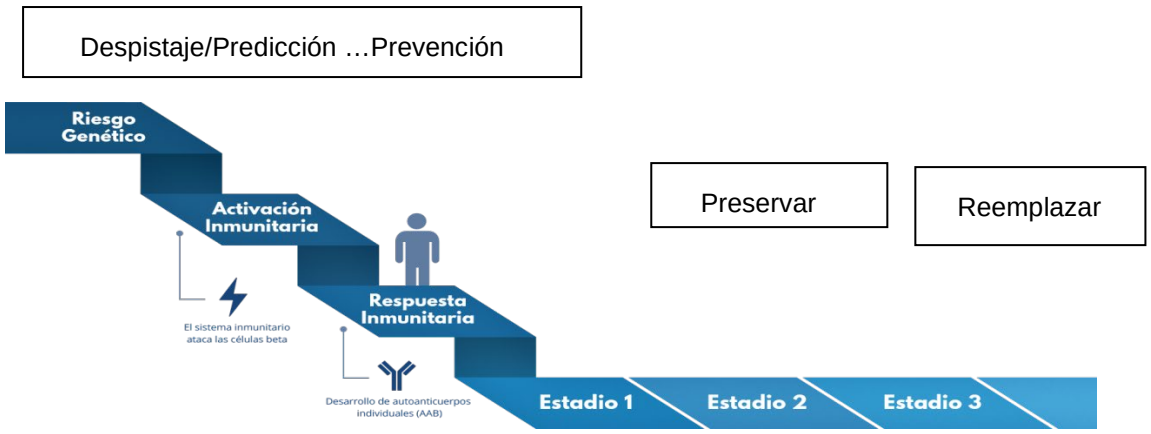
Estadios de la diabetes

Estos estadios evidencian la evolución de la DM1 en el tiempo. Sirven para ver el riesgo de progresión a diabetes y para probar tratamientos que puedan enlentecer o impedir la evolución a diabetes clínica. Se han identificado tres estadios antes de la diabetes clínica y un pre-estadio 1 que incluye individuos con predisposición genética a la autoinmunidad contra los islotes pancreáticos en quienes los autoanticuerpos no son aún detectables. La masa funcionante de células beta va disminuyendo a lo largo de los distintos estadios de la diabetes.

Estadio 1: con presencia de múltiples autoanticuerpos (2 o más) que indican autoinmunidad contra la célula beta, niveles normales de glucosa y sin síntomas. Su duración oscila entre meses a años.

Estadio 2: presencia de múltiples autoanticuerpos, con aumento de los niveles de glucosa en rango no diabético y sin síntomas. HbA1c entre 5.7 y 6.4%.

Estadio 3: la presencia de múltiples autoanticuerpos, aumento en los niveles de glucosa en rango de diabetes (ADA 2024) o HbA1c ≥6.5% y síntomas de diabetes.

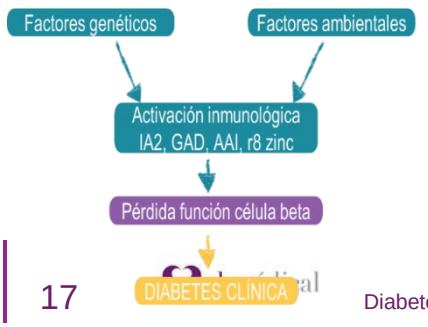


La duración de estos estadios es variable. La mayoría de los niños con múltiples anticuerpos progresan a diabetes en los siguientes 15 años.

El **despistaje del riesgo de DM1** está ganando terreno tanto en USA, Australia como en Europa, con el objetivo de identificar individuos de riesgo en estadios precoces para poder ofrecerles intervenciones que retrasen o prevengan la diabetes. Otro aspecto positivo es disminuir el riesgo de cetoacidosis diabética (CAD) al diagnóstico (en general, a menos del 5%), lo que disminuiría la morbilidad (edema cerebral, shock, alteraciones neurocognitivas) y la mortalidad. Además, el diagnóstico precoz del riesgo de padecer diabetes da tiempo para educar a las familias. Primero se inició en familiares de pacientes con diabetes tipo 1 y ahora está en discusión si ampliar el despistaje a la población general.

Las **intervenciones** pueden realizarse en el estadio 2 para parar o enlentecer el paso a estadio 3 o en el estadio 3 para prolongar la función de la célula beta y mantener el periodo de remisión. Todo esto se está intentando con inmunomoduladores. El primer agente, el Teplizumab [Tzield]) (anticuerpo monoclonal anti CD3), ha sido aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) de USA en octubre 2022 y por la EMA de la EU para aplicarlo en estadio 2 para retrasar la progresión a estadio 3, en los sujetos de riesgo de DM1. Los estudios han demostrado un retraso de unos 2 años en el diagnóstico de diabetes. En la actualidad hay otros muchos otros agentes en estudio tanto en estadio 2 como 3 de la diabetes tipo 1. .

Endotipos de la DM1



Como ya hemos apuntado, la DM1 es heterogénea desde el punto de vista genético, clínico y de los mecanismos biológicos de base. Se reconocen ahora, siguiendo a los estudios de la universidad de Exeter,

dos **endotipos** de DM1 con distintos hallazgos histológicos, respuesta a la inmunoterapia y pérdida de células beta.

Endotipo 1 (DM1E1) en niños menores de 7 años con fenotipo hiperinmune CD20Hi con insulitis marcada, que presentan una rápida pérdida de la producción de insulina con destrucción acelerada de las células beta y un incremento de la relación proinsulina/péptido C.

Endotipo 2 (DM1E2) en mayores de 13 años con fenotipo poco inmune CD20HLo, con menor insulitis, retienen alrededor del 40% de los islotes productores de insulina al diagnóstico lo que implica un mayor déficit funcional de la célula beta que una perdida absoluta de dichas células, con mayor persistencia de la reserva pancreática, menor relación proinsulina/ péptido C.

Entre los 7 y 13 años pueden tener características intermedias entre ambos endotipos.

Esta distinción podría llevar a comprender mejor la causa de la enfermedad y conducir a diferentes aproximaciones terapéuticas si podemos reactivar las células productoras de insulina inactivas en el grupo de edad más avanzada.

Periodo de remisión parcial en la diabetes tipo 1

Tras el diagnóstico y control de la diabetes, en unas pocas semanas, disminuyen las necesidades de insulina, ya que las células beta recuperan parte de su función (*que se mide mediante el nivel de péptido C basal o estimulado),* con el consiguiente incremento en la capacidad para producir insulina, al disminuir el efecto tóxico de la hiperglucemia sobre las mismas *(con disminución del ataque autoinmune)* y a la mejoría en la respuesta a la insulina al controlarse la glucemia.

Se considera remisión completa cuando se mantiene un control glucémico normal (HbA1c <6%), sin administración de insulina, hecho extremadamente infrecuente y casi anecdótico (0-3.2%). Hablamos de remisión parcial (PRP) cuando existe un grado variable de recuperación de la función β pancreática, sin llegar a la independencia absoluta de insulina exógena.

Por lo que, de aquí en adelante vamos a referirnos al **periodo de remisión parcial**. La remisión la consiguen alrededor del 50-65% de los pacientes y es transitoria. Se ha visto que, a largo plazo, los que hacen remisión tienen ventajas sobre los que no la hacen, con un mejor pronóstico de la enfermedad.

El periodo de remisión se define internacionalmente con distintos criterios, pero el más extendido es el Mortensen y cols. del 2009, que se conoce como índice IDAA1c [*Insulin Dose Adjusted A1c]* que utiliza una fórmula que ajusta la dosis de insulina a la HbA1c (y se corresponde a unas necesidades de insulina < *0,3 u/kg/día).*

IDAA1c = **HbA1c% + 4 x (dosis insulina u/kg/día) = ≤ 9 periodo de remisión**

En la mayoría de los pacientes (61%) el PRP ocurre aproximadamente a los 3 meses tras el diagnóstico, siendo su duración variable entre semanas y meses.

Es importante conseguir y mantener el periodo de remisión ya que tiene implicaciones positivas, a corto y largo plazo, facilita el control de la diabetes, disminuye el riesgo de complicaciones crónicas, disminuye el riesgo de sufrir hipoglucemia grave, mejora el crecimiento en la infancia y el perfil lipídico. Este periodo precisa un tratamiento intensivo para evitar perder la reserva pancreática *(la monitorización continua de glucosa y el ejercicio juegan un papel fundamental)*.

4. RIESGO DE PADECER DIABETES TIPO 1

El riesgo de DM1, teniendo en cuanta la susceptibilidad genética ligada al HLA y a la presencia de familiares con DM1 *es el* siguiente:

HLA riesgo (DR3-DR4 o DR3/DR4) o familiar con DM1	**Riesgo del 5%**
HLA riesgo + familiar con DM1	**Riesgo del 10-20%**
Múltiples familiares con DM1	**Riesgo del 20-25%**
Múltiples familiares con DM1 + HLA riesgo	**Riesgo hasta del 50%**
Gemelo de paciente con DM1 + HLA riesgo o hermano con DM1 + HLA riesgo	**Riesgo hasta el 30-70%**

Insell y cols, Diabetes Care 2015

Se ha visto que cuanto menor edad tiene el paciente al diagnóstico mayor es la influencia genética. En los gemelos homocigotos la concordancia de diabetes es mayor cuanta menor edad tiene el gemelo afecto al diagnóstico de la diabetes

En las personas seguidas por tener autoinmunidad positiva o HLA de riesgo, el diagnóstico clínico de diabetes es más precoz, con niveles más bajos de HbA1c y menor riesgo de cetoacidosis diabética.

¿EXISTE CURA FUNCIONAL DE LA DIABETES TIPO 1?

En la actualidad, todavía no, pero se están dando un nuevo enfoque con la utilización de la terapia celular. Se están haciendo terapias experimentales con células madre diferenciándolas en células beta productoras de insulina que se trasplantan al paciente. Esta metodología tiene potencial de utilizarse a una escala mucho mayor que el trasplante de células beta de donantes o el trasplante total de páncreas.

Estas células diferenciadas en células beta se trasplantan al paciente con diabetes tipo 1 y para evitar su destrucción por la autoinmunidad se asocian inmunosupresores o se encapsulan para evitar que lleguen las células inmunológicas destructoras (por tanto en este último caso no requieren medicación inmunosupresora de por vida), pero permitiendo la llegada de nutrientes a las células beta; o empleando la tecnología CRISPR para modificar los genes que expresan estas células beta diferenciadas para impedir su destrucción autoinmune.

Los primeros resultados con esta terapia de la empresa Vertex han demostrado que se puede restaurar, en personas con diabetes tipo 1, la secreción de insulina. Hay ensayos en marcha con todo este tipo de abordajes. Hasta ahora los resultados son interesantes, pero la investigación está en las primeras etapas.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 4

CLÍNICA Y DIAGNÓSTICO DE LA DIABETES

1. CLÍNICA DE DIABETES
2. DIAGNÓSTICO DE LAS ALTERACIONES HIDROCARBONADAS
    A. alteración de la glucemia en ayunas
    B. alteración de la tolerancia a la glucosa
    C. criterios bioquímicos de diabetes
3. ¿QUÉ ES LA HBA1C?

1. CLÍNICA DE DIABETES

- Hay variabilidad en la presentación inicial de la diabetes. La historia típica comienza unas 2 a 6 semanas antes del diagnóstico con:

    - Poliuria *(orinar mucho)* con nicturia *(orinar por la noche).* [*niños que controlaban el esfínter vesical pueden perderlo, sobre todo por la noche*].
    - Polidipsia *(beber mucho)*
    - Cambios en el apetito *(en niños pequeños a veces poco apetito y en general, aumento de apetito)*
    - Pérdida de peso
    - Cansancio

Puede haber un comienzo atípico, en estos casos el diagnóstico suele ser más tardío y con más frecuencia en cetoacidosis diabética (CAD). Esto ocurre con más frecuencia en los niños más pequeños. La forma de comienzo también depende de la edad, en general, los niños más pequeños tienen un comienzo más rápido, mientras que otros pacientes tienen un comienzo más lento a lo largo de meses.

El seguimiento de los niños de riesgo permite el diagnóstico precoz y evitar la cetoacidosis (CAD).

El diagnóstico y el inicio del tratamiento deben ser precoces. La forma de debut influye no solo en el riesgo en ese momento si no en el control posterior de la diabetes.

2. CRITERIOS DIAGNÓSTICOS

Los criterios diagnósticos de **diabetes DM1** están basados en la medida de glucosa en plasma sanguíneo en el laboratorio (ADA 2024, ISPAD 2022).

1. Determinación de glucemia al azar

- glucemia ≥ 200 mg/dl (11,1 mmol/l)
- con o sin presencia de síntomas de diabetes: poliuria + polidipsia + nicturia/enuresis + pérdida de peso + astenia.

En las formas más graves pueden llegar a cetoacidosis y hasta el coma. Si existen cuerpos cetónicos significativos en el momento del diagnóstico el tratamiento es urgente para evitar el desarrollo de CAD.

2. Si no existen síntomas

- glucemia en ayunas (mínimo 8 h) ≥ 126 mg/dl (7,0 mmol/l)
- glucemia 2 h. de una sobrecarga oral de glucosa (SOG) ≥ 200 mg/dl (11,1 mmol/l) en dos ocasiones.

HbA1c ≥6,5% (*realizada en el laboratorio, estandarizada IFCC y DCCT*), si es inferior no excluye el diagnóstico. Se considera una HbA1c entre 5,7 y 6,4 marcador de estadio 2 de diabetes junto con la presencia de autoanticuerpos contra la célula beta. En pediatría no está clara la utilización de la HbA1c como un criterio aislado para el diagnóstico de diabetes.

La hiperglucemia detectada en contexto de enfermedad aguda, traumatismo u otras situaciones de estrés, puede ser transitoria y no debe ser clasificada como diabetes.

ES RARA LA NECESIDAD DE HACER UNA SOBRECARGA ORAL DE GLUCOSA PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES TIPO 1.

Definición analítica de las fases previas a la diabetes

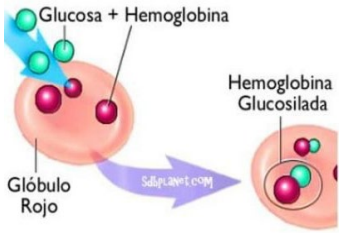
Glucemia normal en ayunas **< 100 mg/dl (5,6 mmol/l)]**
Glucemia normal a 2 h SOG **< 140 mg/dl (7,8 mmol/l)**

Alteración de la glucosa en ayunas (AGA)
Glucemia ayunas **100-125 mg/dl (5,6-6,9 mmol/l)**

Alteración de la tolerancia a la glucosa (ATG)
Glucemia a 2 h SOG **140-200 mg/dl (7,8-11,1 mmol/l)**

3. ¿QUÉ ES LA HEMOGLOBINA GLICADA O HBA1C?

La glucosa se une de manera irreversible a la hemoglobina que es una proteína que circula en la sangre dentro de los glóbulos rojos *(estos tienen una vida media de 120 días)* formando la hemoglobina glicada (HbA1c).



Por tanto, el nivel de HbA1c refleja el promedio de glucosa de los últimos 2-3 meses. Lo que más influye son las 4 semanas previas (*con alrededor del 50% del valor*).

Los últimos días no influyen ya que la glicación reciente es reversible.

LA HBA1C ES EL MARCADOR INDIRECTO CLAVE PARA EL VER EL RIESGO DE DESARROLLAR DE COMPLICACIONES A LARGO PLAZO EN PERSONAS CON DIABETES MELLITUS TIPO 1 (DCCT1993).

Utilizar la HbA1c como dato único del control de la diabetes presenta una serie de limitaciones: falta de información sobre las desviaciones diarias de la glucemia y sobre las complicaciones agudas de la misma (hipoglucemia e hiperglucemia). Asimismo, situaciones tales como anemias, deficiencia de hierro, hemoglobinopatías y el embarazo, entre otras, pueden alterar las medidas de HbA1c.

Pese a ello, es la única herramienta evaluada prospectivamente para valorar el riesgo de complicaciones de la diabetes, por lo que su importancia en la toma de decisiones clínicas no debe infravalorarse, sino que debe ser el complemento a los datos glucómetricos medidos mediante monitorización continua de glucosa.

EL OBJETIVO DE HBA1C EN LA ACTUALIDAD Y PARA TODAS LAS EDADES < 7% (53 mmol/mol) Y < 6,5% EN PERIODO DE REMISIÓN.

Sin embargo, este objetivo debe ser individualizado.

Hay que intentar conseguir un nivel de HbA1c tan bajo como se pueda sin incrementar el riesgo de hipoglucemia y con buena calidad de vida.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 5

OBJETIVOS DE CONTROL GLUCÉMICO EN LA DIABETES

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA GLUCOSA Y SU VALORACIÓN.

1. OBJETIVOS DE CONTROL DE LA GLUCOSA Y DE HBA1C
2. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE GLUCOSA
    A. Monitorización continua de glucosa
    B. Glucemias capilares
3. PROGRAMAS DE DESCARGA DE DATOS Y SU VALORACIÓN

La tecnología, en la actualidad, es parte integral del tratamiento de la diabetes tipo 1. Incluye la utilización de Apps, plumas conectadas, bombas de insulina, monitorización continua o a demanda de glucosa (MCG), bombas de insulina dirigidas por la MCG con parada por predicción de hipoglucemia, y los sistemas de administración automática de liberación de insulina *(sistemas híbridos avanzados de asa cerrada*) o páncreas artificial híbrido.

La tecnología ha hecho posible un mejor control de la diabetes con unos objetivos más estrechos para acercarnos lo más posible a la NORMOGLUCEMIA sin riesgos y con buena calidad de vida.

1. OBJETIVOS DEL CONTROL DE LA GLUCOSA Y DE HBA1C

La aproximación moderna al control glucémico en la diabetes debe estar enfocada no solo a lograr y mantener un nivel óptimo de HbA1c sino también a reducir la hiperglucemia postprandial, la variabilidad glucémica y mantener el mayor tiempo posible en rango estricto de 70 a 140 mg/dl, evitando siempre las hipoglucemias, para así evitar o retrasar la aparición de las complicaciones crónicas de la diabetes.

Los pacientes pediátricos con DM1 deben realizar monitorización del control glucémico mediante la monitorización continua de glucosa intersticial (MCG) desde el diagnóstico. Esta es necesaria para el ajuste del tratamiento, para evitar riesgo de hipoglucemia, la cetoacidosis diabética (CAD) y disminuir riesgo de complicaciones crónicas de la diabetes. Aunque la HbA1c sola no es suficiente para valorar el control

glucémico, esta debe ser analizada un mínimo de 4 veces al año; es un factor predictivo de las complicaciones de la diabetes.

La MCG debe ser implantada desde el diagnóstico de la diabetes en todos los niños y adolescentes con DM1 acompañado de adecuadas estrategias educacionales. Los valores de la MCG deben ser descargados en la plataforma adecuada y valorados periódicamente por la familia/pacientes y con el equipo diabetológico.

- Los objetivos del tratamiento de la diabetes deben ser siempre individualizados, aunque existan unos objetivos generales dados por las sociedades científicas, siempre hay que evitar las complicaciones agudas y preservar la buena calidad de vida.
- Estos objetivos siempre se pueden alcanzar, aunque las estrategias pueden ser diferentes según cada persona. Es importante tenerlos en cuenta para adecuar nuestra terapia.

LOS OBJETIVOS, EN LA EDAD PEDIÁTRICA, SON LOS PROPUGNADOS POR LA SOCIEDAD INTERNACIONAL DE DIABETES DEL NIÑO Y ADOLESCENTE (ISPAD) AÑO 2022 Y POR LA ADA 2024

¿Qué parámetros debemos utilizar?

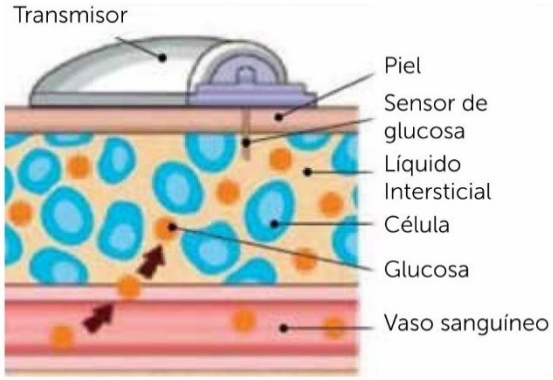
- HbA1c <7% (medida cada 2-3 meses), algunas sociedades propugnan < 6.5%.
    - El objetivo de HbA1c debe ser tan bajo como sea posible sin incrementar el riesgo de hipoglucemia y con buena calidad de vida.
    - Objetivos de HbA1c deben ser más bajos en el periodo de remisión de la diabetes (HbA1c < 6,5%).
- Glucemia en ayunas entre 70-130 mg/dl
- Glucemia a los 60-90 minutos de la ingesta < 180 mg/dl
- Glucemia a las 2 horas < 140 mg/dl

- Los objetivos internacionales (2019) sobre parámetros glucométricos que aporta la MCG que explicaremos más adelante.

ESTOS OBJETIVOS SON AMPLIOS Y HAY QUE INDIVIDUALIZARLOS

2. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE GLUCOSA

Monitorización continúa de glucosa intersticial (MCG) o sensores de glucosa



El reciente desarrollo de sistemas de medición continua de glucosa intersticial, fiables y precisos, ha supuesto una revolución en el tratamiento de la enfermedad con mejoría del control de la diabetes y de la calidad de vida del paciente, al tiempo que es una nueva arma para la investigación.

Los sistemas de monitorización continua de glucosa miden, mediante sensores *(filamentos)* que se introducen debajo de la piel, la glucosa en el líquido intersticial *(el que está entre las células del tejido subcutáneo)* que es distinto de la sangre capilar, por lo que los valores no tienen que coincidir, sobre todo en momentos de cambio. Estos sistemas tienen además un trasmisor que envía la señal al receptor, que puede ser un monitor, una bomba o un teléfono móvil, donde podemos ver el valor de la glucosa y otros datos como la curva y las flechas de tendencia. Estos sensores pueden colocarse en el brazo, abdomen o la zona glútea según la edad y tipo de sensor.

Es importante conocer la existencia de un retraso “fisiológico” entre glucosa capilar e intersticial de unos 2 a 10 minutos que tendrá implicaciones en el funcionamiento del asa cerrada. En este retraso influyen dos componentes: uno técnico debido al tiempo necesario para la difusión de la glucosa a través de la membrana del sensor y el tiempo necesario para el procesamiento de los datos y el fisiológico por el tiempo necesario para la difusión de la glucosa desde el espacio vascular al intersticial; si la glucosa está estable, ambos compartimientos están en equilibrio y la glucosa intersticial es similar a la plasmática, si hay variabilidad glucémica el retraso se incrementa.

Estos sistemas nos informan, de manera continua, es decir, de forma dinámica, de las fluctuaciones de la glucosa, mostrando sus resultados cada uno a cinco minutos, con flechas de tendencia que predicen su evolución a 30 minutos basada en los datos de los 20 minutos previos. Su duración es variable, entre 7 y 14 días. Los sistemas tienen alertas que se pueden programar por parte del paciente o familia y que ayudan a estar pendientes de los cambios en los niveles de glucosa

La MCG puede ser a *tiempo real* que con la que vemos los datos de manera continua y la *monitorización flash o a demanda* en la que solo se ven los datos cuando pasamos el receptor o el móvil por encima del sensor. En la actualidad todos son a tiempo real.

FreeStyle 2, monitorización de Abbott

También existen sistemas de *monitorización ciega o retrospectiva* o profesional que puede ser utilizada por el equipo diabetológico para analizar una determinada situación.

Existen distintos sistemas de monitorización continua de glucosa que durante la educación terapéutica serán explicados en profundidad analizando el que cada paciente utilice.

Los datos de la monitorización pueden y deben ser analizados además de en tiempo real, de manera retrospectiva para sacar conclusiones necesarias para el ajuste del tratamiento. Su utilización se ha generalizado en la edad pediátrica en los últimos años como consecuencia de las mejoras en la exactitud de los sensores, la mayor comodidad y facilidad de uso y la ampliación de la financiación.

Numerosos estudios han demostrado beneficios clínicos significativos con el uso de la MCG en personas con diabetes, mejorando los niveles de HbA1c y de los parámetros glucométricos. La MCG supone un cambio en la manera de cómo interpretar la información, no solo las cifras, sino también las tendencias y las gráficas para lo que se precisa una formación específica.

La utilización de los sistemas de monitorización continua de glucosa intersticial a tiempo real (*MCG*) debe ser generalizada y desde el diagnóstico. Es imprescindible en aquellos pacientes con hipoglucemias inadvertidas o labilidad glucémica.

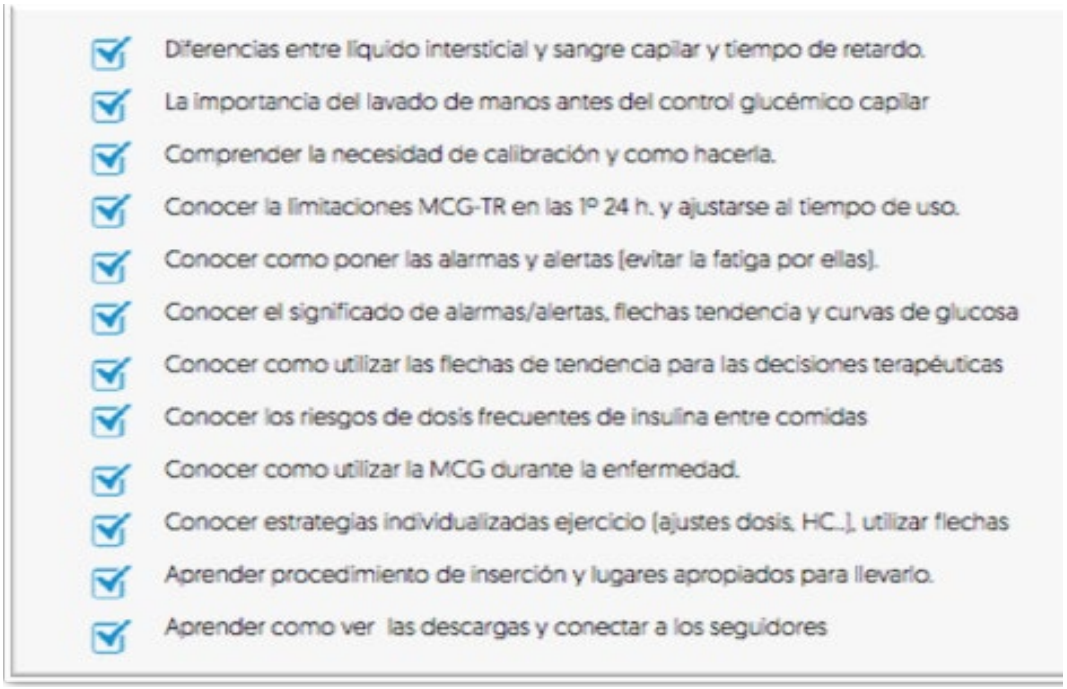
La interpretación de las flechas de tendencia y su utilización para el ajuste de la insulina o para evitar el riesgo de hipoglucemia es variable en los distintos sistemas.

Cada paciente debe conocer el sistema que utiliza y lo que significan dichas flechas para actuar en consecuencia según los consejos de la Unidad de Diabetes.

Se ha constatado que los pacientes que utilizan las flechas de tendencia de la MCG hacen mejores modificaciones de las dosis correctoras ante hiperglucemias o toman actitudes terapéuticas para evitar el riesgo de hipoglucemia y valoran mejor el tiempo de espera antes de iniciar la ingesta tras la administración de insulina. Estas predicciones permiten predecir el riesgo de hipoglucemia y evitarla.

En 2019 se publicó un consenso elaborado por un grupo de profesionales expertos a nivel internacional, indicando como interpretar y registrar los datos procedentes de la MCG, estandarizándolos, estableciendo no solo estrategias sistemáticas para evaluarlos y generar recomendaciones, apuntando también cuales son los objetivos que debemos alcanzar. Todo ello, facilita el análisis del gran volumen de datos e informes que los sistemas de MCG proporcionan y se basa en la evidencia, ya existente, que demuestra como la consecución de los objetivos propuestos se correlaciona con menor riesgo de desarrollo y progresión de las complicaciones crónicas de la diabetes y del número de hipoglucemias graves y no graves.

Con estos sistemas, el paciente puede actuar con un conocimiento profundo de cómo adaptar la insulina a la ingesta, ejercicio, al estado emocional… etc. Para una correcta actuación es imprescindible la ***educación terapéutica específica***. Los aspectos para cubrir en dicha educación quedan reflejados en la siguiente tabla.



En caso de que los pacientes no puedan tener acceso a la MCG, se precisa la realización de **8 a 10 controles de glucemia capilar al día, antes y después de la ingesta y nocturnas**, así como en situaciones de hipo e hiperglucemia y ante ejercicio.

Todo paciente, tras la descarga de su MCG, debe analizar, junto a su equipo diabetológico y con su familia, los datos para ajustar todos los aspectos del tratamiento. Para un correcto análisis de estos, el paciente debe recoger las dosis de insulina, las ingestas realizadas, el ejercicio, las situaciones de estrés o enfermedad y la menstruación, así como los episodios de hipoglucemia y como actuó. Estos datos no deben ser utilizados para juzgar al paciente sino para discutir la variabilidad y buscar estrategias de actuación y en posteriores consultas analizar la respuesta a dichos cambios. La revisión de los datos debe ser realizada también, con frecuencia, en casa por parte del paciente.

TODOS LOS PACIENTES CON DIABETES TIPO 1 DEBERÍAN TENER ACCESO A LA MCG DESDE EL DIAGNÓSTICO.

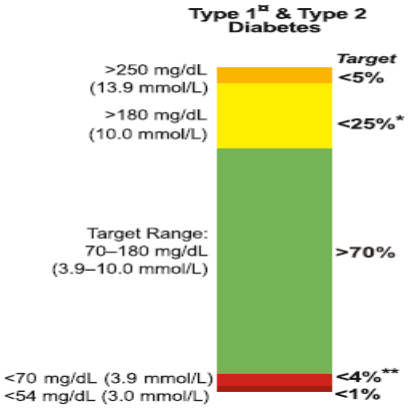
Los parámetros y objetivos que hay que analizar según los consensos de las sociedades científicas internacionales relacionadas con la diabetes 2019 son:

- Se precisan datos de 10 a **14** días
- > 70% de datos en la MCG
- Tiempo nocturno y diurno

- Glucosa media/DE
- CV%
- GMI (eHbA1c)
- Tiempo en rango entre **70-180** mg/dl
- Tiempo en hipoglucemia nivel 1 (**< 70** mg/dl)
- Tiempo en hipoglucemia nivel 2 (**< 54** mg/dl)
- Tiempo hiperglucemia nivel 1 (**> 180** mg/dl)
- Tiempo hiperglucemia nivel 2 (**> 250** mg/dl)
- Tiempo en objetivo individualizado
- Flechas de tendencia

OBJETIVOS INTERNACIONALES

Datos 14 días con más del 70% datos registrados por el sensor



Battelino T.et al Diabetes Care 2019

Hipogluc	Hipogluc	Rango	Hipergluc	Hipergluc
< 54 mg/dl	< 70 mg/dl	70-180 mg/dl	> 180 mg/dl	> 250 mg/dl
< 1%	< 4%	> 70%	< 25%	< 5%

Media	DE	CV
<154 mg/d	<29	<36%

SE ESTÁ PLANTEANDO INCLUIR EN LOS OBJETIVOS EL TIEMPO EN RANGO ESTRICTO (70-140 MG/DL) (TITR): SU OBJETIVO ES CONSEGUIR > 50% Y EL MEJOR COMO SE PUEDA ALCANZAR SIN INCREMENTAR EL RIESGO DE HIPOGLUCEMIAS.

Índice de riesgo de glucosa (GRI, siglas en inglés)

Se ha buscado una nueva métrica calculada a partir de los datos de la MCG, desarrollada para identificar con un solo número la calidad del control glucémico. Es decir, un score único que refleja el riesgo de hipo e hiperglucemia.

Para evaluar el control glucémico, como hemos visto, debemos tener en cuenta al menos 7 variables (TIR, tiempo sobre el rango nivel 1 y 2, tiempo bajo el rango nivel 1 y 2, promedio de glucosa y coeficiente de variabilidad). Esto, que es aconsejable analizarlo, a veces resulta complejo o no hay tiempo parar hacerlo. Por ello, un grupo amplio de especialistas en diabetes (330 de 6 continentes) tras analizar los datos de la MCG de 225 personas con DM1 los clasificaron según su experiencia teniendo en cuanta todas las variables de 0 a 100 (0 sin riesgo y 100 máximo riesgo). Sumando el criterio clínico al análisis matemático/estadístico determinaron el índice que se calcula en base a 4 variables.

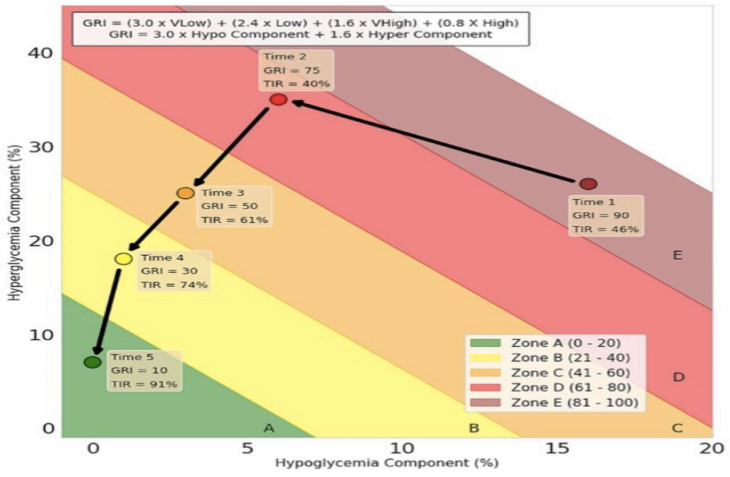
La fórmula final es:

GRI = (3.0 × TBR<54) + (2.4 × TBR 54-70) + (1.6 × TAR>250) + (0.8 × TAR>180-250) con un valor máximo permisible de 100.

Los **coeficientes más altos** se asignaron a las categorías de **mayor riesgo**: por ejemplo 3 para TBR menor a 54, dándole más "peso" en el resultado final.

El **valor ideal de GRI es cero**, indicando TAR y TBR de 0%. Para poder verlo de manera gráfica confeccionaron un gráfico con **5 zonas**: verde (zona A), con GRI de 0 a 20, que refleja el menor riesgo, pasando por amarillo, naranja y rojo "claro" llegando al rojo más oscuro (Zona E), con GRI entre 81-100 que representa el mayor riesgo.

Cuando el **GRI es alto, el TIR es bajo**. Sin embargo, es importante destacar que un mismo valor de **GRI se puede asociar a distintos valores de TIR**.



Klonoff et al. A Glycemia Risk Index (GRI) of Hypoglycemia and Hyperglycemia for Continuous Glucose Monitoring Validated by Clinician Ratings. J Diabetes Science & Technology 2022.

El GRI refleja los componentes de hipo e hiperglucemia. Le da más peso a la hipoglucemia e hiperglucemia extremas y tiene alta correlación con el criterio de los especialistas. Esto no reemplaza al análisis de todos los datos de cada paciente para la toma de decisiones *(como es muy reciente, no hay estudios sobre su correlación con las complicaciones crónicas (a diferencia de la HbA1c y el TIR).*

Monitorización de glucosa a distancia

Algunas aplicaciones permiten la visualización a distancia de los datos de monitorización de glucosa procedentes de los sistemas de monitorización continua o de glucómetros que, trasmitidos a través de redes móviles. Esto permite que los padres o cuidadores del niño con diabetes puedan conocer los niveles de glucosa en tiempo real.

Es muy importante poder utilizar estos sistemas que permiten la visualización a tiempo real, sobre todo en la edad pediátrica, para el soporte en la toma de decisiones, minimizar riesgos y mejorar el control de la diabetes y además aportar tranquilidad a los padres y cuidadores.

3. PROGRAMAS DE DESCARGA Y ANÁLISIS

La descarga de los datos desde los aparatos o sistemas tales como las bombas y los monitores de glucosa a la nube y a los ordenadores permite al usuario y al profesional revisar los datos estadísticos y visualizar los patrones de glucosa a tiempo real y de manera retrospectiva para ajustar el tratamiento.

La valoración de estos datos deben hacerlo no solo los profesionales, sino también los pacientes *(en el caso de los niños, sus familiares)* en su domicilio con una cierta periodicidad para optimizar el tratamiento buscando el patrón individual, al tiempo sirven de material educativo y motivador. Cuando esto se realiza de manera habitual, se ha demostrado que permite mejorar el control glucémico y la HbA1c.

Diversos estudios demuestran que la valoración de los datos mediante programas de descarga no se realiza con frecuencia por parte de los pacientes, perdiendo, en alguna medida, un valor añadido de la tecnología. La causa de esta escasa adherencia posiblemente se debe al desconocimiento de los programas o a no haber sido entrenados en su interpretación.

Los programas de descarga incluyen estadísticas, gráficos del día a día, gráficos de repetición de patrones, el sistema de análisis conocido como perfil de glucosa ambulatorio (AGP), y revisión de los parámetros de bombas y sensores.

Cada compañía ofrece sus programas de descarga *(Medtronic: Carelink; Dexcom: Clarity y Glooko; Abbott: Libreview; Tandem: Glooko y Tidepool (estos dos últimos permiten descargar varios sistemas.*

Estos datos tienen que ser nuestros mejores aliados para ajustar todos los factores integrantes del tratamiento. Nos van enseñando la repercusión de cada aspecto: de la

dosis de insulina, el efecto de la ingesta y del ejercicio, la repercusión de las emociones, y el efecto de las alteraciones del sueño.

La verdad es que, a veces, tener que analizar tantos datos puede suponer una carga importante, pero su conocimiento ayuda a la toma de decisiones. Se está iniciando la utilización de sistemas automáticos de ayuda a las decisiones, lo que se conoce como inteligencia artificial, a través de la "*machine learning*" que significa máquina que aprende de patrones del paciente. Su utilización se irá incrementando de manera exponencial en un futuro próximo. Estos sistemas tienen que ser aprobados por las Agencias Reguladoras internacionales.

Para facilitar la valoración de los datos de los programas de descargas debemos seguir las indicaciones facilitadas por los profesionales para hacer una lectura ordenada y sencilla de los datos.

Varias sociedades relacionadas con la diabetes han dado recomendaciones e indicaciones clínicas para el uso de las bombas y sensores y unificaron los parámetros a valorar y los objetivos a alcanzar, aunque estos deben ser individualizados. Esta valoración consiste en un análisis estructurado de la valoración estadística con una visión pormenorizada de aspectos específicos. Es todo un reto comprender el impacto de cada aspecto del tratamiento.

Otros aspectos que hay que valorar

1. *Como influye la ingesta:* para ello valoraremos el incremento de la glucosa entre 60 y 90 minutos *(que es cuando se produce el pico de glucosa inducido por el alimento)* que debe ser inferior a 60 mg/dl sobre la glucosa de partida e inferior a 160-180 mg/dl y a las dos horas que debe ser inferior a 140 mg/dl.

   Los alimentos con alto índice glucémico incrementan de manera más aguda los niveles de glucosa y en mayor proporción. Una primera ingesta rica en proteínas disminuye el índice y la carga glucémica de la siguiente ingesta con carbohidratos *(efecto de la segunda comida).*

   En caso de ingestas ricas en grasas y proteínas, su repercusión debe ser analizada a partir de las 2-3 horas y hasta una 5 a 6 horas después según la cantidad ingerida, ya que las grasas crean resistencia posterior a la insulina con incremento de las necesidades de insulina.

   Analizar estos datos nos permitirán calcular de manera adecuada la ratio insulina/ hidratos de carbono.

2. *Efecto del ejercicio*: la descarga de los datos nos va a mostrar en el ejercicio aeróbico el consumo de glucosa, mientras que en el anaeróbico puede haber una elevación de glucosa durante el mismo debido a la liberación de hormonas contra insulares, aunque posteriormente, tanto tras el ejercicio anaeróbico como en el aeróbico hay un descenso de la glucosa, en parte debido a una mayor sensibilidad a la insulina posterior al ejercicio y a la necesidad de rellenar los depósitos de glucosa que se han utilizado.
   Su conocimiento nos permitirá planificar nuestras actuaciones en cuanto al ajuste de la insulina e ingesta.

3. *Valoración de las necesidades basales de insulina*: En el tratamiento con bomba de insulina ajustamos la tasa basal por tramos con la valoración de la glucosa a partir de tres horas del bolo anterior y hasta el siguiente bolo, siempre que no se haya ingerido una comida rica en grasas y/o proteínas, lo que es más sencillo durante la noche que no hay ingesta. Por el día para ver las basales ocultas por el bolo de ingesta deberemos mover las diferentes comidas en varias ocasiones.

4. *Valoración del factor de corrección* o índice de sensibilidad: Para ver si el Factor de Corrección teórico es real, lo analizaremos por la respuesta ante una corrección sin ingesta, según la respuesta de la glucosa a las 2 horas de la dosis de corrección, que deberá estar en los límites deseados. Estos debemos comprobarlo en varias ocasiones.

Como vemos, el analizar los datos nos permite un ajuste más fino del tratamiento. Para ello necesitamos contar con información precisa de la ingesta, ejercicio, dosis de insulina, estado anímico, enfermedad, menstruación...etc. Sin estos datos los números que vemos en la descarga no aportan gran cosa.

En conclusión: el análisis de los datos en los programas de descarga es un arma actual poderosa para el control de la diabetes. Es un derecho del paciente que se le enseñe como analizarlo para poder hacerlo en el domicilio. Además, en cada consulta deben ser comentados los datos con el equipo diabetológico.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 6

GENERALIDADES DEL TRATAMIENTO INSULÍNICO

1. TIPOS DE INSULINA
2. RÉGIMEN DE TRATAMIENTO CON MÚLTIPLES DOSIS DE INSULINA (MDI) BASAL-BOLO
3. PLUMAS CONECTADAS
4. PUERTOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE INSULINA
5. ZONAS DE INYECCIÓN
6. TIPOS DE AGUJAS
7. TÉCNICAS PARA ADMINISTRAR LA INSULINA CON PLUMAS
8. CONSERVACIÓN DE LA INSULINA
9. TERAPIAS DE REEMPLAZO DE LA CÉLULA BETA

1. TIPOS DE INSULINA

La insulina fue descubierta en el año 1921. Los distintos tipos de insulina que utilizamos en la práctica clínica son el resultado de modificaciones de la estructura química de la insulina para que adopte la configuración en hexámeros o monómeros con más o menos rapidez y se una o no a otras moléculas en el organismo. Así, se consigue modificar su perfil de acción, consiguiendo distintos tipos de insulina, de acción más rápida o prolongada.

La insulina que se utiliza actualmente se obtiene en el laboratorio mediante técnicas de ADN recombinante que utilizan el gen de la insulina humana. Así, su estructura química es la misma que la de la insulina humana con la introducción de pequeñas variaciones para modificar su perfil de acción.

Disponemos de varios tipos de insulina con diferentes perfiles de acción.

Debido a que el objetivo de conseguir una adecuada glucosa postprandial (tras la ingesta) es, a menudo, difícil de conseguir, incluso con sistemas avanzados de administración de insulina como el páncreas artificial, se han buscado insulinas de

absorción y perfil más rápido como son los análogos de acción rápida de primera y sobre todo, de segunda generación, para evitar las excursiones hiperglucémicas precoces y las hipoglucemias tardías. Otro factor desfavorable es que muchas personas con diabetes no se administran la insulina con la suficiente antelación antes de la ingesta.

- *Análogos de insulina de acción rápida de primera generación*

Los análogos de insulina de acción rápida (AAR) se caracterizan por su perfil de acción relativamente rápido. Comienzan a ser activos a los 15-20 minutos de su administración, tienen un pico de actividad a los 90 a 120 minutos y su duración es, a efectos prácticos, de unas 4-6 horas. Ejerciendo la mayor parte de su efecto en las 2 primeras horas. Este perfil hace que se consideren adecuadas para cubrir las comidas. Los AAR consiguen actuar más rápidamente porque tienen modificados los aminoácidos de la cadena B de la insulina, de manera que se impide la formación de dímeros y hexámeros. Es decir, las moléculas de insulina no se agrupan y por eso están disponibles más rápidamente para ejercer su acción.

Los análogos de acción rápida de los que disponemos actualmente son la insulina Lispro (Humalog®), insulina Aspart (Novorapid®) e insulina Glulisina (Apidra®) No existen prácticamente variaciones en el perfil de acción de estos los distintos análogos. Las tres pueden utilizarse en el tratamiento con bomba de insulina, pero algunos estudios sugieren que la insulina aspart y lispro pueden ser más estables para este uso.

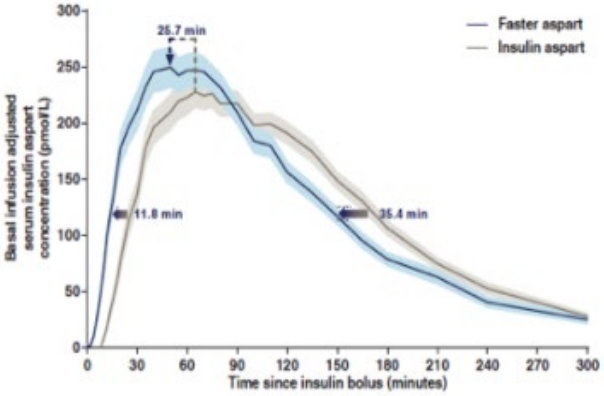
- *Análogos de insulina de acción ultrarrápida (análogos rápidos de segunda generación)*

  El desarrollo de estos análogos pretende mejorar los resultados de los análogos de primera generación. En la actualidad contamos con dos análogos de segunda generación, aunque solo el primero está actualmente (marzo 2024) comercializado en España.

A. **Fast-Acting Insulin Aspart** (**FIASP**®; Novo Nordisk), formulación de insulina aspart (Novorapid) que contiene dos excipientes adicionales: nicotinamida (vit B3) que aumenta el flujo sanguíneo subcutáneo para mejorar la absorción y L-arginina que sirve como agente estabilizador. La adicción de estos dos excipientes

consigue que, en comparación con la insulina aspart, se absorba más rápidamente, lleve a una exposición más precoz y logre un menor incremento de la glucosa tras la ingesta.

La insulina FIASP® trata de mimetizar la respuesta fisiológica de la insulina por parte del páncreas ante la ingesta de alimentos.

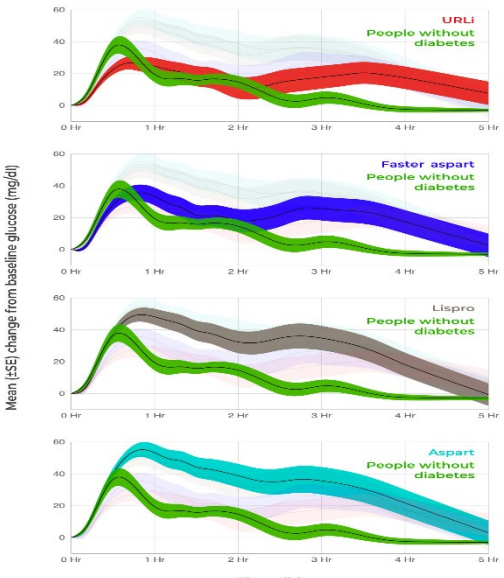


- El inicio de su aparición es dos veces más rápido.
- Consigue niveles precoces de insulina dos veces más altos.
- Con una acción sobre la glucosa más rápida y potente *(un 50% más de efecto)* que lleva a un descenso más precoz de la glucosa en comparación con la insulina aspart, por lo que permite un mejor control de la glucosa postprandial en las dos primeras horas.

La duración es semejante a la de los análogos de acción rápida. La capacidad máxima de disminuir la glucosa de la insulina Fiasp®, lo que llamamos su efecto hipoglucemiante, se produce entre 1 y 3 horas tras la inyección. El efecto hipoglucemiante total de Fiasp® y NovoRapid son comparables.

B. *Ultra-rapid lispro* (URLi; Lyumjev™)

(Gómez-Peralta Rev.Diabetes SED 2023)



Aprobada por la agencia reguladora de la Unión Europea (EMA) en marzo de 2020. Todavía no disponible en España. Contiene dos excipientes: citrato, que mejora la permeabilidad vascular en la zona de inyección y treprostinil, que aumenta la vasodilatación local sin exposición sistémica medible.

La farmacocinética de esta insulina se caracteriza, en comparación con lispro, por una detección en sangre 11 min antes, una

exposición 3 veces mayor en los primeros 30 min tras la administración (*7 veces mayor en los primeros 15 minutos*), y una acción más corta (*41% menos de exposición más allá de las 3 horas tras la administración*). Además, se demuestra una disminución del 39 al 47% en las excursiones glucémicas en las primeras 2 horas tras la ingesta. Cuando se utiliza en bomba de insulina, la exposición a la insulina es más del 50% mayor que con la insulina lispro en los primeros 15 min, sin diferencia en la exposición total. En los estudios de bomba de insulina también se demuestra una absorción más rápida y una mejora del control postprandial, con reducción del 45% en la cifra de glucemia a los 60 minutos después de la ingesta, en test de comida estandarizada. Aunque queda demostrada su compatibilidad con estos sistemas, se observa una mayor incidencia de cambios prematuros del set de infusión debido a hiperglucemias inexplicadas. Asimismo, las reacciones locales en el lugar de la infusión son más frecuentes con URLi, aunque de carácter leve y no llevan a una interrupción del tratamiento.

Las últimas experiencias en páncreas artificial con esta insulina muestran resultados mejores que con insulina lispro (Humalog®)

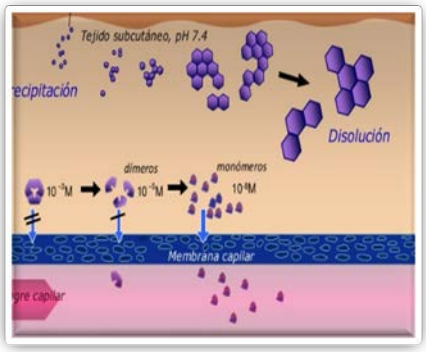
- *Los análogos de acción prolongada*

Se obtienen también por técnicas de ADN recombinante y se modifica su estructura para variar su perfil de acción, de manera que sea más lento y sostenido.

Los análogos de acción prolongada disponibles actualmente son los de primera generación: insulina detemir (Levemir®), insulina glargina (Abasaglar®, Lantus®) y los de segunda generación: insulina glargina concentrada 300U (Toujeo®) e insulina degludec (Tresiba®).

Insulina glargina (Abasaglar®, Lantus®)

La insulina glargina fue el primer análogo de acción prolongada disponible en España. Las modificaciones que sufre la molécula hacen que sea menos soluble al pH fisiológico del tejido subcutáneo, creando microprecipitados de glargina que se van absorbiendo lentamente. Además, a



este análogo se le añade zinc, lo que provoca que cristalice en el tejido subcutáneo y se retrase aún más su absorción.

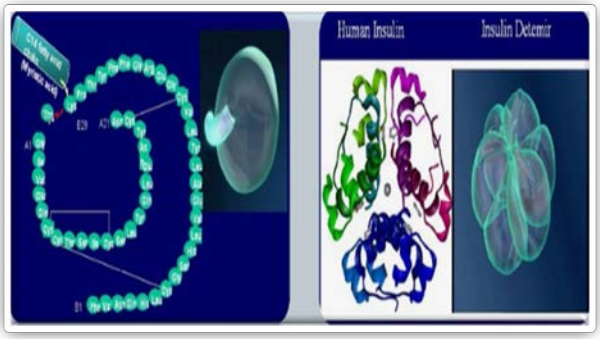
Acción: comienza en unas 2-4 horas después de su administración

Pico: tiene algo de pico hacia las 8-12 horas

Duración: unas 20-22 horas.

Insulina detemir (Levemir®)

La insulina sufre modificaciones que consiguen que su efecto sea prolongado por dos mecanismos, las moléculas de insulina se mantienen agrupadas formando hexámeros que se irán disociando poco a poco y porque la adición del ácido graso facilita su unión de forma reversible a la albúmina. Así, la insulina Detemir circulante está unida a la albúmina en más del 98% y sólo su fracción libre puede unirse a los receptores de insulina de las células diana.



Acción: comienza en unas 1-2 horas

Pico: tiene poco pico (de 4 a 7 horas)

Duración: depende de la dosis administrada. Dosis de 0,2 a 0,4 unidades/Kg, tiene una duración aproximada de 12-14 horas, por eso puede utilizarse en dos dosis diarias, lo que facilita cubrir necesidades de insulina distintas durante el día y la noche. Cuando se administra en dos dosis, su acción se estabiliza tras la segunda o tercera dosis. Es menos variable que la insulina glargina lantus.

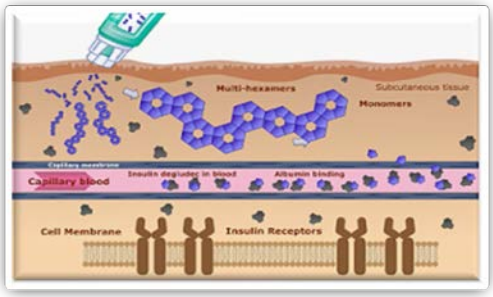
La insulina determir es aproximadamente un 20% menos activa que la insulina glargina, por eso, al pasar de insulina glargina a detemir, es necesario considerar aumentar un 20% la dosis total diaria de insulina de acción prolongada, y si se pasa de detemir a glargina disminuir un 20% la dosis total diaria. La insulina glargina tiene más variabilidad en su absorción que la insulina determir.

Insulina glargina 300 U (Toujeo®)

La concentración de la insulina Abasaglar® (*que es un biosimilar de la insulina glarglna)* y de la insulina Lantus® es la habitual 100 UI/mL, mientras que la insulina Toujeo® es una insulina glargina más concentrada, a 300 UI/mL, con lo que han

conseguido mejorar su perfil de acción y alargar su duración. Se le considera un análogo de acción prolongada de segunda generación. Esta ya aprobada para su utilización en la edad pediátrica a partir de los 6 años.
Tiene una duración de unas 36 horas. No tiene pico de acción. Se ha visto que lleva a menor riesgo de hipoglucemias que la insulina glargina U100.

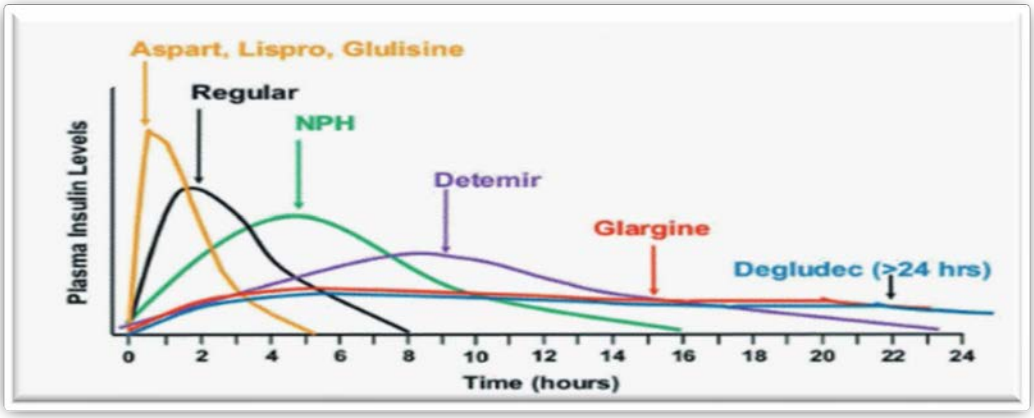
Insulina degludec (Tresiba®).



La insulina degludec supone una nueva generación de análogos de la insulina (*de segunda generación*) con un mecanismo de absorción diferente, que aporta un perfil de acción ultra lento y más estable. La modificación de su estructura hace que la insulina degludec forme un depósito soluble de multi hexámeros tras su administración subcutánea. A partir del depósito subcutáneo, se produce la liberación paulatina de iones de zinc y con ello la disociación gradual de los monómeros de insulina degludec que van pasando a la circulación de forma lenta y sostenida en el tiempo. Así, se administra una vez al día.

Duración de más de 42 horas a dosis a partir de 0,4 unidades/kg.

La insulina degludec tiene poca variabilidad de acción y permite flexibilidad en el momento de su administración, siempre que se respete un mínimo de 8 horas entre dosis. Tiene el inconveniente que sus cambios de dosis tardan unas 36 horas en verse por lo que dificulta adaptar su dosificación al ejercicio esporádico o cambios bruscos de necesidades de insulina.

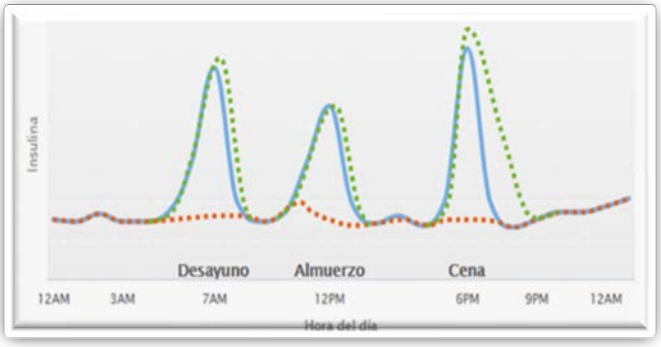


	Inicio efecto	Pico de acción	Duración
Insulina ultrarrápida Fiasp®	**5-10 min.**	**1-1,5 h**	**3-5 h**
Insulina ultrarrápida Lyunject®	**4-9 min**	**1-1.5 h**	**3-5 h**
AAR Humalog® Novorapid ® Apidra®	**15-20 min**	**1-3 h.**	**4-6 h**
Insulina glargina U100 Lantus®	**2-4 h.**	**8-12 h.**	**20-22 h.**
Insulina glargina U300 Toujeo®	**2 h.**	**-**	**30-36 h.**
Insulina detemir Levemir®	**1-2 h**	**4-7 h**	**12-24 h según dosis**
Insulina degludec Tresiba®	**0,5-1,5 h.**	**-**	**> 42 h.**

La farmacocinética de las insulinas utilizadas actualmente en la clínica que dan expuestas en la tabla. Estos datos son teóricos y hay múltiples factores que pueden modificarlos.

Con el objetivo de cubrir las necesidades de insulina a lo largo de las 24 horas, utilizamos la llamada **terapia o régimen basal-bolo**, que consiste en considerar por separado las necesidades de insulina basal y las necesidades de insulina para las comidas. Podemos hacerlo utilizando múltiples dosis de insulina diarias (MDI), con pluma o jeringuilla o mediante las bombas de insulina (ISCI).

2. TRATAMIENTO RÉGIMEN BASAL-BOLO CON MÚLTIPLES DOSIS DE INSULINA (MDI)



Necesidades basales de insulina

En el tratamiento con múltiples dosis de insulina (MDI) se utiliza la insulina de acción prolongada para cubrir las necesidades de insulina basal, en una o 2 dosis en función del tipo de insulina empleada. Para cubrir las comidas y para hacer correcciones cuando sea necesario se utilizan los análogos de acción rápida o ultrarrápida.

Las necesidades basales varían mucho según la edad.

- Hay mayor necesidad de insulina al final de la tarde y principio de la noche, sobre todo en el niño más pequeño, esto es conocido como el **fenómeno del atardecer**.
- Asimismo, por la noche es habitual también que las necesidades de insulina varíen, fundamentalmente entre el periodo de la primera parte de la noche y la segunda.
    - Los niños más pequeños tendrán, típicamente, mayores necesidades de insulina al principio de la noche y menores necesidades en la segunda parte de la noche, lo que se conoce como **fenómeno antialba**.
    - Los adolescentes y muchos adultos, por el contrario, tienen mayor necesidad de insulina en la segunda parte de la noche, en ocasiones de forma muy acusada, lo que se conoce como **fenómeno del alba**.

En el tratamiento con múltiples dosis **(MDI)**, para cubrir estas necesidades más elevadas se hace necesario administrar una dosis extra de insulina rápida antes del incremento de necesidades. En el tratamiento con bomba de insulina aumentaremos la tasa basal en ese tramo horario *(una hora antes de que comience el aumento de las necesidades).*

Necesidades para cubrir las ingestas

Para conseguir controles adecuados de glucosa tras las comidas es necesario recordar que es necesario acoplar la acción de la insulina con la absorción de los alimentos, para lo cual es necesario administrar la insulina unos 15-20 minutos antes de comenzar a comer con los análogos de acción rápida de primera generación y 5 a 10 minutos con los análogos de acción ultrarrápida. Este tiempo será variable en función de la glucemia y del tipo de alimentos.

Las necesidades de insulina para cubrir las distintas ingestas, a lo largo del día, son variables. Se precisa más insulina para cubrir el desayuno y, en general, luego la

merienda. Es habitual necesitar menos insulina para cubrir la comida y la cena. De todas formas, las necesidades hay que individualizarlas no solo para un paciente sino en el mismo paciente a lo largo de la evolución. Para el ajuste de la dosis de insulina a la ingesta utilizamos la ratio de insulina/hidratos de carbono que se explica en otro modulo..

Las características del tratamiento con ISCI se verán extensamente en el módulo de tratamiento con bomba de insulina..

3. PLUMAS CONECTADAS

En el tratamiento de la diabetes con MDI en régimen basal-bolo, la adecuada administración de la insulina es uno de los pilares fundamentales para alcanzar un control metabólico óptimo, junto con una alimentación saludable, un plan de ejercicio físico y una educación diabetológica estructurada.

Para que la terapia insulínica resulte efectiva requiere cuidar varios aspectos relacionados con la insulina y sus técnicas de administración. Es importante la conservación adecuada de la insulina, una buena técnica de inyección, evitar los olvidos de dosis, calcular de forma precisa las dosis necesarias para cubrir las comidas y para corregir las hiperglucemias. Hay que llevar un registro de las dosis administradas para poder a posteriori ajustar el tratamiento. Ello ha hecho necesario el desarrollo de plumas conectadas.

Funciones de las plumas conectadas

- Registro de las dosis de insulina administradas
- Monitorización de la temperatura de la insulina
- Información sobre insulina activa
- Algunas incluyen un calculador de bolo.
- Creación de informes para compartir con los padres y el equipo diabetológico

Beneficios de las plumas conectadas

Son múltiples, aunque no todas incluyen todas las funciones.

1. *Exactitud*

Evitan la selección manual de las dosis de insulina. Algunas plumas conectadas importan automáticamente las lecturas de glucosa, calculan las dosis recomendadas y realizan un seguimiento del historial de dosis de insulina para evitar errores.

2. *Memoria*

Las plumas conectadas rastrean el historial de dosis administradas utilizando aplicaciones conectadas por Bluetooth.

3. *Intercambio de datos*

Debido a que registran automáticamente las dosis y se conectan a través de las aplicaciones, estas plumas pueden programarse para compartir información con profesionales médicos, familiares u otros cuidadores. Las visitas al equipo diabetológico son mucho más ágiles cuando se mantienen los registros de dosis, lo que permite a los profesionales tener una mejor visión del control metabólico.

4. *Costo*

Cuando se compara con una bomba, la pluma conectada ofrece muchos de sus beneficios con un precio más aceptable.

Tipos de plumas conectadas

Una **primera generación** de plumas conectadas incorporaba el registro de la última dosis de insulina, una funcionalidad que puede ayudar a evitar olvidos.

Otro tipo de dispositivo similar son los capuchones que se colocan en las plumas de insulina precargadas, como *Insulcheck*® o *Timesulin*® que registra cuanto tiempo hace que se administró la última dosis de insulina. Es compatible con las plumas Novo Nordisk FlexPen®, Novo Nordisk FlexTouch®, Lilly KwikPen® y Sanofi Solostar®.

Una **segunda generación** de plumas conectadas constituye sistemas en los que el dispositivo se conecta con aplicaciones móviles que multiplican sus posibilidades y permiten un registro más completo de datos y otras funciones relacionadas con el cálculo de insulina y análisis de datos.

Plumas inteligentes/conectadas:

***Inpen*®:**

- Fue lanzada en 2017 en USA tras su aprobación por la FDA. Tiene marcado CE y fue adquirida por Medtronic (agosto de 2020) por lo que ya está disponible en España.
- Compatible con cartuchos de insulinas: Novo-Rapid y Humalog.
- Funciona de forma inalámbrica a través de conectividad Bluetooth mediante una aplicación móvil vinculada a la pluma y dispone de un calculador de bolos; teniendo en cuenta diversos parámetros junto a la lectura que proporciona el sensor.
- Dura 1 año (batería de litio). Posee un sensor de temperatura, calculador de bolo e información de insulina activa. Diferencia automáticamente las dosis de insulina con las dosis de cebado de la pluma. Permite programar recordatorios. La información está vinculada con los datos de MCG obtenidos en la actualidad con el nuevo sensor Simplera.

NovoPen*® *6 y NovoPen Echo*® Plus*:

- De la compañía Novo Nordisk. Registra la hora y la fecha de todas las dosis inyectadas y las unidades.
- Compatibles con cartuchos de insulina: de acción prolongada (Levemir®, Tresiba®) así como de acción rápida (NovoRapid®, Fiasp®)
- Funcionan mediante conectividad NFC. Tiene bluetooth que permite conectarse un dispositivo inteligente donde se podrán registrar de forma automática las dosis y tiempo de administración de insulina. Además, del recordatorio de dosis, permiten trasferir los datos y crear informe junto a la información de la glucosa de la MCG. El NovoPen Echo Plus permite administrar medias unidades de insulina

- Memoriza 800 dosis y tiene 5 años de duración de batería. Se pueden ver los datos en las Apps compatibles que son diferentes en distintos países. En la actualidad en España en FreeStyle LibreLink, Glooko y mySugr, junto con los datos de monitorización continua de glucosa.

Capuchones inteligentes:

***Insulclock*®:**

Es un capuchón que se acopla en la parte superior de la pluma de insulina y registra la hora, dosis y tipo de insulina. Dispone también de un sistema recordatorio para minimizar las omisiones de insulina, y también permite recopilar toda la información de la glucosa para integrar todos los datos disponibles como el ejercicio, dosis de insulina, datos del sensor o glucómetro e ingesta

- De la compañía InsulCloud de España.
- Compatibles con las plumas: Humalog Kwik pen, Flex Touch de Novo Rapid y Lantus y Apidra SoloStar
- Tiene servicio de App para Apple y Android.
- Bluetooth
- Características: permite monitorizar la administración de la insulina *(dosis, tipos, horarios),* generar alarmas para evitar olvidos y crear informes para compartir con el equipo diabetológico. Además, permite hacer partícipe a un tutor para compartir con él toda la información del paciente, lo que puede ser

de especial valor en el caso de los niños o personas dependientes. Incluye controlador de temperatura de la insulina.

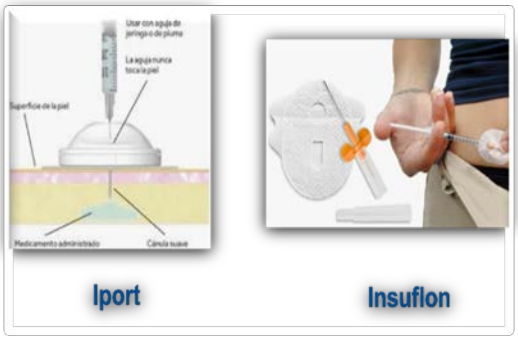
En conclusión, la inteligencia artificial aplicada a las plumas de insulina permite llevar el tratamiento con MDI a otro nivel, haciendo posible que algunas de las funciones sólo disponibles en las bombas lo estén también para el tratamiento con múltiples dosis de insulina. Esto podría contribuir a mejorar el control glucémico y la calidad de vida de personas con diabetes al automatizar el registro de datos y contribuir a una mejor administración de la insulina. En este sentido, distintos estudios clínicos indican que el uso de estas plumas demuestra, en todos los casos, la seguridad y eficacia de los algoritmos utilizados por estos sistemas inteligentes.

La existencia en algunas de un calculador de bolo se relaciona con un mejor control glucémico y una mayor satisfacción con el tratamiento. La consideración de la insulina activa secundaria a la administración de múltiples bolos, los avisos de recordatorio y omisión de bolos (*llevan a la reducción del número de dosis omitidas, que son frecuentes y tienen un impacto en la hemoglobina glicosilada),* son aspectos que ayudan a mejorar el control de la diabetes y ayudan a una mayor confianza con respecto al manejo de la diabetes.

5. PUERTOS PARA ADMINISTRAR LA INSULINA

Hoy en día existen en el mercado dos dispositivos que pueden facilitarnos la administración de insulina y disminuir el número de pinchazos sin tener que recurrir a la bomba de insulina.

Estos dispositivos son lo que llamamos puertos de inyección, en concreto el INSUFLON (Convatec) y el **I–PORT ADVANCE** (Medtronic). Se cambian cada tres días. Disponen de una cánula, que se inserta a través de una aguja en el tejido subcutáneo.



El I-Port tiene un pinchador automático. Una vez insertada la cánula, se retira la aguja, y se mantiene mediante un pequeño apósito, que bien con el sudor o el agua se puede ir despegando, así que, si son personas que realizan mucho deporte resulta conveniente poner un pequeño refuerzo para que no acabe despegándose antes de tiempo, pues tiene una vida útil de 3 días. A través de la parte de la cánula que queda

en el exterior, y que presenta una pequeña membrana, podemos inyectar la insulina, bien mediante plumas de insulina o jeringuillas, sin necesidad de un nuevo pinchazo, de forma que estaremos ahorrando varios pinchazos durante la vida del dispositivo**.**

4. ZONAS PARA PONER LA INSULINA: ROTACIÓN

Para evitar saturar la zona de administración de insulina y que se produzcan alteraciones como la lipodistrofia, es importante rotar el lugar de administración dentro de la zona elegida, alternando entre ambos lados.

Cuando una zona está alterada, es necesario cambiar. Si se utilizaban los brazos para la administración de insulina rápida y comienzan a aparecer zonas induradas, es preferible cambiar al abdomen y dejar que la zona se recupere.

¿Dónde es más adecuado administrar la insulina?

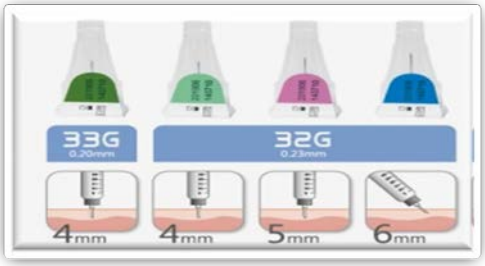
La insulina se puede administrar con seguridad en la parte posterior de los brazos, en el abdomen, en los muslos o en los glúteos.

- Abdomen: a una distancia de 3-5 cm del ombligo.
- Brazo: parte posterior, cuatro dedos por encima del codo y cuatro por debajo del hombro.
- Muslos: zona anterolateral, al menos 5 cm por encima de la rodilla y 5 cm por debajo de la ingle.
- Glúteos y zona lumbar baja.

Se prefiere para la administración de las insulinas de acción rápida, los brazos y el abdomen, ya que interesa que se absorban lo más rápidamente posible. Se reservan para la administración de las insulinas de acción prolongada, los muslos y los glúteos que son zonas donde la absorción es más lenta.

6. TIPO DE AGUJAS

Existen agujas de distintas longitudes y diámetros. Las agujas de 4 mm han demostrado ser eficaces en la mayoría de los pacientes, ya que superan con seguridad el grosor de la piel (2-2,5 mm) y reducen el riesgo de administración intramuscular de la insulina.



Interesa resaltar que las normas internacionales apuntan a que la utilización de agujas cortas (4mm) para plumas es segura, efectiva y menos dolorosa. Están recomendadas para todos los pacientes sin distinción de edad, sexo, raza ni índice de masa corporal.

7. TÉCNICA DE INYECCIÓN DE INSULINA CON PLUMAS

Una buena técnica de inyección es imprescindible para obtener los resultados esperados con la dosis de insulina pautada.

- Las manos y la zona donde se va a administrar la insulina tienen que estar LIMPIAS. Es suficiente con lavarlas con agua y jabón.
- Inspeccionar la zona donde se va a inyectar.
- Utilizar una aguja nueva cada vez. Sólo hay que retirar el precinto y enroscarla en la pluma. Guardar el tampón grande de la aguja.
- Asegurarse que la insulina puede fluir adecuadamente, hay que eliminar el aire de la aguja. Es lo que se llama *purgar la aguja*. Introducir dos a tres unidades de insulina y desecharlas pulsando el botón del extremo de la pluma. Esto se realiza colocando la pluma con la aguja hacia arriba.
- Tras ello, hay que seleccionar la dosis a administrar.
- Empuñar la pluma con la aguja hacia abajo. Pinchar formando un ángulo de 90º respecto a la superficie de la piel y presionar el botón del extremo de la pluma hasta que el “0” se alinee con la marca del selector. Con agujas de 4 mm no es necesario coger pellizco.

- Antes de retirar la aguja hay que esperar 10 segundos para asegurar que ha entrado la dosis completa.
- Retirar la aguja de la piel girándola despacio en ambos sentidos.
- Si se ha cogido pellizco *(con agujas de mayor tamaño),* este se debe soltar después de retirar la aguja. No es necesario ni conveniente frotar ni masajear la zona de inyección.
- Tras inyectar la dosis, la pluma estará lista para el próximo uso. Hay que acordarse de quitar la aguja y desecharla en los contenedores adecuados.
- Tapar la pluma después de cada uso y guardarla en el lugar adecuado.

8. ¿DÓNDE CONSERVAR LA INSULINA?

Para mantener la insulina en condiciones adecuadas es importante atender a su caducidad y conservarla en las condiciones de temperatura recomendada.

La insulina que se está utilizando se puede mantener fuera de la nevera durante unos 26-30 días. Después, aunque haya sobrado algo, hay que desecharla. Se puede utilizar un sistema de frío portátil si la temperatura supera los 25º. Idealmente hay que mantener la insulina que se está utilizando entre 10 y 25º. Hay que almacenar las plumas sin usar en la caja de cartón original, en la nevera, entre 2-8ºC (*nunca en la puerta del frigorífico*). La insulina no debe exponerse a temperaturas más bajas, por lo que es muy útil utilizar termómetros especiales para medir la temperatura de la insulina almacenada como el *termómetro MedAgel* que tiene una App y alarmas. En los viajes hay que llevar la cantidad de insulina suficiente *(el doble de la dosis que se precise).* Si se viaja en avión, hay que llevarla en el equipaje de mano, ya que en el equipaje facturado en la bodega del avión la insulina estaría expuesta a temperaturas de congelación.

9.TERAPIAS DE REEMPLAZO DE LA CÉLULA BETA EN LA DIABETES TIPO 1.

Pueden planearse el trasplante total de páncreas o el trasplante de islotes humanos en situaciones específicas en algunos pacientes con DM1. En estos casos se precisa inmunosupresión crónica.

En la actualidad, los investigadores están buscando una cura para la diabetes tipo 1 basada en el reemplazamiento de las células productoras de insulina. Están

generando células beta a partir de células madre o de células que aún no ha madurado en uno de los muchos tipos de células que existen en el cuerpo humano, pero este abordaje requiere que el paciente tome medicamentos para suprimir el sistema inmunitario.

Se está iniciando los ensayos con terapia celular junto a inmunosupresión, pero también otros con modificación del código genético de una célula con metodología CRISPR o encapsulamiento que no precisaran tratamiento anti inmunitario. Todo ello todavía no es aplicable en la clínica, sino que están en fase de ensayos clínicos. A este abordaje se le conoce como **cura funcional de la DM1.**

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 7

NUTRICIÓN Y DIABETES

1. INTRODUCCIÓN
2. EFECTO DE LA INGESTA EN LA GLUCEMIA
3. DIETA MEDITERRÁNEA
4. ENCUESTA DIETÉTICA
5. PLAN NUTRICIONAL
6. NECESIDADES CALÓRICAS
7. HIDRATOS DE CARBONO
    A. raciones de HC
    B. índice glucémico
    C. carga glucémica
8. GRASAS
9. PROTEÍNAS
10. FIBRA
11. VITAMINAS Y MINERALES
12. CONSEJOS GENERALES
13. GRUPOS DE ALIMENTOS
14. ETIQUETAS NUTRICIONALES

LA ALIMENTACIÓN ES UN COMPONENTE PRIMORDIAL PARA EL CONTROL DE LA GLUCOSA EN LA DIABETES

1.INTRODUCCIÓN

La alimentación es un pilar básico del tratamiento de la diabetes, junto con la práctica regulada de actividad física, el aporte individualizado de insulina y el soporte educativo-emocional.

Una adecuada alimentación favorece un mejor control glucémico y puede ayudar a prevenir posibles complicaciones derivadas de la diabetes. Se recomienda que los objetivos de la terapia nutricional se desarrollen en colaboración con el niño/adolescente y su familia y se basen en sus patrones de alimentación habituales, preferencias, costumbres y objetivos metabólicos.

El diseño del plan de alimentación debe ser realizado junto a un dietista-nutricionista que tome en consideración estos aspectos y el tratamiento pautado por el equipo diabetológico. Cuanto más conocimiento se tenga sobre los nutrientes y el efecto de éstos sobre la glucosa, y se promuevan comportamientos y prácticas saludables, más fácil será alcanzar un mejor control de la diabetes. La educación alimentaria y nutricional es imprescindible en el tratamiento de la diabetes.

Los niños y adolescentes con diabetes, como la población general, precisan una alimentación saludable, con una dieta completa, variada y equilibrada que incluya todos los grupos de alimentos. Al tiempo, ésta hay que adecuarla para conseguir un buen control glucémico, ya que nuestro objetivo final es la **normoglucemia** *(niveles normales de glucosa).* Es necesario moderar y elegir los carbohidratos de bajo índice glucémico y tener un consumo de grasas saludables y proteínas de alto valor biológico.

2. EFECTO DE LA INGESTA EN LA GLUCEMIA

Los **hidratos de carbono (HC)** son los nutrientes que afectan, de manera más significativa, a la glucosa postprandial. Tras la ingesta, en el aparato digestivo, los HC se transforman en glucosa que entra al torrente sanguíneo. Esta glucosa es utilizada por las células como nutriente, para lo que precisa la existencia de cantidades adecuadas de insulina. En caso de no tener suficiente insulina, la glucosa se acumula y se produce la hiperglucemia. Al ser los HC uno de los principales responsables de la hiperglucemia postprandial, se aconseja cuidar los aspectos tanto de cantidad (*contaje de hidratos de carbono),* como de cualidad (*índice y carga glucémica*) de los mismos.

Las excursiones glucémicas posprandiales pueden reducirse esperando de 15 a 20 minutos entre la administración de insulina y la ingesta, en caso de utilizar análogos de insulina de acción rápida, y de 5 a 10 minutos, en el caso de que la insulina que se utilice sea de acción ultrarrápida.

En la actualidad, la repercusión de la ingesta sobre la glucemia puede ser evidenciada de manera precisa con la utilización de la monitorización continua o flash de glucosa (MCG). Esta metodología es también muy útil para educar a los pacientes y familiares sobre el impacto de los alimentos específicos en el nivel de glucosa.

3. DIETA MEDITERRÁNEA

Es aconsejable realizar una dieta mediterránea**.** Esta es equilibrada y variada y es una fuente rica de macronutrientes y micronutrientes.

Se caracteriza por ser:

- Rica en hidratos de carbono complejos
- Baja en grasas saturadas
- Alta en grasas monoinsaturadas, que están presentes, sobre todo, en el aceite de oliva.
- Balanceada en grasas poliinsaturadas (omega 6 y omega 3)
- Baja en proteína animal
- Rica en antioxidantes
- Rica en fibra
- Rica en una gran variedad de fitoquímicos
- Con niveles relativamente bajos de sodio.

- **Las grasas** son un componente importante de la dieta mediterránea tradicional. La energía aportada por la grasa oscila entre 25-35% de la energía total *(calorías).* En esta dieta la energía aportada por la grasa saturada es como máximo un 7-8%. Fuentes importantes de grasas no saturadas son el aceite de oliva, los frutos secos, el aguacate, las semillas, legumbres y vegetales verdes.

  La *composición grasa* de la dieta mediterránea presenta las siguientes características:

  - Alta en grasas monoinsaturadas, particularmente ácido oleico proveniente principalmente del aceite de oliva, preferentemente extra virgen.

- Balanceada en grasas polinsaturadas (omega 6 y omega 3). Los frutos secos y las semillas son una importante fuente de ellos.
- Alto consumo de grasas poliinsaturadas omega-3 de cadena larga (EPA y DHA), proveniente del consumo de pescados y mariscos.
- Baja en grasas saturadas, debido al bajo consumo de mantequilla y carnes rojas.
- Consumo relativamente alto de ácidos grasos de cadena media y corta proveniente del consumo de queso y yogur de leche de cabra y oveja (*esta grasa no se asocia con efectos adversos sobre los niveles de colesterol plasmático*).
- Ausencia de grasas trans procedentes de alimentos industriales (Ej. margarinas, comida rápida y productos de bollería).

Como vemos, la proporción relativa de los diferentes tipos de grasas es diferente respecto a la *dieta occidental estándar*. En la dieta occidental se consumen principalmente grasas saturadas, mientras que en la dieta mediterránea las grasas son monoinsaturadas.

- **Las proteínas** en la dieta mediterránea se caracterizan por ser relativamente baja en proteínas animales. Las proteínas en esta dieta provienen de diversas fuentes: legumbres, frutos secos, carnes blancas, pescados y mariscos, queso y yogur.

- **Los *carbohidratos*** en **l**a dieta mediterránea se caracterizan por ser carbohidratos complejos, provenientes de cereales, principalmente integrales (*avena, centeno, cebada, trigo sarraceno…)* pastas integrales, legumbres y diversos alimentos vegetales.

- Otra característica composicional de la dieta mediterránea son los niveles relativamente bajos de **lactosa** *(azúcar de la leche),* debido al consumo preferente de queso y yogur, en lugar de leche que es más rica en lactosa.

- Respecto al **índice glucémico** de la dieta mediterránea, éste se considera bastante bajo, debido a la gran proporción de alimentos con bajo índice glucémico, tales como, legumbres, frutas y vegetales no amiláceos, a pesar del consumo, que hay que restringir, de otros alimentos como el pan y miel *(típicos de la dieta mediterránea)* que tienen índices glicémicos más altos.

- La dieta mediterránea es rica en **fitoquímicos** *(componentes vegetales con efectos saludables)* debido al alto consumo de variados alimentos vegetales. La cantidad y tipo de fitoquímicos es bastante más amplia, respecto a una dieta occidental estándar.

En la persona con diabetes esta dieta hay que adaptarla para poder obtener un buen control glucémico, ya que el objetivo del control de la diabetes es conseguir la normo glucemia *(cifras de glucosa semejantes a la persona sin diabetes).*

4. ENCUESTA DIETÉTICA

La encuesta dietética resume los alimentos que ha tomado un paciente durante tres días. Nos puede servir de modelo para saber el tipo de dieta que hace y sus preferencias. Esta se debe realizar en la valoración inicial del paciente y repetirla con una cierta frecuencia. El paciente o el familiar deben apuntar el tipo de alimento y su cantidad *(gramos o volumen).* Así sabremos si el paciente ingiere la cantidad adecuada de macro y micronutrientes y poder modificarla si no es correcta.

Interesa apuntar también que cantidad de los alimentos ingeridos son procesados *(comida preparada),* que debemos evitar. También nos interesa la frecuencia con la que consume determinados alimentos.

5. PLAN NUTRICIONAL

La Asociación American de Diabetes (ADA), en sus estándares de cuidado de la diabetes del año 2024 recomienda una terapia nutricional individualizada para niños y adolescentes con DM1 como componente esencial del plan de tratamiento. La ADA, indica que no existe un porcentaje ideal de ingesta de calorías que tengan que venir de los HC, las proteínas y las grasas para todas las personas con diabetes. Por lo tanto, la distribución de estos macronutrientes debe basarse en una evaluación individualizada de los patrones de alimentación, las preferencias y los objetivos metabólicos de cada paciente. La ADA apunta la necesidad de impartir una adecuada educación nutricional al diagnóstico y revisarla por lo menos anualmente. Esta orientación nutricional es importante que sea realizada por dietistas-nutricionistas especializados en diabetes.

Además, esta educación debe adaptarse al contexto sociocultural y con los principios de una dieta correcta.

La ADA apunta los siguientes objetivos para la terapia nutricional:

- Promover una alimentación saludable, enfatizando en comer una variedad de alimentos con alta densidad nutricional y en las porciones adecuadas con la finalidad de lograr un control glucémico óptimo, alcanzar y mantener un peso adecuado y prevenir o retrasar las complicaciones.
- Enfatizar en los requerimientos nutricionales individualizados, basados en preferencias personales y culturales, acceso a alimentos saludables, deseo y habilidad de realizar cambios de comportamiento y vencer las barreras para el cambio.
- Mantener el placer de comer ofreciendo mensajes positivos sobre la elección de alimentos.
- Proporcionar al individuo herramientas prácticas para el desarrollo de un plan de alimentación saludable en el día a día, más que centrarse en macro y micronutrientes.

Los **macronutrientes** comprenden los hidratos de carbono, las proteínas y las grasas. Los **micronutrientes** comprenden las vitaminas y minerales y los necesitamos en cantidades menores.

Como ya hemos apuntado, las indicaciones nutricionales deben ser individualizadas, adaptadas a cada niño y adolescente con diabetes. Se debe hacer tres comidas principales y si se precisa puede realizar uno o dos snacks. Conviene recordar que siempre hay que aportar insulina previamente a la ingesta.

Hay que hacer hincapié en cuantificar bien los hidratos de carbono *(peso de los alimentos)* y utilizar los de bajo índice y baja carga glucémica, así como hacer una dieta baja en grasas saturadas. Si hay sobrepeso hay que restringir el aporte calórico.

Los datos de la MCG permiten conocer mejor el impacto de la ingesta y adecuar mejor el tipo de alimentos a consumir y como mejorar el aporte de la insulina. Para ello se precisa una buena educación nutricional.

Las recomendaciones dietéticas deben enfocarse más que en los porcentajes de nutrientes, ***en los patrones de alimentación o dietas saludables***. En este sentido, la dieta mediterránea sería un ejemplo claro de buena dieta. Esto indica que el asesoramiento dietético debe de estar en los alimentos y los patrones de alimentación saludable, en lugar de en los nutrientes.

- Deben ser las necesarias para un buen crecimiento y desarrollo evitando el sobrepeso. Hay que controlar la evolución de peso y de la talla.
- Las necesidades calóricas aproximadas durante la infancia son: 1000 + años por 100. En mujeres púberes: 1.500-2.000 kcal/día y varones púberes: 2.000-2.500 kcal/día (*según actividad física*); después de la pubertad disminuyen las necesidades energéticas.

DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES

7. HIDRATOS DE CARBONO

El reparto de los HC en cada ingesta debe adaptarse a las características del paciente y a su actividad. En la actualidad, se propugnan que estos supongan del 35 al 40% de las necesidades energéticas diarias. Hoy en día, se tiende a aportar menos HC en la dieta de las personas con diabetes.

La ADA recomienda mantener un mínimo de 130 g de HC/día en adultos y **170 gr en niños**. Al introducir una menor cantidad de HC, la cantidad de insulina administrada es menor, con lo cual existe menos variabilidad glucémica y menor riesgo de hipoglucemias.

El contaje de HC es una técnica de planificación de comidas que toma en consideración la cantidad de HC de un alimento o comida para el cálculo de los requerimientos de insulina. Esta técnica está basada en la premisa de que los HC tienen un impacto claro y directo en los niveles de glucemia. La ADA recomienda la utilización del sistema de contaje de HC como método para el cálculo de las dosis de insulina.

El método de contaje de HC debe ser introducido desde el diagnóstico de la DM1 y éste puede ser de dos tipos:

- **Contaje de HC en gramos**. Donde se considera y se informa sobre la cantidad (en gramos) de HC que tienen los alimentos.
- **Contaje de HC por raciones de 10 gr.** Donde se agrupan los alimentos por 10 gramos de HC para una mejor comprensión (*en algún país como USA las raciones comprenden 15 gr de HC*).

Una ración de HC es la cantidad de alimento que contiene 10 gr. de HC. Lo primero que es importante conocer es la cantidad de cada alimento que equivale a 1 ración de HC.

En el caso del cálculo de raciones en alimentos con etiquetado alimentario, se debe consultar en la tabla nutricional del producto el contenido de HC totales y comprobar el tamaño que se piensa consumir para realizar el cálculo correspondiente. La precisión en el contaje es importante para optimizar la glucosa postprandial, pues con base a este se calcula la ratio y podrán ajustarse adecuadamente las dosis de insulina de acción rápida.

Es importante que en el proceso de educación diabetológica se proporcione al paciente información sobre las herramientas de utilidad para llevar a cabo este contaje. Algunas de estas herramientas se describen a continuación.

- *Básculas*. Es la herramienta principal para poder familiarizarse con el peso de los alimentos. Es importante que se promueva su uso diario en el método de contaje de HC.
- *Tablas de referencia*. Son recursos de gran importancia, pues son la guía para consultar el contenido de HC en los alimentos. Deben proporcionarse tablas fiables y de fácil comprensión.
- *Ayudas visuales*. Estos materiales son de utilidad para familiarizarse con la imagen de los alimentos en el plato y las raciones o gramos de HC que contiene.
- *Aplicaciones móviles (apps)*. Existen aplicaciones en los *smartphones* que pueden ser útiles para la estimación de los HC. Las apps que tienen calculadores de bolos, utilizados junto al contaje de HC, pueden ayudar al cálculo de la dosis de insulina y así mejorar el control glucémico.

El contaje de HC es de importancia para calcular la dosis de insulina rápida necesaria para cubrir cada ingesta. A esto se le denomina ratio insulina/HC, el cual puede ser expresado en gramos de HC que son cubiertos por una unidad de insulina o qué cantidad de insulina se necesita para cubrir una ración de HC. Es decir, pueden establecerse dos tipos de ratios: Insulina/Ración de HC o gramos de HC/unidad de Insulina.

El cálculo de la ratio se basa en la cantidad de insulina que permiten conseguir un nivel adecuado de glucosa tras la ingesta partiendo de una glucemia adecuada. Al conocer la ratio se procede a contar las raciones o gramos de HC que se van a tomar

y se aplica para el cálculo de la dosis de insulina. La ratio es diferente para los distintos momentos del día y debemos adecuarla al tipo de alimento y a cada persona.

Aspectos cualitativos: índice y carga glucémica de los alimentos.

Para llevar una alimentación saludable y mejorar el control de los niveles de glucosa, es importante no sólo conocer la cantidad de HC que contiene un alimento, sino saber su calidad, es decir, cómo es la respuesta glucémica del organismo tras su ingesta.

La ADA considera que lo más importante es la cantidad de HC que consume una persona para predecir su respuesta glucémica, sin embargo, hay evidencias suficientes para afirmar que, tanto la cantidad como la calidad o el tipo de HC, afectan a la glucosa en sangre. Los conceptos de *índice glucémico y la carga glucémica* de los alimentos sirven para poder valorar esta calidad, y así mejorar este control.

Índice glucémico

El índice glucémico (IG), es la capacidad que tienen los alimentos de elevar los niveles de la glucosa en sangre después de una ingesta. Los alimentos y su IG se clasifican con base a cómo elevan la glucosa cuando se comparan con un HC de referencia: la glucosa (IG 100).

Un alimento con un IG alto eleva la glucosa en la sangre más rápidamente que los alimentos con un IG medio o bajo. Existen diferentes tablas que indican el IG de los principales alimentos. El IG va de cero a cien, siendo la glucosa la que tiene IG más alto (de 100). Se clasifican en IG alto >70, medio de 55 a 69 y bajo <55 (en la tabla que nosotros manejamos que es la de Karla Meneses se consideran alto > 75, medio de 45 a 69 y bajo > 45).

En general, los alimentos con un IG bajo aumentan lentamente la glucosa y ayudan a alcanzar un control glucémico más estricto. La utilización del IG aporta beneficios adicionales sobre el control glucémico que si sólo se utiliza el contaje de HC.

El IG de un alimento cambia cuando se combina con otros alimentos. Así, cuando consumimos un alimento con un IG alto, hay que combinarlo con alimentos con IG bajo para equilibrar el efecto sobre los niveles de glucosa.

En general, los alimentos procesados tienen un IG más alto.

Cocinar puede afectar el IG de un alimento. Por ejemplo, la pasta al dente tiene un IG menor que la pasta más cocida. Los alimentos con un contenido más alto de grasa o fibra tienden a tener un IG menor. Ciertos alimentos de la misma clase pueden tener diferentes valores de IG. Por ejemplo, el arroz blanco convertido a grano largo tiene un IG menor que el arroz integral. Y el arroz blanco de grano corto tiene un IG más alto que el arroz integral. Del mismo modo, las avenas rápidas o sémolas tienen un IG alto, pero la avena integral y los cereales de grano integral tienen un IG menor.

Aspectos de modifican el IG de un alimento

- **Fibra:** el contenido en fibra que hay en un almidón puede suponer una barrera para la acción de las amilasas por lo que disminuye la absorción de los HC. A mayor cantidad de fibra, menor IG de ese alimento.
- **Cocción:** la hidratación y el calor tienen como efecto el aumento de IG. Cocinar al dente, sin dejar que la pasta o la patata se quede muy blanda, mejora el IG. A menor cocción, menor IG.
- **Almidón resistente**: Los alimentos con HC como el arroz, pasta y patata, al cocerse y luego enfriarse y consumirse, llevan a cabo un proceso donde se forma un almidón resistente o almidón retrogradado. La absorción de este almidón es más lenta porque las enzimas digestivas tienen más dificultad para hidrolizarlo, lo que lleva a un aumento menor en la glucemia, es decir bajan el IG.
- **Tostado:** el pan incrementa la glucemia rápidamente, pero congelarlo o tostarlo reduce su IG.
- **Maduración:** a mayor maduración de la fruta, mayor IG. Elegir frutas verdes o en su punto de madurez adecuado mejora la respuesta glucémica.
- **Pastificación:** La pastificación es un proceso técnico que tiende a frenar la hidratación del almidón y, por lo tanto, se reduce su IG. Este proceso se da en pastas como los espaguetis, los macarrones o las tagliatelle, pero no en las pastas laminadas como los raviolis o las pastas de lasaña o pasta fresca, de ahí que su IG sea mayor en estos últimos.
- **Combinaciones:** en algunos HC, el contenido natural de proteínas puede causar una menor hidrolización del almidón y bajar su IG. Consumir legumbres que tienen proteína puede ser una recomendación adecuada, así como combinar los alimentos con HC con grasas saludables y proteínas.

- **Presentación:** los alimentos enteros o en trozos se absorben más lentamente que los líquidos. Es preferible consumir los tubérculos, frutas y verduras enteras o troceadas y no en purés o jugos, pues la ausencia del contenido de fibra hace que incremente su IG.

Así, se observa cómo es importante evaluar la composición, el contenido en fibra y la preparación de los alimentos, ya que esto definirá su efecto sobre el nivel de glucosa en la sangre. *El contenido de fibra y el tamaño de las partículas parecen ser especialmente importantes.*

Carga glucémica de un alimento

El IG es importante en función de la cantidad de alimento que se consuma, por lo que se necesita conocer el concepto de carga glucémica (CG).

La CG se calcula multiplicando el IG del alimento por la cantidad de HC en gramos que tiene esa porción, dividiéndolo por 100**.** Es decir, la carga glucémica a diferencia del índice glucémico no sólo considera la velocidad de elevación de la glucemia producto de la ingesta de un alimento, sino que, además, tiene en cuenta el contenido de HC del alimento en esa ingesta.

Por lo que un alimento de alto índice glucémico puede tener una carga glucémica baja, pues si bien se absorbe rápidamente y eleva la glucosa en poco tiempo en sangre, tiene pocos hidratos de carbono en esa ración.

También se clasifica en CG alta [mayor de 20], media [de 10 a 20] y baja [inferior a 10]. Contamos con tablas de carga glucémica para poder utilizarlas *(Tabla de la nutricionista Karla Meneses)***.**

De este modo se observa que la CG tiene más valor que el IG.

Un alimento de alto IG puede tener una CG baja, pues si bien se absorbe rápidamente y eleva la glucosa en poco tiempo, tiene pocos HC en esa porción. Como ocurre, por ejemplo, con la sandía que aunque tenga IG alto (75), si se consumen 100 gr, tiene una carga glucémica BAJA (5 gr x 75) ÷ 100= 3,75 de carga glucémica.

En la última década está en auge lo que se da en llamar "***dietas bajas en hidratos de carbono".*** De un modo general, podemos decir que se trata de una dieta basada en la restricción del consumo de HC, aumentando el aporte de grasas saludables y de proteínas. Las dietas muy bajas en HC no están recomendadas en la edad pediátrica pues pueden alterar el crecimiento y aumentar el riesgo cardiovascular *(todavía falta mayor evidencia científica para valorarlo).*

Se definen las dietas según la cantidad de HC *(Feinman 2015 y Seckold 2018):*

- dietas muy bajas en HC: Aportan 20-50 gr/día. <10% de las calorías y <1 gr/kg/día
- dietas bajas en HC: Aportan <130 gr/día. < 26% de las calorías y < 3 gr/kg/día
- dietas moderadas en HC: Aportan 25 al 45% de las calorías y entre 3 a 6 gr/kg/día
- dietas altas en HC: Aportan > 45% de las calorías y 7 a 8 gr /Kg/día.

Cuando se toman muchos HC o de alto índice glucémico se precisa más insulina para cubrirlos y se incrementa el riesgo de hipoglucemia posterior. Además, la absorción de

la insulina en dosis alta tiene mayor variabilidad *(hasta un 30%),* lo que Incrementa el riesgo tanto de hiper como de hipoglucemia.

8. GRASAS

Cada gramo de grasa aporta 9 calorías. Son fundamentales para la absorción de vitaminas liposolubles, tienen una función estructural, para la formación de hormonas y son una importante reserva de energía. Hay tres tipos de grasas: saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas

Las grasas o lípidos: deben aportar del 30 a 35% de las calorías. Se aconseja:

- <10% ácidos grasos saturados e insaturados trans
- <10% ácidos grasos poliinsaturados
- 10-20% ácidos grasos monoinsaturados, especialmente cis
- < 300 mg/día de colesterol.

La dosis de insulina para cubrir la ingesta se calcula utilizando la ratio individualizada insulina/gr HC junto a la cantidad de HC que se van a consumir. Sin embargo, hay evidencia del impacto de las grasas y las proteínas en la respuesta glucémica para determinar la dosis necesaria de insulina y el tipo de bolo a administrar. Es diferente el impacto si las grasas y las proteínas se ingieren separadas o conjuntamente; si se toman juntas el impacto es aditivo (se suma). Parece no existir diferencias por el tipo de grasa que se toma, sino que es más importante la cantidad que se consume.

Efecto de las grasas en la glucemia:

- Las grasas enlentecen el vaciado gástrico y por ello retrasan la subida de la glucosa tras la ingesta de HC.
- En las horas posteriores crean una resistencia significativa a la insulina.
- Los ácidos grasos libres que se producen tras la digestión de las grasas se transforman en glucógeno en el hígado y posteriormente éste se convierte en glucosa.

Esto, lleva a un incremento tardío de la glucemia; en general a partir de las dos o tres horas después de la ingesta, y se mantiene durante varias horas *(proporcional a la cantidad de grasa ingerida).*

Si se ingiere gran cantidad de grasa, existe mayor riesgo de hipoglucemia precoz tras la ingesta por el enlentecimiento en la absorción de los HC y posteriormente se

produce una hiperglucemia tardía. Esto conviene tenerlo en cuenta al planificar la dosis del bolo de insulina para cubrir los HC, que debe ser levemente inferior inicialmente, y prolongar la dosis de insulina en horas posteriores.

9. PROTEÍNAS

Las proteínas deben aportar del 15-20% de las calorías totales. La ingesta de proteínas en la infancia debe ser:

- Alrededor de 2 gr/Kg/día durante la primera década
- 1 gr/Kg/día a partir de los 10 años
- Al finalizar la adolescencia de 0,8-0,9 g/kg/día.

Se aconsejan proteínas de alto valor biológico.

Efecto de las proteínas en la glucemia:

- Las proteínas se transforman, en alrededor del 50%, en glucosa a través del glucógeno hepático. Si se consumen de manera aislada, el aumento de la glucemia es más precoz que si van unidas a la grasa.
- Generalmente, las proteínas incrementan la glucemia a partir de las 2 horas después de su ingesta.

Se ha referido que un consumo de 30 gr de HC y 40 gr de proteína presenta un efecto hiperglucemiante a partir de las 2 h. y se ha observado hiperglucemia a partir de 75 gr de proteína aislada (*por ejemplo, 400 g de pollo*). Las cantidades habituales de 100-150 gr de carne o pescado, no suelen producir hiperglucemias.

Efecto combinado de la grasa y la proteína en la glucemia: las proteínas y las grasas cuando se ingieren juntas suman su efecto elevando los niveles de glucosa de forma tardía. Las comidas con HC altas en grasas pero bajas en proteína, retrasan más la elevación de los niveles de glucosa.

10. FIBRA

Aporte de fibra aconsejado: 30-35 g/día en los mayores, en la edad pediátrica se puede utilizar la fórmula: edad en años + 5 = gramos de fibra al día.

Hay que tener en cuenta que:

- Las dietas altas en fibra se asocian a menor riesgo cardiovascular

- La fibra modula la función intestinal y mejora la microbiota intestinal. Aunque mucha fibra puede dar lugar a flatulencia y diarreas.
- La fibra mejora el control glucémico
- Los alimentos procesados son bajos en fibra

11. VITAMINAS Y MINERALES

Las necesidades de vitaminas y minerales son semejantes a las de cualquier otro niño o adolescente sano.

12. CONSEJOS GENERALES

- Utilizar el sistema de intercambio de raciones para regular el aporte de HC.
  1 ración = 10 g de hidratos de carbono.
- Adecuar a la ingesta la dosis de insulina según ratio insulina/HC. Puede ser gramos de hidratos de carbono que cubre una unidad de insulina o dosis de insulina necesaria para cubrir una ración (10 gr de HC). Esto mejora la flexibilidad en las comidas, favorece el control glucémico y la calidad de vida.
- Favorecer el consumo de HC complejos, con digestión más prolongada, absorción más lenta y que producen menores oscilaciones glucémicas.
- Aconsejar la ingesta de cereales integrales *(en escasa cantidad),* legumbres, frutas y verduras. Limitar la ingesta de HC más simples *(fructosa o sacarosa)* y favorecer su uso con otros alimentos que enlentezcan su absorción.
- Utilizar grasas que sean saludables: las de aguacate, aceite de oliva extra virgen, pescado, frutos secos, huevos…
- Saber que las grasas y las proteínas influyen sobre la glucemia posprandial más tardía (*a partir de 2-3 horas tras la ingesta*).
- Limitar los snacks. Eliminar galletas y bollería.
- Tomar siempre alimentos naturales evitando los procesados (*fiambres, galletas, pan de molde, cereales industriales*…)
- Incluir frutas y verduras a diario
- Evitar el arroz y la pasta que no sean integrales.
- Elegir primero el menú sano y saludable y luego contar los hidratos de carbono y utiliza la ratio para calcular la dosis de insulina.

Absorción, vaciamiento gástrico y orden de la ingesta.

La absorción de los HC en el tracto gastrointestinal lleva a un incremento de la glucosa en plasma generalmente a los 10 a 20 minutos después de comenzar la ingesta, pero en ello influyen muchos factores como: la composición de los alimentos, el tiempo de evolución de la diabetes, la presencia o no de neuropatía autonómica y alteraciones de la microbiota intestinal.

En la persona sin diabetes, el pico de glucosa en plasma se produce alrededor de los 60 minutos después de comenzar la ingesta y raramente excede 140 mg/dl y vuelve a la normalidad, en general a las 2 horas.

Todo lo que contribuya a que el alimento pase del estómago al intestino de forma más lenta llevará a una elevación más lenta de la glucosa.

De ahí la importancia de la composición de los alimentos, más allá de la cantidad de HC que los mismos contengan.

- Los HC presentes en alimentos líquidos se absorben con mayor velocidad que cuando se encuentran en alimentos sólidos.
- Por su parte, aquellos alimentos con grasa, proteínas y/o fibra en cantidad significativa hacen que se enlentezca el vaciado gástrico y por lo tanto la absorción de los HC también se ralentice.
- Por otro lado, tomar líquidos junto con la comida hará que el vaciado se realice más rápidamente.
- Hay datos de que el orden de los alimentos juega también un papel importante en el control de la glucosa tras la ingesta. Por lo tanto, si la ingesta se empieza con niveles límites de glucosa (70 a 80 mg/dl) se debe empezar por los HC de más rápida absorción, y si se comienza con niveles altos de glucosa lo mejor es comenzar por las proteínas y grasas, o bien por los vegetales.

En la respuesta glucémica a los alimentos influyen múltiples factores:

- La cantidad total de HC, el tipo, la manera de procesar los alimentos, el contenido en grasa-proteínas y fibra y el nivel de glucemia previo.
  Por ello, hay que leer el etiquetado de los alimentos para calcular las raciones de HC, grasas y proteínas que contienen y evitar alimentos que no detallen su composición.
- No se recomiendan comidas especialmente etiquetadas para pacientes con diabetes.

- El consumo de alcohol es peligroso porque suprime la formación de glucógeno y puede inducir una hipoglucemia prolongada (*hasta 10-12 horas después*). Hay que saber el aporte de HC de un determinado tipo de alcohol. Según este, se aconseja consumir o no HC antes y/o durante, pero en general es necesario consumir HC después por el riesgo de hipoglucemia inducida por el alcohol. Hay que ajustar la dosis de insulina.

HAY QUE LIMITAR LA INGESTA DE ALIMENTOS ULTRA PROCESADOS

12. GRUPOS DE ALIMENTOS

Lácteos

Los lácteos forman parte de una dieta saludable, aportan proteínas de alto valor biológico, vitamina B12 y son fuente importante de calcio. Aunque las grasas que contienen son mayoritariamente saturadas, últimamente se ha demostrado que se metabolizan rápidamente a ácido oleico *(el del aceite de oliva*) y por lo tanto su efecto negativo sobre el colesterol está cuestionado. Por lo que se aconseja tomar lácteos enteros.

El yogur y muchas variedades de queso tienen bajos niveles de lactosa y un índice glucémico inferior a la leche. Los lácteos fermentados contribuyen a conseguir microbiota más saludable, capaz de proteger al organismo de ciertas enfermedades.

Hoy se propugna que la ingesta de 2 a 4 raciones de lácteos entra dentro de un patrón saludable de alimentación, siempre no azucarados. Para pacientes con sobrepeso, obesidad o elevación de lípidos sí se recomendaría tomarlos en su versión semidesnatada o desnatada.

Arroz, pasta y cereales

El arroz se le considera el tercer cereal. Contiene grandes cantidades de almidón en forma de amilosa y amilopeptina. Tiene alto poder calórico. Su índice y carga glucémica es alta por lo que hay que restringir su ingesta y adecuar bien la dosis de insulina. Mejor utilizar arroces de grano largo e integrales.

La pasta tiene también un alto IG y CG. Cuando se ingieran deben ser integrales y al dente. Se aconseja tomar pequeñas cantidades. Existe pasta de legumbres, de guisantes… que pueden ser buenos sustitutos.

Los cereales industriales, en general, tienen un alto IG y CG y aunque sean integrales deben ser evitados sobre todo en el desayuno. Precisan dosis altas de insulina para su metabolismo y aumentan el riesgo de hipoglucemia posterior.

El pan de trigo debe ser sustituido por pequeñas cantidades de panes integrales de centeno, avena … buscar el de menor IG y no darlo, en general, en el desayuno, pues lleva a importantes hiperglucemias a esa hora. Tomar siempre poca cantidad. Buenos sustitutos pueden ser los conocidos como pseudocereales: quinoa y trigo sarraceno (que no tiene gluten, contiene todos los aminoácidos esenciales y su proteína es completa).

Legumbres

Son fuente de proteínas, vitaminas y fibra. Deben tomarse 3 a 4 veces por semana. Son buenos sustitutos de la pasta y el arroz. Tienen un índice y carga glucémica baja, por lo tanto, muy aconsejables para los niños y adolescentes con diabetes.

Frutas y verduras

Alimentos muy buenos desde el punto de vista nutricional.

Aportan minerales, vitaminas, hidratos de carbono y fibra. Hay que tomarlos diariamente. Unas 5 a 7 raciones, entre ambas, al día.

Pescados

Fuente de proteínas de alto valor biológico y minerales esenciales (*iodo, zinc, selenio*). Ricos en ácidos grasos insaturados (omega 3). Ayudan a mejorar el perfil lipídico. Deben tomarse unas tres veces por semana.

Los pescados grandes (*pez espada, emperador, atún…)* parecen tener más mercurio y recientemente, en España, se ha desaconsejado que lo tomen embarazadas y niños menores de 10 años. Se aconseja ingerir pescados pequeños.

Carne

Fuente importante de proteínas de alto valor biológico. Aportan grasas saturadas y monoinsaturadas. También aportan vitaminas del grupo B, hierro y zinc. Además de que las carnes rojas tienen más grasas saturadas lo que llevaría a restringirlas algo más, tiene gran importancia el pasto que han tomado los animales. Se aconseja carne de aves. Se deben cocinar a la plancha con aceite de oliva extra virgen o al horno o cocidas. Las barbacoas no son aconsejables pues hay evidencia de compuestos potencialmente tóxicos que se producen en su elaboración. Las carnes procesadas están clasificadas como carcinógenas pues hay evidencia de que aumentan el riesgo de cáncer colorrectal.

Huevos

Buena fuente de proteínas de alto valor biológico y de grasas. Se ha visto que no incrementan el riesgo cardiovascular y hoy se aconseja tomar un huevo al día. Su calidad y valor nutricional va a depender de la calidad de la alimentación de las gallinas. Si es posible tomar huevos ecológicos.

LAS RECOMENDACIONES DIETÉTICAS EN DIABETES DEBEN ENFOCARSE EN LOS PATRONES DE ALIMENTACIÓN O DIETAS SALUDABLES, DIRIGIDAS A CONSEGUIR UN BUEN CONTROL GLUCÉMICO

13. ETIQUETAS NUTRICIONALES

Las etiquetas o tablas nutricionales nos ofrecen información de forma cuantitativa del alimento a consumir. Existe una información obligatoria que debe aparecer en las etiquetas de todos los productos, como son: el valor energético (calorías), el contenido en grasas, grasas saturadas, hidratos de carbono, los azúcares, las proteínas y la sal. Igualmente, estas tablas nos indican la cantidad de todos estos elementos en 100 gr de producto.

Por otro lado, es importante leer la lista de ingredientes pues allí deben aparecer todos los ingredientes del producto y valorar si es un producto saludable. Conviene conocer el significado de las declaraciones nutricionales que llevan los envases. Cuando el producto indica:

- *De bajo valor energético*; significa que tiene menos de 20 Kcal/100 gr en sólido y 40 Kcal/100 gr en líquidos.
- *Light o ligero*: Cuando hay una reducción del 30% de las calorías con respecto al producto original. El que un producto indique que es ligero o light no significa que sea más saludable.
- *Sin calorías*: con un máximo de 4 Kcal/100 gr.
- *Bajo contenido en azúcares*: No contiene más de 5 gr de azúcar/100 gr en sólidos y 2,5 gr de azúcar/100 ml en líquidos.
- *Sin azúcares*: No contiene más de 0,5 gr de azúcares/100 gr o ml.
- *Sin azúcares añadidos*: Cuando no se ha añadido al producto ningún monosacárido ni disacárido.
- *Fuente de fibra*: mínimo 3 gr de fibra/100 gr o como mínimo 1,5 gr de fibra/100Kcal.
- *Alto en fibra*: Mínimo 6 gr de fibra/100 gr o 3 gr de fibra por 100 Kcal.

Lectura de la cantidad de HC que contiene un producto:

- Buscar en la etiqueta el contenido de Hidratos de Carbono totales en 100 g o 100 ml del producto.
- Comprobar el tamaño “por ración” o “por unidad”.

Para saber la cantidad de gramos de hidratos de carbono de un alimento, hacemos una regla de tres: *si 100 gramos del producto contienen X cantidad de hidratos de carbono, ¿cuántos gramos de hidratos de carbono tendrá la cantidad del alimento que se va a consumir?* y luego el resultado lo dividimos entre 10 y conoceremos la cantidad de raciones de hidratos de carbono.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 8

EJERCICIO Y DIABETES

1. ASPECTOS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE EJERCICIO
2. TIPOS DE EJERCICIO
    a. ejercicio aeróbico
    b. ejercicio anaeróbico
    c. ejercicio mixto
    d. ejercicio de alta intensidad
    e. requerimientos de insulina según el tipo de ejercicio
    f. beneficios del ejercicio
    g. barreras para su realización
3. PAUTAS DE ACTUACIÓN
4. NORMAS DE AJUSTES ANTE EL EJERCICIO CUANDO SE UTILIZA LA MONITORIZACIÓN CONTINUA O A DEMANDA DE GLUCOSA O PÁNCREAS ARTIFICIAL

1. ASPECTOS GENERALES DEL EJERCICIO

La realización de actividad física regular y ejercicio planificado es muy importante para las personas con diabetes tipo 1 (DM1), sea cual sea la edad, por la variedad de efectos positivos que tienen sobre la salud y el estado de forma.

Los avances en la tecnología, tanto para el control de la glucosa, a través de la monitorización continua o a demanda de la glucosa intersticial, como la tecnología para valorar la intensidad del ejercicio, está ayudando mucho a conseguir realizarlo con mayor seguridad.

Definimos:

- A*ctividad física* como cualquier movimiento del cuerpo que causa contracción de los músculos esqueléticos que incrementa el gasto de energía comparado a cuando estamos en reposo.
- E*jercicio* como una actividad física estructurada que se hace con la intención de mantener o mejorar la salud y el estado de forma.

En diabetes, para obtener los beneficios del ejercicio hay que realizarlo con seguridad.

En DM1 el ejercicio supone un reto para mantener las concentraciones de glucosa en el rango adecuado durante el mismo y posteriormente, lo que puede hacer que muchos pacientes con diabetes lleven una vida sedentaria. Pero, aunque el ejercicio a veces dificulta el control glucémico, hay que valorar también los otros beneficios importantes que tienen, a largo plazo, para la salud del paciente.

Entre los múltiples efectos beneficiosos se ha demostrado, en población pediátrica con DM1, que la actividad física regular es un factor que contribuye a prolongar el periodo de remisión.

Para poder conseguir los beneficios del ejercicio sin riesgos se precisa tener conocimientos que deben ser adquiridos con una adecuada educación diabetológica y la experiencia individual, para saber ajustar la insulina y la ingesta al mismo.

TODO NIÑO Y ADOLESCENTE, TENGA O NO DIABETES, DEBE REALIZAR DIARIAMENTE UNA HORA DE EJERCICIO DE CIERTA INTENSIDAD.

Fases en el consumo de energía durante y después del ejercicio

El trabajo muscular provoca un aumento de las necesidades de energía *(que se obtiene fundamentalmente a partir de la glucosa)*, y que pasa por distintas fases:

- **1ª fase:** en los primeros 30 minutos, se utiliza la glucosa que circula en la sangre, y esta, aporta la energía necesaria para la actividad muscular.
- **2ª fase:** a partir de los 30 minutos de iniciarse el ejercicio se recurre a las reservas de los hidratos de carbono almacenados en el hígado en forma de glucógeno, para ello necesita la presencia de insulina.
- **3ª fase:** tras 1-2 horas de iniciado el ejercicio se obtiene energía da partir de las grasas (si no hay *suficiente insulina* puede aparecer cetosis).
- **4ª fase:** existe un aumento de demanda de energía que persiste durante varias horas. Para rellenar el glucógeno tras el ejercicio es esencial ingerir hidratos de carbono (HC).
- **5ª fase:** existe una mejor tolerancia a la glucosa hasta 16-24 horas de finalizado el ejercicio *(reposición lenta de lo gastado y mejor sensibilidad a la insulina).* El hígado tarda más o menos 24 horas en reponer las reservas de glucógeno.

- El paciente con diabetes tipo 1, antes de hacer ejercicio, tiene que conocer, además del nivel de glucosa, otros aspectos que más van a influir en los cambios glucémicos como son:
    - El tipo de ejercicio físico que va a realizar.
    - La intensidad de este.
    - La duración del ejercicio.

    Y también es importante conocer:
    - ✓ La frecuencia con que se realiza habitualmente el ejercicio.
    - ✓ El estado de forma en que se está.
    - ✓ El horario en que va a realizarlo.

- Hay que monitorizar la glucosa antes, durante y después del ejercicio. Con la monitorización continua de glucosa (MCG) tenemos mucha información del impacto del ejercicio en el nivel de glucosa, aunque la precisión de la valoración es menor.

Las recomendaciones para el ejercicio tienen que ser individualizadas y, hay que adaptarlas a cada persona con diabetes.

Entre las recomendaciones generales están:

- Poner la insulina en una zona que no vaya a moverse mucho durante el ejercicio.
- El índice glucémico (IG) de los alimentos ricos en HC pueden servir de ayuda para su selección según el tipo de ejercicio. Las bebidas para deportistas y los geles energéticos con alto IG proveen HC de liberación rápida y aumentan la glucosa con mayor rapidez en ejercicios aeróbicos y pueden tratar o prevenir la hipoglucemia. Los HC de bajo IG antes del ejercicio mantienen la disponibilidad de los HC y mantienen la glucemia (*preferidos para actividades de larga distancia como ciclismo*).
- Aumentar el aporte de proteínas (jamón, atún…etc) a unos 20 gr. en las comidas después del ejercicio, ya que ayudan a reducir la frecuencia de hipoglucemias sin incrementar tanto el riesgo de hiperglucemias. Los HC utilizados en la ingesta posterior deben ser de bajo IG.

  La respuesta al ejercicio está influenciada por el lugar de administración de la insulina, la cantidad de insulina circulante, el nivel de glucosa antes del ejercicio, la composición de la última comida o snack, así como de la intensidad y duración de la actividad.

ADA **2023**

2. TIPOS DE EJERCICIO

- ***Ejercicio aeróbico: de resistencia cardiovascular***

Caminar, correr, montar en bicicleta, bailar, nadar, gimnasia… son los que consumen más glucosa y pueden disminuir más la glucemia mientras se realizan.
Implica movimientos continuos, rítmicos de grandes grupos musculares.
El efecto sobre la glucemia se ve durante el ejercicio y hasta pasadas *12–24 h según la intensidad y duración de este.*

- ***Ejercicio anaeróbico: de fuerza muscular***

Pesas, judo, lucha… Involucra contracciones musculares breves y repetitivas, a veces con pesos, máquinas, bandas de resistencia o el propio peso del cuerpo,
En estos ejercicios el consumo muscular de glucosa es menor y si la intensidad es alta, aumenta la glucosa durante el mismo y un poco después de la actividad, pero posteriormente viene la disminución de las necesidades de insulina por mayor sensibilidad a la misma.

- ***Ejercicio mixto*****:** suma de aeróbico y anaeróbico.

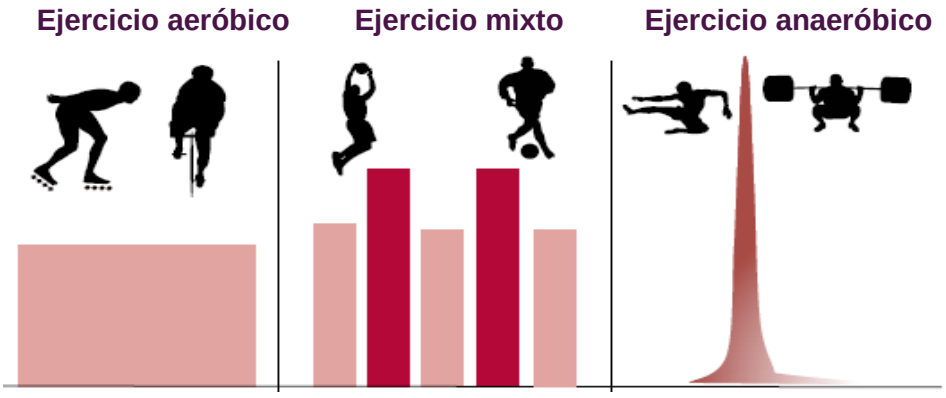
Por ejemplo, yoga, pilates… Sería el ejercicio aconsejado

- Por otro lado, está *el* ***entrenamiento de alta intensidad*** que se define como periodos vigorosos, breves e intermitentes de ejercicio aeróbico y anaeróbico con periodos de recuperación.

  Se ha demostrado que este tipo de ejercicio es más eficaz que el ejercicio aeróbico continuo para mejorar la función cardiovascular y varios parámetros relacionados con el metabolismo de la glucosa (*incluyendo la sensibilidad a la insulina*).

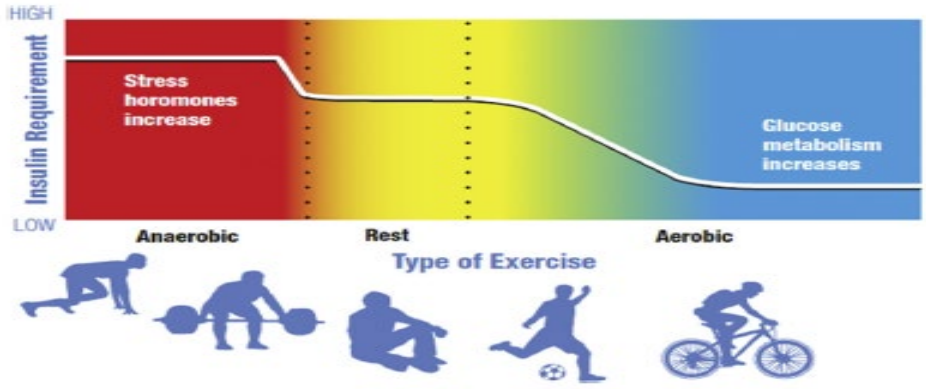
- Debido a que el ejercicio aeróbico consume glucosa desde el inicio, en este caso deberemos comenzar con un nivel de glucosa adecuado superior a 130 mg/dl *(plantearse bajar la insulina previa y tomar HC)* y si vamos a realizar ejercicio anaeróbico que sube la glucemia puede no ser necesario bajar la insulina ni aumentar la ingesta previa y se puede empezar el ejercicio con una glucosa inferior.

- Hay que saber que la hiperglucemia secundaria a la realización de ejercicio anaeróbico se debe a la liberación de hormonas contrarreguladoras y que éstas desaparecen un tiempo después de finalizar el mismo por lo que estas hiperglucemias no deben ser corregidas, y recordar, además, que posteriormente veremos el efecto del ejercicio sobre la disminución de las necesidades de insulina.



REQUERIMIENTOS DE INSULINA SEGÚN EL TIPO Y LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO

En general, las necesidades de insulina se incrementan durante e inmediatamente después de un ejercicio intenso aeróbico o anaeróbico, cuando las hormonas del estrés (adrenalina, noradrenalina…), hormona de crecimiento y niveles de lactato incrementan. En contraste, el aporte de insulina necesita ser disminuido con ejercicio aeróbico más prolongado y de intensidad media o moderada cuando los niveles de hormona del estrés son menos pronunciados (Riddell 2019).



Beneficios del ejercicio regular en personas con DM1

- Incrementa la capacidad cardiorrespiratoria
- Mejora el sueño
- Aumenta el nivel de energía
- Mejora el perfil lipídico
- Mejora el control de la tensión arterial
- Ayuda a controlar el peso
- Mejora la salud de los huesos
- Mejora el control glucémico (*realizado en buenas condiciones*)
- Disminuye la resistencia a la insulina
- Disminuye las necesidades diarias de insulina
- Mejora el estado de ánimo

Barreras para la realización de ejercicio

- Miedo a la hipoglucemia
- Pérdida del control glucémico
- Falta de tiempo
- Ausencia de motivación
- Pocos conocimientos acerca de cómo manejar el ejercicio en la diabetes

3. PAUTAS GENERALES DE ACTUACIÓN

- Hacer ejercicios de calentamiento antes de empezar el ejercicio (*5 -10 minutos*).
- Siempre control glucémico antes, durante y después del ejercicio o llevar MCG.
- Comenzar el ejercicio siempre con glucemia adecuada superior a 130 mg/dl, (*si ejercicio aeróbico*) sin flechas de predicción que indiquen riesgo de hipoglucemia.
- Ajustar las dosis de insulina si es necesario.
- Tomar HC antes y durante el ejercicio *(esto es diferente si estamos en tratamiento con páncreas artificial*)

  - **Menos de 30 minutos** de duración, no es necesario tomar nada excepto si hay riesgo previo de hipoglucemia (*mirar flechas de tendencia*)
  - **A partir de los 30 minutos** de duración: tomar según la intensidad del ejercicio unos 5-10 gr. HC.
  - **Más de 1 hora** de duración hay que valorar el consumo según el tipo de ejercicio e ir aportándolo con frecuencia.

- Finalizar de manera progresiva bajando paulatinamente la intensidad y hacer 5 a 10 minutos de estiramientos.
- Ideal sesiones de ejercicio de 60 minutos/día, es lo aconsejado en la edad pediátrica.

- Debido a la diversidad del efecto del ejercicio en el control de la glucosa, los diferentes tipos de ejercicio requiere actuaciones diferentes en cuanto a la nutrición y la insulina antes, durante y después del ejercicio.
  Las reacciones adversas del ejercicio son el incremento de la variabilidad de la glucosa, el riesgo de hipoglucemia e hiperglucemia en algunos pacientes. Los alimentos deben tomarse 30-60 minutos antes del ejercicio pues el ejercicio enlentece el vaciado gástrico.

- Las nuevas tecnologías, incluyendo la MCG ayudan a reducir las dificultades del manejo de la glucosa durante el ejercicio. Hay que saber que durante el ejercicio la precisión de las medidas con MCG es menor por lo que lo más importante es fijarse en las flechas de tendencia. Así mismo, los sistemas de parada por predicción de hipoglucemia y los sistemas de asa cerrada híbridos pueden facilitar la situación al suspender la administración de la insulina basal ante el riesgo de hipoglucemia.

- *Si se realiza ejercicio con **exceso de insulina***
  - Se sumará el efecto hipoglucemiante del ejercicio al efecto de la insulina.
  - La presencia de dosis altas de insulina aumenta el paso de glucosa a la célula disminuyendo el nivel de glucosa en la sangre (riesgo de hipoglucemia).
  - Si hay exceso de insulina se bloquea la salida de glucosa del hígado y se retrasa la lipolisis (no se obtiene energía de las grasas).

- *Si se realiza ejercicio con **déficit de insulina** (la hemos reducido en exceso…)*
  - Recordar que el organismo siempre necesita una dosis mínima de insulina.
  - Cuanto mayor reducción de insulina más liberación de glucosa por el hígado.
  - Estos 2 factores pueden ser causa de hiperglucemia después del ejercicio.

RECOMENDACIONES A SEGUIR ANTE DISTINTAS CONCENTRACIONES DE GLUCOSA ANTES DE COMENZAR EJERCICIOEN TRATADOS CON MDI O ISCI

GLUCEMIA	HC	C. CETÓNICOS	EJERCICIO
< 100 mg/dl	Tomar 5 a 10 gr de HC de absorción rápida Valorar si HC lentos		A los 15 a 20 min
101 a 130 mg/dl	5 a 10 gr HC		Comenzar
130 a 180 mg/dl	Según sea, si ejercicio aeróbico o anaeróbico		Iniciar
181 a 250 mg/dl	No tomar HC		Iniciar ejercicio aeróbico. El anaeróbico cuidado
>250 mg/dl *(no explicada por ingesta)*		Cc: <0,6 mmol/l Se puede hacer ejercicio aeróbico 0,6-1,4 mmol/l. Ejercicio aeróbico baja intensidad <30 min. *(nosotros indicamos no hacer ejercicio)* >1,4 mmol/l. Contraindicado el ejercicio. Resolver la cetosis	

- Tras la realización de ejericicio prolongado en la tarde, en pacientes tratados con múltiples dosis de insulina (MDI) o bomba de insulina, hay que reducir la insulina basal en un 20% y la insulina rápida de la siguiente ingesta en un 20 a 50 % según la intensidad y duración del ejericicio.

Realización de ejercicio aeróbico, de más de 30 minutos, en los pacientes con DM1 tratados con bomba de insulina

- Poner basal temporal al 50% unos 60-90 minutos antes de iniciar el ejercicio, y hasta que este termine o suspender la bomba durante el ejercicio (*no más de 60 minutos*). Considerar consumir HC adicionales según necesidades en base a los niveles de glucosa, como se ha explicado anteriormente (5 a 10 g/h).
- La primera ingesta tras el ejercicio (*en los primeros 90 minutos*) considerar tomar de 1 a 1,2 g/kg de HC y reducir el bolo de insulina el 50% para reducir el riesgo de hipoglucemia nocturna. Si el ejercicio ocurre al final de la tarde, hay que reducir la insulina basal en un 20%.
- Si se va a hacer una ingesta antes del ejercicio hay que reducir el bolo del 25 al 75% dependiendo de la intensidad de la actividad (25% para intensidad ligera, 50% para el ejercicio moderado y 75% para ejercicio prolongado).

- *Recomendaciones para la realización de ejercicio físico en personas con diabetes*
  - Utilizar calzado adecuado y cómodo.
  - Llevar prendas adecuadas según la estación del año (*no muy ajustadas*)
  - Llevar identificación con nombre y apellido, teléfono de contacto en caso de emergencia y que indique que se tiene diabetes tipo 1
  - Recomendable hacer ejercicio acompañados.
  - Practicar ejercicio 2-3 horas después de haber comido.
  - Ingerir líquidos para una buena hidratación.
  - Evitar hacer ejercicio en los momentos de mayor efecto de la insulina o
  - Reducir la dosis previa de insulina.
  - Llevar siempre glucosa u otro tipo de HC de absorción rápida, agua e HC de absorción lenta.

- **Se debe evitar**
  - Hacer ejercicio solo por la montaña o en lugares solitarios, si lo hace debe avisar de la ruta a realizar y el tiempo.
  - Salir a caminar o hacer ejercicio en las horas de más calor.
  - Hacer ejercicio intenso sin estar entrenado.
  - Estar muchas horas en casa sin actividad.

En las personas con DM1, para reducir el resigo de hipoglucemia durante el ejercicio, se requiere una planificación previa.

En ejercicios planificados puede ser necesario reducir la insulina basal antes del ejercicio o reducir el bolo de la ingesta previa al ejercicio.

En el caso de ejercicio no planificado, las opciones son más limitadas (*tomar HC suplementarios).* En los tratados con sistemas de asa cerrada híbrida se puede anunciar el ejercicio y cambiar el objetivo de glucosa lo que lleva a una disminución de la administración de insulina.

Recomendaciones generales para la realización de ejercicio físico en personas con diabetes

Factores	Comentarios	Implicaciones
Modalidad de ejercicio, tipo e intensidad	La modalidad, duración e intensidad influyen en el consumo de glucosa por el músculo y en la producción de glucosa por músculo e hígado	Mayor requerimiento de HC ante ejercicios más intensos. El tipo de ejercicio influye en el cambio en la glucemia
Condiciones ambientales	Los ejercicios a altas temperaturas o gran altitud incrementan el riesgo de hipoglucemia	Mayor atención si el paciente está acostumbrado a temperaturas más bajas
Antecedente de hipoglucemia o de ejercicio de moderada intensidad	La respuesta contrarreguladora puede estar alterada en el siguiente ejercicio y se incrementa el riesgo de hipoglucemia	Siguiendo a una hipoglucemia reciente la necesidad de HC en el ejercicio siguiente suele ser mayor.
Niveles de glucemia pre- ejercicio	La glucemia cae más cuando se comienza el ejercicio con un nivel más alto de glucosa	Si la glucemia esta alta, retrasar la toma HC hasta que baje. Si está baja tomar HC de alto índice glucémico
Momento del día	El ejercicio al final de la tarde incrementa el riesgo de hipoglucemia nocturna El ejercicio a primera hora de la mañana tiene menos riesgo de HG por el fenómeno del alba (resistencia insulina)	Ajustes de insulina y mayor vigilancia durante la noche
Cambios hormonales	En el ciclo menstrual *(mujer)* y en el estrés de la competición *(liberación de cortisol y catacolaminas)*	Aumenta la glucosa rápidamente en la competición (*diferente que en el entrenamiento).*

4. NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE EJERCICIO CON **MONITORIZACIÓN CONTINUA DE GLUCOSA O PÁNCREAS ARTIFICIAL**

4.1 INTRODUCCIÓN

- Precisión de la monitorización continua o a demanda de glucosa (MCG)
- Tiempo de retardo durante el ejercicio.

4.2 RIESGO DE HIPOGLUCEMIA Y ESTRATEGIAS PARA MINIMIZARLO

- Glucemias recomendadas antes del ejercicio
- Cambios en los niveles de alerta del riesgo

4.3 NORMAS SEGÚN NIVELES DE GLUCOSA Y TENDENCIAS

- Antes del ejercicio

4.4 NORMAS SEGÚN NIVELES DE GLUCOSA Y TENDENCIAS

- Durante el ejercicio

4.5 NORMAS SEGÚN NIVELES DE GLUCOSA Y TENDENCIAS

- Después del ejercicio

4.6 AJUSTES DE INSULINA ANTES DEL EJERCICIO.

4.7 CIRCUNSTANCIAS ESPECÍFICAS

4.8 EJERCICIO AERÓBICO QUE LLEVA A HIPOGLUCEMIA

- Durante su realización

4.9 TENDENCIA A HIPOGLUCEMIA DESPUÉS DEL EJERCICIO

- Aeróbico y anaeróbico

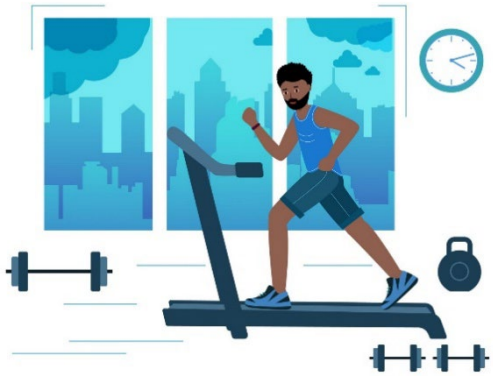
4.10 TENDENCIA A HIPERGLUCEMIA DURANTE Y DESPUÉS DEL

- Ejercicio anaeróbico

4.11 NORMAS PARA EL EJERCICIO CON PÁNCREAS ARTIFICIAL

4.12 CONCLUSIONES

4.1 INTRODUCCIÓN



La monitorización continua o flash de glucosa han facilitado el manejo del ejercicio en el paciente con DM1.

Recientemente se ha publicado un documento de posicionamiento de la European Association for the Study of Diabetes (EASD), la International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD), la American Diabetes Association (ADA) y Juvenil Diabetes Foundation (JDRF), sobre cómo manejarse con el ejercicio (*antes, durante y después)* utilizando los datos de la Monitorización Continua de Glucosa (MCG) o monitorización Flash, en los pacientes con DM1. Este posicionamiento se puede obtener en los siguientes enlaces: Diabetologia oct 2020 https://doi.org/10.1007/s00125-020-05263-9. Pediatric Diabetes oct 2020 https://onlinelibrary.wiley.com/journal/13995448

En la actualidad la casi totalidad de los pacientes con DM1 llevan monitorización continua o a demanda de glucosa. Por ello, hay que cambiar la forma de cómo se aborda el ejercicio con esta información.

Antes de entrar en aspectos específicos hay que conocer cuál es la precisión de dicha monitorización y el tiempo de retardo en la aparición de los datos en situaciones de ejercicio.

PRECISIÓN DE LA MCG Y TIEMPO DE RETARDO DURANTE EL EJERCICIO

Los cambios de la glucosa sanguínea no se ven inmediatamente reflejados en la glucosa del líquido intersticial que es donde se mide en la MCG (*ésta va con retraso*). En reposo, este retardo es pequeño, unos 5 minutos, pero cuando la glucosa cambia con rapidez, como ocurre durante el ejercicio, este retraso se incrementa hasta 12 a 24 minutos. Se debe a:

- Cambios rápidos de la glucosa por el ejercicio
- Cambios en el flujo sanguíneo en la zona
- Cambios en la temperatura de la zona

Por ello, la precisión del sensor durante el ejercicio es menor. El valor de glucosa del sensor debe ser interpretado junto a la información que aportan las flechas de tendencia.

Dado que la precisión del sensor es menor durante el ejercicio y que hay un retraso en la información de los datos, el paciente debe estar muy atento a los síntomas de hipoglucemia e hiperglucemia. Durante el ejercicio es importante el control remoto de los datos de la MCG por parte de padres y/o profesores.

4.2 RIESGO DE HIPOGLUCEMIA EN LOS NIÑOS/ADOLESCENTES CON DM1 RELACIONADOS CON LA REALIZACIÓN DEL EJERCICIO

Según el riesgo de hipoglucemia se recomiendan alcanzar diferentes rangos de glucosa antes de iniciarlo.

1. ***Según la proporción del tiempo por debajo del rango [TBR] (< 70 mg/dl) en los 3 meses precedentes.***
   - Un TBR < 4% añade poco riesgo de tener hipoglucemia.
   - Un TBR del 4 al 8% añade un riesgo moderado de hipoglucemia.
   - Un TBR > 8% añade un riesgo alto de hipoglucemia durante y tras el ejercicio.

2. ***Presencia de hipoglucemias graves los últimos 6 meses***
   - Sí las ha tenido: riesgo alto de hipoglucemia
   - Si no las ha tenido. Menor riesgo de hipoglucemia

3. ***Frecuencia del ejercicio***

   El riesgo de hipoglucemia también va a estar en relación con la frecuencia con que se realice el ejercicio (*diario o menos frecuente*). Cuanto menos frecuente más riesgo.

	Riesgo Bajo	Riesgo moderado	Riesgo alto
Tiempo < 70 mg/dl en 3 meses previos	<4%	4-8%	➢ 8%
Antecedentes hipoglucemia grave	-	-	+
Frecuencia del ejercicio	Diario	Menos frecuente	Esporádico

ESTRATEGIAS PARA MINIMIZAR EL RIESGO DE HIPOGLUCEMIA ANTE EL EJERCICIO FÍSICO

RIESGO DE HIPOGLUCEMIA	VALORES RECOMENDADOS PARA INICIAR EJERCICIO
Riesgo alto	162-216 mg/dl
Riesgo moderado	145-198 mg/dl
Riesgo bajo	126-180 mg/dl
Hipoglucemias inadvertidas	➢ 160 mg/dl

Los niveles de glucosa antes de comenzar el ejercicio deben ser individualizados.

CAMBIOS EN LOS NIVELES DE ALERTAS

Modificar el nivel de alerta de hipoglucemia, habitualmente suele marcarse en 70 mg/dl conviene subirlo a valores de 80-100 mg/dl, dependiendo del riego individual de hipoglucemia. Se recomienda también activar las alarmas de cambio rápido de glucosa. Hay que recordar que existe un tiempo de retardo más largo con el ejercicio (*12-24 minutos*), por lo que poner la alarma más alta puede compensar este tiempo de retardo.

- **Normas para seguir según los niveles de glucosa y las tendencias de glucosa previos.**

Según el nivel de glucosa y dirección de la flecha de tendencia antes de comenzar.

- Con glucemias superiores a 270 mg/dl con flechas de tendencia hacia arriba sin cetosis, considerar poner una corrección con insulina *(mitad de dosis de insulina de la habitual*). Evitar hacer ejercicio intenso.

- Con glucemias superiores a 180 mg/dl, dependiendo del tipo, duración e intensidad del ejercicio y con flechas hacia arriba se puede plantear poner una corrección reducida o comenzar ejercicio.

- Con cifras <180 mg/dl sin flechas o con flechas hacia abajo, dependiendo del tipo de ejercicio, valorar si tomar HC y retrasar el inicio hasta un nivel de glucosa aceptable.

- En situaciones de glucosa> 270 mg/dl con cuerpos cetónicos moderados o altos o con glucosa <70 mg/dl hay que retrasar el ejercicio hasta que los niveles de glucosa se estabilicen y desaparezcan los cuerpos cetónicos o directamente no hacer ejercicio.

- ***Ante cuerpos cetónicos > 0.6 mmol/l no se recomienda hacer ejercicio, aunque en el posicionamiento actual internacional lo aceptan.***

4.3 NORMAS SOBRE CÓMO ACTUAR ANTES DEL EJERCICIO SEGÚN DATOS DE LA MCG EN NIÑOS Y ADOLESCENTES *(Moser et al. Diabetología 2020)*

Datos glucosa sensor pre-ejercicio en diferentes personas con DM1 Ex2 y /o bajo riesgo hipogluc	Ex1 y/o moderado riesgo hipogl.	Ex0 y/o alto riesgo hipoglucemia	**Flechas Tendencia** Dirección	**Acción** Tendencia sensor Fechas arriba	Tendencia sensor Flechas abajo
➢ 270 mg/dl + cuerpos cetónicos >1.5 mmo/l			↑↗→↘↓	No ejercicio. Corrección con insulina	
➢ 270 mg/dl y cuerpos cetónicos <1.5 mmol/l **Nosotros recomendamos no hacer ejercicio si existen cuerpos cetónicos >0,6 mmol/l.**			↑↗ → ↘↓	Considerar corrección insulina puede ejerc aeróbico Considerar corrección insulina. Puede ejercicio aeróbico Puede comenzar ejercicio	Considerar corrección insulina puede todo ejercicio Puede comenzar todo tipo ejercicio
181-270 mg/dl	199-270	217-270	↑↗ → ↘↓	Puede ej. aeróbico Puede empezar todo tipo de ejercicio Puede empezar todo tipo de ejercicio	Puede todo ejerc.
126-180	145-198	162-216	↑↗ → ↘↓	Puede empezar todo ejercicio 5 g HC (0.2/kg) Puede empezar todo ejercicio	10 g HC (0.3 /kg)
90-125	90-144	90-161	↑↗ → ↘ ↓	5 g HC (0.2/kg) Puede empezar todo tipo de ejercicio. 5g CH (0.2g/kg) Puede empezar todo tipo ejercicio 10g HC (0.3 g/kg) Retrasar todo tipo de ejercicio Cantidad individual HC. Retrasar todo tipo de ejercicio	10 g HC (0.3g/kg) 15 g HC (0.4 g/kg
<90 mg(dl	<90 mg/dl	<90 mg/dl		Cantidad individual HC. Retrasar ejercicio	

Ex0. No ejercicio habitual Ex1. Hace ejercicio habitual. Ex2. Muy activo y con ejercicio más intenso

4.4 NORMAS A SEGUIR SEGÚN NIVELES DE GLUCOSA Y TENDENCIAS **DURANTE** EL EJERCICIO

- El objetivo de glucosa durante el ejercicio: **90 a 180 mg/dl** y entre 126 a 180 mg/dl si se hace un ejercicio aeróbico prolongado.

- Si la glucosa se eleva durante el ejercicio (*alrededor 270 mg/dl*), se aconseja poner una pequeña dosis de corrección (*25 a 50% de la dosis calculada*), sobre todo si hay flechas de tendencia hacia arriba. Si existen náuseas o síntomas de cetosis, determinar los cuerpos cetónicos. Si están presentes, detener el ejercicio.

- Con niveles de glucosa por encima de 180 mg/dl con flechas horizontales o hacía arriba, se puede poner una dosis pequeña de corrección o continuar haciendo ejercicio.

- Con niveles inferiores de glucosa (< 180 mg/dl) el ejercicio puede continuar y según el tipo de ejercicio se puede dar HC (*según lo planificado, flechas, riesgo de hipoglucemia).*

- Detener el ejercicio si la glucosa está por debajo de 70 mg/dl.

NORMAS **DURANTE** EJERCICIO CON MCG NIÑOS/ADOLESCENTES DM1 *(Moser. Diabetología 2020)*

Datos glucosa sensor pre ejercicio diferentes grupos con DM1			**Flechas Tendencia**	**Acción**
Ex2 y/o bajo riesgo hipogluc	Ex1 y/o moderado riesgo hipogl.	Ex0 y/o alto riesgo hipogluc	Dirección	Tendencia sensor Flechas hacia arriba / Tendencia sensor Flechas hacia abajo
➢ 270 mg/dl + cuerpos cetónicos >1.5 mmo/l			↑↗→↘↓	Parar ejercicio. Corrección con insulina. No recomenzar ejercicio
➢ 270 mg/dl y cuerpos cetónicos <1.5 mmol/l **Nosotros recomendamos no hacer ejercicio si existen cuerpos cetónicos >0,6 mmol/l.**			↑↗ → ↘↓	Considerar corrección insulina seguir toto tipo ej. / Considerar corrección insulina puede todo ejercicio Considerar corrección insulina. seguir ejercicio / Seguir todo tipo de Ejercicio Hacer todo tipo de ejercicio
181-270 mg/dl	199-270 mg/dl	217-270 mg/dl	↑↗ → ↘↓	Considerar corrección Seguir ejercicio / Seguir ejercicio Pueden seguir con todo tipo de ejercicio
126-180	145-198	162-216	↑↗ → ↘↓	Seguir haciendo ejercicio
< 126	<145	<162	↑↗ → ↘ ↓	Seguir con todo tipo de ejercicio. 5g CH (0.2g/kg) / 10 g HC (0.3g/kg) Seguir con todo tipo ejercicio 10g HC (0.3 g/kg) / 15 g HC (0.4 g/kg) Seguir con todo tipo de ejercicio 15 g HC (0.4 g/kg) / 20 g HC (0.5 g/kg) Seguir con todo tipo de ejercicio
<90 mg/dl	< 90 mg/dl	<90 mg/dl	↑ ↗ → ↘ ↓	Parar todo el ejercicio. Considerar confirmar con glucemia capilar. Ingerir HC cantidades individuales. Tras conseguir objetivos podrá recomenzar todo tipo de ejercicio
< 54 mg/dl	< 54 mg/dl	< 54 mg/dl	Parar el ejercicio	Confirmar con glucemia capilar. Tomar HC para solventar la hipoglucemia. No volver a hacer ejercicio

4.5 NIVELES DE GLUCOSA Y TENDENCIAS DESPUÉS EL EJERCICIO

- En los siguientes 90 minutos después del ejercicio hay que monitorizar estrechamente los valores de glucosa.

- En esos primeros 90 minutos el objetivo de glucosa es de **80-180 mg/dl.** Si es un paciente con riesgo alto de hipoglucemia se puede aumentar el objetivo a 90/100 - 180 mg/dl.

- Si el nivel de glucosa se eleva rápidamente post ejercicio, considerar poner suplemento de insulina (*50% de la dosis habitual*), alejado de la hora de irse a dormir

- Si hay niveles bajos de glucosa con flechas horizontales o de disminución se recomienda tomar HC hasta que la glucosa se estabilice. La glucosa tarda en elevarse unos 20 minutos tras la ingesta.

- Para reducir el riesgo de hipoglucemia tardía o nocturna se puede subir el nivel de alerta de hipoglucemia por lo menos a 80 mg/dl y ver si precisa tomar HC.

4.6 AJUSTES DE INSULINA

- Reducir los bolos de insulina de las comidas antes del ejercicio del 25 al 75% dependiendo del tipo e intensidad del ejercicio. Así hay menos insulina activa o circulante durante el ejercicio con lo que se reduce el riesgo de hipoglucemia.

- Ajustar la insulina basal. Con múltiples dosis de insulina (MDI) reducir un 20% la dosis basal posterior al ejercicio. En los niños tratados con bomba disminuir la basal hasta un 50% unos 60 a 90 minutos antes de comenzar la actividad y posterior al ejercicio disminuir la insulina basal un 20% durante la noche tras ejercicio.

AJUSTE DE INSULINA E INGESTA PARA EL EJERCICIO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON DM1 ***(****Moser o. et al. Diabetología 2020)*

Tipo de tratamiento	Tipo/intensidad ejercicio (*duración 30-45 minutos*)	Tipo/ intensidad del ejercicio. ***(duración > 45 minutos)***
MDI/ISCI Reducción dosis insulina pre-ingesta	-25% para aeróbico medio -50% para aeróbico moderado -50% para aeróbico intenso -25% mixto aeróbico/anaeróbico Hasta - 50% post ejercicio	-50% para aeróbico medio -75% para aeróbico moderado -75% para aeróbico intenso -50% mixto aeróbico/anaeróbico Hasta -50% post ejercicio
MDI: insulina basal	-20% para el ejercicio realizado al final de la tarde	-20% ejercicio final de la tarde -30 a -50% si ejercicio prolongado /inusual durante día.
ISCI: insulina basal	Hasta -50%, 90 minutos antes ejercicio Suspensión de bomba (< 60 min) -20% post ejercicio durante la noche	Hasta -80% 90 min. Antes de ejercicio. Suspensión de bomba (< 60 min) -20% post ejercicio durante la noche
Ingesta HC	• 10-15 g HC dependiendo de la insulina activa que exista y del nivel de glucosa. • 1,5 g HC por kg/hora para ejercicio intenso (*insulina activa nivel medio*) • 0,25 g HC/kg/hora ejercicio intenso (*poca insulina activa*) • 0,4 g HC/kg antes de dormir si ejercicio al final de la tarde.	• 10-15 g HC dependiendo de la insulina activa que exista y del nivel glucosa • 1,5 g HC /kg/h para ejercicio intenso y prolongado (*insulina activa nivel medio*) • 0.25 g HC /kg/h para ejercicio intenso (*poca insulina activa*) • 0,4 g HC/kg antes de dormir si ejercicio al final de la tarde.

MDI= Múltiples Dosis de insulina.

ISCI: infusión subcutánea continua de insulina (bomba de insulina)

4.7 CIRCUNSTANCIA ESPECÍFICAS

- Ejercicio aeróbico que lleva a hipoglucemia durante su realización.
- Tendencia a hipoglucemia después del ejercicio aeróbico y anaeróbico.
- Tendencia a hiperglucemia durante o después del ejercicio (anaeróbico).

4.8 EJERCICIO AERÓBICO CON TENDENCIA A HIPOGLUCEMIA DURANTE EL MISMO

Comenzar el ejercicio con las cifras indicadas. Esto es un colchón para evitar la hipoglucemia (*ver cada uno el efecto de comenzar con diferentes objetivos, por ejemplo: 180 mg/dl vs 140 mg/dl*) para ver cuál es el que más ayuda para evitar la hipoglucemia y al tiempo terminar en el rango objetivo.

Poner mucha atención en las tendencias de glucosa antes del ejercicio. Si antes del ejercicio se está muy justo (ej. 80 mg/dl) y se va a hacer ejercicio aeróbico hay que tomar HC de absorción rápida en forma líquida para llegar pronto al objetivo de glucosa que permita empezar el ejercicio.

1. **Reducir el bolo de insulina**

Bajar la dosis en un 25 al 75% según intensidad y duración del ejercicio. Por ejemplo: bicicleta intensa reducir 75% en el bolo de ingesta o corrección, antes y durante el ejercicio.

2. **Reducir la tasa basal de insulina** (en *aquellos que utilizan bombas*)

Los cambios de la tasa basal tardan en verse 45 a 60 minutos. Por eso la reducción de la tasa basal debe hacerse antes, entre 60 y 90 minutos, para evitar hipoglucemia durante el ejercicio.

La reducción será entre un 30 a 50% según intensidad y duración del ejercicio *(en algunos casos, se llega a reducir hasta el 80% si el ejercicio es muy prolongado*) y se dejará durante todo el ejercicio si se mantiene la glucosa en niveles adecuados o se retomará la basal habitual si se ve tendencia a hiperglucemia al finalizar el mismo, por el retardo en el inicio de la acción de la insulina. Hay que experimentar con el tiempo que hay que disminuir previamente la tasa basal, ver la intensidad de la reducción necesaria y el momento idóneo para detener esa reducción y reanudar la basal habitual.

La disminución de la tasa basal algunas personas solo la realizan para ejercicios de más de una hora de duración.

A veces se ven hiperglucemias durante el ejercicio o al final de este si se ha suspendido la bomba (*esta suspensión no debe ser superior a 60 minutos*). Para evitarlo, se puede poner un bolo previo a quitar la bomba para sustituir esa basal suprimida, pero reduciéndola, dependiendo del tiempo que estará desconectado y la intensidad del ejercicio.

3. **Separar la ingesta del ejercicio** *(hacerlo mínimo de 30 a 60 minutos antes)*

El ejercicio enlentece la digestión, por lo que hay que dar tiempo para que el alimento se absorba. El alimento que se toma justo antes del ejercicio puede no aumentar la glucosa en la sangre hasta el final de la actividad. Esto puede incrementar el riesgo de hipoglucemia durante el ejercicio (*el alimento no se ha absorbido*) y llevar a hiperglucemia después del ejercicio.

4. Experimentar con diferentes alimentos antes del ejercicio

Los ajustes antes el ejercicio, a pesar de las normas generales, deben ser individualizados. Tenemos que experimentar con la ingesta de diferentes tipos de HC, en diferentes cantidades y en diferentes periodos de tiempo para ver cuál va mejor para evitar las hipoglucemias y mantener la glucosa en el rango objetivo.

Hay que evitar alimentos ricos en grasa antes del ejercicio dado que enlentecen la absorción de los hidratos de carbono.

Hay que recordar que hay que disminuir el bolo de insulina de la ingesta previa al ejercicio.

5. Actitud después del ejercicio

Sobre todo, si no se lleva bomba (si lleva la bomba *se puede poner una tasa basal temporal más baja en vez de tomar HC*) y el ejercicio ha sido superior a 60 minutos, puede ser necesario tomar HC para evitar hipoglucemia. Hay que probar por ejemplo tabletas de glucosa con agua o bebidas deportivas con distintas cantidades y cada cierto tiempo.

4.9 EJERCICIO AERÓBICO/ANAERÓBICO CON TENDENCIA POSTERIOR A HIPOGLUCEMIA

Esto es debido en gran parte a la mayor sensibilidad a la insulina que aparece tras el ejercicio, que puede durar muchas horas (*hasta más de 24h*), sobre todo, después de un ejercicio intenso o prolongado. La tendencia a la hipoglucemia podemos verla inmediatamente tras el ejercicio o de manera tardía, según el tipo de ejercicio, duración y, además, es diferente en cada persona. En el ejercicio anaeróbico la tendencia a la hipoglucemia puede tardar en expresarse más tiempo.

¿Qué hacer?

- Intentar comer más después de la actividad.
- Tomar una mezcla de HC ricos en fibra, con grasa y proteínas después del ejercicio puede ayudar a mantener estable la glucosa, esto suele ser mejor que

tomar hidratos de carbono exclusivamente. Hay que experimentar con diferentes alimentos y diferentes cantidades.

- Reducir el bolo de insulina posterior a la actividad. A veces se precisa reducir el bolo hasta un 50% o más para evitar hipoglucemia después del ejercicio. Otras veces es suficiente con una disminución del 20%.
- Reducir la insulina basal. La reducción de la insulina basal *(la tasa basal de la bomba o insulina retardada en MDI*) después del ejercicio puede ayudar a evitar la hipoglucemia tardía. La cantidad que hay que reducir es individual y puede variar entre el 20 y el 50%. Hay que aprender cuanto bajar y durante cuánto tiempo.

  Si hacemos el mismo ejercicio todos los días no es necesario cambios de basal, pues la basal ya estará ajustada para ese tipo de ejercicio.

4.10 EJERCICIO QUE LLEVA A HIPERGLUCEMIA DURANTE O DESPUÉS (*ejercicio anaeróbico o aeróbico intenso*)

La principal causa de la hiperglucemia es la realización de ejercicio aeróbico intenso o anaeróbico (*competiciones, esprintar…).* Es debido a que el organismo libera hormonas como la adrenalina que sacan glucosa de los depósitos (hígado…) a la sangre.

Otra causa de hiperglucemia durante el ejercicio es comer demasiado, o muy próximo a la realización de ejercicio, ponerse poca insulina, sobre tratar las hipoglucemias o hacer una actividad con la que no se esté familiarizado.

Hay que aprender a hacer cambios en la ingesta o en la insulina. Ante este tipo de ejercicio hay que intentar comer menos HC o cambiar el tipo de HC.

Consejos que pueden ayudar a evitar la hiperglucemia relacionada con el ejercicio

- Bolos correctores con insulina

  Puede ser peligroso poner dosis muy agresivas para corregir la hiperglucemia antes o durante el ejercicio ya que a la actividad de la insulina se añade la acción el ejercicio. Corregir solo por encima de 180 mg/dl y solo el 25% del bolo habitual si se está realizando un ejercicio intenso.

- Estar bien hidratado

  Cuando se está deshidratado, en general, la glucosa se eleva. Hay que beber lo suficiente antes y después del ejercicio para reemplazar las pérdidas por el sudor.

4.11 NORMAS PARA EL EJERCICIO REALIZADO CON PÁNCREAS ARTIFICIAL

Los estudios en estos últimos años han demostrado que el ejercicio con páncreas artificial reduce la frecuencia y el tiempo en hipoglucemia e incrementa el tiempo en rango. Esto puede ayudar a disminuir el miedo a la hipoglucemia que es una de las barreras para realizar ejercicio regular.

Normas:

- Poner un objetivo más alto 60 a 120 minutos previamente a la realización del ejercicio aeróbico de más de 30 minutos, dependiendo del riesgo de hipoglucemia. Puede mantenerse tras finalizar el ejercicio si continua el riesgo de hipoglucemia, si no existe este riesgo hay que quitar el objetivo de ejercicio al finalizar el mismo.
- No poner este objetivo en caso de ejercicio anaeróbico o ejercicio de muy alta intensidad
- No hacer ingesta importante a menos de dos horas de comenzar el ejercicio. Si se hiciera la ingesta >3 horas antes del ejercicio poner bolo habitual. Si se hiciera entre 1 y 3 horas bajar el bolo de esa ingesta en un 25% para ejercicio ligero, un 50% para ejercicio moderado y un 75% para ejercicio aeróbico intenso.
- Si se precisa tomar algo al comenzar el ejercicio (menos de 10 minutos antes) debe ser una muy pequeña cantidad de HC para que no aumente la basal o ponga bolos de autocorrección. En control-IQ se puede poner un bolo de 0,05 u. para que no ponga en la hora siguiente un bolo de autocorrección.
- También se puede salir del sistema automático y pasar a modo manual y utilizar basales temporales como ya se ha explicado en el ejercicio con bomba de insulina.
- Si se va a quitar la bomba en el sistema de páncreas artificial hay que suspender el sistema si la duración de la desconexión es superior a 15 minutos.
- Después del ejercicio disminuir el bolo de la ingesta un 25%.

Se precisan más investigaciones para ir conociendo los objetivos a plantear para diferentes modalidades de ejercicio y el impacto de las diferentes intensidades, duración y tipos de ejercicio.

4.12 CONCLUSIONES

- Conseguir unos buenos valores de glucemia durante y después del ejercicio es un reto.
- Existen muchas variables que influyen en los niveles de glucosa en el ejercicio.
- Estar perfecto es un objetivo poco realista.
- Hay que aprender de la experiencia que es la que, finalmente, nos ayudará a ir ajustando el tratamiento para obtener unos buenos resultados, evitando tanto las hipo como las hiperglucemias y así poder disfrutar del ejercicio.

MÓDULO 9

HIPOGLUCEMIA EN DIABETES

1. HIPOGLUCEMIA

A. definición
B. causa
C. tipos
D. síntomas

2.TRATAMIENTO DE LA HIPOGLUCEMIA

A. leves
B. graves

3.SITUACIONES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE HIPOGLUCEMIAS

4.MIEDO A LA HIPOGLUCEMIA

1. HIPOGLUCEMIA

A. DEFINICIÓN

La hipoglucemia consiste en el descenso de la glucosa en sangre por debajo de 70 mg/dl con o sin síntomas. Es la principal barrera para obtener un buen control de la diabetes tipo 1 y es la complicación aguda más frecuente del tratamiento.

La hipoglucemia tiene importantes consecuencias físicas y psicológicas. *El miedo a la hipoglucemia* puede ser una gran barrera para conseguir un control adecuado de la diabetes.

EN DIABETES SE HABLA DE HIPOGLUCEMIA CUANDO EL NIVEL DE GLUCOSA INFERIOR A 70 MG/DL.

B. CAUSA

La hipoglucemia se produce cuando hay un exceso de insulina absoluto o relativo.

En diabetes tipo 1 se debe a la administración de una dosis excesiva de insulina, o a un exceso de ejercicio o una falta de ingesta no ajustada a la dosis de insulina. El riesgo de hipoglucemia se incrementa cuando el paciente tiene vómitos o diarrea.

C. TIPOS

En la actualidad, siguiendo criterios internacionales, se definen tres niveles de hipoglucemia

- *Hipoglucemia de nivel 1* o alerta de hipoglucemia: glucemia < 70 mg/dl
- *Hipoglucemia de nivel 2* o clínicamente significativa: con glucemia < 54 mg/dl
- *Hipoglucemia grave*, con alteración de la conciencia, convulsiones o coma con cualquier nivel de glucemia (*esto en la edad pediátrica*). En adultos se considera toda hipoglucemia que precise ayuda para salir de ella.
- *Hipoglucemia desapercibida*: glucemia < 70 mg/dl sin síntomas.

Los criterios internacionales de número de hipoglucemias por día aceptable es tener menos del 4% de las medidas al día por debajo de 70 mg/dl (< 58 min) y de estas menos, menos de 54 mg/dl menos del 1% (<14 min)

	Definición
Hipoglucemia	▪ Nivel 1 < 70 mg/dl ▪ Nivel 2 < 54 mg/dl ▪ Nivel 3. Grave con alteración conciencia independiente de nivel de glucosa.
Hipoglucemia inadvertida	▪ Glucemia < 70 mg/dl sin síntomas

D. SÍNTOMAS DE HIPOGLUCEMIA

En el organismo sano, ante la bajada de glucosa se produce una detención de la secreción de insulina, una liberación de hormonas contrarreguladoras y una activación del sistema nervioso simpático que ayudan a liberar glucosa hepática, fundamentalmente. Ante la hipoglucemia, la hormona que se libera en primer lugar es el glucagón y posteriormente catecolaminas, hormona de crecimiento y cortisol *(que son las causantes de la sensación hambre, palidez, sudoración, palpitaciones…).* Si los niveles de glucosa son muy bajos aparecen los síntomas de déficit de glucosa en las neuronas del cerebro (*cambios de comportamiento, desorientación, confusión, convulsiones y se puede llegar al coma*).

En general, un paciente con diabetes siente la hipoglucemia a niveles de 70 mg/dl, pero si las tiene con mucha frecuencia, este nivel puede bajar o llegar incluso a no sentirlas, en ese caso hablamos de **hipoglucemias inadvertidas** o desapercibidas, que las hacen más peligrosas.

E. ¿COMO DETECTAR LA HIPOGLUCEMIA?

Se detecta la hipoglucemia mediante la determinación de la glucemia capilar o con la monitorización continua de glucosa intersticial (MCG) con sistemas que tengan suficiente precisión. Hay que recordar que la MCG puede sobrestimar la hipoglucemia.

2. TRATAMIENTO DE LA HIPOGLUCEMIA

a. ¿Cómo tratar las hipoglucemias leves?

El objetivo es corregirlas con rapidez y seguridad para evitar hipoglucemias graves. Al tiempo hay que evitar la hiperglucemia posterior, mal llamada de “rebote”.

Para remontar una hipoglucemia es importante tomar hidratos de carbono de absorción rápida.

- Ante una **glucemia <54 mg/dL**
  - Se recomienda tomar glucosa (en gel o pastillas,) acompañada de abundante agua, ya que al no tener que metabolizarse, es lo que puede subir la glucemia de forma más rápida.

- Ante una **glucemia entre 54 y <70 mg/dL**

    - Se puede tomar igualmente glucosa con agua, pero también agua con azúcar, zumo o miel. No se recomienda leche, ni chocolate, ni galletas…

    Es preferible evitar formas sólidas de HC. como caramelos, porque se tardan más en absorber y por el potencial riesgo de atragantamiento. También es importante evitar refrescos, ya que contienen sustancias poco saludables. Además, en los niños, no conviene que asocien la ingesta de dulces con el tratamiento de la hipoglucemia.

¿Cuánto hay que tomar para salir de la hipoglucemia?

- La cantidad perfecta de HC de absorciónn rápida será la mínima que consiga que en 15-20 minutos se supere la cifra de 70 mg/dl de glucosa en sangre.

GENERALMENTE ENTRE 3 A 10 GR. DE GLUCOSA ES SUFICIENTE.
(en las fases iniciales de diabetes suele precisarse menos)

Es importante personalizar esta cantidad de glucosa adaptada al momento del día, en función de si hay insulina activa o si se va a hacer ejercicio de forma inmediata. Y no dar en exceso para evitar que lleve a hiperglucemia. En los pacientes tratados con “páncreas artificial” las necesidades de glucosa son menores por haberse detenido previamente la administración de insulina.

NO ES ADECUADO GENERALIZAR ESTA CANTIDAD CON REGLAS COMO LA DEL 15-15, YA QUE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS ESTA CANTIDAD ES EXCESIVA Y NO SE ADAPTA A LAS NECESIDADES INDIVIDUALES.

Generalmente, si hay síntomas, la tendencia natural será pasarse en la cantidad de ingesta de HC, porque en ese momento el paciente tiene una gran sensación de hambre. Sin embargo, es importante saber que los síntomas no se van a resolver antes por comer más. Los síntomas se resolverán cuando se recupere la glucemia en sangre y esto, generalmente ocurre 15-20 minutos más tarde, ya que la glucosa ingerida tiene que pasar por el tubo digestivo: boca, esófago, estómago, absorberse en el intestino delgado y pasar a la sangre.

¿Cuánto hay que esperar tras la toma de la glucosa?

Es importante esperar al menos 15-20 minutos porque es el tiempo que necesita el organismo para absorber los hidratos de carbono ingeridos. Si nos adelantamos a medir la glucemia *(o si nos fiamos de los datos de la monitorización continua de glucosa que siempre va retrasada la recuperación de glucosa en el líquido intersticial),* es posible que aún detectemos una cifra baja y que en consecuencia ingiramos más cantidad de HC de los necesarios.

La hiperglucemia que sigue a una hipoglucemia, lo que llamamos hiperglucemia de rebote, ha demostrado ser especialmente perjudicial para el organismo. Por eso, es importante intentar encontrar el equilibrio y ajustar los tiempos y cantidades a ingerir de glucosa hasta conseguir remontar eficazmente las hipoglucemias sin que se produzca hiperglucemia posterior.

Si la glucemia no se ha recuperado por encima de 70 mg/dl a los 20 minutos ¿Qué hacer?

Si a los 15-20 minutos, la glucemia sigue baja, puede ser necesario volver a tomar glucosa. De nuevo, en la cantidad mínima necesaria. Podemos repetir la cantidad previa o quizá reducirla un poco.

Tras remontar la hipoglucemia ¿es necesario tomar después hidratos de carbono de absorción lenta?

Va a depender. En algunos casos, si la comida no está cerca y la causa que provocó la hipoglucemia sigue actuando, es necesario tomar una pequeña cantidad de carbohidratos de absorción lenta una vez que hemos superado la cifra de 70 mg/dl, para mantener la glucemia dentro de los objetivos y que no vuelva a bajar. Lo más adecuado es valorarlo individualmente y no hacerlo siempre por sistema.

En cualquier caso, es importante no tomar hidratos de carbono de absorción lenta hasta que se remonte la hipoglucemia, porque si no se tarda más en resolver la hipoglucemia. Los carbohidratos de absorción rápida sólo son rápidos cuando se ingieren solos, si añadimos carbohidratos de absorción lenta, grasas o proteínas, se enlentece la absorción de estos.

Si la hipoglucemia coincide con una comida ¿Cómo actuar?

Si la hipoglucemia se produce justo antes de una comida, la actitud más segura es primero remontar la hipoglucemia y después, una vez que la glucemia haya superado 70 mg/dL, poner la insulina y comenzar a comer comenzando por los HC de absorción rápida, por ejemplo, la fruta. Muchas veces, en la práctica, los pacientes comienzan a comer y se ponen la insulina después, esto no es correcto.

Este tipo de actuación conlleva dos riesgos:

- El primero es que, si comenzamos a comer por los hidratos de carbono de absorción lenta, las grasas o las proteínas puede que la glucemia tarde en elevarse y pueda caerse de nuevo en hipoglucemia e incluso que ésta se profundice.

- El segundo riesgo es que se produzca una hiperglucemia tardía tras la comida, porque la insulina tarda 10-20 minutos en comenzar a hacer efecto y tiene un pico de acción a los 90-120 minutos, aproximadamente. Sin embargo, la comida habitual, suele tener un pico de elevación de la glucosa a los 60 minutos. Por eso, si la insulina se administra después, es muy difícil que se controle la glucemia postprandial y se produce hiperglucemia e incluso una nueva hipoglucemia posterior.

Hay que saber que el organismo ante una hipoglucemia se defiende mediante la liberación de hormonas contrarreguladoras *(liberación de hormonas que elevan la glucosa)* que saca glucosa principalmente del hígado. Esta respuesta es muy marcada en los primeros años de diabetes y luego va disminuyendo, por lo que hay que evitar, sobre todo en el periodo inicial de la diabetes, sobre corregir las hipoglucemias.

b. Tratamiento de la hipoglucemia grave

Es aquella hipoglucemia que debido a los síntomas neuroglucopénicos *(déficit de glucosa en el sistema nervioso central)* la persona no puede resolver por sí misma y necesita la ayuda de otra persona. Esta definición implica que la afectación por la hipoglucemia es importante. Sin embargo, para niños muy pequeños no es válida porque siempre precisan ayuda de otra persona para resolver cualquier tipo de hipoglucemia. Por eso, en general, lo más útil es considerar hipoglucemia grave aquella en la que se produce alteración del nivel de conciencia o convulsiones o coma.

¿Cómo actuar ante una hipoglucemia grave?

- No intentar dar nada por boca, ya que, si el nivel de conciencia está disminuido, existe riesgo de aspiración.
- Colocar a la persona en posición de seguridad, de lado.
- Administrar glucagón nasal una aplicación del espray, o si no contamos con él, subcutáneo o intramuscular, en este caso las dosis adecuadas dependen del peso: 10-30 mcg/kg (*ver tabla de dosis).*
- Tras la administración de glucagón, los niveles de glucosa comienzan a subir en 5-10 minutos.
- Una vez recuperada la consciencia, tomar carbohidratos para mantener la glucemia.
- Controlar la glucemia con frecuencia en las horas siguientes.

Dosis de glucagón sc. ante una hipoglucemia grave

Edad	Dosis de glucagón
< 3 años	0,3 ml (0,3 mg)
3 a 12 años	0,5 ml (0,5 mg)
>12 años y adultos	1 ml (1 mg)

Glucagón en polvo para vía subcutánea.

S no contamos con glucagón nasal hay que tener este siempre a mano, en casa, en el colegio, durante las excursiones y los viajes.

Ver la fecha de caducidad y enseñar a los familiares/profesores y amigos cómo deben actuar en caso de hipoglucemia grave.

El glucagón se debe administrar por vía intramuscular o subcutánea, en brazo, pierna o glúteo. Antes de inyectarlo, es necesario preparar el glucagón en solución según las indicaciones del Kit.

Una vez preparada la mezcla la concentración es 1 mg en un ml.

Forma de preparar y administrar el glucagón

Retirar el capuchón de plástico del vial y el protector de la aguja de la jeringa. Introducir la aguja en el disco de goma e inyectar todo el líquido de la jeringa en el vial. Sin retirar la aguja del vial, agitar suavemente el vial hasta que la solución sea transparente. Comprobar que el émbolo está complemente metido y extraer toda la solución con la jeringa, controlando que el émbolo no salga de la jeringa. Eliminar burbujas y la dosis sobrante. Inyectar la dosis bajo la piel o en músculo.

Glucagón Nasal

El glucagón nasal es una alternativa eficaz dada la no necesidad de preparación y más fácil administración. Aprobado en la Unión Europea por la EMA, el 13 de enero de 2020. Disponible en España con el nombre comercial Baqsimi™.

Se han realizado estudios que demuestran su eficacia en adultos y en niños a partir de los 4 años. Es tan eficaz como el glucagón inyectable.

La dosis es una aplicación única.

En el siguiente dibujo se muestra cómo utilizarlo:

Glucagón estable en solución:

Hasta ahora las formulaciones de glucagón eran muy inestables en forma líquida.

Gvoke HypoPen autoinyector y Gvoke PFS pluma precargada en USA. Ogluo TM (autoinyector y pluma precargada) en la UE, aprobada en febrero 2021.

Es una nueva formulación de glucagón líquido premezclado, en solución estable a temperatura ambiente y preparada para utilizarse, ha sido aprobada para el tratamiento de la hipoglucemia grave a partir de los 2 años. Estable a temperatura ambiente durante 2 años y lista para administrarse por vía subcutánea.

Se presenta en una jeringa precargada lista para utilizarse o en forma de un auto inyector. En ambas opciones están disponibles en dos dosis: una dosis de 0,5 mg/0,1 ml para pacientes pediátricos y una dosis de 1 mg/0,2ml para adolescentes y adultos.

Los estudios han demostrado resultados semejantes al glucagón en polvo y el nasal. Todavía no disponible en España en febrero 2024.

Análogo de glucagón (DASIGLUCAGÓN)

Es un análogo de glucagón estable en solución acuosa entre 20 y 25 Cº 12 meses. Utilizable para el sistema de asa cerrada bi-hormonal (insulina -glucagón) en fase de investigación clínica. También ha sido aprobado por la FDA (USA) en marzo 2021 para la hipoglucemia grave en mayores de los 4 años, con probada eficacia en niños y adultos. Los efectos de la utilización crónica de glucagón a largo plazo son desconocidos. Está pendiente de aprobación por la EMA en la Unión Europea.

Importante recordar:

- Todas las dosis aumentan la glucemia unos 20 mg/dl.
- Pueden producir náuseas, vómitos.
- Tras administrarlo poner a la persona de lado y pedir ayuda médica.
- Si no se responde poner una nueva dosis a los 15 minutos.
- Cuando despierte y trague con seguridad comenzar HC orales.

	Presentación	Dosis	Dosis	Edad / vía/ mantenimiento
		Adulto	**Niños**	
Kit de emergencia de Glucagón *(mezclar polvo y diluyente)*	*1mg/1ml vial o jeringa	1 mg	**0.03 mg/kg** *** < 6 a/ < 25Kg:** 0.5 mg *** ≥ 6 a/ >25Kg**: 1 mg	. Aprobada todas edades . Subcutáneo o IM . Expira 2 años a temperatura ambiente
Ogluo® Glucagón en solución	* 0.5 mg/1mg * 0,2 mg/2 ml Jeringa precargada *0.5 mg/1 mg * 0,2 mg/2 ml Autoinyector	1 mg	*** < 2 años: no** *** > 2 años:** ***< 45 Kg: 0.5mg*** ***>45 Kg: 1 mg*** *** > 12 años** 1 mg	. Aprobado para > 2 años . SC en brazo/muslo y abdomen . Caduca a los 2 años a temperatura ambiente *(mantener bolsa aluminio)*
Baqsimi® Glucagón nasal	*3 mg dispositivo intranasal	3 mg	< 4 años: no recomendado * ≥ 4 años: 3 mg/dosis	. Aprobado para > 4 años . Administración nasal . Caduca 2 años a temperatura ambiente *(mantenerlo en el tubo)*

¿Cómo prevenir la hipoglucemia grave?

Las hipoglucemias graves son situaciones potencialmente evitables. Reconocer cuáles son los aspectos que se relacionan con ellas, resulta fundamental para conseguirlo. Entre ellas están; revertir las hipoglucemias inadvertidas y tener unos objetivos glucémicos adecuados.

- ***Hipoglucemias inadvertidas***

Las hipoglucemias inadvertidas son aquellas hipoglucemias en las que la persona no percibe ningún síntoma o los perciben a niveles muy bajos de glucosa. Se producen como consecuencia de una alteración en la respuesta simpático-adrenérgica cuando son muy frecuentes las hipoglucemias. Es decir, cuando se producen hipoglucemias con excesiva frecuencia, el organismo “se acostumbra” y ajusta a la baja el umbral de respuesta ante la hipoglucemia.

Las neuronas se vuelven menos sensibles, pero a la vez disminuye la respuesta contrarreguladora, aumentando el riesgo de hipoglucemias graves.

Esta situación, sin embargo, es potencialmente reversible si se evitan las hipoglucemias durante un periodo de tiempo mínimo de aproximadamente 3-4 semanas, para lo que se ha demostrado útil la monitorización continua de glucosa y, quizá mejor aún, la utilización de los sistemas integrados con suspensión automática de insulina ante predicción de hipoglucemia o el “pámcreas artificial”..

- **Objetivos de control adecuados**

Las hipoglucemias graves no suelen producirse de forma repentina. Generalmente, se producen tras un periodo de tiempo en el que las cifras de glucosa en sangre descienden paulatinamente hasta que se produce la pérdida de conciencia. Por eso, el tiempo con glucemia <70 mg/dl es un factor determinante en el riesgo de sufrir una hipoglucemia grave. Además, la existencia de hipoglucemias frecuentes, pueden llevar a hipoglucemias inadvertidas.

Unos objetivos de control demasiado estrictos, un insuficiente control metabólico o una **elevada variabilidad glucémica** son factores que también se relacionan con la probabilidad de hipoglucemia grave.

3. SITUACIONES PUNTUALES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE HIPOGLUCEMIA

Existen determinados factores que en un momento dado pueden disminuir puntualmente la respuesta del organismo ante la hipoglucemia, provocando una situación de mayor vulnerabilidad a la hipoglucemia grave.

- ✓ El ejercicio y el sueño, por ejemplo, pueden disminuir la capacidad de respuesta contrarreguladora.
- ✓ Las hipoglucemias repetidas en un mismo día también alteran esta respuesta, por lo que puede ser importante ajustar las dosis de insulina los días en los que se han producido varias hipoglucemias.
- ✓ La ingesta de alcohol, factor a tener en cuenta en adolescentes, supone un riesgo importante de hipoglucemia, ya que bloquea la liberación de glucosa hepática y hace que no exista respuesta al glucagón.

Consejos para evitar la evolución a una hipoglucemia grave

1. *Actuar con rapidez ante las hipoglucemias leves*: Las hipoglucemias debemos prevenirlas y una vez detectadas tratarlas con rapidez para disminuir el tiempo en hipoglucemia. Como ya hemos apuntado, identificar las situaciones en las que se producen las hipoglucemias nos permitirá prevenirlas Los controles glucémicos frecuentes *(MCG o glucemias capilares)* son la clave para detectarlas a tiempo, sobre todo en los niños pequeños y en aquellos con hipoglucemias inadvertidas. Es muy útil la valoración de los patrones de glucosa en las descargas para poder detectar los puntos de riesgo de hipoglucemia y modificar el tratamiento.

Se debe prestar especial atención a la *educación de los padres, hermanos mayores, familiares, profesores y otros cuidadores* de niños pequeños para aprender a reconocer los signos de alerta temprana de hipoglucemia y tratarla de forma inmediata y adecuada.

2. *Tratar adecuadamente la hipoglucemia leve*: seguir las recomendaciones y personalizar las cantidades de carbohidratos necesarias disminuirá el tiempo en hipoglucemia y por lo tanto el riesgo de hipoglucemia grave.

3. *Tener siempre a mano lo necesario para manejar la hipoglucemia* adecuadamente. El kit de hipoglucemia comprenderá: la MCG, el glucómetro y tiras reactivas, hidratos de carbono de absorción rápida, hidratos de carbono de absorción lenta y glucagón nasal o de administración subcutánea.

4. Ajustar el tratamiento con frecuencia para conseguir mantener los objetivos glucémicos. *Para ello hay que analizar con asiduidad la descarga de* datos de glucosa, dosis de insulina, raciones o gramos de carbohidratos y ejercicio con el objetivo de realizar los ajustes necesarios lo antes posible cuando se producen cambios en las

necesidades de insulina. Además de una hemoglobina glicosilada adecuada hay que conseguir los objetivos internacionales de hipoglucemia con la MCG: <4% de hipoglucemias nivel 1 y <1% de nivel 2 y una variabilidad glucémica < 36%.

Los nuevos sistemas de MCG permiten conocer con antelación el riesgo de hipoglucemia y por tanto evitarlas. En la actualidad ya disponemos, en la clínica diaria, de sistemas de MCG asociados a bombas de insulina con paradas por predicción de hipoglucemia con muy buena eficacia que evitan en su mayor parte las hipoglucemias mediante la suspensión de la administración de insulina basal y los sistemas de páncreas artificial.

La actitud ante una hipoglucemia si llevamos un sistema de parada por predicción o páncreas artificial será diferente. No habrá que actuar excepto que exista mucha insulina activa proveniente de un bolo *(se dice que el paciente no debe tomar nada, excepto que la insulina activa en ese momento sea mayor de la suma de insulina basal de 2 horas).*

4. MIEDO A LA HIPOGLUCEMIA

La hipoglucemia constituye una experiencia que puede impactar mucho en la persona y crear ansiedad. Sobre todo, si ésta es importante y cuesta remontarla. La hipoglucemia preocupa, en especial por la noche y en especial a los padres.
Este miedo dificulta posteriormente el control de la diabetes, pero también puede afectar a otras esferas de su vida. El miedo hace que las actuaciones no sean las correctas y con frecuencia para evitarlas se toman decisiones erróneas, como es mantenerse en hiperglucemia.
El paciente, la familia y el equipo diabetológico tienen que ser conscientes de este miedo. Con frecuencia se precisa de un abordaje psicológico adecuado.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 10

HIPERGLUCEMIA Y CETOSIS

1. DEFINICIÓN DE HIPERGLUCEMIA

2. DEFINICIÓN DE CETOSIS

3. ACTUACIÓN ANTE HIPERGLUCEMIA

- sin cetosis
- con cetosis
    - *paciente tratado con MDI*
    - *paciente tratado con ISCI*

1. DEFINICIÓN DE HIPERGLUCEMIA

Hiperglucemia es toda glucemia por encima de los objetivos individualizados. Según el grado de control que queramos conseguir las correcciones serán más o menos intensas. El objetivo actual es intentar conseguir la normoglucemia. Siempre hay que hacer correcciones de la glucemia con seguridad.

2. DEFINICIÓN DE CETOSIS

Cetosis es la acumulación de cuerpos cetónicos.

La fuente principal de energía del cuerpo es la glucosa. Cuando las reservas de glucógeno se agotan, y no hay glucosa disponible, el organismo necesita aumentar el metabolismo de las grasas para obtener energía. En esta situación se generan los cuerpos cetónicos, su acumulación se conoce como cetosis. La cetosis puede aparecer por falta de glucosa o por falta de insulina. Cuando se acumulan cetonas en exceso tienen efectos negativos.

Se consideran cuerpos cetónicos negativos medidos en sangre <0,6 mmol/l. elevaciones moderadas de 0,6 a 1,5 mmol/l y alto entre 1,6 y 3 mmol/l y muy alto más de 3 mmol/l, esto es muy peligroso ya que puede evolucionar a cetoacidosis diabética por lo que hay que buscar atención médica urgente. Entre sus efectos más graves está el edema cerebral, la pérdida de conciencia, el coma diabético y se puede llevar hasta la muerte.

¿Cuáles son los síntomas de acumulación de cuerpos cetónicos con glucosa alta?

Sequedad de boca, sed intensa, orinar con frecuencia, si no se trata puede progresar a confusión, fatiga extrema, piel enrojecida, aliento afrutado, náuseas y vómitos, dolor abdominal y dificultad para respirar.

Los cuerpos cetónicos se pueden analizar en orina (menos precisos) o en sangre mediante tiras reactivas.

¿Cuándo hacer la determinación de cuerpos cetónicos?

- Ante niveles de glucosa superior a 240 mg/dl sin causa aclarada
- Ante síntomas de cetoacidosis diabética
- Si toma medicación de inhibidores de SGTL2

3. ACTUACIÓN ANTE HIPERGLUCEMIA

- Para la corrección de la hiperglucemia utilizaremos el Factor de Corrección *(índice de sensibilidad)* y el objetivo glucémico. Siempre hay que tener en cuenta la insulina activa existente y si se va a hacer actividad o no.

- Las *causas de la hiperglucemia antes de la ingesta* pueden ser por una dosis inadecuada de insulina basal, por haber realizado menos ejercicio del habitual o tener aumentadas las necesidades por enfermedad, estrés, menstruación…etc.

- Las causas *de hiperglucemia tras una ingesta* pueden ser: tener una ratio insulina/HC no correcta, no haber calculado bien los HC, no haber valorado el contenido en grasa y proteínas si éste ha sido alto o si ha llegado con glucemia fuera de objetivo, o que el factor de corrección no esté bien calculado.

Cuando la hiperglucemia es antes de una comida podemos poner la insulina en doble bolo: uno inicial para corregir la hiperglucemia y a los 20 minutos poner el bolo para la ingesta. Esperar unos 20 minutos para comer. Si llevamos MCG esperar a que cambie la dirección de la flecha de tendencia.

Corrección de una hiperglucemia

DOSIS DE INSULINA PARA CORREGIR LA HIPERGLUCEMIA

GLUCEMIA ACTUAL-GLUCEMIA DESEADA/ FACTOR DE CORRECCIÓN

Corrección de hiperglucemia con cetosis en los tratados con MDI

La cetosis marcada indica un déficit importante de insulina *(olvido de dosis, enfermedad intercurrente…).*

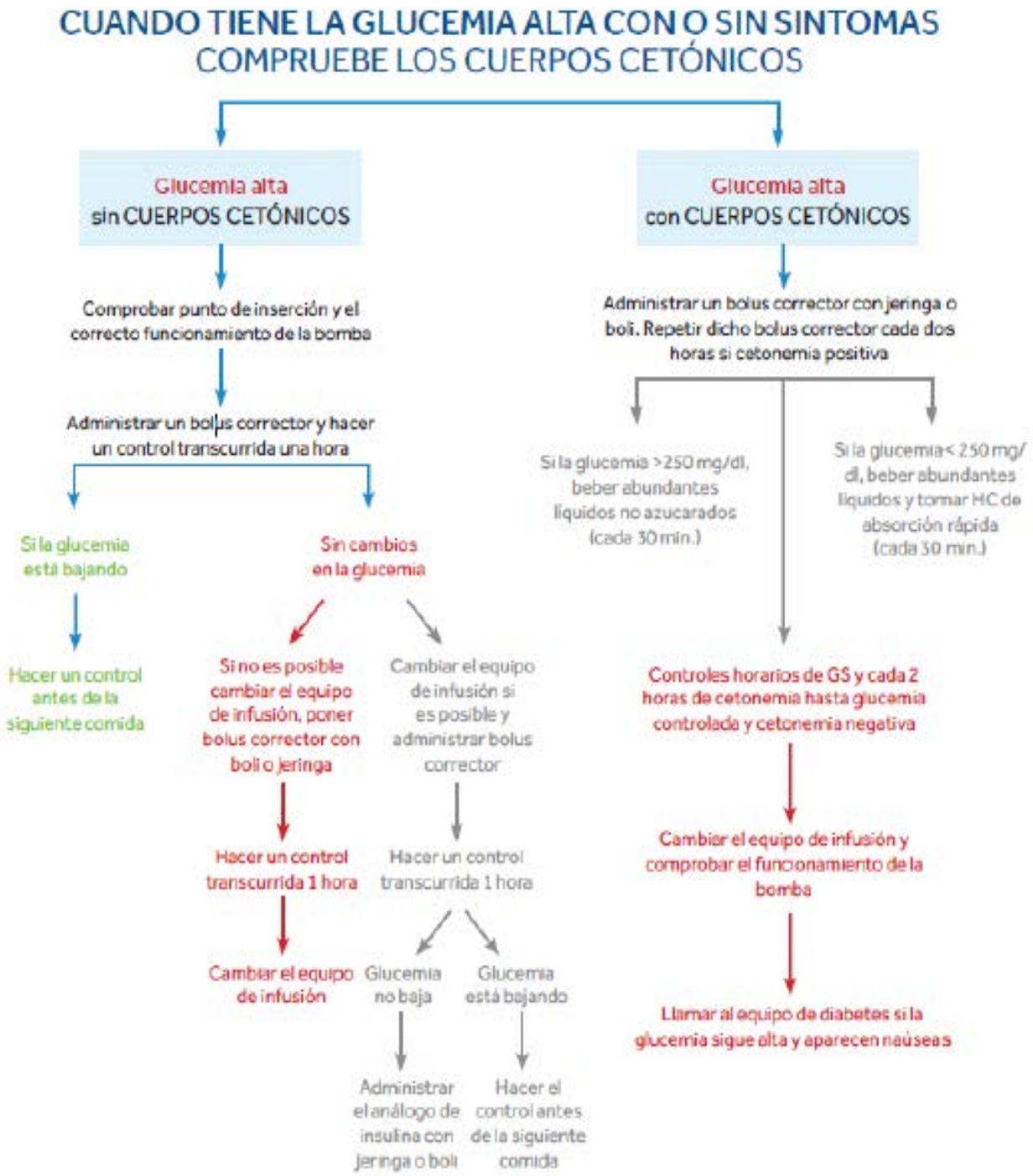
- *Si la glucemia es inferior a 250-300 mg/dl* hay que aportar líquidos con iones e HC de absorción rápida y poner la insulina para corregir la cetosis y la hiperglucemia y cubrir los hidratos de carbono que esté tomando, aportar insulina cada 2 h. hasta que desaparezca la cetosis.
- *Si la glucemia es superior a 300 mg/dl* no conviene aportar HC hasta que baje de 250 mg/dl y hay que dar solo líquidos con sales y en este caso pondremos insulina solo para la corrección de la hiperglucemia y la cetosis. Cuando baje de esa cifra añadir HC de absorción rápida y cubrirlos con insulina.

Tener en cuenta que la cetosis lleva a resistencia a la insulina por lo que hay que poner una dosis un poco más alta de la insulina calculada.

Corrección de hiperglucemia con cetosis en tratados con bomba de insulina

Aunque la causa puede ser un fallo de catéter o de una enfermedad intercurrente, lo primero es sospechar un problema de catéter y actuaremos siempre administrando la insulina con pluma, retirando el catéter.

La actuación será semejante a la de las MDI y solo se vuelve a poner un nuevo catéter cuando este solucionada la cetosis.


CUANDO TIENE LA GLUCEMIA ALTA CON O SIN SINTOMAS
COMPRUEBE LOS CUERPOS CETÓNICOS
Glucemia alta sin CUERPOS CETÓNICOS
Glucemia alta con CUERPOS CETÓNICOS
Comprobar punto de inserción y el correcto funcionamiento de la bomba
Administrar un bolus corrector y hacer un control transcurrida una hora
Si la glucemia está bajando
Sin cambios en la glucemia
Hacer un control antes de la siguiente comida
Si no es posible cambiar el equipo de infusión, poner bolus corrector con boli o jeringa
Cambiar el equipo de infusión si es posible y administrar bolus corrector
Hacer un control transcurrida 1 hora
Hacer un control transcurrida 1 hora
Cambiar el equipo de infusión
Glucemia no baja
Glucemia está bajando
Administrar el análogo de insulina con jeringa o boli
Hacer el control antes de la siguiente comida
Administrar un bolus corrector con jeringa o boli. Repetir dicho bolus corrector cada dos horas si cetonemia positiva
Si la glucemia >250 mg/dl, beber abundantes líquidos no azucarados (cada 30 min.)
Si la glucemia< 250 mg/dl, beber abundantes líquidos y tomar HC de absorción rápida (cada 30 min.)
Controles horarios de GS y cada 2 horas de cetonemia hasta glucemia controlada y cetonemia negativa
Cambiar el equipo de infusión y comprobar el funcionamiento de la bomba
Llamar al equipo de diabetes si la glucemia sigue alta y aparecen naúseas

MÓDULO 11

AJUSTES DE LA DOSIS DE LA INSULINA: BASAL Y PARA CUBRIR LA INGESTA

1. CONSEJOS GENERALES

2. CALCULO DE LA DOSIS DE INSULINA PARA CUBRIR LA INGESTA

3. RATIO INSULINA / RACIÓN HC O GR HC /UNIDAD DE INSULINA

4. FACTOR DE CORRECCIÓN O ÍNDICE DE SENSIBILIDAD

5. FLECHAS DE TENDENCIA

6. REMANENTE DE INSULINA O INSULINA ACTIVA

7. VALORACIÓN DEL CONTENIDO GRASAS-PROTEÍNAS DE LA INGESTA.

8. CÁLCULO DE DOSIS ANTES DE LA INGESTA EN VIDA REAL

9. ASPECTOS A TENER EN CUENTA ANTE LA INGESTA EN VIDA REAL

10. AJUSTE DE LA INSULINA BASAL.

11. CONCLUSIONES

¿Cuándo administrar la insulina?

- En caso de análogos de insulina de acción rápida (NovoRapid®, Humalog® o Apidra®) hay que administrarla **15 a 20 minutos** antes de la ingesta, el tiempo variará según el nivel de glucemia. Si llevamos Monitorización Continua de Glucosa (MCG) con flechas de tendencia, tendremos que valorar dichas flechas y sus cambios para empezar a comer.
- En caso de utilización de insulina ultrarrápida Fiasp® O Lyumjev™ hay que esperar de **5 a 10 minutos** entre administración de insulina e ingesta, o más en caso de hiperglucemia.

Esta espera ayuda a controlar la hiperglucemia inicial tras una ingesta y disminuye el riesgo de hipoglucemia posterior. En caso de alimentos con Hidratos de Carbono de muy bajo índice glucémico deberemos acortar la espera o modificar el orden de la ingesta, comenzando por los HC que se absorban más rápidamente.

- Los olvidos de insulina antes de las comidas llevan a un incremento de la HbA1c proporcional al número de dosis olvidadas.
- La utilización de plumas de insulina conectadas o dispositivos tipo capuchón, adaptados a las plumas desechables, ayuda a evitar estos olvidos pues nos indican cuando nos pusimos la última dosis.
- El que nos pongamos la dosis de insulina antes de la comida, no indica que podamos comer todo lo que queramos, hay que hacer un ajuste entre insulina e ingesta de hidratos de carbono, principalmente, pero también valorar el aporte de proteínas y grasa.
- Tenemos que conocer los objetivos a alcanzar antes y tras la ingesta *(deben ser individualizados).* De forma general se recomienda:

  - Antes de las ingestas: 80-130 mg/dl
  - A la hora de la ingesta: < 180 mg/dl
  - A las 2 horas de la ingesta: < 140 mg/dl

2. CÁLCULO DE LA DOSIS DE INSULINA PARA CUBRIR UNA INGESTA

Para el cálculo de la dosis de insulina para una comida necesitamos conocer:

- La Ratio insulina/ración de HC o gr HC /cubiertos por una unidad de insulina
- El Factor de Corrección o Índice de Sensibilidad.
- El nivel de glucosa en ese momento.
- El objetivo de glucosa
- La cantidad y tipo de hidratos de carbono que vamos a ingerir
- El remanente de insulina activa de un bolo anterior.

Además, deberíamos tener en cuenta:

- La cantidad y tipo de grasa y proteínas
- La actividad física que haya realizado o vaya a realizar.

Conocer como ajustar la dosis de insulina a la cantidad de alimento nos dará flexibilidad en la ingesta.

3. RATIO: INSULINA QUE CUBRE UNA RACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO O GRAMOS DE HC CUBIERTOS PARA CADA UNIDAD DE INSULINA

Nos ayuda a saber cuánta insulina rápida se necesita para cubrir los hidratos de carbono de una comida o snack. No hay ninguna fórmula que lo calcule correctamente y será con la experiencia la que nos permitirá ir conociéndolo.

La ratio se calcula cuando partiendo de una glucemia adecuada (80 a 130 mg/dl) obtengamos glucemias dentro de objetivo a la hora (< 180 mg/dl) y dos horas tras la ingesta (< 140 mg/dl). Dividiendo esa dosis de insulina por las raciones de HC o los gramos de HC por la dosis de insulina obtendremos la ratio.

- R*atio insulina/ración HC*: dividir la insulina aportada por el número de raciones de HC que se ha ingerido. *Ejemplo: 5 unidades administradas para 4 raciones ingeridas: Ratio 5/4 = 1,25 unidades de insulina por ración de HC.*

- *Ratio gramos de HC cubiertos por una unidad de insulina*: dividimos los gramos de HC aportados por la dosis de insulina administrada. *Ejemplo: 40 gramos de*

hidratos de carbono ingeridos y 5 unidades administradas de insulina: Ratio 40/5= 8 gramos de HC son cubiertos por una unidad de insulina.

Saber los dos tipos de ratio es importante pues la mayoría de las bombas actuales la ratio la utilizan en gramos de HC cubiertos por una unidad de insulina y no como clásicamente, dosis de insulina por ración de HC.

En general, las necesidades de insulina son superiores en el desayuno, les siguen las de la merienda-cena y finalmente, la comida. Pero esto es variable entre individuos y en una misma persona en distintos momentos de la evolución de su diabetes, por lo que hay que ir ajustando la ratio a lo largo del tiempo. También deberemos adaptar esta ratio al tipo de HC que ingiramos. Los HC de alto índice glucémico necesita una ratio mayor.

4. EL FACTOR DE CORRECCIÓN (TAMBIÉN CONOCIDO COMO ÍNDICE DE SENSIBILIDAD)

Representa los mg de glucosa que disminuyen tras la administración de una unidad de insulina rápida.

Se calcula con la fórmula:

FC= 1700 /dosis total de insulina del día (basal + bolos 24 h) =

Indica cuantos mg de glucosa baja 1 unidad de insulina rápida

Sirve para calcular la dosis de insulina que se precisa para llevar la glucosa de ese momento al objetivo glucémico deseado antes de la ingesta o ante una corrección. Habitualmente, el objetivo glucémico utilizado es 100 mg/dl (debe individualizarse).

La dosis para corregir la hiperglucemia antes de la ingesta se suma o se resta a la dosis de insulina calculada para cubrir los HC de una determinada ingesta.

Hay que pensar que en momentos de enfermedad o cetosis la sensibilidad a la insulina será inferior y el incremento necesario de la dosis de insulina será mayor.

El Factor de Corrección puede variar con el tiempo y en circunstancias especiales como enfermedad, menstruación…

5. FLECHAS DE TENDENCIA

Las flechas de tendencia que nos aportan la monitorización continua de glucosa ayudan a predecir donde, teóricamente, se encontrará la glucosa en 30 minutos y poder utilizar este dato para ajustar la insulina para así optimizar el control.

Existen diferentes directrices de cómo utilizar esas predicciones, entre ellas está la del Dr. Pettus que nosotros utilizamos con buenos resultados. Ésta tiene en cuenta el factor de corrección individual y el objetivo glucémico y utiliza la regla de 50, 75 y 100.

Con esta fórmula, se añade o quita (*según indique elevación o descenso*) 50 mg/dl cuando la flecha indica un cambio de 1 a 2 mg/dl/minuto. Añade o quita 75 mg/dl cuando la flecha indica un cambio de 2 a 3 mg/dl/minuto y añade o quita 100 cuando la flecha indica un cambio >3mg/dl/minuto (ver gráfico).

La dosis de insulina calculada en base a la flecha de tendencia debe ser utilizada como una recomendación de partida y después los ajustes deben ser individualizados, basados en la respuesta en ese paciente en situaciones similares.

Antes de la ingesta, deberemos tener en cuenta no solo el nivel de glucosa de ese momento si no añadir o quitar lo que nos indique la flecha de tendencia de donde estará la glucosa en 30 minutos. Y sobre ese resultado final es sobre la que haremos la corrección si es necesaria.

Por ejemplo: si en el momento de la ingesta tenemos una glucosa de 140 mg/dl con una flecha que indica un cambio de 2 a 3 mg/ml/minuto, el cálculo de la dosis correctora debemos hacerlo sobre 140 + 75= ***215 mg/dl.***

Para poner un bolo corrector debe pasar como mínimo 2 horas de un bolo anterior. Si lo hacemos antes *(no recomendado)* deberemos restar el remanente de insulina del bolo anterior.

6. REMANENTE DE INSULINA O INSULINA ACTIVA

La insulina de acción rápida tiene una duración teórica promedio de 4 horas, ejerciendo casi el 70-80% del efecto en las dos primeras horas. Es por esto, por lo que se aconseja no poner bolos correctores hasta pasado este tiempo.

Las bombas de insulina tienen un sistema que calcula como va desapareciendo la acción de la insulina y por lo tanto dan el dato de la insulina activa que queda *(también*

conocida como remanente de insulina o insulina a bordo). Cuando utilizamos como tratamiento las múltiples dosis de insulina (MDI) deberemos calcular nosotros cuanto queda de la dosis anterior, excepto que utilicemos la pluma inteligente inPen que lleva esta función. En la práctica, a las 3 horas debemos de calcular que nos queda alrededor de un 20% y a las 4 horas alrededor de un 10% *(esto es una aproximación que cada uno debe ir conociendo en sí mismo).*

En la duración de la insulina influyen múltiples factores, entre ellos, la dosis administrada, de manera que con dosis muy altas se prolonga la duración además de modificar su perfil de acción.

7. VALORACIÓN DEL CONTENIDO GRASAS Y PROTEÍNAS DE LA INGESTA

Cuando calculemos el bolo antes de la ingesta *(sobre todo en comidas ricas en grasas)* nos interesa hacer una valoración de la influencia de las grasas y las proteínas en el cálculo de la dosis de insulina y del tipo de bolo, ya que se ha demostrado que tanto las grasas como las proteínas tienen impacto significativo en la glucemia varias horas después de la ingesta. Es diferente su impacto si las grasas y las proteínas se ingieren separadas o conjuntamente. Si se toman juntas el impacto es aditivo.

Efecto de las grasas

- Las grasas enlentecen el vaciado gástrico y por ello retrasan la subida de la glucosa tras la ingesta de HC.
- En las horas posteriores crean una importante resistencia a la insulina.
- Al digerirse las grasas se trasforman ácidos grasos libres que se transforman en glucógeno en el hígado y posteriormente en glucosa.

Todo ello, lleva a un incremento tardío de la glucosa *(en general a partir de las 3 horas de la ingesta que se mantiene durante varias horas, proporcional a la cantidad de grasa ingerida).*

Si se ingiere mucha grasa, hay mayor riesgo de hipoglucemia precoz tras la ingesta, por lo que conviene tenerlo en cuenta al planificar la dosis del bolo para cubrir los HC que debe ser un poco inferior.

Efecto de las proteínas

- Las proteínas se transforman en cierta proporción *(alrededor del 50%)* en glucosa a través del glucógeno hepático y si se toman de manera aislada, el aumento de la glucemia es más precoz que si van unidas a la grasa.

Todavía no hay un consenso de como cubrir las necesidades de insulina con ingestas ricas en grasa-proteínas.

En la práctica nosotros utilizamos el concepto de la Unidad Grasa-Proteína (UGP) de la Dra. Pankowska pero modificada según nuestra experiencia.

- Definimos UGP= la que aporta 150 calorías de grasa + proteína

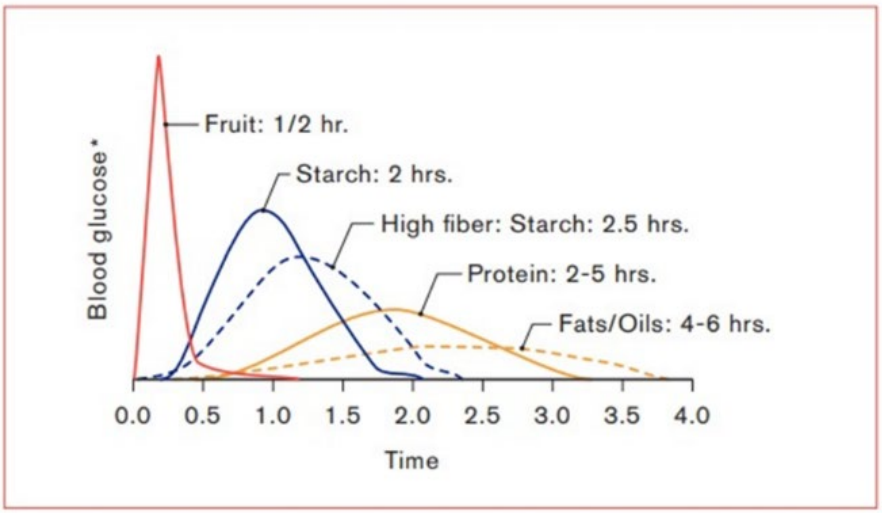
  [Un gramo de grasa aporta 9 calorías y 1 gr de proteína 4 calorías]

- Cada UGP se cubre con la misma ratio que necesitan para cubrir 10 gr de HC.

En el ***tratamiento con bomba de insulina*** las UGP se cubren con un bolo dual: la primera parte para cubrir los HC y la segunda parte para cubrir las UGP. La duración de la segunda parte del bolo depende del número de UGP.

  - 1 UGP: duración de la 2º parte del bolo de 3 horas
  - 2 UGP: duración de la 2º parte del bolo de 4 horas
  - 3 UGP: duración de la 2º parte del bolo de 5 horas

Cuando se está ***tratado con múltiples dosis de insulina (MDI)*** hay que poner la dosis inicial para cubrir los HC *(no esperar tanto como habitualmente por el enlentecimiento de vaciado gástrico y a veces bajando un poco la dosis*) y se administra un suplemento de insulina a la hora y media a 2 horas de la ingesta adaptada a la cantidad de UGP (con este sistema hay menos experiencia).



Ejemplo: Si se toma una pizza que lleva 40 gramos de HC + 30 gr de grasa y 7,5 gr de proteínas y si esa persona tiene una ratio de 1 unidad para 10 gr de HC el cálculo será:

- ✓ En el tratado con bomba
  - o *40 gr HC x ratio de 1 u para 10 gr= 4 unidades para la primera parte del bolo.*
    - ▪ *30 gr de grasa x 9 calorías por gramos= 270 calorías.*
    - ▪ *7,5 gr de proteínas x 4 calorías= 30 calorías*
    - ▪ *Total, de calorías grasa + proteínas= 300 calorías = 2 UGP*
  - o *Dosis para la segunda parte del bolo para cubrir las 2 UGP: 2 x 1 u de la ratio de HC= 2 unidades de insulina*
  - o *Esta segunda parte se repartirá en 4 horas.*
- ✓ *En los tratados con MDI*
  - o *Pondremos al inicio las 4 unidades para cubrir los HC*
  - o *A la hora y media o 2 horas ponemos 2 unidades para cubrir las 2 UGP.*

En los pacientes tratados con sistemas de "páncreas artificial", en general, podremos poner un bolo corrector a las 2 horas de dicha ingesta. Algún sistema, como el Tandem Control-IQ, permite ponen un bolo prolongado de hasta 2 horas.

8. CÁLCULO DE LA DOSIS DE INSULINA ANTE INGESTA EN VIDA REAL

Factores para tener en cuenta:

- Glucosa ACTUAL (MCG o glucemia capilar)
- Flecha de tendencia (sumar o restar)
- Objetivo glucémico (100 mg/dl o individualizado)
- Factor de Corrección (índice de sensibilidad)
- Gramos o raciones de HC
- Recomendable: valorar las grasas y las proteínas (UGP)
- Remanente de insulina que queda activa de un bolo anterior
- Actividad física que va a realizar o ha realizado.

Ejemplo: *Cálculo dosis insulina para una ingesta de 30 gr de HC, con aporte normal de grasas y proteínas, en un paciente con glucosa en ese momento de 150 mg/dl, con flecha de tendencia que indica un cambio hacia arriba de 1 a 2 mg/dl/min, con un factor de corrección de 40 mg/d. Objetivo glucémico de 100 mg/dl. Ratio de insulina 1 unidad por cada 10 gr de HC y con un remanente de insulina de 1 unidad y sin haber realizado ni ir a realizar ejercicio.*

1. Glucosa actual 150 mg/dl + flecha tendencia a 30 min (+50 mg/dl) = **200 mg/dl**

2. Objetivo de glucosa **100 mg/dl**

3. Factor de corrección de **40 mg/dl**

PARA CORRECCIÓN: Glucosa actual + flecha de tendencia - objetivo de glucosa /

Factor de corrección: 200 -100 mg/dl /40: **2,5 unidades**

4. Ingesta HC: 30 gr HC (3 raciones)

5. Ratio 1 unidad/10 gr HC

PARA CUBRIR LA INGESTA: ratio de 1. Unidades para cubrir 30 gr= **3 unidades**

DOSIS PARA CORRECCIÓN + INGESTA: 2,5 + 3= **5,5 unidades**

6. Remante insulina 1 unidad

DOSIS FINAL DE INSULINA A ADMINISTRAR

Dosis corrección + ingesta [5,5 u] – remante insulina 1u = Dosis final **4,5 unidades**

PARA OBTENER UNOS BUENOS RESULTADOS DEBEMOS TENER BIEN OPTIMIZADA LA INSULINA BASAL E IR APRENDIENDO CÓMO LAS DIFERENTES COMIDAS IMPACTAN EN LA GLUCEMIA POSTINGESTA.

9. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA OBTENER UN BUEN CONTROL POSTINGESTA

- Tener un apropiado plan de alimentación. La dieta mediterránea es muy recomendable.
- El número de comidas principales deben ser tres al día con uno a dos snacks saludables si son necesarios (no hacer más).
- Consumir alimentos con hidratos de carbono de bajo índice glucémico y baja carga glucémica: granos integrales, legumbres, frutas, verduras y hortalizas.
- Evitar dulces, zumos de frutas, arroz blanco, cereales y pastas refinadas.
- No sobrepasar el 40% de las calorías diarias para la ingesta de HC.
- No realizar comidas con carga alta de HC, procurar combinar los distintos grupos de alimentos *(algunos expertos aconsejan no pasar de 3 raciones en una ingesta).*
- Las grasas deben aportar menos del 35% de las calorías del día. Hay que favorecer el consumo de alimentos con grasa insaturadas (poli o monoinsaturadas) como: pescados pequeños, almendras, aceite de oliva virgen extra, aguacate.
- Disminuir el consumo de alimentos ricos en grasa saturadas (mantequilla, embutidos y quesos grasos…).
- Favorecer el consumo de alimentos ricos en proteínas de alto valor biológico (huevos, pescado, leche, carnes magras).
- Evitar, en lo posible, el consumo de alimentos ultra procesados. Utilizar alimentos de mercado de proximidad
- Aprender cómo influye cada componente (macronutriente) de la ingesta en la glucemia. Los HC influyen en la glucemia de las 2 primeras horas tras la ingesta, las proteínas a partir de la 1-2ª hora y las grasas a partir de las 3ª hora. El efecto de las proteínas y las grasas sobre las necesidades tardías de insulina se suman.
- Para conocer el impacto de la ingesta en las glucemias postprandiales precisamos poder objetivar de manera frecuente las variaciones de la glucosa. Lo mejor es la utilización de la MCG o a demanda de glucosa o en su defecto determinación de la glucemia capilar antes y 1-2 horas después de la ingesta.
- La insulina siempre debe administrarse previamente a la ingesta.
- Analizar los datos del control glucémico con el equipo diabetológico. Ello nos permitirá aprender mucho sobre el impacto de la dieta en el control glucémico, ajustar la ratio insulina/HC y el factor de corrección. También nos aportaran datos de cómo administrar insulina para cubrir ingestas ricas en grasas y proteínas.

- Finalmente, se precisa una buena educación nutricional para la implantación de una dieta sana y realizable, adaptada a gustos y costumbres del paciente.

10. CÁLCULO DE LA INSULINA BASAL

Para el ajuste de la dosis basal tiene que haber pasado tres horas de un bolo, tanto cuando utilicemos el tratamiento con ISCI como con análogos de acción lenta. El ajuste de la dosis nocturna (tramos *basales en ISCI o dosis de insulina lenta en MDI*) se hace en base de las glucemias o datos de a MCG durante la noche: *tres horas después del bolo de la cena*.

CÁLCULO DE DOSIS CORRECTORAS DE INSULINA

Debemos corregir la hiperglucemia siempre que hayan pasado 2 horas de un bolo anterior teniendo en cuenta el remanente de insulina. Utilizaremos la fórmula:

Glucemia actual - glucemia deseada/ factor de corrección = dosis a administrar

Las correcciones de hiperglucemia ante la existencia de cetosis precisan de aportes de mayores dosis de insulina ya que la sensibilidad a la misma esta disminuida. Además, en este caso hay déficit de líquidos y también de iones que tienen que ser aportados. Estas situaciones las vamos a encontrar ante el debut de la diabetes, en situaciones de omisiones de dosis de insulina, enfermedad o ante fallos del catéter de la bomba de insulina, entre otros. En estos casos se precisa una vigilancia estrecha con administración de insulina en pluma cada 2 horas y comprobación de la glucosa y cetonemia cada 2 horas. Si la cetonemia es superior a 3 mmol/l se debe acudir a un centro hospitalario.

Ajustes de tratamiento

Hay que tener unos objetivos **individualizados** para cada paciente, tanto antes de las ingestas, a la hora y 2 h. después de las mismas y unos objetivos nocturnos. Nosotros, en general, utilizamos los objetivos de la ISPAD 2022 para la edad pediátrica:

- *Glucemia en ayunas entre 70-130 mg/dl*
- *Glucemia a los 60-120 minutos de la ingesta < 180 mg/dl*
- *Glucemia al irse a la cama entre 80-140 mg/dl*

- Las *necesidades de insulina basal:*

La insulina basal nocturna se valora según los niveles de glucosa durante la noche mediante MCG o con glucemias capilares, 3-4 horas después del análogo de la cena y, al levantarse, teniendo en cuenta la actividad realizada el día previo.
La insulina basal del día se valora con los niveles de glucosa a partir de las 3 horas tras la dosis del bolo anterior a la ingesta y hasta el bolo siguiente, siempre que no haya ingerido una comida rica en grasa y proteínas ni realizado ejercicio intenso.
Para hacer cambios de dosis se aconseja valorar el perfil de 2-3 días consecutivos.

- Las necesidades de *insulina antes de la ingesta* se valoran según las concentraciones de glucosa antes y 1-2 horas después de la ingesta, que tienen que estar dentro del rango objetivo.

- En pacientes con fenómeno del alba puede ser necesario administrar análogos de acción rápida a las 4-5 a.m. para controlar esa hiperglucemia en los tratados con MDI, en los tratados con ISCI se incrementa la insulina basal una a dos horas antes de ese incremento de necesidades.

- Para cubrir el fenómeno del atardecer en los tratados con bomba de insulina incrementaremos la basal una a dos horas antes de que se produzca y se precisará bolos mayores para cubrir la ingesta durante ese tramo. Muchos niños pequeños experimentan hiperglucemia al inicio de la noche cuando se duermen. En estos casos pondremos un suplemento de insulina teniendo en cuenta la glucemia y sobre todo la flecha de tendencia.

En los tratados con MDI además de adecuar la insulina basal con frecuencia son necesarias correcciones según el perfil glucémico que pueden variar entre días.

11. CONCLUSIONES

La utilización de estas herramientas para el cálculo de dosis de insulina permite una aproximación más adecuada. Con ello podemos conseguir un mejor control de la diabetes con menor variabilidad glucémica, que se refleja a corto plazo en la mejoría de los niveles de glucosa basales y posprandiales y a largo plazo en una mejoría del tiempo en rango, en hiper e hipoglucemia y en la HbA1c, lo que lleva a una mejor protección sobre las complicaciones crónicas de la diabetes.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 12

Tratamiento con bomba de insulina

1. INTRODUCCIÓN

2. EFICACIA DEL TRATAMIENTO CON BOMBA

3. INDICACIONES DEL TRATAMIENTO CON BOMBA

4. VENTAJAS DEL TRATAMIENTO CON BOMBA

5. RIESGOS E INCONVENIENTES DEL TRATAMIENTO CON BOMBA

6. ¿CÓMO FUNCIONA UNA BOMBA DE INSULINA?

   A. Tipo de insulina utilizando en la bomba

   B. Tasa basal de insulina

   C. Bolos de insulina y cálculo de los bolos con la bomba

   D. Calculador de bolo: configuración

      i. Ratio I/HC o viceversa. HC en raciones o gramos
      ii. Factor de corrección por tramos
      iii. Objetivo glucémico para el cálculo de bolos
      iv. Insulina activa, ¿qué refleja?

   E. Concepto de basal temporal

   F. Actuación ante una hipoglucemia con bomba

   G. Actuación ante una hiperglucemia con bomba

7. EQUIPO DE INFUSIÓN

   a. Material necesario para cambiar el equipo
   b. Técnica de cambio del equipo

8. TIPOS DE BOMBAS

9. PROGRAMA DE DESCARGA DE DATOS

   a. Crear cuenta personal y vincular a la clínica
   b. Procedimiento de la descarga de datos

10. VIAJES EN AVIÓN CON BOMBA DE INSULINA

11. DESCONEXIÓN TEMPORAL DE LA BOMBA DE INFUSIÓN

12. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

Los avances en la tecnología de las bombas han permitido incrementar su difusión sobre todo entre los pacientes con diabetes tipo 1. En la actualidad se estima que más de un millón de pacientes en el mundo utilizan esta modalidad de tratamiento.

La bomba de insulina permite mayor flexibilidad en el manejo de la diabetes y un mejor ajuste a los requerimientos diarios de insulina tanto de las necesidades basales cambiantes a lo largo de las 24 horas como para cubrir, de una manera más precisa, las comidas y la actividad física.

La bomba (sin sistema automático de liberación de insulina "páncreas artificial") no mide la glucosa ni decide la cantidad de insulina que debe administrar, es el paciente quien determina la cantidad de insulina a administrar en cada momento, tanto de la tasa basal (*programada en tramos durante las 24 horas*) como de los bolos para las comidas y correcciones, teniendo en cuenta el nivel de glucosa medido mediante MCG o glucemias capilares frecuentes. La posibilidad de descargar y trasmitir sus datos permite el análisis y facilita una mejor optimización del tratamiento.

Este tipo de tratamiento puede utilizarse en todas las etapas de la edad pediátrica y ha demostrado ser eficaz y seguro en pacientes con diabetes tipo 1 de cualquier edad. Los mejores resultados se obtienen con una educación específica y con el uso continuado.

2. EFICACIA DEL TRATRAMIENTO CON BOMBA

Metaanálisis recientes, comparando tratamiento con múltiples dosis de insulina (MDI) *vs* tratamiento con bomba de insulina (ISCI), concluyen que: *"el tratamiento con bomba es más eficaz, consigue una disminución de la HbA1c (0,37-0,6%) con menor frecuencia de hipoglucemias, cetoacidosis diabética (CAD) y menores requerimientos de insulina, mejorando la calidad de vida".*

Existen evidencias recientes que sugieren el papel positivo del tratamiento con bomba de insulina sobre la reducción de las complicaciones crónicas de la diabetes tanto las microvasculares como las macrovasculares, así como sobre la mortalidad.

Las ventajas de las bombas de insulina se incrementan con la integración de la MCG, lo que se conoce bomba asociada al sensor o sistemas integrados (sensor-augmented pump [SAP]). Además, en la actualidad, contamos con bombas, en cierta medida,

inteligentes que reciben información de la MCG que permite una mejor actuación en las distintas situaciones; hay sistemas que detienen la infusión de insulina ante la predicción de hipoglucemia, sin incrementar el riesgo de cetosis y sistemas de automatización de la liberación de insulina tanto de insulina basal como el aporte de bolos correctores (*sistemas de asa cerrada híbridos avanzados o páncreas artificial*) que ayudan a mejorar el control metabólico y la calidad de vida de los pacientes.

3. INDICACIONES DEL TRATAMIENTO CON BOMBA DE INSULINA

El tratamiento con bomba de insulina es una buena alternativa a la terapia con múltiples dosis de insulina (MDI) en pacientes con diabetes tipo 1 y están indicadas en los siguientes casos:

- Mal control de HbA1c
- Hipoglucemias frecuentes, inadvertidas o graves
- Fenómeno del alba
- Requerimientos muy bajos de insulina
- Fobia a las agujas
- Atletas de competición
- Para mejorar la calidad de vida.

Diversos estudios demuestran que los resultados con este tipo de tratamiento son mejores si se implantan precozmente tras el diagnóstico, pero hay que adaptarlo a las características individuales del paciente.

4. VENTAJAS DEL TRATAMIENTO CON BOMBA DE INSULINA

- Facilita una mejor calidad de vida.
- Permite un mejor ajuste ante necesidad de dosis pequeñas de insulina
- Al poder programar diferentes tramos basales (*para cubrir fenómeno del alba, fenómeno del atardecer, fenómeno antialba… etc.*) facilita el control metabólico.
- Mejor ajuste de dosis de insulina ante el ejercicio
- Mejor ajuste a la ingesta con distintos tipos de bolos.

- Mejoría del crecimiento (*en algunos estudios*)
- Mejoría en el control glucémico (*media -0,37 HbA1c en edad pediátrica*)
- Disminución del riesgo de hipoglucemia nocturna.
- Menor riesgo de complicaciones microvasculares *(posiblemente por menor variabilidad*) y macrovasculares de la diabetes.

5. RIESGOS E INCONVENIENTES DEL TRATAMIENTO CON BOMBA

- **Fallo mecánico de la bomba o del equipo de infusión**, problemas con la cánula: bloqueo-dobleces-acodamiento, fugas de la infusión, burbujas, etc. En estas circunstancias hay que revisar la TECNICA DE INSERCIÖN de la cánula. La educación específica es importante para la prevención de estos problemas (ejemplo; *cambiar el equipo de infusión cada 2 o cómo máximo 3 días y reconocer las señales que dan estos problemas precozmente*).
- **Riesgo de Cetoacidosis Diabética** (CAD) por obstrucción del catéter ya que el depósito subcutáneo de insulina es muy escaso (*en vida real no hay mayor riesgo que en los tratados con MDI*)
- **Problemas en la zona de inserción** (lipohipertrofia) y **lesiones cutáneas** en la zona del apósito que son frecuentes (22-26% de los pacientes).
- **Riesgo de burbujas** en el reservorio y en el catéter
- **Precisa una educación específica** antes de iniciar este tipo de tratamiento. Se precisa personal cualificado para formar y seguir a estos pacientes.
- Se han encontrado considerables diferencias en la exactitud de la dosis liberada por la bomba en las diferentes bombas. Sobre todo, con las dosis más pequeñas.
- La bomba no se ve afectada por las radiaciones. Sin embargo, si el paciente debe hacerse una radiografía o prueba diagnóstica que conlleve radiactividad, hay que desconectar la bomba para **evitar la irradiación de toda la insulina** que contiene el reservorio de la bomba.
- La bomba no se altera con el detector de metales (aeropuertos...).

6. ¿CÓMO FUNCIONA UNA BOMBA DE INSULINA?

Una **bomba de insulina** es un dispositivo que permite infundir insulina de forma constante. Su tamaño es similar a un móvil y son fáciles de utilizar.

La terapia con bomba tiende a imitar la secreción fisiológica de insulina por medio de la liberación continua de pequeñas cantidades de insulina basal junto a bolos para cubrir la ingesta o para corregir hiperglucemias accidentales.

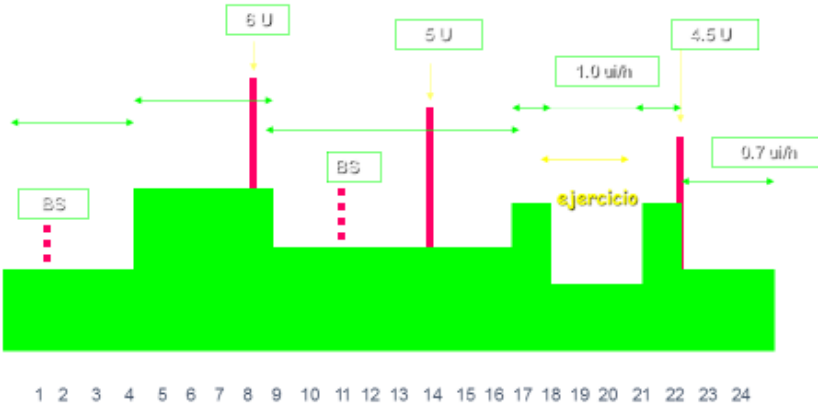
El ajuste de la insulina basal y de los bolos permite una liberación de insulina más precisa de acuerdo con los cambios diarios de la sensibilidad individual a la insulina y las diferentes demandas.

La bomba de insulina contiene en su interior un reservorio de insulina, una pequeña batería y un chip con memoria que permite al usuario determinar la cantidad exacta de insulina que se quiere administrar. El reservorio de la bomba infunde la insulina a través de un tubo fino de plástico llamado catéter de infusión, que en un extremo está conectado al reservorio de insulina de la bomba y el otro extremo tiene una pequeña aguja o una cánula blanda insertada, de manera muy sencilla, en el tejido subcutáneo. El equipo de infusión (*catéter y cánula*) se debe cambiar aproximadamente cada dos o tres días con los sistemas de infusión actuales. Actualmente, la casa Medtronic dispone de sistemas de infusión de duración prolongada durante 7 días. Existen bombas sin catéter que conocemos como bombas parche (Onimpod de Insulet, SOLO de Roche, Glucomen Day Pump de Menarini)

A. Insulina utilizada en la bomba

En la bomba sólo se utiliza solo un tipo de insulina, tanto para cubrir las necesidades basales como para los bolos, y son los análogos de acción rápida o las nuevas insulinas de acción ultrarrápida como la Fast-aspart (FIASP®) o el derivado ultrarrápido de la insulina Humalog (Lyumjev®) ya con marcado CE y esta última pendiente de ser comercializada en España. Los análogos de acción ultrarrápida mejoran la glucosa postprandial. Todos estos tipos de insulina son los que tienen menor variabilidad de acción.

1. COMPONENTES DEL TRATAMIENTO DE LA BOMBA DE INSULINA



B. Tasa basal

La bomba se utiliza de manera permanente, durante las 24 horas el día. La tasa basal es la cantidad de insulina necesaria para cubrir las necesidades a lo largo de las 24 horas no relacionadas con la ingesta. Con bomba las necesidades basales de insulina son más bajas. Esta insulina se encarga de mantener los niveles de glucosa en sangre en el rango deseado entre comidas y durante la noche.

La infusión basal se puede adaptar en diferentes tramos para ajustarse a los diferentes requerimientos a lo largo de las 24 horas. La valoración de las necesidades basales de insulina debe ser calculada con los datos aportados por la monitorización continua de glucosa o glucemias capilares frecuentes.

La tasa basal supone desde un 20-30% de la insulina total del día en los niños más pequeños, hasta un 40-50% en los adolescentes.

El cálculo de la tasa basal para la bomba, al venir del tratamiento con MDI, se hace reduciendo en un 20 a 30% la dosis del análogo de acción prolongada según tipo previo de insulina utilizado y la edad del paciente.

Cuando queramos hacer modificaciones de la tasa basal hay que tener en cuenta que tras las modificaciones, se tarda en ver el efecto de 60 a 120 minutos. Luego los cambios hay que hacerlos 1 a 2 horas antes de cuando queramos ver el efecto del cambio.

También se puede suspender manualmente la tasa basal durante un máximo de 1 hora (como por ejemplo para hacer ejercicio).

C. Bolos

Los bolos de insulina se administran en el momento de la ingesta y para corregir aquellas glucemias que estén por encima del objetivo propuesto.

Bolos para cubrir la ingesta

Cuando se come, el usuario programa la bomba para infundir un bolo de insulina ajustado a la cantidad y al tipo de hidratos de carbono ingeridos, e idealmente valorando también grasas y proteínas (*bolo prandial*). La dosis de los bolos inicialmente es semejante a la que se utilizaba en MDI ajustándola posteriormente.

Para minimizar las excursiones glucémicas posprandiales hay que ajustar no sólo las dosis y el tiempo de espera (*que dependerá de si utilizamos análogos de acción rápida o ultrarrápida),* sino también el tipo de bolo. Este va a depender de: composición del alimento, índice glucémico (IG) y carga glucémica ([IG x g HC]/100), cantidad de grasas y proteínas…etc.

Tipos de bolos

- **Bolo estándar o normal** es el más utilizado y el recomendado para alimentos con alto índice glucémico.

- **Bolo dual** (% bolo estándar y % bolo extendido a infundir durante 1-8 h.), se emplea con comidas ricas en grasa y proteínas (Unidad Grasa-Proteína) y ante glucemias límites (<80-70 mg/dl) con alimentos de bajo IG, para evitar hipoglucemias, en este caso bolo dual 50:50 en 60-120 minutos.

- **Multibolos** (% del bolo antes de ingesta y % durante o después de esta) se emplean si no se sabe lo que van a comer o si hay vómitos; también en comidas prolongadas, con ingestas intermitentes.

- **Bolo extendido o cuadrado**: paso continúo de insulina durante un tiempo, se utiliza si existe gastroparesia, en comidas prolongadas si se ingieren HC de manera continuada.

D. Calculador de bolos

Las bombas de insulina cuentan con un calculador automático de bolos para cubrir la ingesta o corregir las hiperglucemias, que facilita el control glucémico al ser más precisos los cálculos y reduciendo los errores.

Los datos que hay que introducir son:

- La glucemia en el momento de la ingesta o de la corrección (*bien la glucosa indicada por la MCG "con la predicción según flecha de tendencia" o la glucemia capilar)*
- La cuantificación de la cantidad de los hidratos de carbono *(gramos o raciones).*
- La ratio insulina por ración o gramos de HC por unidad de insulina. Diferente para las distintas ingestas del día.
- El objetivo glucémico (*individualizado: en general, 100 mg/dl*)
- El factor de corrección o índice de sensibilidad por tramos horarios.
- Duración de la insulina (*habitual unas 4 horas*) para valoración de la insulina activa o remanente de insulina o insulina a bordo.

Esperamos que en un futuro próximo se introduzca automáticamente la valoración de las flechas de tendencia que nos indica la MCG. Mientras, lo que hacemos es poner como glucosa actual la que se obtiene de sumar o restar la glucosa en ese momento y la predicción en 30 minutos, según el tipo de flecha de tendencia.

EN LA BOMBA TENEMOS LA POSIBILIDAD DE PONER EN EL CALCULADOR DE BOLO EL FACTOR DE CORRECCIÓN O ÍNDICE DE SENSIBILIDAD POR TRAMOS DE BASAL.

El Factor de corrección (o índice de sensibilidad) **por tramos** se obtiene dividiendo 1.700 por lo que resulta de multiplicar cada tramo por 24 y sumarle la dosis total de bolos de insulina del día. Ello permite unos ajustes más finos de los bolos correctores.

Los bolos correctores

Se calculan restando a la glucosa actual la glucosa deseada y dividiéndolo por el Factor de Corrección o índice de sensibilidad. Utilizando los datos aportados de glucosa y los programados en la bomba (objetivo glucémico, FSI e insulina activa), la bomba realiza el cálculo del bolo corrector de manera automática.

- Es importante que la bomba y los datos de glucosa sean descargados por el paciente en casa y vistos también por el equipo de la Unidad de Diabetes para ser analizados y aplicar los cambios necesarios en la terapia.

E. Concepto de Basal temporal

La utilización de la tasa basal temporal permite modificar la tasa basal aumentándola o disminuyéndola (*en % o en UI*) durante un tiempo determinado. En algunos modelos de bombas se puede dejar guardada (*o preprogramar*) una basal temporal de uso frecuente, para el momento de utilizarla tardar menos en programarla. Por ejemplo, dejar una basal temporal para el ejercicio habitual que reduzca un % concreto durante 6 horas (*utilizarla en relación con el ejercicio, con procesos intercurrentes, etc*.).

Las basales temporales son muy útiles para controlar la glucosa en el ejercicio, así como para días de enfermedad.

F. Actuación ante una hipoglucemia con bomba

Si no estamos utilizando bombas con parada por predicción de hipoglucemia *(ver módulo específico),* actuaremos de la misma manera como ante una hipoglucemia habitual ya abordado en este manual.

* Ante una hipoglucemia leve: hacer una ingesta de pequeñas cantidades de glucosa con agua (entre 3-5 gr y hasta 10 gr. según nivel de glucosa). Al no tener dosis altas de insulina basal se suele necesitar menos cantidad de glucosa que en los tratados con MDI. Luego hay que valorar si se precisa tomar HC de absorción lenta o poner basal temporal más baja durante un tiempo según la causa de la hipoglucemia.

* Ante una hipoglucemia grave hay que suspender o desconectar la bomba y administrar glucagón (*ver el módulo de actuación ante hipoglucemia*).

G. Actuación ante hiperglucemia, cetosis y CAD en el paciente tratado con bomba

Lo primero es descartar que no se trate de un problema del catéter, por lo que hay que revisar el equipo de infusión. En caso de fallo de bomba o del catéter hay que poner los suplementos de insulina con pluma y retirar la bomba.

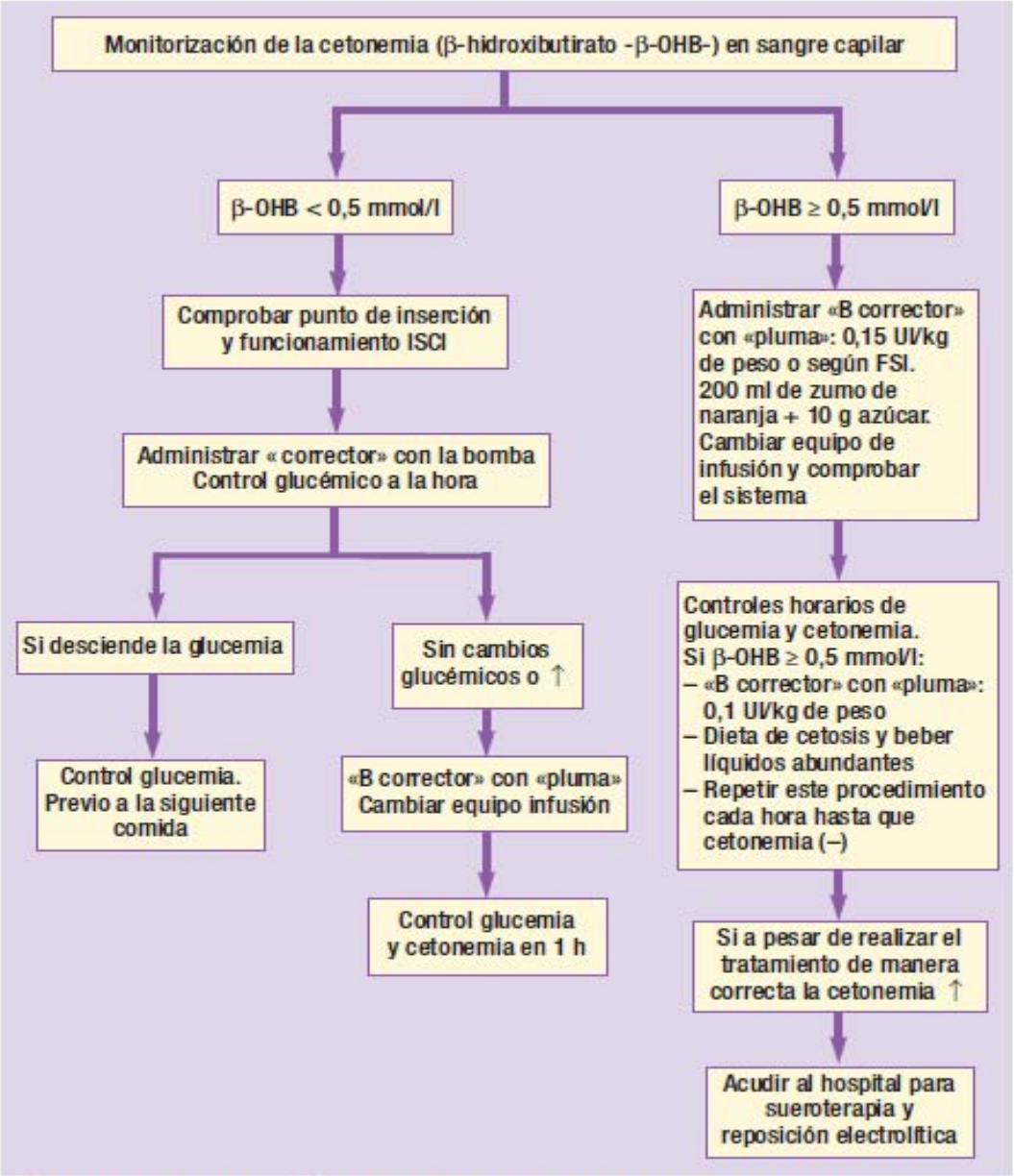
Entre las causas de hiperglucemia en pacientes con ISCI esta poner un bolo insuficiente o haberlo omitido. Desconexión de la bomba. Problemas con el reservorio de insulina, problemas con el catéter (salida de la zona de punción, presencia de aire o sangre en el catéter, bucles en el catéter, rotura del este, cristalización de la insulina), alteración de la zona de punción (infección, lipodistrofia o llevar el catéter demasiado tiempo) y por último alteración de la insulina (insulina caducada o expuesta a altas temperaturas)

Los suplementos de insulina se ponen con análogos de acción rápida o ultrarrápida cada 2 horas.

Siempre que exista hiperglucemia no explicada se debe determinar cuerpos cetónicos en sangre. Se considera negativo < 0,6 mmol/l. En caso de cetonemia positiva la actuación debe ser rápida sobre todo si supera 1,6 mmol/l ya que puede llevar a CAD. Se considera cetosis grave nivel de cuerpos cetónicos ≥3 mmol/l y debe contactar con el equipo de diabetes o acudir al hospital.

No se puede poner el nuevo catéter hasta que los cuerpos cetónicos sean negativos y glucemia inferior a 160 mg/dl.

Hiperglucemia (> 300 mg/dl) con cetosis	**Hiperglucemia (< 300 mg/dl) con cetosis**	**Hiperglucemia sin cetosis**
Líquidos + sales sin HC	Líquidos + sales con HC rápidos	No dar HC
Suplementos insulina cada 2h con pluma hasta cuerpos cetónicos negativos	Suplementos insulina cada 2h para corrección y para cubrir HC. hasta cuerpos cetónicos negativos	Suplementos insulina cada 2h *(con bomba si no hay problemas de catéter)* hasta glucemia normal
No bajar la glucemia + de 200 mg/dl en 2 horas	No bajar la glucemia + de 200 mg/dl en 2 horas	No bajar la glucemia + de 200 mg/dl en 2 horas
Realizar controles horarios de glucosa y cada 2 horas de cuerpos cetónicos	Realizar controles horarios de glucosa y cada 2 horas de cuerpos cetónicos	Realizar control de glucosa cada 2 horas.



GS: glucemia sanguínea. ISCI: infusión subcutánea continua de insulina.
B: Bolo o «Bolus». β–OHB: β-hidroxibutirato. FSI: factor de sensibilidad a la insulina.

7. EQUIPOS DE INFUSIÓN

A medida que se prolonga el tiempo que permanece colocado el catéter en el mismo punto aumenta el riesgo de desarrollar una infección en la zona. También aumenta el riesgo de saturación de la zona de punción, por lo que la absorción de la insulina se verá alterada y se absorberá peor, incrementando el riesgo de presentar lipodistrofia e hiperglucemia.

Por ello, el cambio de catéter se debe individualizar según las características propias de cada persona, como por ejemplo el tipo de piel. En general se ***recomienda cambiar el catéter cada 2-3 días*** con el tipo de catéteres utilizados en la actualidad y hasta 6-7 día con los nuevos catéteres Extended de Medtronic.

Si la zona que rodea el punto de inserción adquiere color enrojecido, se deberá cambiar el catéter, pincharlo en otro sitio y lavar la zona con abundante agua y jabón durante varios días. Si el enrojecimiento aumenta y además se endurece, deberá consultar con su médico para valorar la necesidad de tratamiento antibiótico.

Para evitar la aparición de zonas con lipodistrofia se aconseja seguir un patrón de rotación en la inserción del catéter, similar al utilizado en la terapia habitual con bolígrafos o jeringas. La zona de elección más frecuente es el abdomen *(excepto en el caso de los niños en los que el catéter se suele colocar en el glúteo)*, ya que la absorción de insulina es más regular y además es más cómodo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el uso de una misma zona durante años y de manera continuada, conlleva riesgo de desarrollar lipodistrofia. Para evitarlo es importante **utilizar las zonas en toda su amplitud** y no limitarse nunca a una parte.

Se debe evitar insertar la aguja del catéter en zonas donde la piel forme pliegues y también evitar la cintura o la zona que tenga contacto directo con la cintura de las prendas de ropa. De este modo nos aseguramos de que ha quedado bien fijado. La técnica de preparación del material (*llenado del cartucho o jeringa, catéter y aguja*) deberá ser lo más aséptica posible con el fin de evitar el desarrollo de infección cutánea.

Técnica de cambio de catéter

1. Sacar de la nevera la pluma o cartucho precargados de insulina 24 horas antes del momento previsto para cambiar el catéter para que esté a temperatura ambiente. Esto es necesario para evitar la formación de burbujas.
2. Lavar las manos con agua y jabón.
3. Mirar cuidadosamente el tubo previo a su conexión con el reservorio. Se recomienda esta maniobra porque en ocasiones los tubos presentan defectos o alteraciones en el plástico que pueden luego confundirse con burbujas.
4. Seguir los pasos recomendados por las diferentes casas comerciales para realizar el rebobinado de la bomba. Hay que recordar que estos pasos deben realizarse DESCONECTADOS de la bomba.

5. Cargar con la insulina el reservorio de la bomba (algunas como Ypsomed y Roche utilizan cartucho precargado) asegurándose de que no quedan burbujas en el interior.
6. Conectar el reservorio con el catéter, evitando fugas de insulina.
7. Siguiendo los pasos que nos indica la pantalla de la bomba, purgar o cebar el tubo del catéter hasta observar que salen gotas de insulina por la punta. La cantidad de insulina para llenar el tubo variará según la longitud del tubo. Hay que asegurar que no quedan burbujas en el interior del catéter.
8. Limpiar la piel con alcohol u otro desinfectante y esperar que esté seca para obtener una óptima adherencia del apósito.
9. Remover el protector de la aguja evitando tocar con las manos la parte estéril de la misma
10. Insertar la nueva cánula a una distancia dos dedos, aproximadamente, de la inserción anterior. Según el tipo de catéter la inserción será perpendicular u oblicua y se realiza con ayuda de un *pinchador* siguiendo las instrucciones de la casa comercial.
11. Fijar el apósito y retirar la aguja procurando que no se mueva la cánula insertada.
12. Llenado de cánula: Administrar 0,3/0,5 UI de insulina (*cebado fijo*) para cebar la cánula según la longitud de la esta sea de 6 o 9 mm
13. Hacer un bucle de seguridad con el tubo del catéter para evitar que se mueva en caso de un estirón y sujetarlo con el apósito.
14. Hay que evitar hacer el cambio de catéter antes de acostarse. Es preciso esperar un par de horas para comprobar que el catéter funciona correctamente.

8. TIPOS DE BOMBA DE INSULINA

La elección de un determinado tipo de bomba debe ser basada en las necesidades individuales (*por ejemplo, necesidades basales…etc*.) y preferencia del paciente.

Existen diferentes tipos de bombas:

Bombas con catéter sobre las que hemos estado hablando.

- *Bombas conectadas con sistemas de MCG con parada por predicción de hipoglucemia.*
- *Bombas con sistemas automáticos de liberación de insulina* (sistemas de asa cerrada híbrida avanzada o páncreas artificial)

Bombas parche

Son bombas sin tubos (sin catéteres), más pequeñas.

Estas bombas consisten en 2 componentes: una bomba con el reservorio de insulina que se conecta al cuerpo con una cánula corta sin necesidad de tubos y es manejada de manera remota para la liberación de insulina a través de una comunicación inalámbrica. Algunas de ellas funcionan como microbombas con mayor exactitud y precisión en la liberación de insulina y en detectar las oclusiones. Las utilizadas en DM1 incluyen características similares a las bombas con catéter, tales como basal preprogramada, calculador de bolos y la posibilidad de dar diferentes tipos de bolos. Las de Tadem e Insulet forma parte de un sistema automático de liberación de insulina *(páncreas artificial híbrido avanzado*).

Bomba Mobi

Tadem

Bomba Solo

Roche

Bomba Omnipod

Insulet

Bombas implantables intravenosas

Tienen un riesgo importante de trombosis o infección.

Bombas peritoneales

*Esta r*uta de administración de insulina es la más fisiológica*, pero s*olo disponibles en centros especializados de Europa. Se ofrecen a pacientes seleccionados que son incapaces de obtener un razonable control con el tratamiento estándar o tiene hipoglucemias muy frecuentes y graves.

Bombas para administración de dos hormonas

La bomba ILET de Beta Bionics desarrollada en USA, para administración de insulina solo o insulina y glucagón en el contexto de un sistema de asa cerrada, todavía en estudio. Inicialmente, tras ser aprobada por la Agencias Reguladoras, salió al mercado la bomba ILET exclusivamente con insulina (febrero 2023).

Distintos modelos de bombas de insulina: Roche Insight, Tandem t:Slim, Medtronic, Solo de Roche, Omnipod, sistema integrados Tandem y Medtronic, Bomba GlucoMen Day pump de Menarini, bomba Ypsomed com CamAPS FX.

9. PROGRAMA DE DESCARGA DE DATOS

El término descarga se utiliza frecuentemente para la obtención de los datos del sistema utilizado a través de una conexión a Internet, donde un servidor remoto recibe estos datos y tanto el paciente como el profesional pueden acceder a ellos a través de aplicaciones específicas. Existe un *software* específico para la descarga de los datos de cada bomba y sensores de monitorización continua de glucosa con distintos programas de descarga.

Ello permite visualizar distintos informes con gráficos, estadísticas y tendencias. Además, se puede vincular la cuenta a un hospital o clínica y compartir los informes con el profesional sanitario.

Cada tipo de bomba y de MCG tiene programas específicos como Carelink para Medtronic o Clarity para Dexcom o Libreview para FreeStyle de Abbott y hay algunos que permiten las descargas de diferentes sistemas como son Tidepool y Glooko.

Todos los avances tecnológicos aplicados a la diabetes facilitan la posibilidad de utilizar la telemedicina que conecta la paciente con la Unidad de diabetes para permitir la monitorización remota y facilitar las video consultas.

10. VIAJES EN AVIÓN CON BOMBA DE INSULINA

Si viajamos en avión con bomba de insulina hay que conocer y llevar por escrito lo qué hay que hacer con la bomba durante el vuelo y al finalizar el mismo.

Durante el vuelo se producen modificaciones en la liberación de insulina por la bomba tanto cuando disminuye la presión como cuando aumenta. *Cuando disminuye la presión ambiente, es decir al despegar y hasta llegar a la altitud de crucero,* se produce una mayor liberación de insulina y *cuando aumenta la presión ambiente, es decir,* al aterrizar disminuye la liberación de insulina hasta pararse.

Por ello, hay **riesgo de hipoglucemia 1 a 2 horas después de despegar** y cuando aterrizamos, por la disminución de la liberación de insulina, puede producir **hiperglucemia.** Todo esto debemos conocerlo para una correcta ***actuación en los viajes en avión con bomba de insulina.***

Recomendaciones:

- El cartucho debe contener solo 1,5 ml de insulina.
- Hay que desconectar la bomba antes del despegue.
- Al llegar a la altitud de crucero hay que sacar el cartucho y extraer las burbujas antes de reconectar la bomba.
- Al aterrizar hay que desconectar la bomba y purgar con 2 unidades y volver a conectar.

Hay que tener en cuenta que durante las emergencias del vuelo que afecten a la descompresión de cabina se debe desconectar la bomba.

Al llegar al lugar de destino hay que cambiar la hora de la bomba y ajustarla a la hora local, dejando las basales igual y adecuando los bolos a la ingesta. Siempre valorando la actividad que se vaya a realizar.

11. DESCONEXIÓN TEMPORAL DE LA BOMBA

Es importante saber qué hacer si nos desconectamos la bomba de manera temporal ya sea porque vamos a la piscina o a la playa, o vamos a realizar algún ejercicio de contacto o cualquier otro motivo y no la podemos llevar conectada.

La actitud ante desconexión durante menos de una hora variara según el nivel de glucosa y la actividad que vayamos a realizar para hacer ajustes de administración de esa basal o no.

La desconexión de 2 horas hay que sumar la basal que nos correspondería en ese periodo de tiempo y pasarla en forma de bolo tomando en cuenta siempre la glucosa que tenemos en el momento, así como la actividad física que realizaremos durante ese período de desconexión.

Otras recomendaciones:

- Hay que tener siempre insulina lenta e insulina rápida vigente para usar en caso de problemas con la bomba. Imprescindible tener la pauta alternativa para pasar a MDI.
- Tener siempre la programación de la bomba actualizada por escrito.
- Tener tiras de determinación de cuerpos cetónicos en sangre vigentes para utilizar en caso de hiperglucemia.
- Al viajar, llevar siempre la cantidad suficiente de equipos de infusión y reservorios y un informe médico donde figure la pauta alternativa.

PAUTA ALTERNATIVA EN CASO DE NO PODER UTILIZAR LA BOMBA

1. La dosis de insulina basal se pondrá con un análogo de segunda generación (ej. Insulina Toujeo) una vez al día y la dosis será la suma de la basal de 24 horas aportada por la bomba +`un 25%

2. Los bolos antes de la ingesta se mantendrán los que se utilizan en el tratamiento con bomba.

12. CONCLUSIONES

La terapia con bomba de insulina ha demostrado ser segura y eficaz en pacientes con diabetes tipo 1 en cualquier edad. Se precisa educación continuada y adherencia al tratamiento para obtener los mejores resultados.

MÓDULO 13

SISTEMAS INTEGRADOS CON PARADA POR PREDICCIÓN DE HIPOGLUCEMIA

1. INTRODUCCIÓN
2. TIPOS DE SISTEMAS INTEGRADOS BOMBA-SENSOR
3. SISTEMAS CON PARADA POR PREDICCIÓN DE HIPOGLUCEMIA
    - 3.1 Indicaciones para la utilización
    - 3.2 Requisitos para implementar esta tecnología
    - 3.3 Sistemas Minimed 640 g
    - 3.4 Sistema Tandem t-Slim x2 con basal IQ
4. ¿CÓMO ACTUAR ANTE UNA PARADA POR PREDICCIÓN DE HIPOGLUCEMIA?
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN

La hipoglucemia continúa siendo una causa importante de morbilidad en los pacientes con DM1 y es una barrera para obtener un buen control. Una persona que experimenta hipoglucemia (*definida por glucosa inferior a 70 mg/dl),* tiene un riesgo incrementado de hipoglucemia grave posterior y alteración de la contra regulación, hipoglucemias desapercibidas y peor calidad de vida.

Desafortunadamente, la hipoglucemia “no predecible” es todavía un problema importante con todos los tipos de tratamiento. Existen numerosas situaciones en la vida diaria en las que el niño no es consciente de tener niveles bajos de glucosa que pueden dañar al organismo a largo plazo. Estas hipoglucemias desapercibidas reducen la adherencia al tratamiento y pueden inducir el miedo a ellas. Por ello, necesitábamos que la tecnología nos ayude a disminuir ese riesgo.

El intento de evitar el riesgo de hipoglucemia es lo que llevó a la aparición de sistemas de bombas asociadas a MCG que con un algoritmo permite la función de suspensión de la administración de insulina basal ante una hipoglucemia o predicción del riesgo de padecerla. Estos sistemas han demostrado que reducen el riesgo de hipoglucemia mientras mejoran la seguridad del paciente y su calidad de vida.

2. BOMBAS CON SENSORES INTEGRADOS

Aunque el uso separado de bombas de insulina y de MCG ha demostrado ser beneficiosas para el control glucémico (*con la utilización de MCG aislada con alarmas se reduce el riesgo de hipoglucemia entre el 13 y 19%),* los mayores beneficios pueden ser obtenidos conectando ambos en un sistema integrado ya que, incluso para los pacientes más motivados, el control manual de la glucemia es difícil. El control nocturno supone aún un mayor reto ya que muchas personas durante la noche no responden a las alarmas. Por ello, las investigaciones para ajustar automáticamente la insulina a los datos proporcionados por la MCG han sido muy numerosas.

Los sistemas de bomba asociados a la MCG que existieron inicialmente permitían solamente ver los datos de glucosa en la bomba y los pacientes o familiares debían ajustar la dosis según los niveles de glucosa y las indicaciones que tenían, lo que requería pacientes muy motivados y con amplios conocimientos.

Luego aparecieron *las bombas con sistemas de parada de la administración de insulina ante una hipoglucemia,* dicha suspensión producía una interrupción automática de la insulina al llegar a un umbral predeterminado de glucemia baja (70 mg/dl, en general), y esta suspensión duraba 2 horas; con ellos no se vieron episodios de cetoacidosis, y sí se constató una disminución de la duración de las hipoglucemias. La primera bomba con esta función llegó en el año 2009.

Posteriormente, aparecieron los *sistemas de liberación de insulina integrados con MCG con un algoritmo para la parada de la liberación de insulina ante la predicción de hipoglucemia*. Hoy en día esta función está disponible en los sistemas de asa cerrada conocidos como páncreas artificial y en los sistemas de bombas con parada por predicción de hipoglucemia.

No obstante, es de gran importancia tener unas expectativas realistas con el uso de esta tecnología. Además, es necesario recibir una educación previa, bien estructurada, a la implantación de este sistema para obtener los mejores resultados.

3. SISTEMAS DE BOMBAS DE INSULINA CON PARADA POR PREDICCIÓN DE HIPOGLUCEMIA

Son bombas de insulina que utilizan algoritmos que cesan la liberación de la insulina cuando el sensor de glucosa predice que en 30 minutos se va a llegar o a sobrepasar por debajo un límite predeterminado de glucosa, y automáticamente restaura la liberación de insulina basal después de que se solucione dicho riesgo de hipoglucemia. Los estudios han demostrado que de esta manera se reduce la hipoglucemia en niños, adolescentes y adultos, con disminución del número de eventos y su duración, sobre todo nocturnos.

Estos sistemas, aprobados en 2015, pueden utilizarse de manera aislada o formando parte del llamado "páncreas artificial" o sistemas de asa cerrada avanzada híbridos. Con esta forma de proceder se previenen las hipoglucemias (¡OJO! no las tratan).

Los dos sistemas de bombas con parada por predicción de hipoglucemia que existen en nuestro medio son:

- MiniMed 640G de Medtronic© con tecnología Smart Guard que utiliza el sensor Guardian Sensor 4.
- Tandem t:Slim X2 con tecnología basal IQ utilizando el sensor Dexcom G6.

Algunas características de estos sistemas son:

- Suspenden la liberación de insulina antes de que llegue a un nivel predeterminado de glucosa de manera individualizada
- La suspensión de la administración de insulina puede llegar hasta un máximo dos horas
- Los sistemas tienen alarmas y alertas audibles y por vibración. La implantación de estas alarmas y alertas debe ser de manera progresiva, para no llevar a fatiga por el exceso de alarmas.
- Después de la suspensión, la bomba automáticamente reanuda la liberación de insulina cuando ha superado dicho riesgo de hipoglucemia.
- Estos sistemas llevan a un incremento discreto de los niveles de glucosa posteriores, sin hiperglucemia de rebote severa ni cetoacidosis diabética.

3.1. Indicaciones para la utilización de estos sistemas

Se recomienda la utilización de estos sistemas en los siguientes casos:

- Hipoglucemias graves recurrentes.
- Hipoglucemias desapercibidas.
- Hipoglucemias frecuentes nocturnas y diurnas.
- Amplias oscilaciones de la glucosa.
- Buen control, pero sin buena calidad de vida (*para mejorar el sueño de los padres…).*
- Ejercicio intenso.

3.2. Requisitos para implementar adecuadamente esta tecnología

Para implementar este tipo de tecnología y que sea exitoso se deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- Un equipo especializado en diabetes con experiencia en bombas.
- Un equipo especializado en enseñar la MCG con un programa estructurado.
- Recibir educación específica para saber actuar en caso de parada por predicción de hipoglucemia.
- Necesidad de asistencia 24h.

Los pacientes y sus familias deben estar dispuestos a:

- Usar la tecnología.
- A aprenderla.
- Ser capaces de llevar el control de la diabetes y mirar con frecuencia los niveles de glucosa.
- Utilizar el sensor del 90 al 100% del tiempo (*cuanto más se utiliza mayor es el tiempo en objetivos).*
- Tienen que saber que la compresión del sensor puede dar falsos datos de hipoglucemia.
- Compromiso de descarga de los datos si no es automático, siempre que sea necesario, para poder hacer un seguimiento por parte del diabetólogo.

3.3. Sistema MiniMed 640G con Smart Guard™

Este sistema, automáticamente suspende la insulina basal cuando la concentración de glucosa predice que va a llegar o va a caer por debajo de un umbral predeterminado de glucosa en los siguientes 30 minutos (*70 mg/dl, en general, pero se puede configurar entre 50 y 90 mg/dl, con incrementos de 5 en 5*).

Se suspende TODA infusión de insulina basal cuando:

- El valor de glucosa del sensor está en 70 mg/dl o inferior al límite bajo.
- Cuando el sensor prevea que en 30 minutos la glucosa llegará a unos niveles de 20 mg por encima del límite que hemos marcado como hipoglucemia. Es decir, si tenemos como límite 70 mg/dl, el sistema parará la emisión de insulina cuando prevea que en 30 min vamos a estar en 90 mg/dl.

Se reanuda la infusión cuando: (tiempo mínimo de suspensión es de 30 minutos)

- El valor de glucosa del sensor está al menos de 20 mg/dl por encima del límite bajo.
- El valor de glucosa del sensor estará a más de 40 mg/dl por encima del límite bajo antes de 30 minutos.
- Cuando han pasado dos horas con la bomba suspendida (*tiempo máximo de suspensión*).
- Es importante que, si el riesgo de hipoglucemia ha desaparecido, reanudemos la infusión si la tendencia de la glucosa es segura (*valorar la flecha de tendencia*).

Alertas y alarmas

Se pueden definir ocho valores de límites bajos a lo largo del día y se pueden programar diferentes alertas que se pueden activar según necesidades individuales. Es muy importante hacer caso a las alarmas que programemos por lo que debemos siempre programar aquellas que consideremos más importantes en cada caso individual.

Las alertas que se pueden programar por límite bajo son las siguientes:

- *Suspensión antes de límite bajo.*

- *Alerta* antes *de límite bajo*: si está activada se recibe una alerta cuando se suspende la insulina. Si se llega al *límite bajo siempre se recibe una alerta*.
- *Suspensión en límite bajo.* Disponiendo de 10 minutos para reaccionar antes de que la bomba comience a emitir un sonido de sirena.
- *Alerta de reanudación de la basal:* Si está activada se recibe una alerta cuando se produzca esta situación. Si han pasado 2 horas sin insulina basal se recibe una alerta de reanudación de la tasa basal, aunque la alerta de reanudación esté desactivada.

El paciente o familiar puede reanudar manualmente la suspensión en cualquier momento, a partir del cual se reinicia la tasa basal que tenga programada.

Este sistema también dispone de alertas y alarmas por límite alto programables.

En la actualidad el sistema MiniMed 640G© utiliza el sensor Guardian Sensor 4. Que no precisa calibración.

Características de este medidor:

- Envía las lecturas de la glucosa a la bomba de manera inalámbrica
- Permite la administración remota de bolos predeterminados (previa programación)
- Carga los datos de la bomba al programa de descarga CareLink™.

El programa personal de CareLink™ aporta datos acumulados y permite el análisis retrospectivo de los datos de la bomba, del sensor y del glucómetro. Estos deben ser revisados junto al equipo diabetológico para guiar el tratamiento y ver los patrones. También puede descargarse actualmente estos datos en el programa Tidepool que es una plataforma de descarga gratuita avalada por la JDRF.

¿Qué límite debemos poner para la parada de predicción?

Va a depender de muchos factores: si hay antecedentes de hipoglucemias graves, capacidad de percepción de la hipoglucemia, la frecuencia de hipoglucemias, de la edad del paciente….

En general, inicialmente pondremos 70 mg/dl. Podemos poner un límite más alto (80 mg/dl) en niños más pequeños o en aquellos pacientes con hipoglucemias frecuentes para que tengan tiempo por si necesitan actuar o más bajo (60 mg/dl) en aquellos que las paradas los lleven a hiperglucemias posteriores importantes y no tengan hipoglucemias frecuentes. Se pueden definir hasta 8 segmentos temporales durante el periodo de 24 horas de nivel de glucosa baja.

3.4. Bomba Tandem t:Slim X2 © con tecnología basal IQ utilizando el sensor Dexcom G6.

Este Sistema de parada por predicción de hipoglucemia está disponible es USA desde agosto de 2018 y en España desde octubre 2019.

Este sistema se basa en una bomba Tandem t:Slim X2 con la tecnología Basal IQ que lleva un algoritmo de parada por predicción embebido en el software de la bomba y utiliza los valores de glucosa proporcionados por el sensor Dexcom G6 que no precisa calibración y ahora también con el Dexcom G7. El algoritmo utiliza los 4 últimos valores de glucosa para predecir los valores de glucosa del sensor en 30 minutos. El estudio PROLOG con datos de la vida real demostró que este sistema reduce significativamente la hipoglucemia (31%) sin incrementar la media de glucosa.

Detiene la administración de insulina basal cuando:

- El valor del sensor predice que va a estar por debajo de 80 mg/dl en 30 minutos,
- La última medida de glucosa del sensor está por debajo de 70 mg/dl.

El suministro de insulina basal se reanuda cuando:

- Aumenta la lectura actual del sensor en comparación con la lectura anterior.
- Si la lectura prevista por el sensor de glucosa en 30 minutos va a estar por encima de 80 mg/dl, incluso si la lectura del sensor no ha aumentado en comparación con la lectura anterior
- Si no hay datos del sensor durante 10 minutos
- Si el suministro de insulina ha estado suspendido durante 2 horas en un intervalo de 2,5 horas.

El límite de 80 mg/dl es fijo, pero no tiene un tiempo mínimo de parada.

También tiene alertas y alarmas semejantes al de sistema MiniMed 640G ©.

Con respecto a los bolos durante la suspensión:

- Durante la suspensión de insulina, cualquier parte restante de un bolo extendido se cancela.

- Cualquier bolo de corrección o de comida, o un bolo rápido continuará hasta completarlo.

Con respecto a una basal temporal:

Se detendrá toda administración de insulina basal incluso si hay una basal temporal pero el régimen temporal se reanudará cuando se reanude el suministro de insulina, siempre que aún quede tiempo en el temporizador del régimen temporal.

Si la tecnología Basal-IQ está activa y el suministro de insulina se ha suspendido se puede desactivar la función y se reanudará el suministro de insulina con el régimen del perfil que tenga en ese momento.

La actualización de las bombas Tabdem t.slim X2 se hace “on line” (en el ordenador) tanto para la Basal IQ como para la siguiente función de Control IQ (páncreas artificial híbrido), siempre previo entrenamiento por la casa comercial. El sistema Control IQ está disponible en EE. UU. desde el 2019 y en España desde noviembre 2020.

Los datos de este sistema (tanto de bomba como de sensor junto con las suspensiones) pueden verse en el programa de descarga Glooko y en Tidepool y se deben compartir con el equipo diabetológico. Si queremos ver, exclusivamente, los datos del Dexcom G6 podemos utilizar el programa de descarga Clarity Dexcom EU. En un futuro próximo podremos contar con un programa específico para esta bomba para poder ver los datos en tiempo real.

4. ¿CÓMO DEBEMOS ACTUAR ANTE LA PARADA DE LA BASAL POR PREDICCIÓN DE HIPOGLUCEMIA CON CUALQUIERA DE LOS DOS SISTEMAS?

I. Mirar la insulina activa o remanente de insulina (IOB de las siglas en inglés *Insulin On Board*): si esta es superior en 2 veces a la basal de esa hora es posible que con la suspensión de la administración de insulina basal no pueda evitarse la hipoglucemia y en ese caso deberá tratarse la hipoglucemia con la dosis mínima de glucosa necesaria y detener la parada.
II. Si se ha hecho ejercicio intenso y aparece una parada por predicción de hipoglucemia hay que actuar como en el apartado anterior.
III. En todos los demás casos hay que dejar actuar al sistema.

Estos sistemas siempre tienen mejores resultados cuando no hay bolos previos a la suspensión, por ello por la noche suelen ser mucho más eficaces.

En conclusión:

Los sistemas integrados de bomba y sensor con algoritmos de parada por predicción de hipoglucemia permiten disminuir las hipoglucemias, tanto diurnas como nocturnas, de manera continuada. Ahora bien, hay que aprender cuándo actuar para evitar alguna hipoglucemia específica. Ello implica que el paciente debe seguir alerta para ajustar su tratamiento, en especial para evitar las hiperglucemias.

Estos sistemas pueden estar especialmente indicados en pacientes con diabetes de difícil control y en particular en aquellos con alto riesgo de hipoglucemia como son los niños pequeños.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 14

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE LIBERACIÓN DE INSULINA / PÁNCREAS ARTIFICIAL HÍBRIDO AVANZADO.

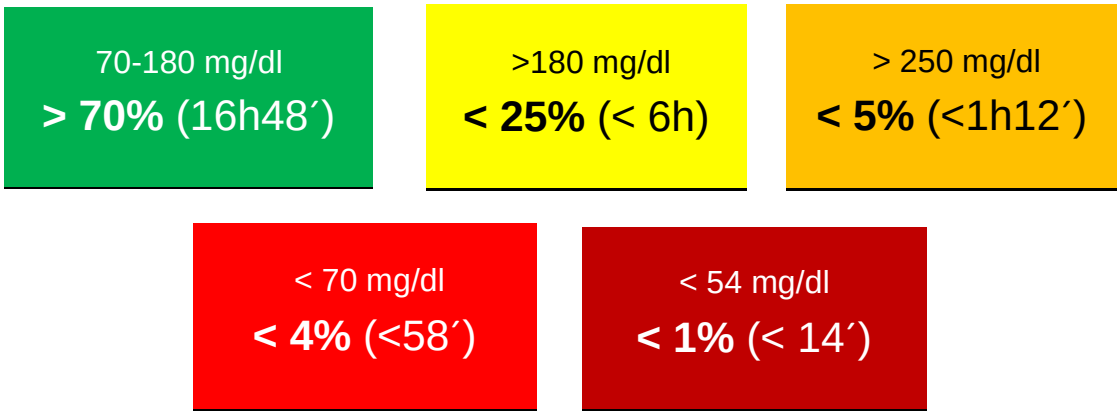
1. INTRODUCCIÓN
2. ¿QUÉ ES EL PÁNCREA ARTIFICIAL (PA)?
3. ¿QUÉ SON LOS DISPOSITIVOS INTEROPERABLES?
4. PÁNCREAS ARTIFICIAL DE PRIMERA GENERACIÓN
    A. Sistema Minimed^{tm}670G de Medtronic
5. PÁNCREAS ARTIFICIAL DE SEGUNDA GENERACIÓN O SISTEMAS DE ASA CERRADA HIBRIDOS AVANZADOS
    A. Sistema Minimed^{TM} 780G de Medtronic
    B. Sistema Tandem t:slim x2 con Control-IQ.
    C. Sistema Ypsomed CamAPS FX
    D. Sistema Omnipod 5.

1. INTRODUCCIÓN

Entendemos por sistema de asa cerrada, también conocido como páncreas artificial (PA) o sistema de liberación automatizada de insulina, aquel que integra tres componentes: una bomba de insulina, un monitor continuo de glucosa en tiempo real y un algoritmo de control.

El primer sistema de PA aprobado para su utilización en la clínica fue el de MiniMed™670G de Medtronic. Su utilización comenzó en el año 2016 en Estados Unidos y en 2018 en España. Desde entonces han aparecido en el mercado otros sistemas llamados de segunda generación o avanzados que han incluido, entre otras mejoras, la administración automática de bolos de corrección cuando se encuentra el paciente con cifras de glucosa fuera del rango objetivo.

*En la **figura 1** quedan expresados los objetivos de glucosa (con los datos de la MCG) propugnados por las Sociedades Internacionales de Diabetes para considerar un adecuado control (Battelino T y cols.Diabetes Care 2019).*



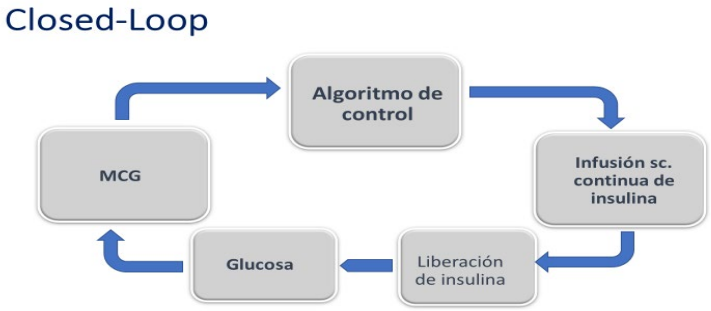
En este documento solo comentaremos a fondo los tres sistemas de PA que están disponibles en España para la edad pediátrica (en febrero 2024).

2. ¿QUÉ ES UN PÁNCREAS ARTIFICIAL?

El páncreas artificial (PA) es un sistema automático de liberación de insulina que controla la glucosa, en asa cerrada híbrida, mediante la liberación de insulina rápida administrada por una bomba (existen diferentes tipos de bomba), a partir de las decisiones del algoritmo de control (también existen diferentes tipos), basados en los

datos de la MCG en tiempo real. Aunque utilicemos el término de páncreas artificial no es realmente un páncreas, solo intenta sustituir la función de la célula beta. Como vemos este sistema tiene tres componentes: la MCG a tiempo real, la bomba de insulina y el algoritmo de control.

El PA tiene la capacidad de corregir automáticamente desviaciones del objetivo de glucosa de forma periódica con cada medida de glucosa. Para ello, tiene un algoritmo de control o controlador, que es quien establece la decisión.



El algoritmo de control es el componente clave del sistema del PA dirigiendo la administración de insulina en respuesta a los niveles de glucosa proporcionados por el sensor mientras se va acomodando a la variabilidad intra y entre individuos. El algoritmo de control puede ser incorporado a la bomba o localizado en un dispositivo separado tal como un smartphone y los componentes se comunican de manera inalámbrica

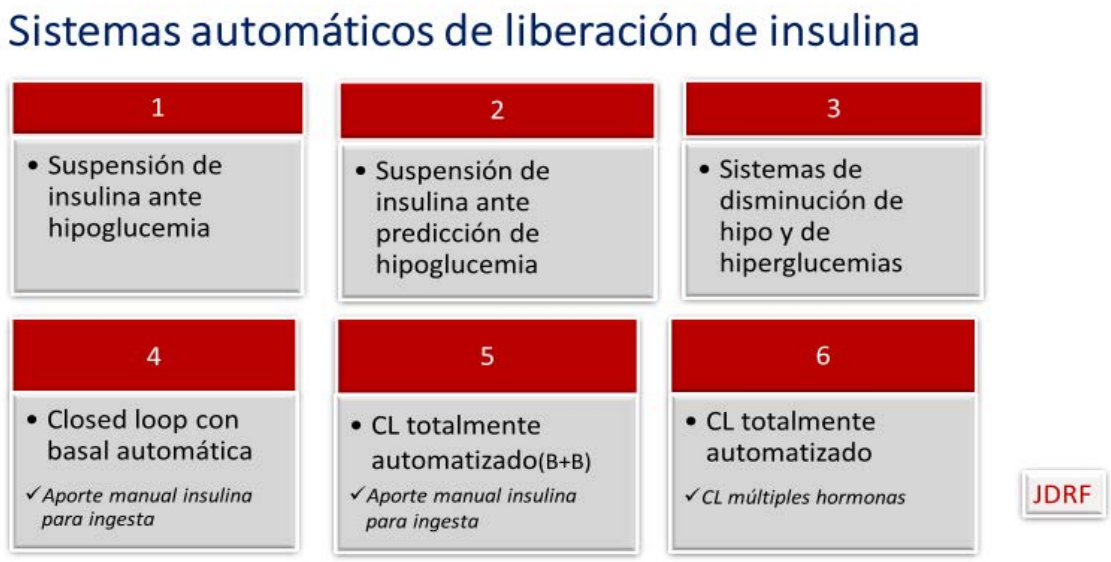
Los sistemas iniciales de páncreas artificial que han llegado a los pacientes se conocen como **páncreas artificial híbrido** (o semiautomático), este es aquel que automáticamente incrementa, disminuye o suspende la liberación de insulina basal pero el paciente tiene todavía que actuar aportando los bolos para la ingesta y modificando el objetivo basal previamente al ejercicio. Los últimos sistemas, además, liberan bolos correctores automáticos, en respuesta a los datos de la MCG y según las tendencias y otros aspectos tenidos en cuenta por el algoritmo de control, a estos se les considera sistemas avanzados de PA. Sin embargo, el paciente todavía debe informar sobre la ingesta y aportar un bolo para cubrirla, utilizando el calculador de bolo y también actuar ante el ejercicio, para lo cual, el paciente debe anunciar al sistema, de manera anticipada, que lo va a realizar cambiando el objetivo de glucosa a un nivel más elevado con el fin de evitar la hipoglucemia. Debido a la frecuencia de olvidos de bolos o de administrarlos tarde se está buscando futuras generaciones de

páncreas artificial que permitan cubrirlos sin el contaje estricto de los HC e incluso sin anunciar la ingesta.

También están en investigación otros sistemas de páncreas artificial, entre ellos, el **páncreas artificial bihormonal** que pueden aportar al tiempo dos hormonas, insulina y glucagón, que permite un control más estrecho disminuyendo el riesgo de hipoglucemia, lo que le permite ser más agresivo con las dosis de insulina, pues la liberación de glucagón protegería del riesgo de hipoglucemia. Por otra parte, están los estudios con páncreas artificial bihormonal que lleva insulina y pramlitide, para mejorar la glucosa postingesta, que podría permitir el no contaje fino de los hidratos de carbonos. Estos sistemas no serán analizados en este documento ya que no están todavía disponibles para su uso en la clínica.

A pesar de los avances, estamos lejos del sistema de páncreas artificial cien por cien automático en el que el paciente se limite a cambiar el sensor, el catéter o cánula de infusión de insulina, la recarga o cambio de baterías, la actualización del software y la interpretación de los datos descargados en la nube.

En la actualidad, el páncreas artificial es una opción de tratamiento para pacientes con diabetes tipo 1 desde el año de vida. Con ellos, los estudios han demostrado buenos resultados en cuanto a la mejoría del tiempo en rango sin aumentar el tiempo en hipoglucemia, con disminución de la variabilidad glucémica y mejoría en la calidad de vida y buena aceptación por parte de los pacientes.



Aunque el páncreas artificial sea ya una realidad se sigue trabajando en nuevas y mejores generaciones. El control de la glucosa postprandial y el ejercicio siguen siendo un desafío para el mismo.

3. ¿QUÉ SON LOS DISPOSITIVOS INTEROPERABLES Y CUANTOS EXISTEN?

La interoperabilidad es la capacidad de diferentes sistemas digitales, dispositivos o software (aplicaciones informáticas), para intercambiar y usar datos o información, permitiéndoles trabajar juntos.

En diabetes los dispositivos interoperables son aquellas bombas de insulina, sensores de glucosa y algoritmos que pueden interactuar entre varios de ellos tras ser reconocidos como tales por las Agencias Reguladoras. El paciente/equipo pueden elegir el dispositivo de MCG, el tipo de bomba y el algoritmo que mejor se adapte a sus preferencias y necesidades y obtener su sistema de asa cerrada personalizado. En esencia es lo que hacen los pacientes que utilizan los sistemas DIY (Do it yourself).

Entre las bombas con denominación de interoperables están:

- Tandem t:**Slim X2** fue la primera bomba aprobada como interoperable
- Omnipod 5 Horizon
- Dana-i

Entre los sensores:

- El Dexcom G6 y G7
- El FreeStyle libre 3

Entre los algoritmos:

- Regulador interoperable tecnología Control-IQ
- CamAPS FX App.
- Diabeloop
- *Tidepool Loop (OpenAPS)*

4. PÁNCREAS ARTIFICIAL HÍBRIDO DE PRIMERA GENERACIÓN

A. SISTEMA MINIMED™670G DE MEDTRONIC

Es el primer sistema automatizado híbrido de liberación de insulina aprobado para su utilización en la clínica. El inicio de su utilización en España fue en diciembre 2018. Ya ha sido sustituido por el sistema de segunda generación de la misma casa por lo que no se explican sus características.

5. PÁNCREAS ARTIFICIAL DE SEGUNDA GENERACIÓN O SISTEMAS DE ASA CERRADA HÍBRIDOS AVANZADOS

- MiniMed™780G
- Tandem t.slim X2 con tecnología Control-IQ
- Ypsomed con CamAPS FX
- Ominpod 5 (no disponible en España)
- Sistema automatizado de administración de insulina Tandem Mobi con Control IQ (aprobado en USA febrero 2024) controlable desde el smartphone.
- Roche Insight con Diabeloop solo para mayores de 18 años.

5.1. SISTEMA MINIMED™780G DE MEDTRONIC

Es un sistema híbrido avanzado de asa cerrada que ajusta la insulina basal y aporta dosis correctoras automáticamente. Este sistema utiliza en la actualidad el sensor

Guardia Sensor 4 y en unos meses (mitad de 2024) estará disponible con el nuevo sensor Simplera de Medtronic ya aprobado por la EMA.

El sistema tiene importantes mejoras sobre el sistema anterior 670G. En el hardware se le ha añadido conectividad por bluetooth, que significa que los usuarios son capaces de ver los datos de su bomba en sus teléfonos móviles y también lo pueden hacer 5 seguidores y descargar los datos en la plataforma CareLink o hacer actualizaciones sin cables.

Este sistema recibió el marcado CE el 11 de junio 2020 y está autorizado en Europa, para mayores de 7 años y hasta 80 años. Comercializado en España desde el 5 de octubre 2020. Para poder utilizarlo precisa que el paciente necesite más de 8 unidades de insulina al día. Con este sistema, últimamente se han realizado ensayos en niños de 2 a 6 años con buenos resultados, aunque todavía está pendiente más estudios para su aprobación por las Agencias Reguladoras.

- El funcionamiento del algoritmo SmartGuard™ necesita de un periodo de iniciación mínimo en modo manual de 48 horas antes de su activación, a contar a partir de medianoche después de que la bomba comience a administrar insulina. Durante el periodo de iniciación en modo manual, la bomba recopila y procesa datos para su uso cuando se inicie el modo automático.

  Durante el modo manual, el sistema 780G incluye todas las funciones de una bomba de insulina asociada a MCG y requiere la programación de tasas basales y de la ayuda de bolos por el equipo médico. A su vez, permite la configuración de dos funciones de suspensión automatizada semejante a modelos anteriores: suspensión de la tasa basal en limite bajo o suspensión antes del límite bajo.
- El algoritmo de automatización de la infusión de insulina SmartGuard de la MiniMed™780G incluye ajustes de basal y bolos automáticos de corrección cada 5 minutos. El objetivo es ajustable a **100 mg/dl** (pero puede elegirse 110 o 120 mg/dl) según las características del paciente.
- La bomba ajusta la insulina, automáticamente, cada 5 minutos de acuerdo con los datos, anteriores y de predicción, recogidos por la MCG para intentar mantener la glucosa en el rango que se haya elegido.
- **El objetivo de las autocorrecciones es 120 mg/dl.** Las autocorrecciones automáticas se liberan cada 5 minutos si se ha superado el nivel de glucosa de 120 mg/dl y el valor basal automático se encuentra en infusión máxima. Además, la cantidad del bolo auto corrector, tras restar la insulina activa (*basal y bolos*), debe ser mayor del 10% de la infusión basal máxima. Estos bolos de

autocorrección contabilizan en el cálculo de la dosis total de insulina y quedan inhabilitados si se activa el objetivo temporal o por deseo del usuario.

- La función SmartGuard permite el cálculo de un bolo corrector o de un bolo para cubrir la ingesta basándose en la lectura de la MCG o de la glucemia capilar y la cantidad de HC calculada el usuario y la ratio configurada en gramos de HC por unidad de insulina. Sobre este cálculo, el algoritmo puede aconsejar ajustes en caso de glucosa alta o baja o bien si hay riesgo de hipoglucemia, llegando incluso a aconsejar no administrar un bolo.
- Las correcciones automáticas con bolos cada 5 minutos ayudan a compensar los recuentos de HC que no siempre son exactos.
- La duración de la insulina activa aconsejada es 2 horas, pero puede programarse a 3 o 4 horas.
- Puede programarse un objetivo **temporal de 150 mg/**dl (por ej. para el ejercicio) de una duración de 30 minutos a 24 horas. Mientras esté este "modo de objetivo temporal" no funcionarán las correcciones automáticas.
- Si se está en **basal máxima 4 horas o más,** se pasa a modo manual. Durante ese periodo de 4 horas nos va diciendo el tiempo que nos falta para llegar al modo manual.
- Los mejores resultados del sistema MiniMed 780G se obtienen con objetivo de 100 mg/dl y duración de la insulina de 2 horas, con un incremento del tiempo en rango objetivo.
- Tiene alarmas fáciles de utilizar.
- En la actualidad el sistema utiliza el sensor Guardian sensor 4 con el trasmisor Guardian™4. No requiere calibración con glucemias capilares, estas son opcionales.

  Estamos pendientes de poder utilizar en España el **sensor Simplera Sync emparejado con el sistema a780G** hacia la mitad del año 2024. Este es el último sensor de Medtronic ya aprobado por la EMA. Se puede utilizar en los pacientes mayores de 2 años. Tiene la mitad de tamaño que el Guardian sensor 4, es desechable y va todo en uno, con sensor y transmisor combinados en un solo dispositivo. No requiere cinta adhesiva extra. El adhesivo de Simplera está hecho de un material resistente al sudor y al agua. No requiere calibración con un proceso de inserción simplificado en dos pasos. El diseño es plano y cuadrado. Tiene un periodo de calentamiento de 2 horas y duración de 7 días. Si se pone el siguiente sensor sin activarle, dos horas antes de que termine el anterior, empieza a medir inmediatamente de que se active, esto se llama calentamiento ciego. El

sensor Simplera puede utilizar ya con la pluma conecta inPen y se espera que el sensor **Simplera Sync** se conecte con el sistema 780G a lo largo del año 2024.

- El sistema utiliza para la determinación de glucemias capilares el **Accucheck Guide enlace** que pasa los datos automáticamente a la bomba.

Conectividad

La App MiniMed Mobile está destinada al usuario del sistema (esta App no está disponible para todos los móviles por lo que hay que cahequear la compatibilidad del móvil para saber si se puede usar la App). Permite visualizar los datos, además de conectar estos diariamente al portal CareLink de manera automática.

Los datos de la bomba y de la MCG pueden compartirse automáticamente con los proveedores de salud y seguidores (hasta 5). Se ve la insulina aportada y las tendencias de glucosa en la app del smartphone. Recibe alertas de riesgo de glucosa baja y alta.

La aplicación Carelink™ Connect para los seguidores está disponible para su descarga de forma gratuita en la mayoría de los smartphones iOS y Android. El profesional que tenga vinculada la cuenta del CareLink Personal del usuario podrá ver los datos sin necesidad de acciones extra por parte de este. La conectividad Bluetooth abre muchas posibilidades de mejora, entre ellas podrá recibir futuras actualizaciones y mejoras de software sin necesidad de cambiar la bomba.

Evidencia científica sobre la utilización del sistema MiniMed™ 780G

En marzo de 2024, Choudhery y cols. publicaron datos de 101.629 pacientes europeos durante 3 años, utilizando este sistema, obtenidos los datos de CareLink Personal. Evidenciaron consistencia en la obtención de los objetivos de glucemia. El TIR (tiempo entre 70 y 180 mg/dl) medio fue de 72.3%, el GMI de 7%, el TBR70 (tiempo por debajo de 70 mg/dl) del 2% y TNR54 de 0.4%. en los ≤ 15 años el TIR medio fue de 69.9% El mejor TIR se obtuvo al mes de la implantación y se mantuvo en el 73.3% o más alto durante 12 meses. Estos datos mejoran en los que utilizaban objetivos de 100 y duración de la insulina de 2h. (TIR 78.8% en global y en los ≤ de 15 años de 76.2%) manteniendo los mismos niveles de TBR70 y TBR54). Estos estudios demuestran la eficacia y seguridad del sistema.

Pihoker y cols. realizaron un estudio en población pediátrica con pacientes entre los 7 a los 17 años *(Pihoker et al. Diabetes Thecnology and Therapeutics noviembre 2023)* en 13 centros durante 3 meses y evidenciaron resultados semejantes a los de los adultos, demostrando que es un sistema seguro en este grupo de edad (sin CAD ni hipoglucemias graves). Demostarron un descenso de la HbA1c (0.5%) con un incremento del tiempo en rango 70-180 mg/dl del 10.9% sin incremento del tiempo por debajo del rango (<70 mg/dl). Todavía esta tecnología no esta aprobada para ser utilizada por debajo de los 6 años por lo que se necesitan estudos amplios en este grupo de edad.

El primer estudio publicado con MiniMed 780G en niños de 2 a 6 años fue el de Pulkkinen y cols. en Finlandia *(Diabetes Thecnology and Therapeutics 2023),* este

ensayo duró 12 semanas y demostró su seguridad y eficacia también en este grupo de edad con una mejoría en el distress producido por la diabetes en los padres.

Tomese y cols. publicaron en *junio del 2023 en el Diabetes Care* un estudio retrospectivo llevado a cabo en niños con diabetes tipo 1 menores de 7 años que utilizaban el sistema al menos 6 meses y este había sido implantado muy cerca del diagnóstico de la diabetes. En el se evidenció que en vida real el sistema era seguro sin CAD ni hipoglucemias graves. La dosis que necesitaban todos estos niños era inferior a 8 u. y la mínima aportada fue de 4 unidades; estos pequeños permanecieron en modo automático el 97.5% del tiempo. El objetivo que inicalmente pusieron de 120 mg/dl, lo fueron bajando a 110 o a 100 mg/dl con reducción de la duración de la insulina activa.

Finalmente, un reciente estudio piloto, publicado *on line* en la revista *Diabetes Thecnology and Therapeutics en enero 2024 por Abraham y cols.,* con la utilización del sistema 780G en 10 niños entre 2 y 6 años, en los cuales, tras 2 semanas en modo manual fueron seguidos 6 semanas en modo automático, evidenció nuevamente que estos pacientes permanecieron en modo automático el 96.7% del tiempo, con una media de tiempo en rango del 72.6%, un 3% por debajo de 70 mg/dl y 0.63% por debajo de 54 mg/dl.

Todos estos estudios demuestran que esta tecnología es eficaz en todos los rangos de edad y que además de en adultos, adolescentes y niños mayores de 7 años puede ser utilizada con éxito por debajo de esa edad. Es importante que este sistema sea aprobado por las Agencias Reguladoras para este grupo etario ya que la diabetes de estos pequeños es muy inestable y de dificil control

B. TANDEM T:SLIM X2 CON TECNOLOGÍA CONTROL-IQ

Es un sistema de asa cerrada híbrida avanzada que automáticamente incrementa o disminuye la insulina basal basada en los datos de glucosa del sensor e infunde bolos de corrección, máximo uno por hora, corrigiendo el 60% de la dosis calculada. Este

sistema calcula de manera activa la dosis de insulina y modifica la dosis en respuesta a la información de los datos de la MCG y de las tendencias con el objetivo de llevar la glucosa a los valores prefijados (110 mg/dl) y minimizar el riesgo de hipoglucemia y de hiperglucemia. La persona debe calcular los bolos para la ingesta.

El algoritmo Control IQ es un software libre introducido en la bomba Tandem t:slim X2 que trabaja con el sensor Dexcom G6 y Dexcom G7..

Este sistema se puede utilizar en niños mayores de 6 años con insulina de Novo y de Lilly. No se puede utilizar si las necesidades son inferiores a 10 unidades al día y si el peso del paciente es inferior a 25 kg.

El Sistema Tandem Control-IQ se comenzó a utilizar en EE. UU. en adultos en enero 2020 y en niños mayores de 6 años en junio de 2020. En noviembre 2020 se inició su utilización en España.

La tecnología Control-IQ utiliza la información del peso, de la dosis total de insulina, de las basales y el factor de corrección de los días previos a iniciar el sistema. Luego hace los cálculos según sus predicciones.

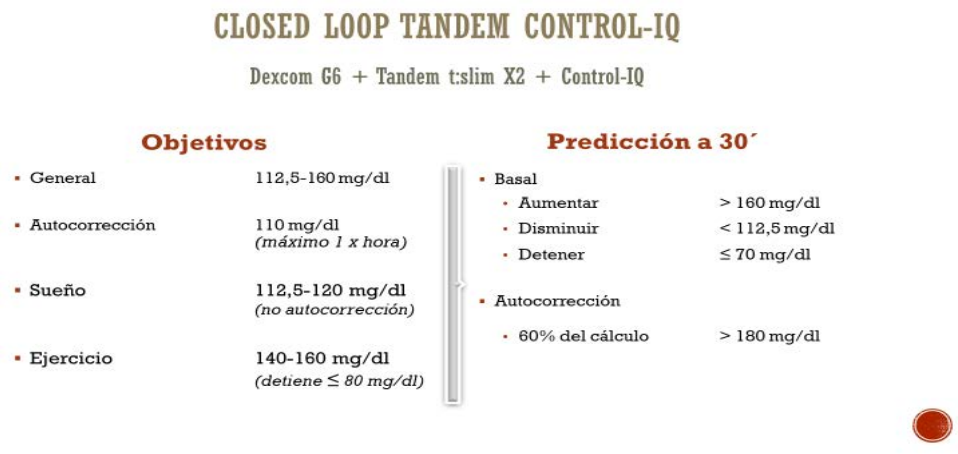
Requiere, por tanto: introducir las basales del paciente que deben estar bien ajustadas, programar las ratios adecuados de cuantos gramos de HC cubre una unidad de insulina en las distintas franjas horarias y los factores de corrección. Planificar el modo sueño y considerar la actividad para utilizar el modo ejercicio.

Una de las características interesantes de este sistema es el llamado “modo sueño”. Durante este periodo los objetivos de glucosa son más estrechos como se comentará posteriormente.

1. ¿Cómo funciona?

- El sistema al inicio precisa el peso (superior a 25 kg) y la dosis de insulina total diaria (superior a 10 u) para determinar los parámetros del algoritmo. Como la basal automática es modulada por las tasas basales programadas, es muy importante ajustar bien las basales previamente a poner el sistema y tener también bien ajustadas la ratio gramos de HC cubiertos por una unidad de insulina en los distintos momentos del día y el Factor de Corrección también en los diferentes tramos de basal.

- El sistema control-IQ modula automáticamente la basal programada para conseguir **estar en el objetivo entre 112,5 y 160 mg/dl**, basado en los datos de predicción a 30 minutos aportados por la MCG.
- La basal se incrementa cuando predice que en 30 minutos va a estar por **encima de 160 mg/dl.**
- Disminuye la insulina basal cuando predice que va a llegar por **debajo de 112,5 mg/dl en 30 minutos.**
- Se libera un bolo de corrección automática cuando predice que en 30 minutos se va a llegar por **encima de 180 mg/dl.** Solo aporta un máximo de un bolo por hora y después de una hora de cualquier bolo administrado anteriormente. Se administran los bolos correctores automáticos cuando se ha alcanzado la basal máxima (que es 4 veces la basal programada). Este bolo solo aporta el 60% de la corrección necesaria.
- Los bolos se calculan teniendo en cuenta la insulina abordo que es la suma de la insulina basal y la aportada por los bolos. Esta insulina a bordo se tiene en cuenta para el ajuste automático tanto de la basal como de los bolos, tanto de los automáticos como los programados por el paciente.
- El paciente puede dar dosis de corrección manuales. El **objetivo de corrección es 110 mg/dl** igual que para los bolos automáticos.
- Detiene la administración de insulina cuando predice que va a estar **≤ 70 mg/dl en 30 minutos**.
- Durante el tiempo de la parada de administración de insulina puede aportar bolos o si hay un bolo extendido continúa infundiéndose.
- En este sistema se puede utilizar la función de bolo extendido con una duración de hasta 2 horas.



2. ¿Qué p*uede modificar* el paciente?

- La ratio (*gramos de HC cubiertos por una unidad de insulina*) para el cálculo de los bolos para cubrir la ingesta.
- Las tasas basales (*valorar las tasas programadas durante unos días pues las va a utilizar el sistema para sus cálculos*)
- El Factor de Corrección (1700/dosis total de insulina del día), se puede calcular por tramos de basal.
- El objetivo para el ejercicio (**modo ejercicio**): objetivo **140-160 mg/dl.**

¿Cómo funciona este objetivo temporal que se debe poner de 60 a 90 minutos antes del ejercicio aeróbico?:

- Si predice que va a estar **>160 mg/dl aumenta** la liberación de insulina basal.
- Si predice que va a estar **>180 mg/dl pone un bolo de autocorrección.**
- Si predice que va a estar por **debajo de 140 mg/dl disminuye** la liberación de insulina basal.
- Si va a estar **≤ 80 mg/dl en 30 minutos detiene** la liberación de insulina.

Con estos parámetros a veces hay riesgo de hipoglucemia. Algunos propugnan que ante un ejercicio importante se pase a modo manual y poner basal temporal 90 minutos antes al 50% y si se va a tomar algo de hidratos de carbono poner el 50% de la dosis de insulina calculada.

- El objetivo del **modo sueño: 112,5-120** mg/dl. Durante él, no infunde bolos correctores automáticos. El "modo sueño" se puede programar con un bloque de tiempo definido para todos los días o si no hay horarios fijos de irse a dormir se puede programar en el momento de irse a la cama.

3. ¿Qué no puede modificar?

- La insulina activa, que está predeterminada en 5 horas.

4. ¿Cuándo se puede revertir al modo manual abierto?

- Automáticamente si durante un periodo de tiempo prolongado **(>20 minutos)** pierde los datos del sensor.
- Si quiere utilizar basales temporales
- Si se presenta una enfermedad o si existen cuerpos cetónicos elevados (algunos aconsejan dejar el sistema funcionando).

Cuando el Control-IQ se desactiva, los parámetros vuelven al configurado en su perfil basa del modo manual.

La bomba t:slim X2, el trasmisor y el sensor deben ser quitados antes de realizarse una Resonancia Magnética Nuclear (RM), una Tomografía Axial Computarizada (TAC) o ante el tratamiento con diatermia.

5. Sensor/sistema de compartir información

- Utiliza sensor Dexcom G6 o el Dexcom G7. Para utilizar este último, en la actualidad, para aquellos que ya llevan el sistema tienen que actualizar el software de la bomba Tandem t:Slim X2 con tecnología Control-IQ a la versión 7.7. Las nuevas bombas vendrán ya con la versión 7.7. Esta nueva versión permite planificar la duración de la actividad del ejercicio desde 30 minutos a 8 horas, lo que facilitará el cambio entre Actividades Sueño y Ejercicio.
- Calibrado de fábrica (con calibraciones manuales opcionales, no requeridas)
- Vida media del sensor 10 días.
- Puede utilizar los valores del sensor para el manejo de la diabetes si los valores del sensor y las flechas están presentes.
- Los seguidores (hasta 5) pueden ver los niveles de glucosa de manera remota en la App de sus Smartphone.

Modulación de la basal

- Utiliza las basales programadas si la glucosa está entre 112,5 -160 mg/dl
- Incrementa la basal si predice que se va a estar > 160 mg/dl en 30 minutos
- Disminuye la basal si predice que va a estar < 112,5 en 30 minutos
- Suspende la basal si predice que va a llegar a ≤ 70 mg/dl en 30 minutos.

Bolos automáticos

- Infunde bolos automáticos de corrección cuando predice que va a estar >180 mg/dl y calcula el 60% de la corrección con el objetivo de 110 mg/dl.
- Emite máximo de un bolo por hora.

Modo sueño

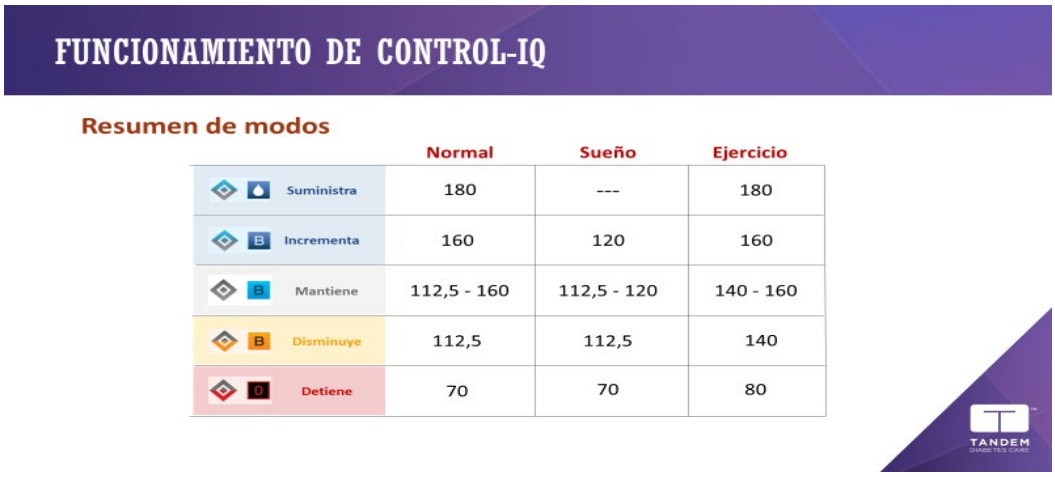
- Debe ser programado para asegurarse que el modo sueño se active cada noche. Puede programarlo para diferentes días.
- Objetivo de glucosa de 112.5 a 120 mg/dl.
- No hay bolos de corrección automática.

Modo ejercicio

- Hay que activar la función de ejercicio 60 a 90 minutos antes de realizarlo.
- Objetivo de glucosa de 140 a 160 mg/dl

Otros aspectos a reseñar

- Considerar tratar la hipoglucemia con cantidades menores de HC (3 a 5 gr) si el sistema ha suspendido la liberación de insulina (bomba suspendida) durante un periodo de tiempo antes de llegar a la glucosa baja.
- Importante, aportar el bolo antes de la ingesta como se hace con la bomba tradicional. Si se pone después, al iniciarse la hiperglucemia tras la ingesta, el sistema aumenta las basales y si predice que va a llegar a >180 mg/dl pone un bolo corrector. Si se pone el bolo de la ingesta después puede llevar a hipoglucemia. Tener siempre en cuenta, cuando calculemos un bolo, la insulina activa que es la suma de la insulina basal y bolos previos para evitar el riesgo de hipoglucemia.
- Hay que ajustar las basales para mejorar el funcionamiento del sistema.



- No pueden utilizar basales temporales en el modo automático (en el modo ejercicio se pone objetivos de glucosa más altos, lo que permite una reducción de la liberación de insulina basal).
- Puede programar un bolo extendido, pero con una duración máxima de 2 horas.
- Pensar en la existencia de problemas del catéter si por la noche aparece hiperglucemia no explicable.
- Por el momento, la descarga de datos de la bomba y el sensor se realiza a través de las plataformas Glooko o Tidepool, en espera de que tengamos disponible, en España, la plataforma específica de Tandem que recibirá la información

directamente de la bomba y del Dexcom sobre basales, bolos, insulina a bordo y tendencias del Dexcom.

- Las actualizaciones deben ser tramitadas a través de su equipo diabetológico. Se requiere una prescripción para autorizarla y luego se realiza “on-line”.

- En las descargas, hay que poner el foco en la insulina total basal aportada y compararla con el perfil que se había programado, ajustar ratios y factor de corrección para mejor funcionamiento del sistema. Un estudio reciente de *Messer y cols (Diabetes Technology & Therapeutics dec 2023*) ha demostrado que lo más importante para la eficacia del sistema es utilizar factores de Corrección más estrictos. Afirma que el utilizar factores de corrección adecuados es lo que más impacto tiene para optimizar el tiempo en rango sin incrementar el tiempo en hipoglucemia.

Evidencia científica sobre la utilización del sistema Tandem Control-IQ

La aprobación del sistema Tandem t:slim X2™ Control-IQ™ en EE. UU. se basó en los resultados del estudio pivotal publicado por Brown *et al*., en el año 2019. Se trató de un estudio randomizado-controlado (2:1 asa cerrada *vs* sistema integrado bomba-sensor), multicéntrico, en 168 adolescentes y adultos, entre 14 y 71 años, con diabetes mellitus tipo 1, durante 6 meses. Este ensayo mostró en el grupo de asa cerrada un incremento del tiempo en rango (11%) con disminución del tiempo en hipoglucemia (-0,88%) y de hiperglucemia (10%), disminución de la glucosa media de 14 mg/dl (156 mg/dl *vs.* 170 mg/dl), disminución de la HbA1c de 0.3%, manteniéndose en asa cerrada el 90% del tiempo. No hubo hipoglucemias graves ni cetoacidosis diabética.

Posteriormente, se aprobó la indicación en la edad pediátrica entre 6 y 13 años con los resultados del estudio pivotal de Breton *et al*. Realizaron un estudio pediátrico multicéntrico, randomizado-controlado (asa cerrada 3 *vs* 1 sistema integrado bomba-sensor), en 101 niños de 6 a 13 años durante 16 semanas. En él, se evidenció una mejora del tiempo en rango del 12%, llegando a un tiempo en rango del 67%, con una disminución del tiempo en hipoglucemia de 0,2% y un tiempo en asa cerrada del 93%. Se demostró que su utilización era segura y eficaz, sin episodios de hipoglucemia grave ni cetoacidosis diabética, también en este grupo de edad.
Los estudios en vida real han confirmado estos resultados.

El reciente estudio de Graham R y cols. (Diabetes Technology & Therapeutics 2024) en vida real encuentra que, al año de utilizar esta tecnología en 3150 participantes mayores de 6 años, la frecuencia de CAD e hipoglucemia grave fue inferior a los datos históricos, con buenos resultados de tiempo en rango.

También con esta tecnología se ha realizado en EE. UU. un estudio multicéntrico, no enmascarado, aleatorizado (proporción 2:1) y controlado para ver la eficacia y seguridad de esta terapia con el sistema de asa cerrada Control-IQ en comparación con el tratamiento convencional con MDI en 102 pacientes con una edad comprendida entre los 2 y 5 años, durante 13 semanas (estudio PEDAP) *(Wadwa P y cols. N Engl J Med. March 2023).* Evidenciaron un incremento del 12,4% del tiempo en rango vs el tratamiento convencional (+ 3 horas al día) con aumento del TIR de +19% en el periodo nocturno; el efecto se vio desde el primer día y se mantuvo durante las 13 semanas. Mejoró la HbA1c y la glucosa media con disminución del porcentaje de niveles por encima de 250 mg/dl. Sin diferencia del tiempo pasado por debajo de 70 mg/dl. Para este estudio usaron una versión del algoritmo aún no comercializada.

DIFERENCIAS ENTRE MINIMED™780G Y TANDEM CONTROL-IQ

Minimed 780G	Tandem t:Slim X2 Control -Q
• Objetivo: **100**,110,120 mg/dl	• Objetivo 112,5 -160 mg/dl
• Basal ajuste cada 5´	• Basal sobre patrón previo ◦ aumenta > 160 mg/dl ◦ disminuye < 112,5 mg/dl ◦ detiene < 70 mg/dl
• Bolo autocorrección a 120 mg/dl /5´ *[Basal máxima y superior a IA]*	• Bolo autocorrección a 110 mg/dl *[> 180 mg/dl ´60% y máximo 1 /h]*
• No modo sueño	• Sueño 112,5-120 mg/dl *(no autocorrección)*
• Ejercicio 150 mg/dl (30´a 24h)	• Ejercicio 140-160 mg/dl *(detiene 80 mg/dl)*
• Duración insulina 2,3,4 horas	• Duración insulina 5 horas
• Sensor Guardian sensor 3	• Sensor: Dexcom G6
◦ precisa 2-3 calibraciones día ◦ dura 7 días ◦ glucemias capilares decisiones terapéuticas	◦ no precisa calibración ◦ dura 10 días ◦ decisiones terapéuticas con datos del sensor

C. EL SISTEMA DE ASA CERRADA HÍBRIDA: BOMBA MYLIFE YPSOPUMP CON ALGORITMO CAMAPS FX ALOJADO EN UNA APP Y CON DEXCOM G6

Aprobada por la UE. Ya disponible en España.

El algoritmo CamAPS FX está alojado en la App CamAPS del móvil (androide, todavía no disponible para iphone) y también el calculador de bolos. El algoritmo calcula los requerimientos de insulina para las siguiente 2,5 a 4 horas. La insulina se ajusta cada 8-12 minutos basado en los datos de MCG que recibe cada minuto. Aprende de la insulina administrada previamente y de la información de los bolos para adaptarse cada día y también para conocer las necesidades de insulina post-ingesta. Puede utilizar insulinas de absorción rápida y ultrarrápidas. Pasa a modo manual si algo no va bien.

Características

- Peso del paciente entre 10 y 300 kg
- Dosis total de insulina entre 5 a 350 U. (poner la media de 5-7 días previos)
- A partir del año de vida, 2 años con Dexcom y 4 años con freestyle 3
- Ajuste de insulina cada 8-12 minutos con datos recibidos cada 1 a 5 min.
- Objetivo por defecto 104 mg/dl (puede variar entre 80-200 mg/dl) y este puede ser diferente en los distintos tramos horarios.
- Calcula automáticamente el Factor de Corrección y la insulina activa.
- Se pone el bolo desde el smartphone
- Hay que introducir las ratios I/HC y el objetivo de glucosa en el calculador de bolos
- Para evitar hipoglucemias existe la función ease off
- Para evitar la hiperglucemia la función Boost
- Aprende de los bolos de insulina previos y de los bolos de ingesta para adaptarse a la glucosa postingesta, día a día, así como a las necesidades de insulina diarias.
- Se puede utilizar insulina rápida o ultrarrápida en mylife YpsoPump
- Es sumergible totalmente y con las condiciones de Dexcom (2,4 m).
- Descarga: móvil: Androide. El compatible con Dexcom. App mylife APS FX por conexión Bluetooth. Puede llevar seguidores desde Glooko.

- Cada medianoche descarga en la nube.
- Se ven datos en Glooko, se descarga cada 5 a 10 min. vía WIFI o tarjeta SIM.

Ease off

- Detiene la infusión de insulina si < 138 mg/dl cuando el objetivo es 104 mg/dl.
- Aumenta la sensibilidad a la insulina un 50% y aumenta el objetivo 45 mg/dl.
- Duración máxima del ajuste 23 h, se puede seleccionarse para más tarde.
- Ponerlo:
    - 60 a 90 minutos antes del ejercicio
    - después de una hipoglucemia
    - si hace calor
    - tras consumir alcohol

BOOST

- Algoritmo más agresivo
- Aumenta la administración de insulina en un 35% (un máximo de 12 h).
- Enfermedad. Menstruación. Corticoides para correcciones más agresivas

6. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ASA CERRADA HÍBRIDA DISPONIBLES EN LA EDAD PEDIÁTRICA

	MiniMed™780G	Tandem t:slim X2 Control-IQ	CamAPS FX	Ominpod 5
Objetivo de glucosa	**100** (110- 120) mg/dl	110 mg/dl	104 (80-200) mg/dl	110-150 mg/dl
Edad aprobada	**+ 7 años**	+ 6 años + 2 años (USA)	+ 1 año	+ 2 años
Objetivo ejercicio o temporal	150 mg/dl (30´ a 24h)	140-160 mg/dl (susp ≤ 80 mg/dl)	+45 mg/dl sobre objetivo	150 mg/dl
Objetivo sueño	No	112,5-120 mg/dl	no	no
Objetivo corrección	120 mg/dl	110 mg/dl	-	-
Duración insulina	**2 h** (3-4 h)	5 horas	2-8 horas	2-6 horas
Puede modificar	Ratio I:HC Insulina activa Objetivo temporal	Ratio I:HC Basales Factor corrección Objetivo temporal	Rati I:HC Objetivo hasta en 8 segmentos	Ratio I:HC Objetivo hasta 8 segmentos FC Insulina activa
No puede modificar	Basales Factor corrección	Insulina activa Objetivo corrección	Basales FC Insulina activa	Basales
Sensor	Guardian Sensor 4 Futuro: Simplera	Dexcom G6/ G7	Dexcom G6 /Libre 3	Dexcom G6/G7
Bomba utilizada	MinMed 780	Tandem t:slim X2	YpsoPump	Omnipod
Duración sensor/día	7	10	10	10
Seguidores (5)	si	sí	si	si
Paltaforma descarga	CareLink	Glooko	Glooko	Glooko
Revertir a manual	No datos MCG. Basal máxima 4h. Si enfermedad	No datos MCG >20´. Si basal temporal. Si enfermedad	Si existe algún problema	

Estudios poblacionales comparando 780G de Medtronic vs Tandem Control-IQ y CamAPS FX en población pediátrica (Santova y cols. fendo 2023) durante un año encuentran que los tres sistemas son eficaces para mantener los objetivos de control internacionales con un tiempo en rango semejante entre ellos, pero con menos tiempo en hiperglucemia para CamAPS pero mayor tiempo en hipoglucemia respecto a los otros dos sistemas, posiblemente por sobre corrección de hiperglucemias. Estos autores proponen que la 780G se aconseje a aquellos pacientes con episodios recurrentes de hipoglucemia o miedo a la hipoglucemia o hipoglucemia desapercibida. En este estudio el Tandem Control IQ queda en una posición intermedia entre ambos.

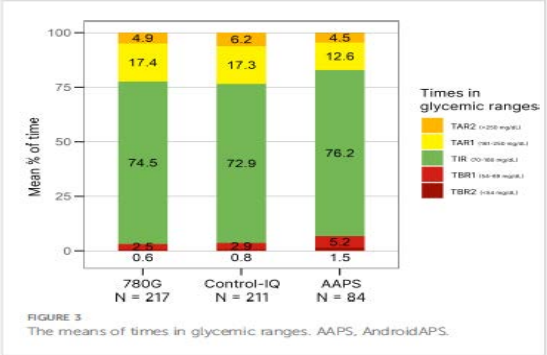
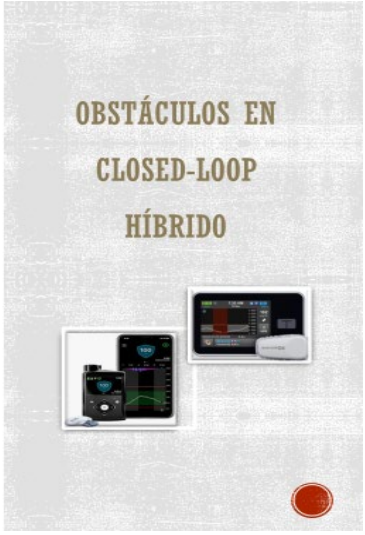


FIGURE 3
The means of times in glycemic ranges. AAPS, AndroidAPS.

Obstáculos en el resultado de los sistemas automáticos híbridos avanzados de liberación de insulina

- No contamos, hoy en día, con insulinas lo suficientemente rápidas.
- Requiere la intervención del paciente a la hora de administrar los bolos antes de las comidas.
- El ejercicio físico sigue un reto con estos sistemas. Se necesitaría aumentar el objetivo de glucosa 90 minutos antes de comenzar la actividad. Una alternativa sería el sistema bihormonal insulina y glucagón todavía en estudio.
- Los catéteres de infusión siguen siendo los mismos de las bombas anteriores y continuamos con los problemas de acodamiento y de burbujas en los reservorios.
- Por el uso prolongado de los sensores de los MCG, cada vez observamos con más frecuencia lesiones en la piel ocasionadas por los productos que contienen los adhesivos. Se hace necesario conocer cómo cuidar la piel.
- Otro problema frecuente es el retraso en la administración de bolos preingesta que lleva a mayor riesgo de hipoglucemia posterior e hiperglucemia inicial. Cuanto mayor número de bolos olvidados o tardíos hay menor tiempo en rango, mayor tiempo por encima del rango, mayor tiempo en hipoglucemia y mayor variabilidad glucémica *(Annuzzi y cols. Journal of Diabetes and its Complications 2024)*

- **Retraso en el comienzo de acción de la insulina**
  - *La experiencia con la insulina Fiasp® no concluyente.*
- **Necesidad de poner bolos para la ingesta**
  - *Experiencias con el análogo de amilina (Pramlitide) que reducen glucemia postprandial*
  - *CL Ilet valora tamaño de la ingesta*
- **Ajustes ante el ejercicio**
  - *Aumentar objetivo glucosa 90 minutos antes*
  - *Utilizar CL bihormonal con insulina y glucagón.*



SISTEMA OMNIPOD 5 NO DISPONIBLE EN ESPAÑA.

El sistema OmniPod 5 closed Lopp (Insulet Corporation) fue aprobado por la FDA en enero de 2022 para personas con diabetes mayores de 6 años y en agosto de 2022 para mayores de 2 años. Tiene marcado CE desde el año 2023, está disponible en algunos países europeos, pero no en España.

¿Qué es el Omnipod 5?

El sistema Omnipod 5 es un sistema de asa cerrada híbrida avanzada sin catéter. Incluye tres componentes:

- Una bomba de insulina portátil (Ominpod Horizón) sin cable (POD) que se usa hasta tres días y contiene 200 unidades de insulina. La bomba viene integrada con el algoritmo de control. Es resistente al agua.
- Un monitor continuo de glucosa (MCG) Dexcom G6. En un futuro prevén que puedas integrar también con Dexcom G7 y FreeStyle 2 y 3.

- Una SmartAdjust technology en el POD. Permite ocho objetivos diferentes: 110, 120, 130, 140 a 150 mg/dl, en diferentes tramos del día. El sistema va aprendiendo a lo largo de los días.
- Tiene una función HypoProtect para cuando el paciente tenga necesidades reducidas de insulina.
- La aplicación móvil viene con una calculadora SmartBolus integrada que recibe datos de Dexcom G6 y puede ajustar la administración de insulina en función de donde predice que estarán los niveles de glucosa en 60 minutos.
- La aplicación móvil Omnipod 5 está disponible en teléfonos inteligentes Android o en un controlador proporcionado por Insulet, y permite a los usuarios un control total sobre las tasas de bolos y basales, directamente desde la aplicación. Están trabajando para que sea compatible para iOS.

Este sistema ajusta automáticamente la administración de insulina cada 5 minutos según el objetivo de glucosa elegido (110 a 150 mg/dl). Se puede poner un modo de actividad (HypoProtect) con un objetivo de 150 mg/dl que reduce la administración de insulina ante el ejercicio o riesgo de hipoglucemia. Lleva calculador de bolo que incorpora los datos de la MCG con la utilización de la información de las tendencias.

El estudio de DeSalvo y cols. (Diabetes Technology & Therapeutics 2024) en 80 menores de 5 años con DM1 tratados con el sistema de páncreas artificial Omnipod 5, encuentran que a los 18 meses el sistema es seguro y permanecen con el sistema el 97.1% del tiempo con descenso de la HbA1c de 7.4% a 7%, con mejoría del TIR.

El estudio en vida real en 69.902 niños (> 2 años) y adultos con DM1 publicado por Forlenza y cols (Diabetes Technology & Therapeutics 2024) mostró que el sistema Ominpod 5 era eficaz en todos los rangos de edad.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 15

HÁBITOS DE SUEÑO Y DIABETES

El sueño es un elemento importante para la salud y está recibiendo cada vez más atención en relación con la diabetes.

Por primera vez en 2017, la Asociación Americana de Diabetes (ADA), en sus estándares sobre el cuidado de la diabetes, identificó al sueño como factor importante a ser considerado por los clínicos, basándose en la evidencia de la relación entre calidad del sueño y control glucémico. La ADA, actualmente, recomienda la valoración del patrón y duración del sueño como parte de la evaluación médica.

¿Qué es el sueño?

No es exclusivamente un periodo de reposo si no que es un periodo muy activo. Es un *proceso de restauración biológica*.

¿Son frecuentes las alteraciones del sueño en los niños y adolescentes?

Las alteraciones del sueño afectan al 25-40% de los jóvenes y el 50-75% de los adolescentes y estos no cumplen las recomendaciones dadas sobre el sueño.

En los adolescentes, las alteraciones del sueño se han relacionado con mayor número de síntomas depresivos.

Los estudios demuestran que los niños y adolescentes con enfermedades crónicas tienen más problemas para comenzar y mantener el sueño.

La Academia Americana de la Medicina del Sueño en el año 2016, basándose en la evidencia existente sobre el impacto de la duración del sueño en la salud, aconseja una duración del sueño de:

Edad (años)	Horas recomendadas
1 a 2	11 a 14 h
3 a 5	10 a 13 h
6 a 12	9 a 12 h
13 a 18	8 a 10 h
Adultos	7 a 9 h

Diversos estudios han puesto de manifiesto que la mayor parte de los niños no cumplen estas recomendaciones.

Es necesario, un sueño suficiente, en tiempo y calidad, para todos los niños y adolescentes y especialmente para los que padecen diabetes.

Alteraciones del sueño en los niños y adolescentes con diabetes

La mayoría de las investigaciones se han centrado en la repercusión de la **duración del sueño** en el grado de control de la diabetes. La duración, tanto corta como excesiva, influye en el control de la diabetes. El dormir en exceso se asocia con hiperglucemia en adolescentes.

Tiempos inconsistentes del sueño *(variaciones en la hora de irse a dormir y de despertarse)* están relacionados con un pobre control glucémico *(con cambios en la sensibilidad a la insulina)* y peor adherencia al tratamiento en la DM1. También repercute en aspectos cognitivos y psicosociales, entre ellos, en el miedo a la hipoglucemia.

Por lo tanto; parece tener efecto negativo tanto la variación en la hora de empezar a dormir como la variación en su duración.

Hazen y cols (2015) en su estudio en adolescentes con DM1, puntualizan que los padres revelan que:

- 15% de sus hijos tienen alteraciones del sueño
- 22% están muy cansados durante el día
- 29% creen que duermen demasiado
- 18% que duermen poco.

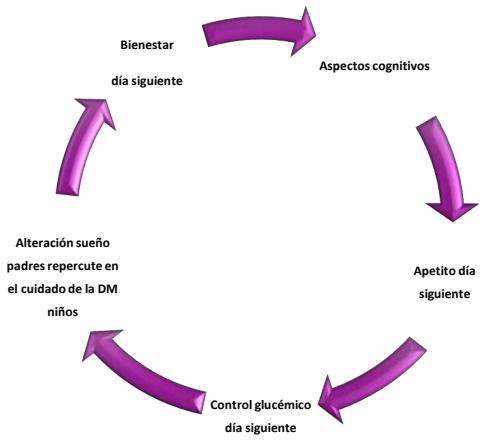
Por lo que se puede deducir la necesidad de dormir las horas aconsejadas, sin excederse, ya que parece influir en el control glucémico.

Aunque las alteraciones del sueño, tales como dificultad para iniciarlo y los despertares nocturnos, se han relacionado con el mal control glucémico en niños y adultos con DM1, no se sabe si es el mal control lo que altera el sueño o a la inversa.

Retrasar la hora de irse a la cama el fin de semana y dormir demasiado a la mañana siguiente se ha asociado a pobre rendimiento escolar, problemas de humor y obesidad en la población general y en la población con diabetes. Esto se conoce como "**JET LAG SOCIAL"**. Por lo tanto: hay que mantener los horarios y duración del sueño.

La tecnología utilizada actualmente para el control de la diabetes: bombas de insulina, sensores de glucosa y los sistemas de páncreas artificial, permiten mejorar el control de la diabetes y al tiempo disminuir los problemas de sueño al ayudar a perder el miedo a la hipoglucemia. Sin embargo, pueden tener un efecto negativo sobre el sueño, entre otros, por las falsas alarmas.

Por ello hay que aprender a utilizar esta tecnología para incrementar los aspectos positivos también en la calidad del sueño de los pacientes y de los padres.



- **Conocimiento de la importancia del sueño**
- **Inculcar rutinas nocturnas**
- **Evitar actividades competitivas al final de la tarde**
- **Buenas condiciones ambientales para dormir**
- **Estilo de vida saludable**
- **Control utilización de la tecnología (TV, móviles…etc.)**
- **Participación en esta rutina por parte de los padres**
- **Llevar a la práctica intervenciones para mejorar la calidad del sueño.**

En **conclusión**, en el seguimiento de los pacientes con diabetes hay que valorar los aspectos del sueño y dar pautas para una buena higiene del sueño e intervenir en aquellos aspectos que puedan alterarlo.

VOLVER AL ÍNDICE

MÓDULO 16

SITUACIONES ESPECIALES EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 1

1. DÍAS DE ENFERMEDAD

- Hiperglucemia con cuerpos cetónicos
- Hiperglucemia sin cuerpos cetónicos
- Hipoglucemia con o sin cetosis

2. VIAJES Y DIABETES

- Normas generales
- Viajes en avión con bomba de insulina
- Documentos para viajar con MDI e ISCI

3. DIABETES EN LA ESCUELA

4. CIRUGÍA EN EL PACIENTE CON DIABETES

5. CELEBRACIONES Y FIESTAS

Vamos a valorar situaciones específicas que requieren adaptar el tratamiento habitual de la diabetes y plantear cómo actuar para mantener un mejor control glucémico en estas circunstancias diferentes al día a día habitual.

En concreto hablaremos de: los días de enfermedad, los viajes, el colegio, la cirugía, las celebraciones y comidas fuera de casa.

PARA UN BUEN MANEJO DE TODAS ELLAS NECESITAMOS CONTAR CON PAUTAS DE ACTUACIÓN CLARAS Y SABER CÓMO APLICARLAS

1. DÍAS DE ENFERMEDAD EN PACIENTES CON DIABETES

Si tenemos una diabetes bien controlada no tenemos más riesgo de enfermedad aguda que el resto de la población.

Sin embargo, sí que vamos a requerir unos cuidados especiales durante el periodo de enfermedad para evitar situaciones de deshidratación, de hiperglucemia, de hipoglucemia y cetosis.

Por ello, necesitamos tener unos conocimientos básicos sobre cada uno de estos aspectos.

En situaciones de enfermedad, debemos poder contar con normas escritas de actuación y un teléfono de contacto con el equipo diabetológico. En el caso de que con esas pautas no consigamos el control de la diabetes o de la enfermedad necesitaríamos acudir a un centro hospitalario.

UNO DE LOS CONSEJOS MÁS IMPORTANTES ES QUE NUNCA, EN CASO DE ENFERMEDAD, DEBEMOS DEJAR DE PONERNOS LA INSULINA.

Incluso en estados de ayuno se sigue requiriendo insulina para cubrir las necesidades metabólicas que pueden estar aumentadas en caso de enfermedad aguda.

En caso de que durante la enfermedad utilicemos la monitorización continua de glucosa (MCG) tenemos que recordar que ciertos sistemas ven interferida la medida de la glucosa por ciertas sustancias como el paracetamol o la vitamina C y que algunos no tienen una buena precisión en rangos de hipo o hiperglucemia. En estos casos deberemos basarnos en las determinaciones de glucemia capilar.

Durante la enfermedad tenemos que monitorizar con frecuencia la glucosa *(mejor llevar MCG)* y los cuerpos cetónicos en sangre. Debes saber que ante la ausencia de insulina se comienzan a consumir las grasas y aparecen los cuerpos cetónicos que pueden ser el origen de náuseas y dolor abdominal y su acumulación pueden llevar a una descompensación grave de la diabetes: **cetoacidosis diabética** (CAD) y se puede llegar incluso al coma hiperglucémico diabético.

La monitorización de la glucosa la haremos muy frecuentemente, mediante la MCG o en su defecto con la realización de glucemias capilares horarias o cada 2 horas. También hay que monitorizar la cetonemia. Se considera que existen cuerpos cetónicos en sangre positivos cuando su valor es igual o superior a 0,6 mmol/L.

Tenemos que distinguir si la enfermedad se asocia a hipoglucemia *(en general, esto ocurre ante gastroenteritis o vómitos)* o a hiperglucemia *(en las enfermedades respiratorias, las que se acompañan de fiebre o precisan medicaciones que elevan la glucemia…)* para ver si se necesita incrementar o disminuir la dosis de insulina.

Si el niño comienza a vomitar sin otros síntomas y lleva bomba de insulina lo primero es sospechar fallo de catéter y actuar según las normas dadas.

En caso de gastroenteritis tenemos que bajar la dosis de insulina, ya que hay menos aporte de hidratos de carbono por vómitos o alteración de la absorción de los alimentos y, por tanto, tenemos mayor riesgo de hipoglucemia; así y todo, nunca tenemos que quitar la insulina pues hay riesgo de cetosis.

Cuando hay fiebre o enfermedad que no sea gastrointestinal, suelen aumentar las necesidades de insulina por liberación de las hormonas del estrés que se oponen a la acción de la insulina y se precisa aumentar su dosis.

Hay que hacer hincapié en los aspectos específicos que hay que tener en cuenta en cuanto la hidratación y el control de la glucémico.

Hay que prevenir

1. La cetoacidosis:
    - Nunca dejar de poner la insulina basal, aunque el niño no coma
    - Monitorizar la glucosa cada 2 horas (MCG o glucemias capilares)
    - Monitorizar los cuerpos cetónicos cada 2 a 3 horas (mejor en sangre)
    - Según nivel de glucosa, aportar insulina rápida cada 2 a 3 horas
    - En caso de gastroenteritis tenemos que bajar la dosis de insulina, ya que hay menos disponibilidad de hidratos de carbono por vómitos o alteración de la absorción de los alimentos y, por tanto, tenemos mayor riesgo de hipoglucemia; así y todo, nunca tenemos que quitar la insulina pues hay riesgo de cetosis.
    - Estar en reposo.

2. Tratar la enfermedad de base:
    - Antitérmicos
    - Antibióticos si se precisa…
3. Prevenir la deshidratación
    - Dar fluidos con frecuencia sin hidratos de carbono si la glucemia es superior a 300 mg/dl y comenzar a dar hidratos de carbono de absorción rápida si la glucemia es inferior a esa cifra junto con insulina.

RECORDAR: para los suplementos de insulina para corregir la hiperglucemia se utiliza la fórmula

Glucemia actual – glucemia deseada /Factor de corrección o Índice de sensibilidad) = dosis de análogo de insulina de acción rápida a aportar.

a. Hiperglucemia con cuerpos cetónicos positivos

Debemos aportar líquidos sin hidratos de carbono (HC) si la glucemia es superior a 300 mg/dl. Cuando sea inferior a esta cifra tenemos que comenzar a tomar HC de absorción rápida pero siempre administrando insulina necesaria.

Para corregir la hiperglucemia necesitamos administrar suplementos de insulina con análogos de acción rápida o ultrarrápida, según el Factor de Corrección *(índice de sensibilidad),* utilizado como objetivo glucémico 100-120 mg/dl *(más alto si se parte de glucemias muy elevadas)*, recordando que no debemos bajar la glucemia más de 200 mg/dl en 2 horas.

Cuando existe cetosis, como la resistencia a la insulina es mayor, podemos aumentar la dosis calculada en un 10 a 20%.

Hay que repetir la dosis de insulina cada 2-3 horas hasta que desaparezcan los cuerpos cetónicos, siempre aportando líquidos e hidratos de carbono.

Si persisten los cuerpos cetónicos y la glucemia es inferior a 140 mg/dl tenemos que aumentar aporte de HC *(pues se necesita ambos, HC e insulina para metabolizar los cuerpos cetónicos*).

b. *Hiperglucemia sin presencia de cuerpos cetónicos*

Tenemos que administrar dosis suplementarias de insulina: análogos de acción rápida (AAR) o ultrarrápida, cada dos o tres horas, utilizando la fórmula ya descrita. A veces conviene subir la basal en la bomba o la insulina de acción prolongada alrededor de un 20% en caso de enfermedad que provoque hiperglucemia mantenida y aumentar los bolos antes de la ingesta alrededor del 10-20% y valorar la respuesta.

c. *Hipoglucemia con o sin cetosis (en gastroenteritis…)*

*E*s necesario aportar líquidos fácilmente digeribles con HC de absorción rápida: zumos, lácteos desnatados por ejemplo…etc. y disminuir la dosis de insulina en caso de ingesta en un 20 a un 50%. En este caso, nunca dar líquidos sin HC

En este periodo hay que valorar con frecuencia los cuerpos cetónicos para ver si la ingesta de hidratos de carbono es suficiente.

Ante una hipoglucemia, es decir, una glucemia inferior a 70 mg/dl, con náuseas o rechazo del alimento que no podemos remontar por vía oral, una alternativa es utilizar pequeñas dosis de glucagón, la llamada "*pauta con minidosis de glucagón"*, que se puede repetir a la hora si es necesario.

	Dosis de glucagón en mg.
2 años	**0,02** mg
2-15 años	**0,01** mg/año
>15 años	**0,015** mg/año
ISPAD 2014	

Si la hipoglucemia persiste hay que acudir a un centro hospitalario. Mientras, puede ponerse miel en las encías o si no tiene diarrea se puede poner un enema con glucosa.

Hiperglucemia con cetosis	Hiperglucemia con cetosis	Hiperglucemia sin cetosis	Hipoglucemia con cetosis
Glucemia > 300 mg/dl	**Glucemia < 300 mg/dl**		
Líquidos + sales sin HC **Insulina AAR cada 2 h hasta cc (-)** **No bajar > 200 mg/2h**	Líquidos + sales + HC Supl Insulina AAR 2 h hasta cc (-) No bajar > 200 mg/2h	Suplementos insulina AAR 2 h No bajar >200 mg/2h	Líquidos + sales + HC junto a insulina (HC) -20/50%

Contactar con el equipo de diabetes o llevarle a un centro médico si presenta:

- Cuerpos cetónicos positivos que no responden al tratamiento (independiente del nivel de glucosa)
- Niveles de hiperglucemia o hipoglucemia que no responden al tratamiento
- Incapacidad de beber o retener las cantidades de fluidos aconsejados
- Vómitos que persisten más de una hora
- Signos de deshidratación tales como disminución de la cantidad de orina, boca seca, labios cuarteados, piel seca y pérdida de peso.
- Signos de cetoacidosis tales como nauseas, dolor de estómago, vómitos, dolor de pecho, respiración rápida y superficial o dificultad para mantenerse despierto.

2. VIAJES DE LA PERSONA CON DIABETES

Los viajes a largas distancias son un reto para las personas que tienen diabetes.

Hay poca evidencia científica para los consejos y las normas que se dan para los viajes y estos se basan en opiniones de expertos.

A parte de los consejos generales de llevar consigo todo lo necesario para la diabetes y no facturarlo, por el efecto negativo de estar sometido a bajas temperaturas si van en la bodega del avión, hay que tener en cuenta algunos otros aspectos.

- Hay que escoger un seguro médico de viajes apropiado.
- Hay que saber cómo pasar los controles de seguridad.
- Saber cómo afecta la presión en el interior del avión a los aparatos médicos y a la insulina.

- Conocer cuál es el efecto de atravesar múltiples zonas horarias, en el momento de administrar la insulina.
- Conocer el efecto del ***jet lag***.
- Llevar un documento acreditativo de padecer diabetes y el tipo de tratamiento que lleva *(ver documento adjunto al final de este apartado).*

Cuando se llega al destino hay que tener previsto la posibilidad de perder o que nos roben los suministros de la diabetes, por ello debemos llevar todo lo necesario en dos lugares distintos. También deberemos saber cómo actuar con alimentos con los que no estamos familiarizados, con el ejercicio extra y otras actividades.

Las personas con diabetes que viajan a grandes distancias tienen mayor riesgo de deshidratación e hipoglucemia, sobre todo en los viajes largos en avión. También

existe un mayor riesgo de cetoacidosis diabética. Se requiere, por tanto, ajuste de la dosis de insulina y del momento de administración.

Si hay cambio de horario en la zona a donde se va y no se va a permanecer mucho tiempo, se deja el reloj con la hora de país de origen y se ponen insulina antes de cada ingesta ajustándola a las nuevas situaciones (*actividad, tipo de comida…).* Si se va a estar más tiempo, se cambia el reloj y se pasa a poner la dosis de la insulina basal a la hora habitual y mientras ésta llega se cubre con análogos de acción rápida cada 2-3 h. Siempre tenemos que considerar cual es la sensibilidad a la insulina en esa hora y posteriormente valorar mucho el ejercicio que realicemos.

Si estamos en tratamiento con bomba de insulina o con páncreas artificial hay que poner en ella la hora del lugar de destino al llegar.

Al viajar hay que llevar rellenado un documento en inglés y si es posible en la lengua del lugar de destino sobre la enfermedad y el tipo de tratamiento que lleva y por tanto lo que necesita llevar.

Viajes en avión con bomba de insulina

Si viajamos con bomba de insulina en avión hay que conocer y llevar por escrito lo qué hay que hacer con la bomba durante el vuelo y al finalizar el mismo.

Durante el vuelo se producen modificaciones en la liberación de insulina por la bomba tanto cuando disminuye la presión como cuando aumenta. *Cuando disminuye la presión ambiente, es decir al despegar y hasta llegar a la altitud de crucero,* se produce una mayor liberación de insulina y *cuando aumenta la presión ambiente, es decir,* al aterrizar disminuye la liberación de insulina hasta pararse.

Por ello hay **riesgo de hipoglucemia 1 a 2 horas después de despegar** y cuando aterrizamos, por la disminución de la liberación de insulina puede producir hiperglucemia.

Todo esto debemos conocerlo para una correcta **actuación en los viajes en avión con bomba de insulina.**

Estos consejos podemos resumirlos en:

- Primero que el cartucho debe contener solo 1,5 ml de insulina.
- En segundo lugar, hay que desconectar la bomba antes del despegue.

- Un tercer consejo sería que al llegar la altitud de crucero hay que sacar el cartucho y extraer las burbujas antes de reconectar la bomba.
- Finalmente, al aterrizar hay que desconectar la bomba y purgar con 2 unidades y volver a conectar.

Debéis tener en cuenta que durante las emergencias del vuelo que afecten a la descompresión de cabina se debe desconectar la bomba. Al llegar al lugar de destino tenéis que cambiar la hora de la bomba y ajustarla a la hora local, dejando las basales igual y adecuando los bolos a la ingesta. Siempre valorando la actividad que se vaya a realizar.

DOCUMENTOS PARA VIAJAR PARA EL PACIENTE CON DIABETES TIPO 1 TRATADO CON MÚLTIPLE DOSIS DE INSULINA Y BOMBA DE INSULINA

1. Múltiple dosis de insulina
2. Bomba de insulina

Haz click en los enlaces para acceder a los documentos.

DOCUMENTO PARA VIAJAR PARA PACIENTE CON DIABETES TIPO 1 TRATADO CON BOMBA DE INFUSIÓN CONTINUA DE INSULINA

MEDICAL REPORT FOR DIABETIC PATIENTS TREATED WITH CONTINUOUS SUBCUTANEOUS INSULIN INFUSION

Nombre y apellido / Name and surname: _____

País de residencia / Country of residence: _____

Fecha de nacimiento / Date of birth: _____

Fecha de diagnóstico diabetes / Date of diagnosis of diabetes: _____

Tipo de diabetes / Type of diabetes: _____

Enfermedad celiaca / Celiac disease: _____

Tratamiento habitual / Usual treatment:

- **Bomba de insulina** / Insulin pump.
- **Monitorización continua de glucosa** / Continuous glucose monitoring

El paciente precisa transportar siempre /The patient must always carry:

- **Material médico: Pluma de insulina, jeringuillas, catéter y reservorios** / Medical equipment: insulin pen, syringes, infusion set and reservoirs.
- **Medidor de glucosa y lancetas** / Glucometer and lancets.
- **Insulina y agujas** / Insulin and needles.
- **Glucagón** / Glucagon.
- **Alimentos o bebidas con hidratos de carbono y/o alimentos sin gluten** / Food or drinks with carbohydrates/gluten free foods.
- **Otras recomendaciones específicas** / Others specific recommendations:

Firma del diabetólogo **Número de colegiado**

Haz click aquí para descargar el documento.

DOCUMENTO PARA VIAJAR PARA EL PACIENTE CON DIABETES TIPO 1 TRATADO CON MÚLTIPLES DOSIS DE INSULINA

MEDICAL REPORT FOR DIABETIC PATIENTS TREATED WITH MULTIPLE INSULIN DAILY DOSES

Nombre y apellido / Name and surname: _____

País de residencia / Country of residence: _____

Fecha de nacimiento / Date of birth: _____

Fecha de diagnóstico diabetes / Date of diagnosis of diabetes: _____

Tipo de diabetes / Type of diabetes: _____

Enfermedad celiaca / Celiac disease: _____

Tratamiento habitual / Usual treatment:

- **Múltiples dosis de insulina** / Multiple Daily Injections
- **Monitorización Continua Glucosa** / Continuous Glucose Monitoring

Precisa transportar siempre / The patient should always carry:

- **Material médico: Pluma de insulina, jeringuillas** / Medical equipment: insulinpen, syringes.
- **La insulina debe ir con el paciente y no en la bodega con el equipaje** / The insulin should go with the patient and not in the cellar with the luggage.
- **Medidor de glucosa, sensor y lancetas.** / Glucometer, sensor and lancets.
- **Insulina y agujas** / Insulin and needles.
- **Glucagon** / Glucagon.
- **Alimentos y bebidas con hidratos de carbono y/o alimentos sin gluten.** / Food and drinks with carbohydrates and/or gluten free foods.
- **Otras recomendaciones específicas.** / Others specific recommendations:

Firma del diabetólogo **Número de colegiado**

Haz click aquí para descargar el documento.

3. ESCUELA Y DIABETES

La mayoría de los niños y adolescentes pasan muchas horas en la guardería, colegio o instituto, por ello, es esencial que los profesores y demás personal que trabajen en estos centros tengan conocimientos sobre diabetes para aportar a los niños/adolescentes con diabetes un ambiente seguro, no solo en los días escolares sino también en acampadas y excursiones y que se sientan felices en todo momento.

Hay que planificar la estancia en el colegio de los niños o adolescentes con diabetes. Para ello se precisa una comunicación y cooperación estrecha entre los padres y el personal escolar para optimizar el manejo de la diabetes, la seguridad y las oportunidades académicas.

Hay que trabajar juntos padres, cuidadores y el equipo diabetológico con los profesores y aportarles la información necesaria para que el niño participe con seguridad y plenamente en todas las experiencias escolares.

La enfermera escolar y los profesores deben recibir el entrenamiento necesario para poder abarcar todas las necesidades del niño en el medio escolar.

Hay que quitar la ansiedad que puede crear el volver al colegio tras el diagnóstico de la diabetes tanto de los padres como de los niños y profesores.

Los padres y los cuidadores tienen la responsabilidad de informar al colegio del diagnóstico de la diabetes y de los requerimientos particulares para el manejo de esta en la escuela. La familia debe llevar todo el material necesario para el tratamiento de

la diabetes incluyendo el glucagón. Los padres tienen que aportar un plan individualizado para que sirva de guía a los profesores y enfermera escolar. La información puede ser dada por los propios padres o por los educadores en diabetes. Es vital que exista una buena comunicación entre todos.

Los profesores deben saber que el rendimiento escolar se afecta tanto por los niveles bajos de glucosa como por las hiperglucemias importantes.

Cuando el niño sea capaz, debe tener permiso para llevar su propio equipo de tratamiento de la diabetes, medicación, material y alimentos que puedan necesitar para su tratamiento en cualquier momento. También deben tener permiso, los que son autosuficientes y capaces, para tener un smartphone u otra tecnología y tener comunicación directa con los padres o cuidadores y el equipo diabetológico para proveer y documentar el tratamiento

Los niños necesitan verificar sus niveles de glucosa con frecuencia, por lo que hay que permitirlo y los profesores estar alertas ante los síntomas de hipoglucemia para que reciban el tratamiento inmediatamente. Los niños y adolescentes deben tener permiso para comer cuando lo necesiten o tienen que poder realizar sus controles glucémicos. Cuando ellos no puedan hacerlo solos, un adulto del colegio tiene que poder hacer los controles y administrar la dosis de insulina.

Si el niño tiene un nivel alto de glucosa puede necesitar ir al baño con frecuencia y necesitar beber agua, por lo que hay que facilitarlo. En estas circunstancias hay que contactar con los padres para ponerle una dosis extra de insulina.

En los exámenes necesitan tener su glucómetro o mirar su aparato de MCG. Tener agua y poder tomar HC de absorción rápida en caso de hipoglucemia. En caso de hipo o hiperglucemia importante durante un examen, al niño se le debe permitir realizar el examen otro día.

Deben tener permiso para acudir a sus citas médicas.

Los niños más pequeños requieren asistencia y supervisión adicional pues se van a enfrentarse a problemas que ellos no pueden resolver.

Existen planes de manejo de la diabetes en la escuela muy bien diseñados.

Tiene interés conocer el de la Asociación American de Diabetes 2022 que denomina “SAFE AT SCHOOL= SEGURO EN LA ESCUELA” que tiene diversos apartados:

1. Datos del paciente con foto e información demográfica

2. Los suministros que deben llevar

3. Las habilidades de manejo de la tecnología que lleva y del contaje de HC

4. Si reconoce el paciente las hipoglucemias y las hiperglucemias

5. Como monitorizar y cuando la glucosa en la escuela

6. La administración de dosis de insulina: ¿Quién? ¿Dosis? ¿Cómo? ¿Cuándo?

7. Administración de otras medicaciones

8. Actitud para prevenir hipoglucemias: ante ejercicio

9. Manejo de la hipoglucemia

10. Manejo de la hiperglucemia

El documento de este plan de manejo médico de la diabetes en la escuela debe ser firmado por el médico que lleve al niño y los padres firmar el permiso para que puedan actuar la enfermera o el personal escolar encargado.

4. CIRUGÍA EN PACIENTE PEDIÁTRICO CON DIABETES

Todos los niños con diabetes deben ser valorados antes de todo tipo de cirugía o anestesia.

La cirugía, siempre que se pueda, debe estar programada y debe realizarse en centros con personal apropiado y con experiencia. La cirugía programada se debe realizar en las primeras horas de la mañana.

Debe haber una planificación previa entre el cirujano, el anestesista y el diabetólogo en la cirugía no urgente y en cuanto se pueda en la urgente. Deben tener los protocolos de actuación por escrito.

LOS OBJETIVOS GLUCÉMICOS DURANTE LA CIRUGÍA, EN EL NIÑO Y ADOLESCENTE, DEBEN ESTAR ENTRE 90 Y 180 MG/DL.
HAY QUE EVITAR HIPOGLUCEMIAS Y PREVENIR CETOACIDOSIS

Los días antes de la cirugía hay que ajustar el tratamiento para tener un buen control glucémico, estar bien hidratados y no tener cuerpos cetónicos. Si el paciente no está bien controlado y la cirugía no es urgente hay que retrasarla hasta que se estabilice la diabetes.

Si va a recibir anestesia general debe ingresar en el hospital previamente y la cirugía debe ser realizada a primera hora del día. Se necesita la administración insulina, aunque esté en ayunas para evitar la cetosis. Durante la cirugía y en el postoperatorio se debe monitorizar la glucosa por lo menos cada hora.

En el postoperatorio, una vez que el paciente pueda iniciar la ingesta oral, se debe pasar al régimen habitual de tratamiento ajustándose a la glucemia e ingesta.

El paciente tratado con bomba de insulina o sistemas de páncreas artificial debe permanecer con dicho tratamiento.

Cirugía menor

Estos procedimientos (endoscopias, resonancia magnética…etc.) suelen durar menos de 2 h (en general menos de 30 minutos) con a sin sedación o anestesia. En general, la recuperación es rápida y pueden comer hacia los 2 a 4 horas. Estos procedimientos

pueden se manejados con insulina basal o con la administración de la insulina basal mediante la bomba. Se puede mantener el sistema de tratamiento que lleve.

Cirugía mayor

Es con anestesia y hay riesgo de nauseas o vómitos o incapacidad de comer en el postoperatorio.

Debe recibir infusión intravenosa con glucosa. Hay que monitorizar la glucosa cada hora durante y después de la cirugía para detectar hipo e hiperglucemia. Hay que coordinar el momento de comienzo de la alimentación oral para el ajuste de líquidos e ir ajustando la insulina. Durante la intervención y el posoperatorio precoz la insulina debe administrase por vía intravenosa.

En la cirugía de urgencia

Antes de la misma hay que medir la glucemia y los cuerpos cetónicos. Si la glucemia está elevada o existen cuerpos cetónicos presentes hay que medir los iones y el pH. Si existe cetoacidosis, tratarla y retrasar la cirugía hasta que esté corregida la situación. Si no hay CAD se comienza con fluidos e insulina intravenosos como en la cirugía programada.

6. CELEBRACIONES Y COMIDAS FUERA DE CASA

En esas circunstancias suele ser más difícil el control de la diabetes.

Hay que tener en cuenta varios aspectos, entre ellos, que las emociones pueden elevar la glucemia, sobre todo, en los niños más pequeños. También valorar el ejercicio, que a veces acompaña a la celebración como ocurre en las fiestas de los niños pequeños o el baile en los mayores y el consumo de HC. Todo ello lo tendremos en cuenta para ajustar la insulina.

Hay que saber, que en general, las comidas en restaurantes suelen elevar más la glucemia. No se suelen pesar (*en este caso aconsejamos la utilización de apps adecuadas*), y, en general llevan más cantidad de grasa y se suele hacer un extra tomando alimentos más hiperglucemiantes.

Este tipo de comidas precisa más cantidad de insulina y si hay mucha grasa y proteínas hay que utilizar el concepto de la Unidad Grasa-Proteína como está explicado en un módulo anterior y utilizar suplementos de insulina en forma de bolo dual en los tratados con bomba y en los tratados con MDI poner una dosis extra de insulina rápida a las 2 horas de la ingesta según las Unidades GP ingeridas.

Hay que controlar el consumo de postres. Estos suelen tener muchos HC por lo que debemos tomar porciones muy pequeñas. Hacer que el postre sustituya a otros carbohidratos e intentar compartir su porción con alguien.

Por todo ello es muy importante individualizar y sacar experiencias que podamos aplicar en otras circunstancias semejantes.

Finalmente: recordar que las comidas y las tradiciones no tienen por qué interrumpir el control de la diabetes. Con preparación, se puede estar listo para cualquiera situación mientras se disfruta del día. Hay que planificarlas con tiempo para poder disfrutar de ellas y tener la diabetes bajo control.

TELEMEDICINA EN DIABETES

La Telemedicina se ha definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la prestación de servicios de salud por parte de profesionales sanitarios a través de la utilización de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, el tratamiento, la prevención de enfermedades, la investigación y la evaluación, así como para la formación continuada de profesionales sanitarios, todo ello con el objetivo final de mejorar la salud de la población y de las comunidades.

La diabetes puede ser particularmente adecuada para la telemedicina. El uso de las diferentes plataformas de descarga de los datos de monitorización de la glucemia capilar, así como de los diferentes dispositivos de monitorización continua e intermitente de la glucosa y de infusores de insulina y de los sistemas de administración automática de insulina, permite disponer de una gran cantidad de datos que se pueden analizar de forma conjunta en las visitas telemáticas, ya sean telefónicas o mejor por videollamada.

¿Qué necesitamos tener preparado antes de la consulta por telemedicina en pacientes con diabetes para que esta sea eficiente?

MATERIAL NECESARIO

Mínimo:

- Teléfono con datos y/o ordenador con wifi.
- Tener papel y bolígrafo para apuntar datos en la consulta.
- Capacidad del paciente o familiar para poder hacer videoconsulta
- Sistema de videoconferencia (cámara, audio).
- Aplicaciones informáticas de telecomunicación
- Correo electrónico

Otros aspectos

- Tener las competencias requeridas
- Conocer que aspectos de su diabetes desean fundamentalmente discutir.
- Agendar la consulta telemática en día, hora y duración.

Recomendaciones al paciente

- El mejor consejo para que la teleconsulta sea un éxito es que el paciente prepare con antelación y activamente dicha consulta virtual.
- El paciente debe haber recibido previamente la citación para la consulta para que pueda prepararla con antelación.
- Tener el link de acceso en el caso de la videoconsulta y respetar la consulta agendada: estar preparado ese día y a esa hora.
- Buscar un lugar donde realizarlo que mantenga la privacidad y no se les interrumpa.
- Ver que las conexiones son adecuadas. En la videoconsulta lo ideal sería la fibra óptica, hasta que se generalicen las comunicaciones 5G. Es preferible también una comunicación por cable entre el rúter y el equipo en el que se va a desarrollar la videoconferencia evitando las conexiones wifi.
- El paciente debe conocer como conectarse y cómo manejar la tecnología. Chequearlo todo antes de que empiece la consulta.
- Recoger los cambios que ha realizado desde la última consulta y como le han ido. Apuntar los síntomas que haya tenido o tenga el paciente.
- Descargar, antes de la cita y en los programas específicos, los datos de glucómetros, monitores continuos de glucosa, plumas inteligentes o bombas de insulina si no se descargan automáticamente. Para ello precisan instrucciones para la descarga de dispositivos. Interesan, sobre todo, los datos de los últimos 14 días, siempre que sean representativos de la rutina habitual.
- Estos deben ser analizados antes de la consulta por el paciente y/o familia, y siempre que sea posible, que estén a disposición del equipo diabetológico.
- Apuntar problemas que han tenido con los dispositivos.
- Saber el tipo de insulina que se está utilizando y las otras medicaciones.
- Llevar un registro de las comidas de esos días, tipo y cantidad tanto de hidratos de carbono, como de grasas y proteínas si es posible, para poder analizarlos junto a los datos de glucosa con el equipo diabetológico.
- Se debe conocer la ratio insulina /ración hidratos de carbono o gramos de HC cubiertos por una unidad de insulina, en cada ingesta del día y el factor de corrección o índice de sensibilidad.
- Tener un registro de hábitos: actividad física que realiza, tipo, intensidad, momento del día y manejo de la diabetes en esas ocasiones; horas de sueño, etc.
- Saber la cantidad de alcohol que ingiere y si fuma, la cantidad (adolescentes).

- Expresar las dificultades psicológicas que tiene o ha tenido para que puedan ser valoradas, como: ansiedad, alteraciones del sueño, alteraciones del comportamiento alimenticio...
- Tener los datos de las analíticas u otros estudios complementarios (revisión de fondo de ojo o retinografía, etc.) que se haya realizado.
- Llevar por escrito todas las preguntas y preocupaciones para que las pueda plantear en el momento de la consulta. Conviene que las respuestas se apunten para que no se olvide y se puedan aplicar.
- Revisar si tiene todos los medicamentos que necesita y ver si requiere alguna receta para obtenerlos o si necesita nuevos fármacos.
- El paciente o el familiar debe expresar si ha comprendido todo y pedir confirmación de si es correcto lo que ha entendido.
- Preguntar cómo ponerse en contacto con el equipo profesional en caso de cualquier duda o cambios de tratamiento o citas.
- Asegurase que los profesionales tienen bien sus datos de contacto (teléfono y email) para que les llegue la información necesaria en cada caso.
- Quedar para una próxima consulta presencial o remota. Y una próxima cita para educación diabetológica si se precisa.
- Mandar un informe a través de una plataforma médica segura.

APPS PARA DESCARGAR EN EL SMARTPHONE

Actualmente existen muchas Apps relacionadas con la diabetes en los teléfonos inteligentes.

Aunque existe poca evidencia de la eficacia y seguridad de estas Apps sabemos que pueden tener resultados positivos en las personas con diabetes ayudando a gestionar la enfermedad.

Debido a la implicación de las Apps con la salud, organismos competentes han regulado su uso para garantizar la seguridad de los usuarios.

En España existen los llamados “sellos de seguridad” que garantizan que son Apps seguras.

Algunos de estos sellos son:

Distintivo AppSaludable

DiabeWeb Lo mejor de Diabetes en la Red

Se han podido categorizar de acuerdo con su función:

- Apps para registro y seguimiento: almacenan información sobre el control de la diabetes, glucemias, medicamentos, actividad física y alimentos.

mySugr SocialDiabetes DiabetesConnect

DiabetesM

Y otras que van vinculadas a dispositivos como son: Contour Diabetes, One Touch Reveal, MenaDiab, Freestyle Libre Link, Guardian Connect entre otras.

- Apps relacionadas a la alimentación: informan sobre el contenido de nutrientes, cantidad de hidratos de carbono, azúcar libre de los alimentos y recetas. Algunas no son gratuitas.

Diabetes a la carta

Carbs & Cals

DualBolus

sinAzucar.org

fatsecret

FoodMeter

`

ekilu
feed your life

- Apps para el seguimiento de la actividad física:

Runtastic: tu app de running y fitness

My Fitness Pal

- Apps para salud mental: meditaciones y relajación

Calm

headspace

Texto adaptado de: Guía para el uso de Apps en Diabetes. 2019. V. Bellido y C. González

Decálogo sobre la utilización de Apps en diabetes
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE DIABETES
PARA PERSONAS CON DIABETES
Antes de UTILIZAR una app que te ayude al manejo de tu diabetes no olvides confirmar los siguientes aspectos.
1
Clara en listado de funciones, objetivos y personas a las que va dirigida ¿Qué hace esta App?
2
Responsables fácilmente identificables ¿Quién hace esta App?
3
Diferencia clara entre información en salud y publicidad
4
Actualización de contenidos
5
Fuentes de información fiables
6
Claridad en los términos y condiciones de uso
7
Espacio que ocupa, consumo y recursos necesarios
8
Cumplimiento de ley de protección de datos. Delimitación clara con redes sociales
9
Consulta con tu equipo de profesionales, las Apps no son inocuas
10
Si es posible utilizar Apps con distintivo de calidad

Decálogo sobre la utilización de Apps en diabetes
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE DIABETES
PARA PROFESIONALES
Antes de RECOMENDAR a las personas con diabetes a las que atiendes una app sobre diabetes, alimentación o ejercicio no olvides confirmar los siguientes aspectos.
1 Las Apps pueden mejorar la gestión de la diabetes y la interacción profesional-paciente
2 Orientar a los pacientes en su búsqueda: seguras y adaptadas a necesidades
3 Si es posible prescribir Apps con distintivo de calidad
4 Requisitos básicos de seguridad
5 La App debe ser clara en cuanto a finalidad, objetivos y personas a las que va dirigida. ¿Qué hace esta App?
6 Responsables fácilmente identificables. ¿Quién hace esta App?
7 Diferencia clara entre información en salud y publicidad
8 Disponer de un listado de Apps recomendables y seguras
9 Interésate cómo es utilizada por la persona con diabetes.
10 Escuchar aportaciones de los pacientes respecto al uso de las Apps

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADA: Asociación Americana de Diabetes

CAD: Cetoacidosis Diabética

Glucemia: Glucosa en sangre

HbA1c: Hemoglobina glicosilada

HC: Hidratos de carbono

ISCI: infusión subcutánea continúa de insulina

ISPAD: Sociedad Internacional de Diabetes Pediátrica y del Adolescente.

MCG: Monitorización continúa de glucosa

UGP: Unidad Grasa-Proteína

GAD, IA2: Anticuerpos antipancreáticos

VOLVER AL ÍNDICE

© Dra. Raquel Barrio Castellanos
© Dña. Lourdes Cartaya Otamendi

Clínica D-Médical
C/ Príncipe de Vergara, 44
28001 Madrid
Tel: 91 436 26 36
info@d-medical.es
http:www.d-medical.es

**Fotografías de https://www.lifeofpix.com/ y http://www.pexels.com*