

Guía práctica para el manejo de microinfusoras de insulina

RAQUEL NOEMÍ FARADJI-HAZÁN^{1*}, M^a ELENA SAINZ DE LA MAZA-VIADERO², CARLOS ALBERTO ANTILLÓN-FERREIRA³, NATALIA ELOÍSA DE LA GARZA-HERNÁNDEZ⁴, ÓSCAR FLORES-CALOCA⁵, GABRIELA GARCÍA-GALVÁN⁶, MANUEL GUAJARDO-JÁQUEZ⁷, LAURA GUERRA-ARGÜERO⁸, MIGUEL AGUSTÍN MADERO-FERNÁNDEZ DEL CASTILLO⁹, EDUARDO MÁRQUEZ-RODRÍGUEZ¹⁰, MARÍA PÍA MARTÍNEZ-GIGENA¹¹, ANGÉLICA MARTÍNEZ RAMOS-MÉNDEZ¹², SIGFRIDO MIRACLE-LÓPEZ¹³, MARCELA TAVERA-HERNÁNDEZ¹⁴, JUAN VILLAGORDOA-MESA¹⁵ Y ALICIA YÉPEZ-RODRÍGUEZ¹⁶

¹Departamento de Endocrinología y Diabetes, Clínica EnDi, Ciudad de México, Méx.; ²Clínica EnDi, Ciudad de México, Méx.; ³Departamento de Endocrinología Pediátrica, Centro Médico ABC Santa Fe y Hospital Español, Ciudad de México, Méx.; ⁴Departamento de Medicina Interna y Endocrinología, Centro Médico Integral, San Pedro Garza García, Monterrey, Nuevo León, Méx.; ⁵Departamento de Endocrinología Pediátrica, Hospital Zambrano Hellion, Tec Salud, Monterrey, Nuevo León, Méx.; ⁶Servicio de Endocrinología Pediátrica, Hospital General de Zona número 14 del Instituto Mexicano del Seguro Social, Hermosillo, Sonora, Méx.; ⁷Departamento de Endocrinología Pediátrica, Hospital de Especialidades AMCCI, Durango, Durango, Méx.; ⁸Departamento de Endocrinología, Hospital Ángeles de Querétaro, Querétaro, Méx.; ⁹Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón, Coahuila, Méx.; ¹⁰Endocrinología, Instituto Jalisciense de Metabolismo, Guadalajara, Jalisco, Méx.; ¹¹Departamento de Pediatría Centenario Hospital Miguel Hidalgo, Consulta Privada Star Médica, Aguascalientes, Aguascalientes, Méx.; ¹²Departamento de Endocrinología Pediátrica, Hospital Español, Ciudad de México, Méx.; ¹³Departamento de Endocrinología, Hospital Ángeles Lomas, Huixquilucan, Estado de México, Méx.; ¹⁴Departamento de Endocrinología Pediátrica, Hospital Ángeles Lomas, Estado de México y Centro Médico ABC, Santa Fe, Ciudad de México, Méx.; ¹⁵Departamento de Endocrinología, Hospital H+, Querétaro, Querétaro, Méx.; ¹⁶Departamento de Endocrinología y Medicina Interna, Corporativo Hospital Satélite, Ciudad Satélite, Estado de México, Méx.

RESUMEN

Existen pocos documentos en español que ayuden a iniciar una terapia con microinfusoras de insulina con o sin sistemas integrados con monitoreo continuo de glucosa (MCG). Para satisfacer esta necesidad, la Sociedad Mexicana de Nutrición y Endocrinología encargó esta guía práctica a un grupo multidisciplinario de expertos en el tema, con representación de todo México. Está dirigido a médicos especialistas, diabetólogos, residentes y a todos los profesionales de la salud involucrados en el cuidado de pacientes que viven con diabetes. Se describen los fundamentos básicos de la terapia con microinfusoras, el MCG y los sistemas integrados, así como los diferentes parámetros que deben ser tomados en cuenta durante la prescripción de la terapia. Con un enfoque práctico, se detalla paso a paso el ajuste fino. Señalamos las diferencias en las diversas etapas de la

ABSTRACT

There are few documents written in Spanish that can guide in the initiation of insulin pump therapy, with or without sensor augmentation, with continuous glucose monitoring systems. This practical guide was an initiative of the Mexican Nutrition and Endocrinology Society to fulfill this purpose. It is written by a multidisciplinary group of Mexican experts in the topic, with representation from all the country. It is directed to Endocrinology and Diabetes specialists and residents, and any health care professional involved in caring for patients that live with diabetes. Here we describe the basic principles of insulin pump therapy, continuous glucose monitoring, integrated systems, and the different parameters that should be taken care of when prescribing this therapy. With a practical approach, the fine tuning of the therapy is described step by step. We detail the differences in the diverse

Dirección para correspondencia:

*Raquel Noemí Faradji-Hazán
E-mail: rfaradji@gmail.com

Fecha de recepción: 14-03-2019

Fecha de aceptación: 03-06-2019

vida: pediatría y adolescencia, embarazo y geriatría. Así mismo, se ven las indicaciones para la terapia en diabetes tipo 2. En el texto se establecen también las acciones sugeridas para situaciones complejas, como las que se observan en días de enfermedad, hospitalización, cirugía, ejercicio y viajes. Esta guía práctica ayudará a una prescripción segura de la terapia para mejorar la calidad de vida de nuestros pacientes.

Palabras clave: Microinfusora de insulina. Diabetes. Monitoreo continuo de glucosa (MCG). Sistemas integrados. Sensores de glucosa. Inyección espermática intracitoplasmática (ICSI).

OBJETIVOS

Con la información de esta guía práctica, los profesionales de la salud serán capaces de:

- Comprender los conceptos básicos de la terapia con microinfusoras de insulina.
- Identificar a un buen candidato para el uso de una microinfusora de insulina.
- Aplicar el cálculo inicial de dosis y configuración de la microinfusora de insulina.
- Aplicar la metodología para realizar ajustes finos y acompañamiento continuo.
- Identificar las consideraciones para poblaciones específicas y situaciones especiales.

INTRODUCCIÓN

Las innovaciones tecnológicas de los últimos 30 años han revolucionado la prescripción de insulina, así como la forma en la que se observa su efecto en cada paciente, lo que permite personalizar el tratamiento.

Los pacientes con diabetes tipo 1 (DT1) requieren tratamiento con insulina para sobrevivir. La terapia ideal consiste en imitar de la mejor manera posible la secreción fisiológica de insulina, para reducir el riesgo de complicaciones crónicas. Para lograr esto, la insulina se puede administrar, ya sea con múltiples

life stages such as: pediatrics and adolescence, pregnancy and geriatrics. Additionally, the indications for this therapy in type 2 diabetes are delineated. Finally, suggested actions for complex situations are detailed, such as sick days, surgery and hospitalization, exercise and travelling with the pump. This practical guide will help achieve a safe prescription of insulin pump therapy, to improve the quality of life or our patients. (REV MEX ENDOCRINOL METAB NUTR. 2019;6:59-91)

Corresponding author: Raquel Noemí Faradji-Hazán, rfaradji@gmail.com

Key words: Insulin pump therapy. Diabetes. Continuous glucose monitoring systems (CGM). Integrated systems. Sensor. Intracytoplasmic sperm injection (ICSI).

inyecciones al día (MID) de análogos de insulina de manera basal-bolo o con infusión continua subcutánea (ICSI) de análogos de insulina rápida. Así mismo, la ICSI puede ser de utilidad para los pacientes con diabetes tipo 2 (DT2) que se encuentran con MID, sobre todo si no están bien controlados.

En esta guía práctica hablaremos de las bases del funcionamiento de las microinfusoras, el monitoreo continuo de glucosa (MCG) y los sistemas integrados, para quiénes están indicadas y contraindicadas, y algunas consideraciones especiales.

BASES DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA MICROINFUSORA DE INSULINA

Una microinfusora de insulina es un dispositivo portátil que imita la secreción fisiológica del páncreas suministrando microdosis de un análogo de insulina de acción rápida, siendo de dos maneras¹, principalmente:

- a) Dosis basal: dosis preprogramada que el aparato suministra cada 5 a 15 minutos.
- b) Bolos: dosis adicional que el paciente indica al aparato para cubrir los alimentos o bien para corregir una hiperglucemia:
 - Bolo de alimentación (BA): el paciente introduce en el dispositivo la cantidad de hidratos de carbono (HC) que va a consumir, ya sea en gramos (g) o en porciones, y el aparato calcula la dosis a suministrar con base en su relación insulina:carbohidratos (RIC) o ratio preconfigurada.

– Bolo de corrección (BC): el paciente introduce en el dispositivo su valor de glucosa en sangre al momento y el aparato calcula la dosis con base en su factor de sensibilidad (FS) o corrección y los objetivos de glucosa preconfigurados.

Existen principalmente dos tipos de microinfusoras de insulina en el mercado:

- Con tubo: dispositivo con dimensiones de aproximadamente 12 x 5 x 1.5 cm conectado a una cánula subcutánea por medio de un tubo delgado de entre 45 y 110 cm de largo.
- Sin tubo: dispositivo, llamado pod, con dimensiones de aproximadamente 5 x 4 x 1.5 cm que se adhiere a la piel del paciente y contiene el mecanismo de infusión, la cánula subcutánea y el reservorio para la insulina. Se comunica de manera inalámbrica con un aparato al que se envían las instrucciones o bien con un teléfono celular inteligente. El pod es a prueba de agua, se puede sumergir por periodos de 60 min a una profundidad de hasta 7 metros.

Además, pueden ser con o sin MCG: algunos modelos están integrados con sistemas de MCG, como se describirá más adelante.

BASES DEL FUNCIONAMIENTO DEL MONITOREO CONTINUO DE GLUCOSA

La glucemia es un continuo. En aras de estimar su comportamiento se han integrado diferentes parámetros que permiten evaluar de manera representativa su discurrir. La glucosa en ayuno, la glucosa posprandial o poscarga y la hemoglobina glucosilada (HbA1c) son las métricas tradicionales mediante las cuales se ha intentado definir diagnóstico, control y valores de riesgo en diabetes.

La HbA1c es un reflejo del promedio de glucosa durante 90 días, pero no es útil para detectar cambios abruptos, hipoglucemia o hiperglucemia (variabilidad glucémica), además de tener limitaciones en ciertos escenarios clínicos como ferropenia, hemoglobinopatías, anemia y embarazo. Hasta hace poco no se podía conocer el porcentaje del tiempo

que el paciente estaba en rangos terapéuticos, un concepto que cobra cada vez más relevancia.

Por años, los médicos solicitaban mediciones frecuentes de automonitoreo de glucosa capilar (AMGC) para ajustar la insulino terapia; estos valores aportaban información puntual del momento en el que la glucosa era medida. Pero la glucosa sanguínea (GS) fluctúa durante el día y la noche, cambia en forma rápida o lenta según el consumo de distintos alimentos y bebidas, es afectada por ayunos prolongados, desvelos, cambios de horario laboral, periodos de estrés y de enfermedad. Estas fluctuaciones (variabilidad) pueden ser particularmente dramáticos durante ciertas etapas de la vida (crecimiento, adolescencia, embarazo). El AMGC difícilmente podía ofrecer una perspectiva suficiente para observar estos cambios y actuar en consecuencia. Se precisaban sistemas de monitoreo continuos, incluso predictivos. Un monitoreo que no solo ofreciera información puntual de los niveles de glucosa en el momento de la medición, sino que aportara información respecto a la forma como estaba cambiando ésta (tendencia) a fin de prever, por ejemplo, un evento de hipoglucemia. Sistemas que además mostraran el comportamiento de la glucosa en las horas previas a la medición, así como observar la sobreposición de tendencias que permitiera ajustar la prescripción de insulina en forma personalizada.

Mientras los glucómetros reportan la glucosa capilar en el momento de la medición, los modelos actuales de MCG miden la concentración de glucosa en el líquido intersticial del tejido subcutáneo con un discreto retraso (hasta de 20 min) respecto a la glucosa capilar y/o venosa². Por lo anterior, si hay duda o discrepancia en las cifras del sensor (en especial si hay que tomar una decisión respecto a las dosis de insulina) se recomienda confirmar la cifra con glucosa capilar. Ejemplos de estas situaciones son glucosa < 70 mg/dl o > 250 mg/dl, flecha de cambio de glucosa en el sensor mayor a 2 mg/dl/min, o cuando los síntomas no correspondan con el valor de glucosa.

La precisión del MCG se expresa en MARD% (*mean average relative difference*) o la discrepancia promedio entre la medición de glucosa del sensor con la glucosa capilar o venosa al mismo tiempo.

Es indiscutible el rol que dichos elementos han jugado para mejorar el entendimiento y la evolución de la diabetes en la historia. Sin embargo, sus limitaciones han sido ampliamente referenciadas³.

En este entorno han emergido alternativas para hacer una evaluación continua del estado glucémico por vía intersticial mediante sensores específicos. Por medio de la colocación de un microelectrodo insertado en el tejido subcutáneo se expresa una reacción de oxidación/reducción que estima la concentración de glucosa en el líquido intersticial⁴. Esta herramienta presenta una imagen más comprensiva del estado glucémico, lo que permite una interpretación más personalizada y por ende un tratamiento con mayor fundamento. En este contexto, la hipoglucemia en su detección, manejo temprano y prevención, juegan un rol fundamental; el MCG se ha consolidado como un método útil para estos fines^{5,6}.

Hoy resulta impensable la utilización de un sistema de infusión continua de insulina por bomba sin la incorporación del MCG. Es por ello que se deben precisar algunos conceptos elementales de esta instrumentación dentro de esta guía práctica^{1,2}:

- Variabilidad glucémica (VG): su estimación ha sido tema de amplio debate, sin embargo, la postura mayoritaria es tomar al coeficiente de variación como estándar de medición ($[\text{desviación estándar/promedio}] \times 100$) y se estima como valor meta $< 36\%$ ^{7,8}.
- Tiempo en rango: espacio temporal que se encuentra dentro de los límites de 70-180 mg/dl (de acuerdo con la *American Diabetes Association* [ADA]), se estima como objetivo al menos un 70% en esa franja^{6,9}.
- Episodio individual de hiperglucemia (> 180 mg/dl; > 250 mg/dl) o hipoglucemia (< 70 mg/dl; < 54 mg/dl) a aquellos eventos que rebasen los 20 min por excursión⁹.
- Suficiencia de datos: para asumir que una evaluación es completa, se deben completar al menos el 70% de las mediciones.
- Promedio: estima el concentrado de la media aritmética del periodo de monitoreo.

- La HbA_{1c} estimada se obtiene mediante el acumulado de glucemias y su promedio. Habrá que considerar que los cálculos basados en temporalidades cortas carecen de precisión.

Inmersos en una concepción más fisiológica de la diabetes, su manejo y control, el MCG y la estimación de la VG se tornan fundamentales para alcanzar el objetivo de recuperar la homeostasis metabólica.

Contamos en la actualidad con dos variantes instrumentales en la medición del MCG: la retrospectiva (profesional, ciego para el paciente) y la de tiempo real (personal)¹⁰.

Monitoreo continuo de glucosa

El monitoreo de glucosa en tiempo real puede ser observado de manera continua o intermitente.

El único monitor intermitente disponible es el Sistema FreeStyleLibre® de Abbot® (también conocido como *flash*) y tiene dos componentes:

- 3) Un sensor de glucosa que debe ser insertado en la región postero-proximal del antebrazo.
- 4) Un dispositivo lector con pantalla táctil.

Cuando el usuario aproxima el lector a menos de 4 cm del sensor, este transmite el nivel de glucosa con flechas de tendencia y una gráfica de las últimas 8 h. Cada sensor tiene una vida útil de hasta 14 días. Depende de que el usuario haga las mediciones (escaneos) con al menos 8 h de intervalo y no cuenta con alarmas para hipo o hiperglucemia. También existe una versión profesional (ciego para el paciente) que no precisa el escaneo y puede usarse para el análisis retrospectivo de la VG.

El MCG precisa un sensor subcutáneo, un transmisor y un receptor (microinfusora, guardián, teléfono celular o pantalla). Cuando el sensor se inserta en el tejido subcutáneo, reacciona con las moléculas de glucosa generando corrientes eléctricas que viajan por el sensor hacia el transmisor (adherido a la piel) y este a su vez envía la información cada 5 minutos a un receptor que convierte la información en valores numéricos que representan los niveles de glucosa, así como los cambios recientes en velocidad y

dirección de forma gráfica, mismos que se observan con flechas de tendencia, que indican si la glucosa está estable, aumentando o disminuyendo despacio (1-2 mg/dl/min) o rápidamente (> 2 mg/dl/min).

También pueden generar alarmas que permiten la toma de acciones inmediatas para prevenir hipoglucemia o para corregir hiperglucemia.

Existen dos fabricantes principales de MCG, Dexcom® y Medtronic®.

La generación más reciente de Dexcom® es el Dexcom G6®. Tiene una vida útil de 10 días, no precisa de calibración con mediciones de glucosa capilar y es compatible con varias microinfusoras de insulina y con una aplicación que permite compartir la información en tiempo real con otra persona mediante un celular. Actualmente no hay distribución de Dexcom® en México.

Medtronic® cuenta con dos sensores, el Enlite® y el Guardian®. El Enlite®, que está disponible en México, tiene una vida útil de 6 días y precisa al menos 2 mediciones de glucosa capilar durante el día para calibración, solo es compatible con el Guardian® (receptor sin función de microinfusora) y con las microinfusoras de Medtronic®.

Recientemente la FDA (*Food and Drug Administration*) ha aprobado un sensor subcutáneo implantable (Eversense® de Senseonics®) que dura 90 días, mientras que la Comunidad Europea ha aprobado la versión Eversense XL® que dura 180 días¹¹. Consiste en un sensor de glucosa por fluorescencia, subcutáneo (implantable), cilíndrico (3.5 x 18.3 mm), con un núcleo electrónico y óptico en una cápsula de polimetilmetacrilato; este polímero es fluorescente y se une en forma reversible a la glucosa. Los cambios en la intensidad de la fluorescencia son detectados por el sistema óptico del sensor. Este último incluye un led, dos fotodiodos y una antena que actúan como un mini espectrofluorómetro que envía la información de la intensidad de la fluorescencia al transmisor. El sensor tiene una banda de silicón impregnado con 1.75 mg de dexametasona para atenuar la respuesta inflamatoria local hacia el mismo, prolongando su utilidad.

El sensor mide la glucosa intersticial cada 5 minutos al ser activado por radiofrecuencia por un transmisor externo recargable y resistente al agua, que puede

adherirse y desprenderse de la piel, y que a su vez envía la información vía *bluetooth* a un celular mediante una aplicación. Al igual que el sensor percutáneo de Medtronic® requiere 2 mediciones de glucosa capilar al día para calibración. Puede generar alertas auditivas, visuales o en forma de vibración subcutánea en caso de hiperglucemia o hipoglucemia. Proporciona cifras de glucosa en tiempo real y retrospectivas y su eficacia no se atenúa durante la noche como sucede con los sensores percutáneos ni con algunas sustancias como acetaminofeno o ácido ascórbico¹².

Estas herramientas precisan de un adecuado entrenamiento del usuario y del personal de salud para un uso apropiado. Se ha reportado que algunas sustancias como acetaminofeno, ácido ascórbico, albuterol, lisinopril y etanol (vino tinto) podrían interferir con la precisión de los MCG^{13,14}.

Ni los sensores de glucosa ni las microinfusoras deben usarse durante los estudios de resonancia magnética, tomografía computarizada, rayos X, tratamientos diatérmicos ni en campos electromagnéticos, ya que pueden alterar su funcionamiento.

La información de los diferentes sistemas de MCG se puede descargar, obteniendo un reporte. Este reporte de preferencia debe de incluir el Perfil Ambulatorio de Glucosa (AGP, *ambulatory glucose profile*). El AGP debe incluir una gráfica con la frecuencia de la distribución de las glucosas a lo largo del día, el promedio de glucosa, el porcentaje del tiempo en los rangos de glucosa descritos en la sección anterior (< 54, < 70, 70-180, > 180, < 250), la desviación estándar, el coeficiente de variabilidad, la HbA1c estimada y la suficiencia de datos. El AGP es reportado cuando se hace la descarga del Dexcom® y del Freestyle® libre.

Las indicaciones para uso de MCG en usuarios de insulina son²:

- Automonitoreo capilar frecuente en terapia intensiva de diabetes.
- Hipoglucemia inadvertida, frecuente o severa.
- Alta VG (CV > 36%).
- Aquellos que requieren reducción en HbA1c sin aumento de hipoglucemia.

- Cambio en la terapia.
- Deportistas de alto rendimiento.
- Profesiones de alto riesgo que requieren evitar hipoglucemia.
- Embarazo.

BASES DE LA TERAPIA INTEGRADA

La FDA ha aprobado al menos 5 diferentes microinfusoras de insulina, cuyas características permiten mejorar la precisión y seguridad de las dosis administradas, así como la conveniencia de las diferentes utilidades o aplicaciones. Estos dispositivos permiten diferentes tasas de infusión de insulina según las necesidades de cada paciente, así como patrones temporales durante los días de enfermedad, el periodo menstrual o durante las sesiones de ejercicio intenso.

Los bolos de insulina pueden ajustarse con base en distintas sensibilidades de insulina, por la mañana, tarde y noche, y pueden ser liberados en forma rápida, lenta o bifásica.

Todas las aplicaciones de estos dispositivos difícilmente pueden ser aprovechados al máximo sin un sistema de monitoreo de glucosa fiable, cómodo y accesible.

Sistemas integrados

El MCG puede optimizar la terapia con microinfusora de insulina dependiendo del modelo mediante:

- El sistema MiniMed® Paradigm® incluye un sensor continuo de glucosa Enlite® con un transmisor MiniLink® que monitorea los niveles de glucosa y transmite los resultados de forma inalámbrica a la infusora. Integra el monitoreo en tiempo real con la toma de decisiones del usuario en la administración de bolos preprandiales o de corrección, así como en la programación de diferentes infusiones basales. Lo que la diferencia de modelos anteriores es que tiene alertas de hipo o hiperglucemia.

- El sistema MiniMed® Paradigm Veo®. Además del sistema de alertas de la Paradigm®, su principal ventaja es que ofrece protección automática en caso de hipoglucemia grave al suspender por 2 h la infusión de insulina (Sensor Augmented Pump®, SAP).

- La versión MiniMed 640G® con SmartGuard®. Esta utiliza el sensor Enlite® con el transmisor Guardian Link®. Suspende en forma automática la infusión de insulina cuando predice que, en los siguientes 30 minutos, la glucosa va a estar 20 mg/dl por arriba del límite bajo preconfigurado, sin necesidad de intervención del paciente. La infusión de insulina se reestablece al normalizarse la glucosa. La función de suspensión previo a hipoglucemia es opcional para el usuario, es decir, puede activarse o desactivarse.

- La microinfusora MiniMed 670G® se considera el primer sistema híbrido de infusión de insulina con tecnología SmartGuard® que imita la función de las células beta mediante la liberación de insulina automatizada.

1. El sensor Guardian® de glucosa se comunica con la microinfusora permitiéndole ajustar cada 5 minutos y en forma automática, la tasa de liberación de insulina basal mediante un algoritmo basado en la información del MCG.
2. La liberación de insulina automatizada es una función opcional de la microinfusora. Puede elegirse el sistema automático o el sistema manual.
3. Tanto en el sistema automático como en el manual, el usuario debe seguir dando a la microinfusora instrucciones para la administración de insulina prandial.

Este modelo no se encuentra aún disponible en México.

El MCG no substituye al AMGC, ya que requiere la medición de glucosa capilar 2 veces al día para calibración (excepto para Dexcom G6®)

La integración de MCG con la ICSI ha mostrado disminuir los episodios de hipoglucemia y optimizar los niveles de HbA1c en comparación con AMGC e ICSI^{2,15-21}.

En investigación

Existen muchos proyectos en investigación con diferentes algoritmos, uno de los más relevantes por su originalidad es el del páncreas biónico. Este es un proyecto de un grupo de colaboradores de la Universidad de Boston y el Massachusetts General Hospital, comandados por Edward Damiano, en el grupo de Ingeniería biomédica, y Steven Russell por parte del equipo clínico²²⁻²⁶.

Lo que diferencia este proyecto de muchos otros es que su páncreas artificial maneja microdosis de insulina y glucagón (bihormonal).

Han llevado a cabo estudios en humanos desde el 2013 hasta la fecha. En dichos estudios este dispositivo ha demostrado ser superior en alcanzar control glucémico incluso sin la necesidad de conteo de carbohidratos y con ejercicio.

Actualmente se encuentran corriendo estudios para buscar la aprobación de iLet (nombre que ahora recibe dicho dispositivo) por parte de la FDA.

Open APS

Open APS (*Artificial Pancreas System*) en tecnología en diabetes trata de un intento colectivo llevado a cabo por personas con DT1 y sus familiares que tienen como meta crear un sistema de páncreas artificial seguro que esté al alcance de las personas que lo necesitan, lo más pronto posible y de manera accesible, paralelo a los esfuerzos de la industria farmacéutica.

Este movimiento tiene varios frentes, uno de los grupos más fuertes es la comunidad Nighthscout que con su lema *We Are Not Waiting* ha dedicado su trabajo para insertar los datos de las microinfusoras de insulina y el MCG a sus teléfonos celulares con el objetivo inicial de vigilar a sus familiares con diabetes a distancia.

Al poder tener los datos del MCG de manera remota, se han creado varios algoritmos de manera colectiva a través de internet para comandar a las microinfusoras de insulina de generaciones pasadas para que dichas infusoras administren insulina de manera automática remedando las funciones de un páncreas.

Existen algoritmos que basan su trabajo en el flujo basal y otros que trabajan en base a microbolos.

Este esfuerzo cada vez genera más inquietud y es tomado más en serio, actualmente en el mundo existen más de 3,000 personas con DT1 usando dichos dispositivos caseros, asumiendo la responsabilidad como usuarios y, la industria farmacéutica empieza a abrir algunos dispositivos para que puedan ser utilizados con este fin. En un futuro deberán llevarse a cabo esfuerzos por parte de los médicos para dar soporte científico a dichos algoritmos y que puedan ser fuente segura de tratamiento. Sería ideal que los diversos dispositivos para medir glucosa intersticial y las microinfusoras pudieran interconectarse entre sí, independientemente de la marca, permitiendo al paciente decidir entre sus mejores opciones y personalizar la tecnología que se acople más a sus necesidades²⁷. Gracias a la labor de abogacía de los pacientes y la comunidad científica que se dedica a la tecnología en diabetes, esto ya está empezando a ocurrir²⁸.

SELECCIÓN DE CANDIDATOS. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TERAPIA CON MICROINFUSORA DE INSULINA

Candidatos

- Pacientes con DT1 o DT2 en terapia intensificada con insulina.
- Mujeres con diabetes que planean embarazarse o están embarazadas.
- La edad del paciente o la duración de la diabetes no son un factor determinante para hacer la transición a esta terapia^{15,29}.

Requisitos

- Que el paciente y/o sus padres o cuidadores denoten responsabilidad y estabilidad psicológica, así como comprensión de los principios del cuidado de la diabetes.
- Motivados a mantener un control óptimo de los niveles de glucosa en sangre.

- Capaces y dispuestos a aplicar las acciones de autocuidado necesarias para llevar este tipo de terapia con seguridad, así como mantener contacto frecuente con un equipo de salud entrenado en el manejo de terapia con ICSI.
- Capaces y dispuestos a monitorear su glucosa en sangre al menos 4 veces al día^{15,29,30}.

Ventajas

- La microdosificación (de hasta 0.025 U en algunos casos) permite ajustar con mayor precisión los requerimientos del paciente, reduciendo así el riesgo de hipoglucemia.
- El suministro de insulina puede aumentarse, reducirse o suspenderse temporalmente en cualquier momento, lo que facilita el manejo en días de enfermedad o durante el ejercicio.
- Reducción significativa de inyecciones, de 4 o más por día a tan solo un cambio de *set* cada 3 o 4 días.
- Distintas formas de suministrar un BA, que se describirán más adelante.

Desventajas

- Retos psicosociales, ya que el usuario debe usar un dispositivo visible conectado a su cuerpo día y noche.
- La mayoría de los modelos en el mercado requieren ser desconectados por periodos no mayores a 1 hora para tomar un baño, nadar o practicar algunos deportes de alto impacto.
- El riesgo de caer en cetoacidosis es mayor si la infusión de insulina se interrumpe por más de 2 h, por ejemplo, al olvidar reconectarse después del baño, por infección en el sitio de inserción de la cánula, cánulas dobladas, burbujas de aire en el reservorio o catéter, etc. Esta es la razón principal por la que los pacientes en terapia con microinfusora deben verificar su glucosa en sangre con frecuencia, al menos 4 veces al día. Si la glucosa está por arriba de 250 mg/dl y a pesar de corregirse, continúa por arriba de 250 mg/dl 2 a 3 h después

de la corrección, es imperativo que la persona tome acciones:

- Medir presencia de cetonas, y si son positivas llamar a su médico.
- Corregir la hiperglucemia con inyección.
- Cambiar el *set* de infusión completo, incluyendo el reservorio con insulina de un vial nuevo.
- Vigilar que la glucosa regrese a la meta y se mantenga durante las siguientes 3-4 h.

Todos los usuarios de microinfusora deben tener a la mano en todo momento un *set* de cambio de cánula y reservorio, insulina y jeringas o una pluma para utilizar en caso necesario.

CONCEPTOS BÁSICOS EN LA TERAPIA CON MICROINFUSORA

Además de los principios básicos de la regulación de glucosa, tiempos de acción de las insulinas, qué hacer en caso de hipo o hiperglucemia, etc., los pacientes, sus padres o cuidadores primarios, necesitan comprender los siguientes conceptos básicos sobre la terapia con microinfusora de insulina:

- Dosis basal. Total de la dosis basal diaria (DBD) preconfigurada en la microinfusora. La dosis se indica como índice basal por hora, y el aparato la distribuye y suministra cada 15 minutos en forma de pequeños bolos. Por ejemplo, si la dosis basal por hora configurada es de 1.0 U/h el aparato suministrará un microbolo de 0.25 U cada 15 minutos. Las microinfusoras permiten configurar distintos índices basales, que pueden cambiar cada 30 o 60 min si se requiere.
- Patrones basales. Las microinfusoras permiten configurar distintas distribuciones de la dosis basal o patrones basales, esto resulta útil cuando se identifica que el paciente tiene distintos requerimientos entre semana o en fines de semana, los días que hace ejercicio o sin ejercicio, días de enfermedad, durante la menstruación, etc.
- Basal temporal. Permite aumentar o reducir el índice basal por un periodo de tiempo determinado,

desde 30 min hasta 24 h. Es útil en diversas circunstancias como ejercicio, periodos transitorios de estrés, días de enfermedad, etc.

- Suspensión. Interrupción del suministro de insulina, ya sea que el usuario lo indique o que la microinfusora (algunos modelos) lo haga por alguna función de seguridad o de prevención de hipoglucemia.
- Calculadora de bolos. Es una función de las microinfusoras que calcula la dosis de insulina a aplicar en caso de hiperglucemia y/o ingesta de carbohidratos con base en los siguientes datos preconfigurados:
 - Relación insulina:carbohidrato (ratio): cuántos gramos de carbohidratos cubre una unidad de insulina. Se pueden configurar distintas relaciones para distintos horarios.
 - Sensibilidad o factor de corrección: cuántos mg/dl de glucosa en sangre baja una unidad de insulina. Se pueden configurar distintos factores para diferentes horarios.
 - Insulina activa (IA): duración del efecto de la insulina.
 - Objetivos de glucosa: metas de glucosa que la calculadora de bolo utiliza para estimar las dosis. Se pueden configurar distintos objetivos en diferentes horarios, por ejemplo, una meta para el día y otra para la noche.
 - Tipos de bolos:
 - Bolo normal: dosis de insulina que se suministra en el momento para corregir una hiperglucemia y/o para ingerir carbohidratos.
 - Bolo dual: dosis de insulina que se reparte en dos dosis en las proporciones que el paciente defina: (p. ej., 50-50%, 20-80%, etc.) y que se suministra: la primera parte en el momento y la segunda parte distribuida equitativamente a lo largo de un tiempo definido también por el usuario: 30 min-1 h, 2 h, etc. Útil al consumir alimentos ricos en HC y grasa o en pacientes con gastroparesia.
 - Bolo cuadrado o extendido: dosis de insulina que se suministra distribuida a lo largo de un periodo determinado de tiempo definido por el usuario (30 min, 1 h, 2 h, etc.).

PROTOCOLO PARA EL INICIO DE LA TERAPIA

Cuando ya se ha decidido que un paciente es candidato para la microinfusora, se recomienda seguir los pasos de la figura 1. Idealmente, el paciente debe: 1) estar ya en terapia basal bolo con MID y 2) haber pasado de terapia basal bolo fija a flexible con conteo de carbohidratos. El aprender a contar carbohidratos puede requerir de al menos 2 a 3 sesiones de 60 minutos cada una y una práctica constante.

El paciente debe estar familiarizado con las bases de la microinfusora, y entender si es o no para él; ya que va a requerir estar conectado a un dispositivo continuamente, y debe estar dispuesto a monitorear su glucosa al menos 4 veces al día. Podría hacer una prueba con una microinfusora con solución salina, para entender de qué se trata la terapia.

Habitualmente la prescripción de la microinfusora la realiza el endocrinólogo tratante, con una capacitación previa por el equipo de apoyo de la compañía de la microinfusora y la conexión se realiza en el consultorio, con el equipo médico y el equipo técnico de la compañía.

Posteriormente, y habitualmente con apoyo del equipo técnico de la compañía, se hace el primer cambio de *set* de infusión a las 72 h, y la primera descarga de la información a la semana. Después, cada 1 a 2 semanas es importante descargar la información de la microinfusora y hacer registros de glucosa para hacer ajustes. El seguimiento por el equipo médico se puede realizar inicialmente una vez al mes y posteriormente cada 3 meses.

CÁLCULO DE LAS DOSIS DE INICIO Y ORDEN MÉDICA DE CONFIGURACIÓN DE MICROINFUSORA

Dosis total

La dosis total inicial se puede calcular de tres maneras:

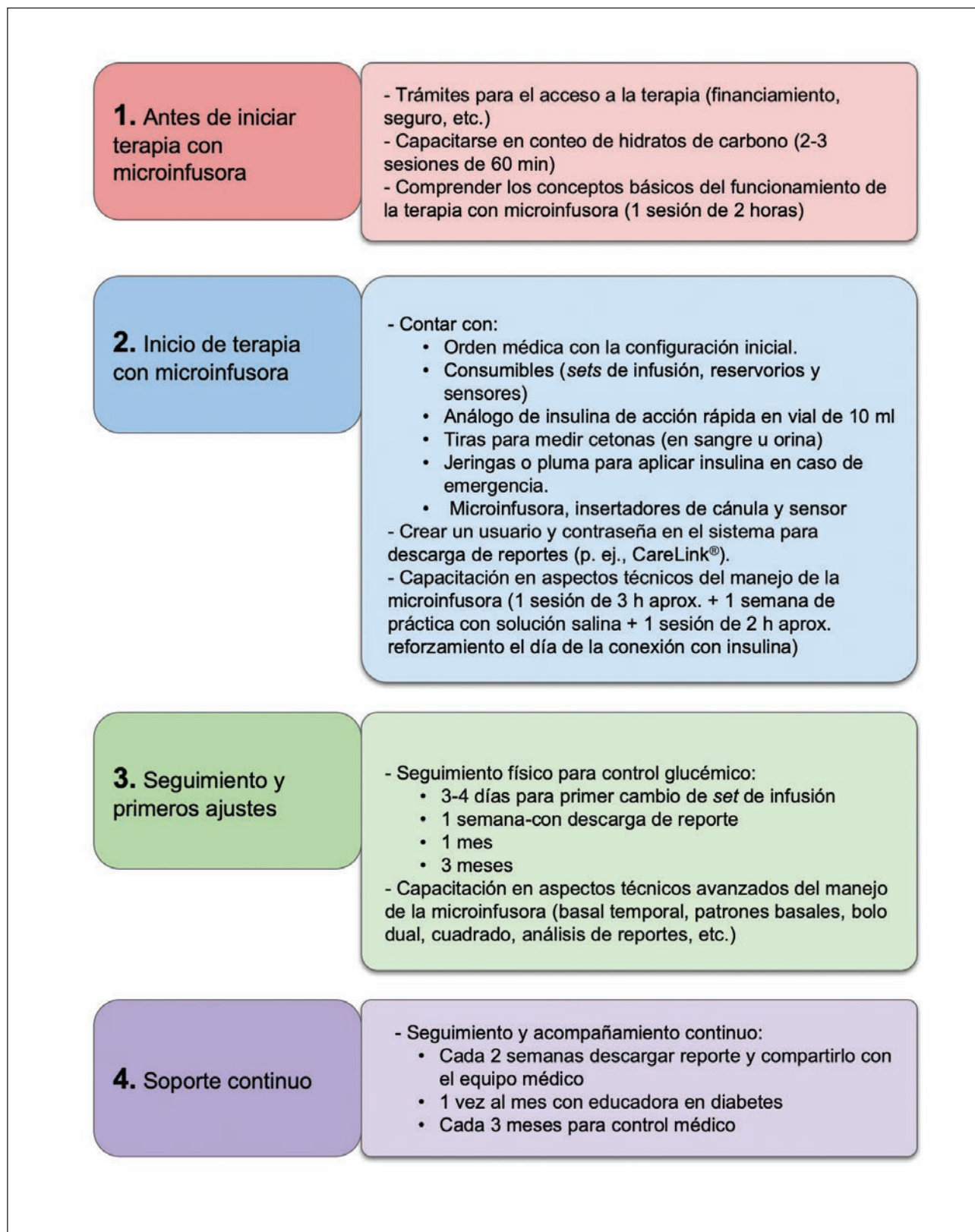


Figura 1. Protocolo para la preparación de la terapia: inicio, ajuste y soporte continuo.

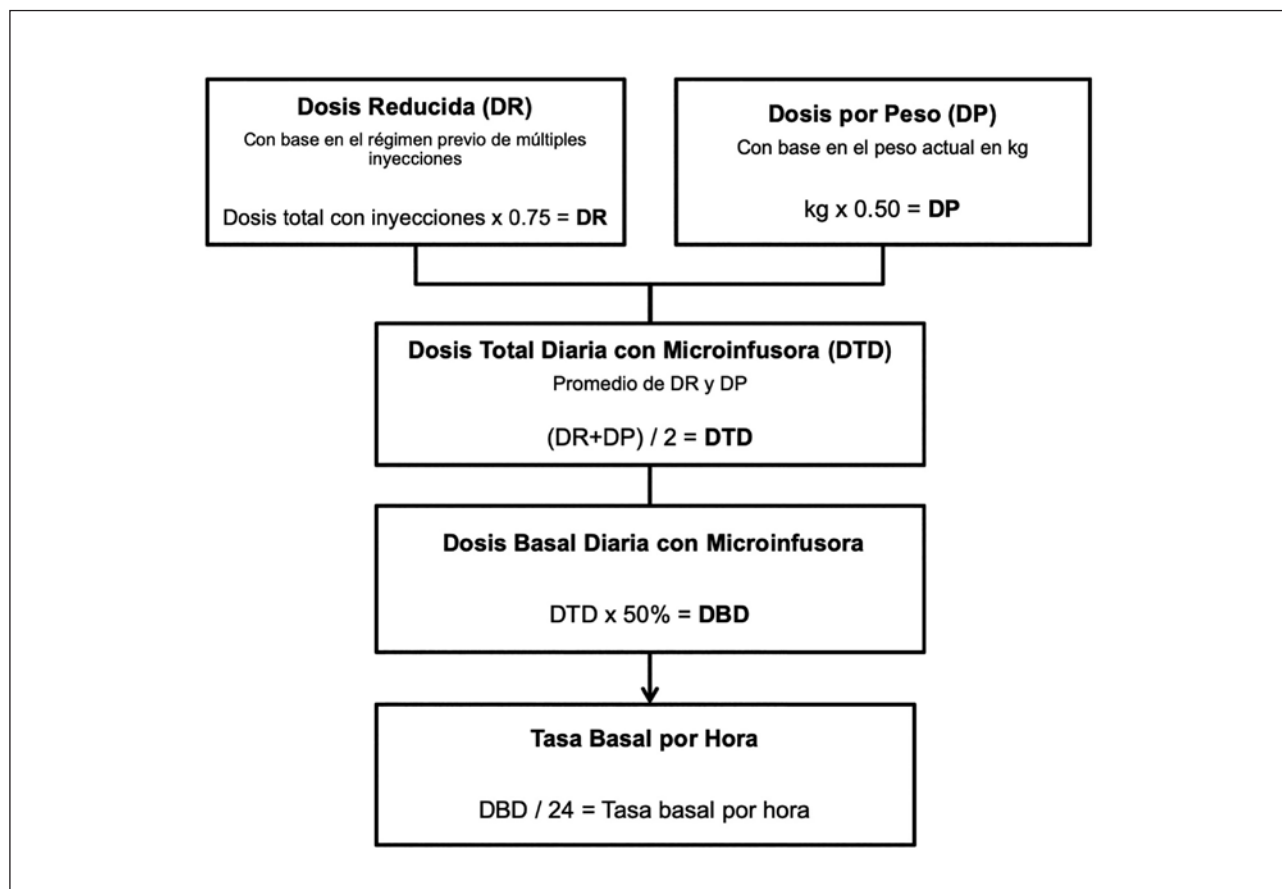


Figura 2. Cálculo de dosis basal de inicio con microinfusora de insulina (adaptada de Bode, et al., 2007³⁰).

- Calculando la dosis ponderal, habitualmente 0.5 U/kg/día, aunque puede variar según el estado fisiológico del paciente o la edad (los niños o las personas en luna de miel podrían llegar a requerir 0.2 a 0.3 U/kg/día y los adolescentes hasta 1.5 U/kg/día).
- Reduciendo su dosis total más reciente, en régimen de múltiples inyecciones, en un 25% si se encuentra en metas de control (HbA1c en meta).
- Haciendo un promedio de las dos opciones anteriores.

Dosis basal

- La dosis basal suele ser el 50% de la dosis total, la cual se divide en 24 h. La dosis basal en la microinfusora se configura en unidades por hora (U/h).

Algunos modelos tienen la posibilidad de configurar distintas tasas basales cada 30 minutos (Fig. 2).

- Cuando se inicia la dosis basal, se puede empezar con una tasa basal constante por las 24 h, por ejemplo, 0.5 U/h todas las horas, o con diferentes tasas basales en diferentes lapsos de tiempo, dependiendo si se sabe que el paciente presenta el fenómeno del amanecer (tasa basal más alta) o hipoglucemia en la madrugada (tasa basal más baja).
- Las microinfusoras de insulina tienen la posibilidad de configurar diferentes patrones basales, por ejemplo, uno más alto para días de enfermedad y uno más bajo para días de ejercicio.
- Otra función de las microinfusoras es el poder poner tasas basales temporales, con duraciones desde 30 min hasta 24 h. Las basales temporales se pueden programar en unidades de insulina o

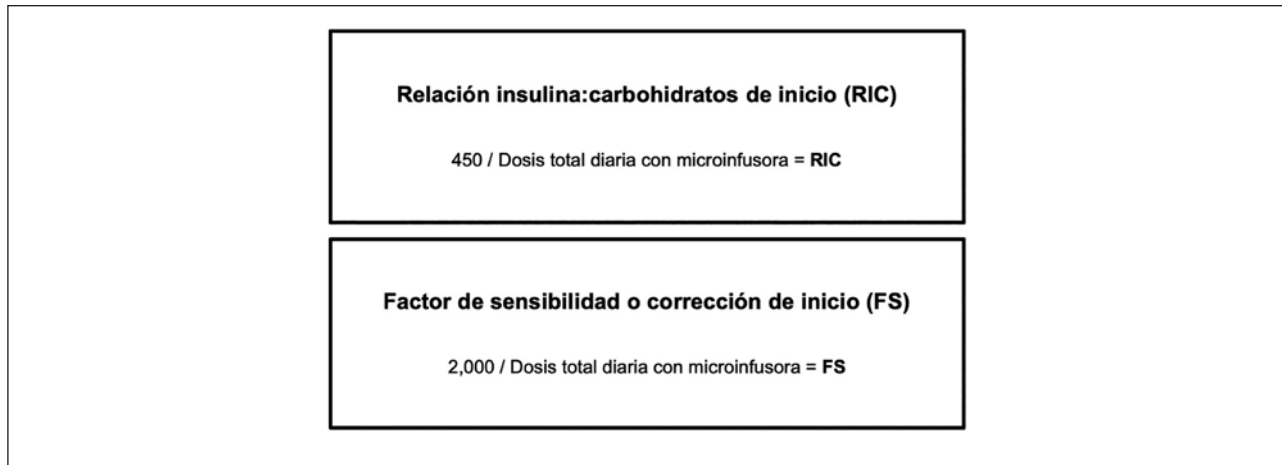


Figura 3. Cálculo de relación insulina:carbohidrato y de factor de sensibilidad.

en porcentaje. Por ejemplo, para actividad física no planeada, se puede poner una reducción temporal de «X%» por 3 h. Los autores recomiendan programar esta función en porcentajes.

Relación insulina:carbohidratos

Se calcula dividiendo la constante 450 entre la dosis total diaria (DTD) con microinfusora (Fig. 3).

Si un paciente que está en terapia basal bolo con MID, tiene una RIC establecida, que le da buen control de glucemia posprandial, se puede usar esa RIC.

Factor de sensibilidad o de corrección

Se calcula dividiendo la constante 2,000 entre la DTD con microinfusora (Fig. 3).

Si un paciente que está en terapia basal bolo con MID y tiene un FS establecido, que le funciona, se puede utilizar ese FS.

Objetivos de glucosa

El objetivo de glucosa se estima dependiendo de las características del paciente, y se pueden programar diferentes horarios. Las microinfusoras de Medtronic® Veo® y 640G® están configuradas para un objetivo de glucosa meta de 90 a 140 mg/dl. En un paciente con

historia de hipoglucemia severa y/o hipoglucemia inadvertida se puede establecer un objetivo de glucosa bajo, de 100 mg/dl, y un objetivo de glucosa alto, de 140 mg/dl (rango: 100-140 mg/dl), durante el día, y un rango objetivo de 100-180 mg/dl durante la noche. En un paciente con menor riesgo de hipoglucemia, el rango objetivo puede ser 80-100 mg/dl durante el día y 100-110 mg/dl durante la noche. En una mujer embarazada, el rango objetivo puede ser 80-90 mg/dl durante el día y 90-90 mg/dl durante la noche.

Estas decisiones deberán ser tomadas individualmente según las características del paciente. Se puede iniciar con un rango más amplio e irlo estrechando, según se conoce al paciente.

Insulina activa

La duración de la acción del análogo de insulina de acción rápida varía en cada individuo. Habitualmente se programa de 3 a 5 h. En pacientes con enfermedad renal o con uso de insulina regular, se puede programar hasta de 8 h.

Metas de suspensión por hipoglucemia (Modelo de microinfusora Veo®)

La microinfusora Paradigma Veo® de Medtronic® se suspende por dos horas al llegar al límite bajo,

si el usuario no toma ninguna acción. El límite bajo se suele establecer en 70 mg/dl, tanto para poblaciones adultas como pediátricas. Aunque según las características clínicas del paciente podría establecerse en 60 mg/dl (p. ej., mujer embarazada) o en 80 mg/dl (p. ej., historia de hipoglucemia severa, hipoglucemia inadvertida o paciente pediátrico).

Metas de suspensión antes de hipoglucemia (Modelo de microinfusora 640G®)

La microinfusora 640G® de Medtronic® tiene un algoritmo llamado SmartGuard® que cuando predice, por medio del sensor Enlite® y el transmisor Guardian Link®, que en 30 min la glucosa va a estar 20 mg/dl por arriba del límite bajo, se suspende. La microinfusora se suspende por mínimo 30 min y hasta 2 h, y lo hace cuando está 20 mg/dl arriba del límite bajo y con tendencia ascendente. Esto para prevenir una hipoglucemia. El límite bajo se puede configurar en 70 mg/dl, pero los autores recomiendan usar 60 mg/dl generalmente, y en mujeres embarazadas, 50 mg/dl o no usar esta función. El usuario debe permitir que el algoritmo haga su trabajo. Si tiene una hipoglucemia y decide comer, debe de reiniciar la microinfusora.

En la figura 4 se ve un ejemplo de cómo calcular la dosis basal de inicio para una paciente femenina de 30 años con diagnóstico de DT1 que pesa 60 kg. En la figura 5 se ve el cálculo de la RIC y el factor de corrección. En la figura 6 se muestra un ejemplo de la prescripción de la dosis de la microinfusora y cómo se debe de prescribir la suspensión antes de baja.

SEGUIMIENTO Y AJUSTES

Aun cuando un paciente utiliza una microinfusora de insulina con o sin MCG y se pueden obtener reportes, es recomendable que el paciente haga su propio registro manual, con fines educativos y de empoderamiento. Cuando una persona hace

un registro manual, es más consciente de sus propias decisiones, y promueve compromiso con la terapia. Esto es muy útil durante las fases de ajuste. La figura 7 muestra un ejemplo de hoja de registro de glucosa para usuarios de microinfusora. La figura 8 muestra los detalles del llenado de esta.

Ajuste fino de la dosis basal

Usar solo una dosis basal no suele ser suficiente para lograr el control glucémico que una persona que usa la microinfusora está buscando. Una vez que las dosis iniciales son configuradas, el equipo de salud debe ayudar al paciente a hacer el ajuste fino de la dosis basal. Existen algunas guías para seguir durante el periodo de evaluación (Tabla 1)³¹:

- El primer periodo de tiempo a evaluar debe ser la basal nocturna.
- Es preferible observar si existe un patrón a lo largo de 2 a 3 días, para decidir hacer un ajuste. Si la glucosa baja durante una evaluación se puede considerar hacer un cambio en la tasa basal, sin confirmar un patrón.
- La GS debe estar entre 100-150 mg/dl antes de empezar la evaluación.
- Se debe evitar hacer ejercicio, comer comidas ricas en grasa y tomar alcohol antes de un chequeo basal. No se debe planear una evaluación si el paciente está enfermo, está bajo mucho estrés inusual o tuvo una hipoglucemia severa ese día.
- La última comida previa a la evaluación debe ser fácil de contar y baja en grasas.
- Se debe de suspender la evaluación si hay hiper o hipoglucemia, y estas se deben de tratar.
- La evaluación basal debe empezar 3 a 5 h después del último bolo.
- Se debe de medir la glucosa cada 1-2 h. Para el chequeo basal nocturno, la glucosa debe ser medida cada 3 h (antes de irse a dormir, a las 0:00 h, a las 3:00 h y al despertar).

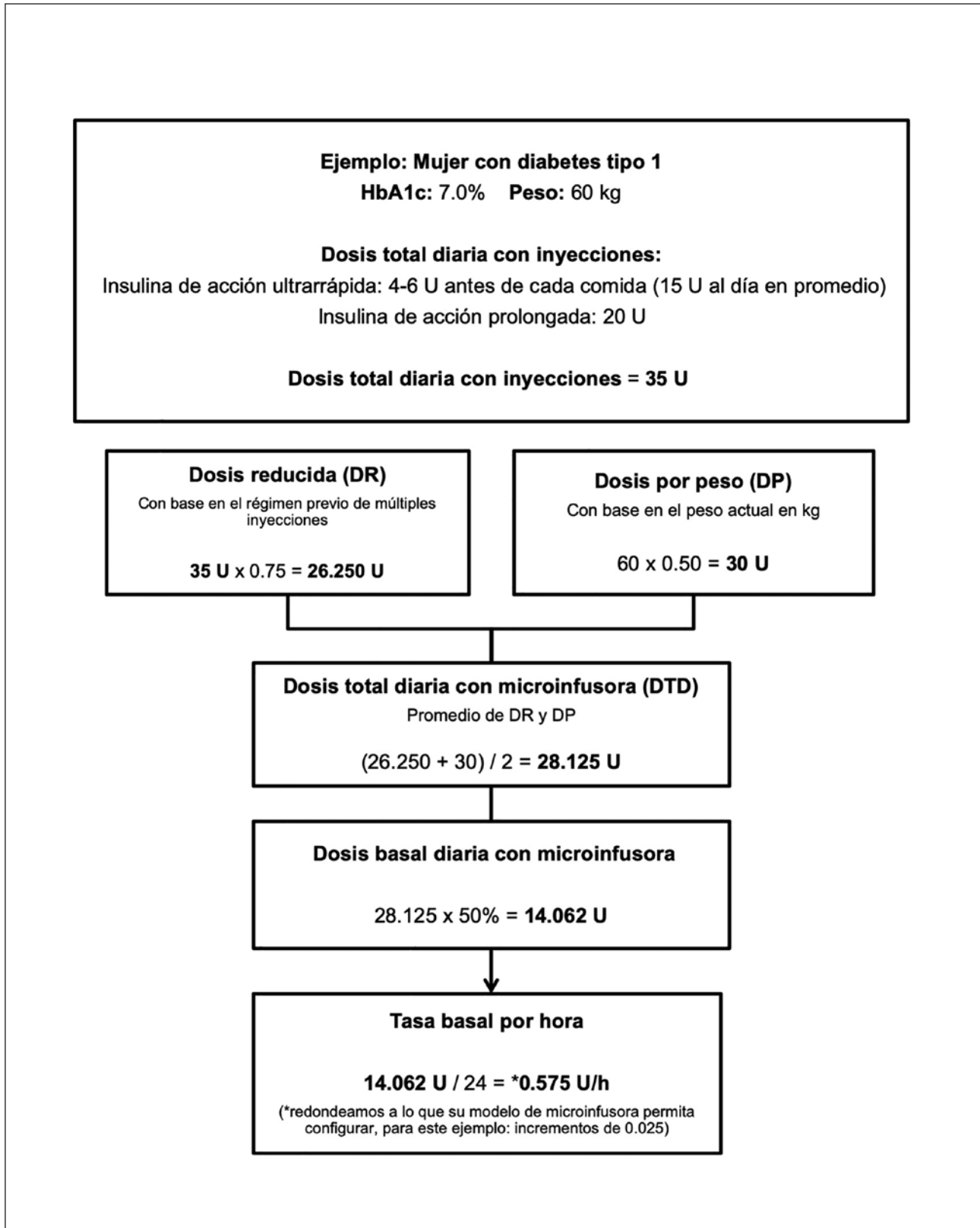


Figura 4. Ejemplo de cálculo de dosis basal de inicio para microinfusora.

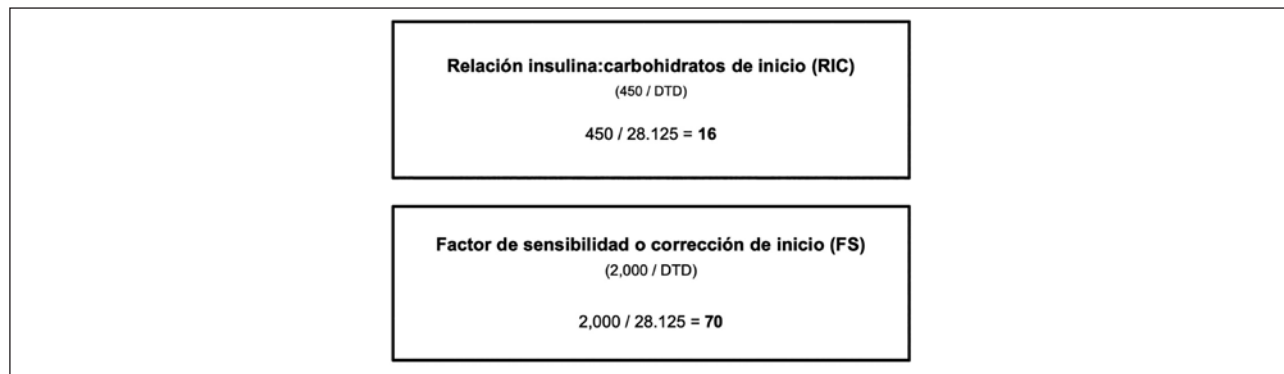


Figura 5. Ejemplo de cálculo de relación insulina:carbohidrato y factor de sensibilidad de inicio.

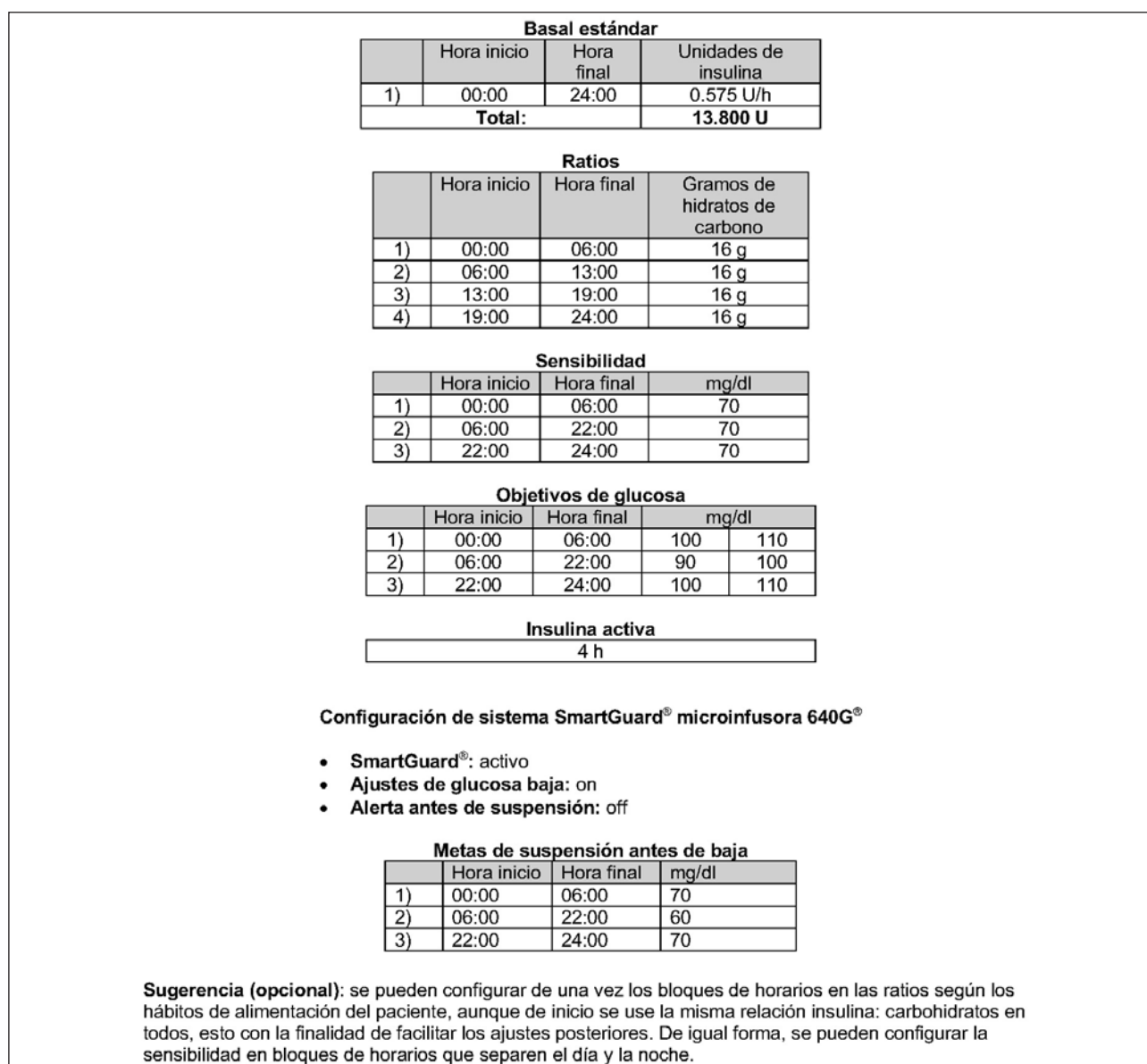


Figura 6. Ejemplo de orden médica para configuración de microinfusora de insulina.

| Hora | DIA 1 LUNES | | | | DIA 2 MARTES | | | | DIA 3 MIÉRCOLES | | | | DIA 4 JUEVES | | | | DIA 5 VIERNES | | | | DIA 6 SÁBADO | | | | DIA 7 DOMINGO | | | | | | |
|-------|-------------|----|----|----|--------------|-------|-------|----|-----------------|----|----|-------|--------------|----|----|----|---------------|-------|-------|----|--------------|----|----|-------|---------------|----|----|----|----|-------|--|
| | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | BG | CB | FB | CH | NOTES | Basal | BG | CB | FB | CH | NOTES | |
| 0:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 7. Ejemplo de hoja de registros de glucosía (Faradi y Sainz, no publicado). GS: glucosía en sangre (mg/dl); BC: bolo de corrección (unidades de insulina); BA: bolo de alimentación (unidades de insulina); HC: hidratos de carbono (gramos). En Notas se apuntan detalles de los alimentos, ejercicio, cambio de cánula, etc.

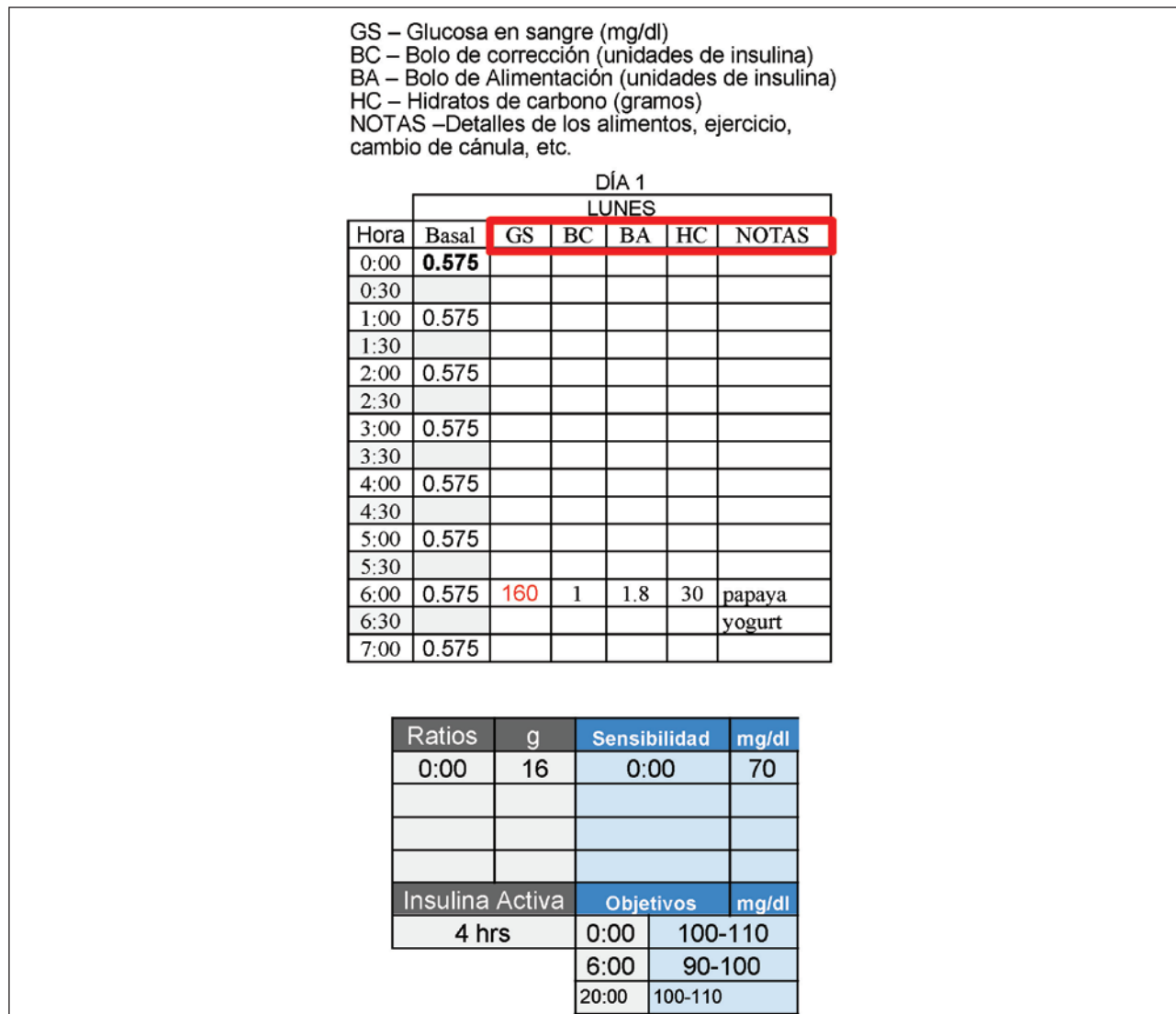


Figura 8. Detalle y ejemplo de registros de glucosa (Faradji y Sainz, no publicados). GS: glucosa en sangre (mg/dl); BC: bolo de corrección (unidades de insulina); BA: bolo de alimentación (unidades de insulina); HC: hidratos de carbono (gramos). En Notas se apuntan detalles de los alimentos, ejercicio, cambio de cánula, etc.

Ajuste fino de la relación insulina:carbohidrato

Una vez que se ha ajustado la dosis basal, uno puede evaluar y ajustar la RIC y los FS. Existen ciertas recomendaciones:

- La evaluación de la RIC se debe hacer cuando la glucosa previa a la comida está en meta. Si el usuario debe de usar un BC antes de la comida, no será un buen momento para evaluar la RIC.

- La persona debe elegir una comida baja en grasas, moderada en carbohidratos (30-45 g), y de preferencia fácil de contar.
- La persona debe de estimar los carbohidratos, y ponerse el bolo de acuerdo a lo que la microinfusora marca según la configuración, y comer.
- Después, el usuario debe de medir su glucosa cada 1-2 h por las próximas 4 h después de la comida.
- Cuatro horas después de la comida, la GS debería de estar en rango, si la RIC es correcta.

Tabla 1. Evaluación de los patrones basales

| Periodo de tiempo/guías | Chequeo de glucosa | Evaluación |
|--|---|--|
| Nocturna: Cene temprano: fácil de contar, bajo en grasa, no coma después | – 3 h después del bolo de la cena – 0:00 h – 3:00 h Al despertar | Si la tasa basal es correcta, la GS no debe de aumentar o disminuir más de 30-40 mg/dl durante el periodo de evaluación Si la GS aumenta, se debe aumentar la tasa basal para este periodo de tiempo Si la GS disminuye, la tasa basal se debe de disminuir en ese periodo de tiempo |
| Hora del desayuno: Chequee la glucosa al despertar Si la GS está entre 100-150 mg/dl aprox. empiece la evaluación No desayune No coma hasta las 12:00 h | Cada 1-2 h hasta las 12:00/hora del <i>lunch</i> | |
| Hora de la comida: Desayune a la hora habitual Coma algo fácil de contar, bajo en grasas. No tome colación de la mañana ni comida Coma hasta la cena | – 3 h después del bolo del desayuno – Cada 1-2 h hasta la cena | |
| Hora de la cena: Coma la comida a la hora habitual Coma algo fácil de contar, bajo en grasa No tome la cena Coma hasta la hora de dormir, una cena tardía o una colación nocturna | – 3 h después del bolo de la comida – Cada 1-2 h hasta la hora de dormir | |
| <ul style="list-style-type: none"> – Considere que los horarios de comida pueden variar en los diferentes pacientes. Tal vez tenga que hacer algún ajuste a estas guías – La evaluación de cada periodo de tiempo debe ser realizada en diferentes días – Recuerde que la insulina basal administrada tiene su efecto máximo 2 a 3 h después. Si la glucosa se eleva a las 3:00 h, la dosis basal se debe aumentar desde las 0:00 h | | |

GS: glucosa sanguínea.

Adaptada de Wolpert, 2002³¹.

- Es recomendable reevaluar en diferentes días y en diferentes horarios.
- Considere que la RIC puede ser diferente, en los diferentes horarios del día³¹.

AJUSTE FINO DEL FACTOR DE SENSIBILIDAD

La evaluación del FS ocurre naturalmente, cuando uno observa en una hoja de registros de glucosa un BC aislado, sin alimento, ejercicio, o cualquier otro factor que lo pudiera afectar. Uno puede calcular manualmente cuantos mg/dl de glucosa le bajó una unidad de insulina.

Un usuario de microinfusora debería de identificar la oportunidad de evaluar su FS, cuando se debe de corregir, y han pasado al menos 3 h del último BA. La persona debe de ponerse su BC y medir su glucosa a las 2 h, y otra vez a las 3 a 4 h, sin comer durante ese periodo de tiempo.

Recuerde que el FS puede ser diferente en los diferentes periodos del día. Usualmente, un paciente va a tener un FS diferente para el día y otro para la noche.

Ajuste basal

Como se puede apreciar en la figura 9 en el día 2 y día 3, la GS sube entre las 22:00 y 0:00 h y las 0:00 h y las 3:00 h.

| Hora | DÍA 1 LUNES | | | | DÍA 2 MARTES | | | | DÍA 3 MIÉRCOLES | | | | DÍA 4 JUEVES | | | | DÍA 5 VIERNES | | | | | | | | |
|-------|-------------|-----|-----|-----|--------------|---------------|-------|-----|-----------------|----|------------------------------------|-------|--------------|-----|-----|-----|----------------------|------------------------------|-------|-----|----|----|----|-------|--|
| | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | Basal | GS | BC | BA | HC | NOTAS | |
| 0:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | 130 | | | | | 0.625 | 130 | | | | | 0.625 | 120 | | | | | |
| 0:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.625 | | | | | | 0.625 | | | | | | |
| 1:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.625 | | | | | | 0.625 | | | | | | |
| 1:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.625 | | | | | | 0.625 | | | | | | |
| 2:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 2:30 | | | | | | | 0.575 | 190 | 1.3 | | | | 0.575 | 140 | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 3:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 3:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 4:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 4:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 5:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 5:30 | | | | | | | 0.575 | 110 | 1.8 | 30 | papaya yogurt | | 0.575 | 120 | 0.5 | 2.1 | 30 | papaya yogurt | 0.575 | 100 | | | | | |
| 6:00 | 0.575 | 160 | 1 | 1.8 | 30 | papaya yogurt | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | 0.575 | | | | | | | |
| 6:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 7:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 7:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 8:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 8:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 9:00 | 0.575 | 240 | 2.3 | | | | 0.575 | 190 | | | | | 0.575 | 200 | 0.1 | | | | 0.525 | 160 | | | | | |
| 9:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.525 | | | | | | |
| 10:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.525 | | | | | | |
| 10:30 | 11.00 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.525 | | | | | | |
| 0:575 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.525 | | | | | | |
| 11:30 | 12:00 | | | | | | 0.575 | 90 | | | | | 0.575 | 60 | 0 | 1.5 | manzana | 0.575 | 120 | | | | | | |
| 12:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 13:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 13:30 | 14:00 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 14:30 | | | | | | | 0.575 | 80 | 3 | 50 | pollo ensalada 2 tortillas manzana | | 0.575 | 150 | 1 | 2.8 | 45 | pescado ensalada 3 tortillas | 0.575 | 100 | | | | | |
| 15:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 15:30 | 16:00 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 16:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 17:00 | 0.575 | 150 | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 17:30 | 18:00 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 18:30 | 19:00 | | | | | | 0.575 | 90 | 1.9 | 30 | Atún 3 tostadas | | 0.575 | 100 | 1.2 | 20 | fresas yogurt nueces | 0.575 | 110 | | | | | | |
| 19:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 20:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 20:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 21:00 | 0.575 | 110 | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 21:30 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.575 | | | | | | |
| 22:00 | 0.575 | | | | | | 0.575 | 150 | | | | | 0.600 | 120 | | | | | 0.600 | | | | | | |
| 22:30 | 23:00 | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.600 | | | | | | 0.600 | | | | | | |
| 0:575 | | | | | | | 0.575 | | | | | | 0.600 | | | | | | 0.600 | | | | | | |
| 23:30 | | | | | | | 13.8 | | | | | | 13.85 | | | | | | 13.85 | | | | | | |

Figura 9. Ejemplo de ajustes finos. GS: glucosa en sangre (mg/dl); BC: bolo de corrección (unidades de insulina); BA: bolo de alimentación (unidades de insulina); HC: hidratos de carbono (gramos). En Notas se apuntan detalles de los alimentos, ejercicio, cambio de cánula, etc.

Tabla 2. Cuadro comparativo de la configuración inicial de la microinfusora y la configuración después del ajuste fino

| Configuración inicial | Configuración después de los ajustes |
|--|---|
| Tasa basal: 00:00 - 0.575 U/h Total: 13.8 unidades | Tasa basal: 00:00 - 0.625 U/h 03:00 - 0.575 U/h 09:00 - 0.525 U/h 12:00 - 0.575 U/h 22:00 - 0.600 U/h Total: 13.85 unidades |
| Ratios: 00:00 - 16 g | Ratios: 00:00 - 16 g 06:00 - 14 g 12:00 - 16 g |
| Factor de sensibilidad: 00:00 - 70 mg/dl | Factor de sensibilidad: 00:00 - 70 mg/dl 06:00 - 50 mg/dl 22:00 - 70 mg/dl |

Por ello se decidió hacer un ajuste basal, proporcional al cambio de la glucosa, de:

- 0.575 a 0.600 U/h de las 22:00 a las 0:00 h y
- 0.575 a 0.625 U/h de las 0:00 a las 3:00 h, entre el día 3 y el día 4.

Así mismo, entre la GS posprandial del desayuno y la preprandial de la comida hay una disminución significativa, llevando a hipoglucemia tanto el día 1 como el día 3, por lo que se decidió reducir la dosis basal de las 9:00 a las 12:00 h de 0.575 a 0.525 U/h.

Ajuste relación insulina:carbohidratos (ratio/RIC)

Los primeros 3 días se observa que la glucosa posdesayuno está elevada (240, 190, 200 mg/dl), por lo que la ratio se cambia de 1:16 g a 1:14 g, teniendo que el día 4 la posprandial fue de 160 mg/dl.

Ajuste sensibilidad o factor de corrección

El día 5, 3 h después de desayunar cereal con leche y plátano, la glucosa está en 280 mg/dl y a pesar de la corrección (2.5 U) solo baja hasta 160 mg/dl, 3 h después. Si hacemos el cálculo de cuántos mg/dl

bajó la glucosa una unidad de insulina tenemos que:

$$280 - 160 = 120$$

$$120/2.5 = 48$$

Podríamos cambiar la sensibilidad, al menos durante el día, de 70 a 50 mg/dl.

En la tabla 2 se puede observar la diferencia en las dosis de insulina prescritas para iniciar la terapia con microinfusoras y aquellas que quedan después del ajuste fino.

EDUCACIÓN PREVIA PARA EL PACIENTE Y FAMILIA/SERES QUERIDOS

La terapia con microinfusora de insulina requiere un proceso adecuado y continuo de educación en diabetes que se ajuste a las necesidades del paciente y familiares antes y después del inicio de la terapia. Implica una curva de aprendizaje, cuya duración dependerá de las características de cada persona y su familia.

La persona que vive con diabetes, y, en su caso, sus padres, tutores y/o cuidadores primarios, requieren contar con un entrenamiento previo en el que se

evalúe que cuentan con los siguientes conocimientos, habilidades y actitudes, y ser capaces de lo siguiente.

– Habilidades básicas:

- Dominar el sistema basal-bolo flexible con múltiples inyecciones antes de considerar la terapia con microinfusora
- Comprender los conceptos básicos del funcionamiento de la terapia con microinfusora.
- Aplicar el conteo de HC.
- Valorar la importancia del monitoreo de glucosa capilar al menos 4 veces al día, incluso si utilizan sistemas de MCG.
- Reconocer las acciones a tomar para prevención de cetoacidosis.
- Reconocer las acciones a tomar para prevención de hipoglucemia severa.
- Valorar la importancia de la rotación de sitios de inserción de la cánula.
- Comprender las acciones a tomar en caso de falla técnica: cómo cambiar a inyecciones si la bomba falla.
- Registrarse en Carelink para descargar reportes de la microinfusora.
- Descargar reportes de la microinfusora.

– Habilidades avanzadas:

- Comprender funciones avanzadas como: basal temporal, bolo dual, cuadrado.
- Identificar las situaciones que ameritan aplicar basales temporales.
- Identificar las situaciones que ameritan aplicar un bolo dual o cuadrado.
- Interpretar los reportes de Carelink.
- Proponer ajustes en su tratamiento fundamentados en la evidencia respaldada por el reporte de Carelink y/o su diario de monitoreo de glucosa.

La preparación para el día de la conexión incluye:

- Lista de cotejo de insumos que hay que tener listos (Fig. 1, punto 2).
- ¿Cuándo iniciar el monitoreo continuo? Este se puede iniciar antes, al mismo tiempo o después de iniciar la terapia con la microinfusora. Las ventajas de iniciarlo antes son que:
 - Hacen conciencia de sus niveles de glucosa previo a la conexión.
 - Al momento de la conexión, el sistema integrado ya está en funcionamiento.
 - Ayuda a analizar los ajustes finos.
- Entrenamiento con solución salina para el paciente/ padres/familiares. Resulta útil para familiarizarse con su funcionamiento previo a la conexión con insulina.
- Una nota sobre las alarmas: Los sistemas de MCG y los sistemas integrados cuentan con varias alarmas, lo cual puede ser muy útil para prevenir hipo e hiperglucemias, pero también puede abrumar al paciente, y desanimarlo con la terapia. Es por esto que es importante decidir con el paciente que alarmas si se deben activar y cuáles no.

CONSIDERACIONES PARA POBLACIONES ESPECÍFICAS

Pediatría y adolescentes

Independientemente de la recomendación actual de mantener un valor de HbA1c por debajo de 7.5% en edad pediátrica³², sabemos que debemos analizar el tiempo en rango (70-180 mg/dl) y la VG¹⁶ en todo paciente que vive con DT1. Es decir, no podemos estar tranquilos solamente porque un paciente pediátrico tenga una HbA1c < 7.5%. Debemos analizar los niveles de glucosa pre y posprandiales, así como la presencia o no de hipoglucemias.

Sabemos que la gran mayoría de los pacientes con DT1 son diagnosticados durante la edad pediátrica. Debe ser una prioridad mantenerlos en metas de control glucémico para evitar complicaciones agudas, ya que los niños son especialmente vulnerables a las hipoglucemias por ser muy sensibles a la

insulina. Actualmente cualquier niño o adolescente con DT1 puede ser candidato a terapia con microinfusora de insulina. En niños pequeños, el poder administrar la insulina en dosis más exactas representa una gran ventaja. Igualmente, en adolescentes que tienen un aumento importante en la velocidad de crecimiento y con mucha frecuencia un efecto hiperglucémico de hormona de crecimiento y cortisol, la terapia con infusión continua de insulina permite realizar ajustes mucho más precisos y evitar el fenómeno del amanecer³³.

La terapia con insulina en ICSI representa un avance muy importante en tecnología aplicada a la diabetes para ayudar a los pacientes pediátricos a mantener sus niveles de glucosa dentro del rango establecido la mayor parte del tiempo posible, sobre todo si se puede combinar con un sistema de monitoreo continuo o intermitente de glucosa, permitiendo un control intensivo, el cual tendrá una programación mucho más personalizada según las necesidades de cada paciente.

Algunas de las ventajas particulares de esta terapia en esta población son:

- Puede ser usada en lactantes y preescolares por su patrón de alimentación frecuente y por la posibilidad de administrar cantidades muy pequeñas de insulina (basales tan bajas como 0.025-0.50 U/h, así como bolos mucho más exactos).
- En niños que tienen miedo a las agujas, reducen el número de punciones diarias.
- Existe la opción de administrar índices basales específicos en diferentes horarios.
- Permite mayor flexibilidad en cuanto a horarios de sueño y alimentación.
- Reduce significativamente el riesgo de hipoglucemias al tener la posibilidad de suspender la infusión de insulina durante la actividad física o el uso de basales temporales más bajos.
- Implica mayor satisfacción y una mejoría en la calidad de vida en comparación a los pacientes que utilizan esquema de múltiples dosis de insulina³⁴.

Diferentes metaanálisis han demostrado que los pacientes pediátricos que utilizan insulina en ICSI en

comparación con usuarios de inyecciones múltiples de insulina, reducen el valor de HbA1c y disminuyen el riesgo de hipoglucemia³⁵.

Consideraciones para prescribir el uso de terapia con microinfusora de insulina en pacientes pediátricos³⁶

- Hipoglucemia severa recurrente.
- VG alta, independientemente del valor de HbA1c.
- Régimen de insulina inflexible que alcanza niveles de glucosa en rango objetivo pero es difícil en cuanto a estilo de vida.
- HbA1c por arriba de rango objetivo.
- Presencia de complicaciones microvasculares o factores de riesgo para complicaciones macrovasculares.
- Fobia a las agujas (ya que se reduce la frecuencia de punciones, 1 set de infusión cada 3 a 4 días, y en algunos casos, la aguja del set de infusión no es visible).
- Atleta de alto rendimiento.
- Embarazo.
- Cuando existe el recurso económico, voluntad del paciente y/o familiares.

Ventajas de la terapia con microinfusora de insulina en pacientes pediátricos³⁶

- Mayor flexibilidad y libertad en los horarios de alimentación, con calculador del bolo.
- Menor número de inyecciones.
- Mayor conveniencia para el paciente en comparación con inyecciones con jeringas o plumas (solo se requiere cambiar el set de infusión cada 3 a 4 días, en vez de 3 a 10 inyecciones por día).
- Personalización de una dosis basal durante las 24 h, especialmente durante los picos de crecimiento.
- Establecimiento de una dosis de insulina basal para el fenómeno del amanecer.

- Se puede usar basales temporales, en caso de actividad física no planeada. Con inyecciones, al hacer actividad física no planeada, la insulina de acción prolongada ya se aplicó, lo que implica un mayor riesgo de hipoglucemia.
- Dosis más precisa, con incremento pequeños, para alimentos, colaciones y eventos de hiperglucemia. Información de IA.
- Facilidad para ajustar dosis basal para actividad física y durante viajes.
- Menor riesgo de hipoglucemia, especialmente durante la noche, ya que se pueden usar diferentes tasas basales, así como basales temporales.
- Mayor adaptación del paciente con otros niños en eventos especiales (fiestas, campamentos).
- Almacenamiento de datos (dosis de insulina, ingesta de carbohidratos, basales temporales, actividad física, suspensiones de insulina).
- Mejor calidad de vida.
- Mayor flexibilidad en relación a horas de sueño, vida social y fiestas para los adolescentes.
- Mejor control glucémico que previene y retrasa complicaciones.
- Se logra que el paciente esté mayor tiempo dentro de rango objetivo y se disminuye la VG.

Desventajas de la terapia con microinfusora de insulina en pacientes pediátricos³⁶

- Conexión durante las 24 h a un dispositivo, con las preocupaciones y los desafíos que implican su uso diario.
- Miedo o dolor en la inserción del set de infusión.
- Irritación de la piel, sobre todo en relación con el adhesivo o al catéter.
- Riesgo de infección.
- Desplazamiento o salida del catéter durante tiempo de juego u horas de sueño.
- Riesgo de cetoacidosis diabética por desconexión o catéter doblado.

- Omisión de bolos de insulina.
- Posibilidad de que existan menos opciones de sitios para inserción de las cánulas.
- Costo.

Establecimiento de roles y responsabilidades para el manejo de la terapia con microinfusora de insulina

Una vez que se inicia la terapia con microinfusora es de vital importancia establecer el rol que cada persona va a desempeñar, incluyendo al paciente (cuando su edad lo permita), familiares, cuidadores o maestros, equipo médico (endocrinólogo pediatra, educador en diabetes, nutriólogo).

Se deben considerar estos aspectos:

- Ingreso de cifras de glucosa en la microinfusora.
- Ingreso de carbohidratos ingeridos.
- Uso de diferentes patrones basales, de basal temporal y de tipos de bolos.
- Analizar la información, mediante el *software* de la microinfusora de insulina.
- Realizar ajustes frecuentes en la configuración de la microinfusora.
- Establecer un sistema de comunicación efectivo y un trabajo en equipo.
- Mantener un seguimiento endocrinológico adecuado con la frecuencia debida.

Diabetes tipo 2

Aunque la terapia con microinfusora de insulina está usualmente indicada en pacientes con DT1, en la DT2 su uso se ha estado extendiendo y se prescribe más frecuentemente, debido a ciertas circunstancias^{37,38}:

- Deterioro progresivo de la función de la célula beta y a la resistencia a la insulina que lo provoca.
- Pacientes con obesidad y resistencia a la insulina, que lleva a un aumento significativo de los

requerimientos de insulina y, por lo tanto, favorecen el aumento de peso.

- Hiperglucemia persistente con glucotoxicidad, obesidad extrema y esteatosis hepática.
- Desaliento con la terapia de MID cuando esta no logra el control glucémico y provoca aumento de peso.

La terapia con ICSI es cada vez más utilizada en DT2 dado que provee un aporte más fisiológico de la insulina, se puede adecuar la dosis a los requerimientos de cada paciente y ha sido muy efectiva en alcanzar metas de control de HbA1c en comparación con MID, además de que diversos estudios demuestran que las dosis necesarias para alcanzar las metas de control son inferiores con ICSI a comparación de MID.

En resumen, las indicaciones para uso de ICSI en pacientes con DT2 son:

- 1) Seis meses de uso de MID sin alcanzar metas de control.
- 2) Control glucémico subóptimo con elevaciones severas de glucosa posprandial (alta VG).
- 3) Hipoglucemias frecuentes asociadas al uso de MID.

Recomendamos la lectura del artículo de María Fernanda Álvarez, et al., donde se encuentra un resumen de los estudios clínicos donde se ha usado la microinfusora de insulina en pacientes con DT2³⁹.

Un estudio reciente del Dr. Rudolph Chlup⁴⁰, realizado en la República Checa, en un grupo de 23 pacientes tratados con MID y DTD de insulina alta, que tomaban metformina, fueron aleatorizados a recibir durante 6 meses tratamiento ajustado con MID vs. ICSI. A los 6 meses, los pacientes fueron cruzados al tratamiento contrario. En resumen, los pacientes con ICSI recibieron una DTD menor a los pacientes con MID. La reducción de HbA1c fue mejor con ICSI aunque los otros parámetros de control no cambiaron respecto a peso, niveles de lípidos y presión arterial. Al interrogar a los pacientes sobre la preferencia de tratamiento, todos optaron por continuar con ICSI en lugar de MID.

Las consideraciones que tomar en cuenta en población con DT2 son:

- La cantidad de insulina que se requiere comparado con DT1, que siempre es mucho mayor.
- Los pacientes habitualmente no están acostumbrados al conteo de carbohidratos, y la mayoría usa dosis fijas de insulina para cubrir alimentos.
- El riesgo de presentar hipoglucemias tanto en ayuno como posprandiales es menor con ICSI vs. MID.
- El grado de satisfacción y el apego al tratamiento en todos los estudios es mejor con ICSI.

El estudio OpT2mise (Eficacia Sostenida de la Terapia con Microinfusora de Insulina comparada con Múltiples Inyección Diarias en la diabetes tipo 2), liderado por el Dr. Aronson, de Toronto, fue publicado originalmente en el 2014⁴¹, con una revisión de 12 meses de datos publicada en el 2016⁴². Se trata de un estudio internacional, multicéntrico, aleatorizado y de grupo paralelos. Se reclutaron pacientes entre los 30 y los 75 años de edad, con diagnóstico de DT2, utilizando por lo menos 3 inyecciones diarias de insulina de acción prolongada y análogos de acción rápida por lo menos 3 meses y sin un adecuado control (considerado como una HbA1c superior a 8%), utilizando un mínimo de 0.7 U/kg de insulina y con un mínimo de 2 mediciones al día de glucometría capilar y se asignaron a continuar con MID o a cambiar a uso de microinfusora (Minimed Paradigm Veo®). El desenlace primario fue la diferencia entre los grupos en los cambios en los niveles promedio de HbA1c a los 6 meses. El desenlace secundario incluía la diferencia en los valores promedio de la HbA1c a los 12 meses, al igual que en los niveles de lípidos, presión arterial y variables de medición continua de glucosa. Se asignaron 331 pacientes (168 al grupo de microinfusora y 163 al grupo de MID), de los cuales 308 completaron el estudio (152 del grupo microinfusora y 156 del grupo MID). La HbA1c promedio en ambos grupos al inicio del estudio fue de 9.0% y mejoró a 8.6% en el grupo MID y a 7.9% en el grupo de microinfusora, con una diferencia a favor del grupo microinfusora de -0.7% (IC 95%: -0.9% a -0.4%; p < 0.001), manteniéndose a los 12 meses en 7.8% (cambios comparados con el basal a los 12 meses:

$-1.2 \pm 1.14\%$; $p < 0.0001$), cuando los pacientes en el grupo MID fueron cambiados al grupo microinfusora presentaron una reducción en la HbA1c de $-0.8 \pm 1.2\%$ ($p < 0.0001$) para alcanzar niveles de control finales de 7.8%.

No existieron diferencias significativas en los niveles de lípidos ni en la tensión arterial entre los grupos. La dosis diaria utilizada en insulina fue significativamente menor en el grupo de microinfusoras (19% de reducción en la dosis diaria de insulina; 0.11 ± 0.33 U/kg; $p < 0.0001$).

Los resultados del estudio demuestran que la terapia con microinfusora provee control glucémico sostenido (manifestado con la reducción en los niveles de HbA1c y la dosis diaria de insulina) en los pacientes con DT2.

Población geriátrica

Existen pocos datos sobre ensayos dirigidos a esta población. Las publicaciones de Herman, Johnson y Yeoh⁴³⁻⁴⁵ no mostraron beneficios en VG, rangos de hipoglucemia o satisfacción en adultos senescentes con DT2. Sin embargo, en DT1 con funcionalidad preservada los datos muestran mejoría en control glucémico general y reducción de hipoglucemias⁴⁶. En un interesante estudio, Matejko no encontró diferencia entre jóvenes y adultos mayores con respecto a la habilidad para el manejo de la microinfusora⁴⁷. Es claro que no existe suficiente evidencia en este grupo y se tendrá que trabajar en ello, sin embargo, el futuro es promisorio.

SITUACIONES ESPECIALES

Ejercicio

Durante el ejercicio la respuesta fisiológica es la disminución en la secreción de insulina y el incremento en la secreción de glucagón, así como la liberación de hormonas contrarreguladoras y adrenérgicas⁴⁸⁻⁵⁰.

La respuesta al ejercicio varía dependiendo del tipo de ejercicio:

- Anaeróbico (pesas, deporte de alto rendimiento): hay una mayor secreción de catecolaminas, y por lo tanto un incremento en los niveles de glucosa.
- Aeróbico (correr, nadar, ciclismo): hay un mayor gasto energético y por lo tanto el riesgo de hipoglucemia es mayor.

En una persona que vive con DT1, donde la administración de insulina es exógena y subcutánea no podemos disminuir la secreción de insulina. El incremento en el glucagón asociado con el ejercicio puede perderse los primeros años después del diagnóstico.

El riesgo de hipoglucemia puede presentarse no solo durante el ejercicio, sino también varias horas después, esto se debe a que los depósitos de glucógeno muscular se recuperan después del ejercicio. Esto puede ocurrir 7 h después de hacer ejercicio y puede durar hasta 24 h. Si el ejercicio se realiza diariamente la sensibilidad de insulina incrementa y los requerimientos de insulina disminuyen.

En un paciente con microinfusora de insulina se recomienda inicialmente desconectar la bomba durante el ejercicio y medir la glucosa capilar frecuentemente durante y después del ejercicio⁵⁰.

La Dra. Ana María Gómez demostró que si el ejercicio se realiza en la mañana antes del desayuno el riesgo de hipoglucemia es menor que si el ejercicio se hace 4 h después del alimento; así mismo, el riesgo de hipoglucemia es mayor si el ejercicio se realiza en la tarde. Ella recomienda desconectar la bomba inmediatamente antes del ejercicio, durante y hasta 45 min después de haber realizado el ejercicio. La mayoría de los eventos de hipoglucemia ocurren entre 15 a 24 h después del ejercicio⁵¹.

De acuerdo con los resultados encontrados de McAuley, la recomendación es considerar disminuir la basal 50% antes y durante el ejercicio y dar carbohidratos suplementarios en pacientes con niveles de glucosa <126 mg/dl^{52,53}.

Cada persona reacciona de diferente manera, y se tendrán que probar los diferentes abordajes para ver cuál le conviene a cada paciente.

En la tabla 3 se describen medidas para prevenir la hipoglucemia durante y después del ejercicio. En la

Tabla 3. Medidas para prevenir la hipoglucemia durante y después del ejercicio en usuarios de microinfusora

| |
|---|
| - Suplemento de carbohidratos antes del ejercicio |
| - Disminuir la basal antes y durante el ejercicio 50% o más |
| - Valorar desconectar la microinfusora durante 45 min después del ejercicio |
| - Disminuir el bolo si el ejercicio se realiza 2 a 3 h después del alimento |
| - Disminuir la basal después del ejercicio para evitar hipoglucemia tardía y nocturna (considerar utilizar una basal temporal de alrededor de 80% durante la noche) |
| - Disminuir el bolo de alimento después de comer para reducir la hipoglucemia tardía y nocturna |
| - Realizar ejercicio de mayor intensidad y resistencia antes y después del ejercicio aeróbico |
| - Programar un basal temporal cuando su actividad física sea regular |
| - No corregir glucosa alta en el lapso de una hora o al terminar el ejercicio |
| - Usar MCG para adecuar la dosis de insulina y el consumo de carbohidratos adicionales |

MCG: monitoreo continuo de glucosa.

Adaptada de Admon, 2005⁶⁶; Thabit, et al., 2016⁶⁷; Children TDRI, Network (Direcnet) Study Group, 2006⁶⁸.

tabla 4 la reducción en la dosis de insulina con base en la intensidad del ejercicio. Esta última se describe en la tabla 5. En la tabla 6 se describe la suplementación de carbohidratos durante el ejercicio.

Días de enfermedad

Es importante que el paciente y el equipo médico tengan un plan de acción en caso de días de enfermedad. El paciente debe entender que, en días de enfermedad, los niveles de glucosa pueden subir debido a las hormonas contrarreguladoras, a pesar de que no esté comiendo mucho. Por esta razón se debe mantener bien hidratado, medir sus niveles de glucosa seguido y ponerse bolos de corrección cuando sean necesarios.

Además, si los niveles de glucosa se mantienen por arriba de lo normal, el paciente se puede poner una basal temporal del 120 al 150% por varias horas, y al término de estas, decidir si aún la requiere. El paciente debe entender que, si su glucosa es mayor de 250 mg/dl en dos ocasiones seguidas, con un intervalo de 2 h, a pesar de haberse puesto un BC, debe de:

- 1) Medir cetonas.
- 2) Revisar si hay una posible causa (p. ej., oclusión de la cánula o que se haya extraído, burbujas en el catéter, insulina dañada).
- 3) Corregirse con una inyección de insulina rápida (con jeringa o pluma).

- 4) Cambiar la insulina, el reservorio y el set de infusión.

Los pacientes deben ser entrenados a llevar siempre consigo un set de infusión extra, una pluma de insulina, y una jeringa y un vial de insulina para corregirse con inyección.

Además, debe de tener tiras de cetonas en orina o en sangre (Freestyle Optium®, Abbott®), y medirse si sus niveles de glucosa exceden 250 mg/dl. Si salen positivos, debe contactar al equipo médico para instrucciones. En caso de que las cetonas salgan positivas, puede requerir un aumento en la dosis de corrección (hasta de un 15 al 20% de su DTD), y medir su glucosa y cetonas en una hora.

Otra consideración importante es que, en ocasiones, los pacientes puedan requerir tratamiento con corticoesteroides como tratamiento de otra enfermedad (ataque de asma, neuronitis vestibular, etc.). En ese caso, los niveles de glucosa van a subir significativamente a las 6 h de la dosis inicial de corticoesteroides. Se deben de mantener hidratados, medir sus niveles de glucosa frecuentemente y hacer ajustes en la dosis de insulina frecuentemente. Pueden llegar a requerir un aumento temporal en la dosis basal de hasta 150%, y pueden llegar a requerir cambiar su RIC y su factor de corrección, tanto como 1:5 g y 1:15 mg/dl, respectivamente.

Finalmente, si hay náusea o vómito, que no se puede tratar con antiemético en casa, independientemente

Tabla 4. Reducción en las dosis de insulina de acuerdo con la actividad física

| Intensidad del ejercicio (según porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima) | Corta duración (Menos de 20 min) | Media duración (20-60 min) | Larga duración (más de 60 min) |
|--|----------------------------------|---------------------------------|---|
| Baja (< 60%) | No modificar | No modificar | Bolos: 5-10% por cada hora de ejercicio *Basal: 5-10% por cada hora de ejercicio |
| Media (60-75%) | No modificar | Bolos: 10-50% *Basal: 10-20% | Bolos: 5-10% por cada hora de ejercicio *Basal: 5-10% por cada hora de ejercicio |
| Alta (> 75%) | No modificar | Bolos: 10-50% *Basal: 10-20% | Bolos: 5-20% por cada hora de ejercicio *Basal: 5-20% por cada hora de ejercicio |

*Las reducciones en la dosis basal idealmente deben hacerse entre 30-60 min antes de comenzar con la actividad física. En el caso del ejercicio de larga duración y alta intensidad es posible que la reducción basal se requiera entre 12-24 h posteriores.

†Las reducciones en los bolos, pueden ser de inmediatamente antes, durante y/o después del ejercicio.

*Estas recomendaciones son orientativas y deben adaptarse a las necesidades de cada paciente con base en su experiencia y en el análisis de los resultados del automonitoreo de glucosa.

Adaptada de Murillo, 2012⁶⁹.

Tabla 5. Clasificación de la actividad física y/o ejercicio por intensidad

| Intensidad del ejercicio |
|---|
| Baja: la frecuencia cardíaca se mantiene estable (caminar, jugar boliche, jardinería, ir de compras) |
| Media: la frecuencia cardíaca tiene elevación moderada (caminata rápida, tenis, golf, ejercicio de resistencia) |
| Alta: la frecuencia cardíaca se eleva considerablemente (trotar, correr, esquiar, nadar, deportes de competición) |

Tabla 6. Suplemento de carbohidratos en actividad física

| Duración | Intensidad baja | Intensidad media | Intensidad alta |
|-----------|------------------|------------------|-------------------|
| < 30 min | 0-10 g | 0-20 g | 20 g |
| 30-60 min | 10-20 g | 30g | 50 g |
| > 60 min | 15-25 g por hora | 20-70 g por hora | 30-100 g por hora |

Adaptada de Murillo, 2012⁶⁹.

de si tiene cetonas o no, el paciente deberá ser visto en urgencias, para hidratarlo, darle antiemético intravenoso, y encontrar la causa de la náusea y el vómito. Podría requerir ser hospitalizado^{54,55}.

Ayuno

Si la tasa basal de un paciente que vive con DT1 es adecuada, ayunar no debería ser un problema. Si está muy elevada, está en riesgo de tener hipoglucemias.

Para saber si una tasa basal es correcta, se debe hacer un chequeo basal, como se explicó arriba.

El ayuno puede ser requerido previo a procedimientos médicos o quirúrgicos, o puede ser una elección personal o religiosa (Yom Kipur o Ramadán)⁵⁴. El monitoreo cuidadoso de los niveles de glucosa (ya sea de manera capilar, intermitente o continuo), evitando bolos de insulina rápida, o si son necesarios corregir a una meta más alta (150 mg/dl en vez de 100 mg/dl) y el uso de reducciones temporales en la tasa basal, pueden ser necesarios para mantener niveles de glucosa seguros.

Hospitalización

Pacientes que viven con DT1, que se encuentran conscientes, deberían de poder mantener el uso de la microinfusora durante la hospitalización^{15,29}. Especialmente si no fueron ingresados para una crisis de hipo o hiperglucemia. Idealmente, un especialista en uso de microinfusoras debe ser consultado durante su hospitalización. Lo ideal sería que los médicos internistas jefes de piso y los anestesiólogos tuvieran conocimientos básicos sobre el uso y funcionamiento de las microinfusoras.

Como dice el documento *Standards of Medical Care* de la ADA 2014⁵⁶, «Los pacientes que usan la terapia con microinfusoras de manera ambulatoria pueden ser candidatos a su automanejo de diabetes en el hospital, siempre y cuando mantengan su capacidad mental y física. [La] presencia de personal hospitalario en el uso de microinfusoras es esencial. Es importante que el personal de enfermería documente las dosis basales y los bolos de manera regular (al menos diario)». Si un paciente va un estudio de resonancia, la microinfusora se debe de desconectar y el sensor y transmisor se deben de quitar durante el estudio.

Cirugía

Actualmente el manejo de la terapia con microinfusora en diferentes situaciones se han convertido en un reto, tal es el caso de la cirugía. Algunos autores están a favor de continuar la infusión continua durante los procedimientos quirúrgicos y otros no^{15,29,55}. En la clínica Mayo de Arizona, del 2006 al 2010 se demostró una gran variación en el manejo perioperatorio; la estandarización de los procesos podrían eliminar la variaciones y todo depende de si el procedimiento es electivo vs. emergencia y su tiempo de duración^{57,58}. Otras consideraciones para tomar en cuenta son el lugar de inserción de la bomba y su conexión antes, durante y después del procedimiento.

Durante las cirugías dos situaciones fundamentales ocurren:

1) El paciente está en ayuno, y por lo tanto está en riesgo de hipoglucemia.

2) El estrés quirúrgico puede subir los niveles de glucosa, debido a las hormonas contrarreguladoras.

Por estas razones, es muy importante el monitoreo de glucosa.

Se han propuesto estas normas de preadmisión:

- Antes de la fecha de cirugía. Verificar cifras basales de insulina, ratio y factor de corrección, obtener niveles de glucosa reciente y la información de periodos de hipoglucemia, recordar a los pacientes lleven insulina adicional e insumos al hospital, e insertar la cánula lejos del lugar donde se efectuará el procedimiento 24 h antes. Se requiere un equipo multidisciplinario para la implementación del uso de microinfusora.
- Preoperatorio. Medir niveles de glucosa y reportar al anestesiólogo y cirujano. Verificar el sitio de colocación de cánula, notificar el buen funcionamiento de la microinfusora.
- Fase operatoria. El anestesiólogo evalúa el sitio de inserción, cada hora se realizarán glucometrías durante la cirugía, las dosis de corrección las hará el anestesiólogo o el endocrinólogo a cargo del control glucémico.
- Durante la cirugía, una tasa basal temporal pueda ser requerida, ya sea una disminución temporal, para prevenir hipoglucemia, o un aumento temporal, en caso de que los niveles de glucosa aumenten, debido al estrés quirúrgico. Además, un BC puede ser administrado, para llegar a una meta de glucosa de 150 mg/dl aproximadamente.
- Fase postoperatoria. En la fase postanestésica, la enfermera confirmará que la microinfusora funcione adecuadamente, cada hora se medirá de nuevo los niveles de glucosa, si el nivel de glucosa es elevado se notificará de inmediato al equipo médico y se administrará la insulina como se indique.

En situaciones de cirugía de emergencia o en casos de tomar rayos X durante el procedimiento, se sugiere desconectar e iniciar una infusión intravenosa de insulina para el control glucémico.

Aún se necesita mayor experiencia en este campo y una educación futura para su implementación.

Embarazo

El uso de microinfusoras de insulina con MCG es el tratamiento ideal en la mujer con DT1 embarazada, el manejo de las microinfusoras es igual que en el usuario en general^{15,29,55}, sin embargo, deberán tomarse en cuenta algunas consideraciones⁵⁹:

- De ser un embarazo planeado, la microinfusora de insulina deberá utilizarse desde antes del embarazo para asegurar el buen manejo y el control estricto de la glucosa.
- Los requerimientos de insulina se modifican dependiendo del trimestre del embarazo. Durante el primer trimestre pueden disminuir debido a la náusea y el vómito, y al aumento en la sensibilidad a la insulina. Durante el tercer trimestre, la resistencia a la insulina secundaria a las hormonas placentarias contrarreguladoras, podrían incrementar las necesidades de insulina de 0.3 a 0.6 U por hora, y la necesidad de incrementar los bolos en un 50-100%.
- La microinfusora de insulina con MCG deberá ser usada durante el trabajo de parto y/o cesárea, teniendo en cuenta que los requerimientos de insulina disminuirán notoriamente en el posparto inmediato⁶⁰. Una microinfusora con MCG con funciones de predicción de hipoglucemia (poniendo como umbral de hipoglucemia 50 mg/dl) o autoapagado en hipoglucemia puede ayudar en el manejo de este grupo de pacientes.
- A la mujer con DT1 se le debe de recomendar amamantar. Los requerimientos de insulina pueden ser menores desde el inicio hasta el establecimiento de la lactancia (aproximadamente las primeras dos semanas). Esto es debido a que en la fase inmediata posparto los requerimientos de insulina son menores y a que se utilizan carbohidratos para proveer la lactosa de la leche. Utilizar basales temporales menores, considerar apagar la microinfusora durante el momento de lactar⁶¹ o comer 15 g de carbohidratos previo a lactar pudiera ayudar a evitar hipoglucemias.

Menstruación

Para algunas mujeres que viven con DT1, ocurren cambios importantes durante el ciclo menstrual. En

la fase premenstrual pueden llegar a experimentar niveles más elevados de glucosa y aumento en los requerimientos de insulina. Cuando la menstruación empieza, los niveles de progesterona se reducen rápidamente, lo que lleva a disminución en los requerimientos de insulina, por lo que puede aumentar el riesgo de hipoglucemia.

Por estas razones, se pueden programar diferentes patrones basales, para utilizarlos en estas situaciones. O se pueden utilizar basales temporales. Algunas mujeres han reportado aumentos en los requerimientos de insulina usando anticonceptivos, por lo que deberán realizarse ajustes en las dosis de insulina⁵⁴.

Alcohol

El alcohol inhibe la gluconeogénesis hepática, por lo que aumenta el riesgo de hipoglucemia. Estrategias para evitar hipoglucemia con la ingesta de alcohol incluyen: limitar la ingesta de alcohol a una copa en mujeres y dos copas en hombres, comer carbohidratos al tomar alcohol y antes de irse a dormir, usar basales temporales y monitorear la glucosa, de preferencia con MCG y alarmas, o con un sistema integrado con predicción de hipoglucemia⁵⁴.

Viajes

Al planear un viaje, lo primero que se debe de considerar es si es conveniente realizar el viaje llevando la microinfusora. Si el viaje es a la playa, el paciente va a estar en contacto con la arena y va a estar nadando mucho, el paciente puede decidir desconectarse de la microinfusora. En caso de decidir desconectarse, favor de revisar la siguiente sección (Tabla 7).

Al viajar deben realizarse los siguientes ajustes en la dosis de insulina:

Si se cambia de husos horarios, va a tomar tiempo en que el ritmo circadiano se ajuste. Es por esto por lo que podría aumentar el riesgo de hipo o hiperglucemia. Mientras se espera que el cuerpo se ajuste, se podría poner una sola tasa basal en la microinfusora (con una disminución del 10 al 20% del promedio usado) por 24 h, y ya después poner los patrones

Tabla 7. Recomendaciones para viajar con microinfusora

Es importante estar preparado cuando uno viaja con la microinfusora. Se debe de instruir al paciente que:

- Lleve todos sus suministros de diabetes, no solo los consumibles de la microinfusora y la insulina, también el glucómetro, las tiras de glucosa y cetonas, los sensores (en caso de usar MCG), tabletas de glucosa y jugos, kit de glucagón, jeringas en caso de emergencia, e insulina de acción prolongada
- Tener todos sus suministros en una bolsa que se mantenga con él siempre (en el equipaje de mano). Además, reservorios, sets de infusión y baterías extras se pueden mandar en el equipaje documentado. Y si es posible, una pequeña bolsa de suministros se le puede dar a alguien que viaje con el paciente, en caso de pérdida o robo de una de las maletas
- Para viajes largos, o en países muy calientes, llevar una bolsa para aislar la insulina (como la cartera Frío)
- Tener documentos confirmando que el paciente vive con diabetes tipo 1, y debe tener los suministros con él, todo el tiempo. Esta puede ser necesario al pasar los filtros de seguridad en los aeropuertos
- Saber donde obtener ayuda médica en caso necesario, y tener a mano los números de teléfono de contacto
- Obtener consumibles de la microinfusora en otro país puede ser un gran problema
- Obtener seguro médico de viaje, y asegurarse que cubra la diabetes y el uso de la microinfusora
- Si el paciente viaja en un grupo, asegurarse de que algunos miembros del grupo sepan que tiene diabetes y que sepan qué hacer en caso de emergencia (p. ej., hipoglucemia)
- Mantener a mano la configuración de la microinfusora, reglas de días de enfermedad y dosis de insulina basal bolo por inyecciones en caso necesario
- Cambiar la hora de la microinfusora, del glucómetro y del monitor continuo de glucosa a la hora de llegar al destino y al regreso

MCG: monitoreo continuo de glucosa.

Adaptada de Hussain, et al., 2016⁶⁴; Kaufman, 2012⁶⁵.

basales normales. Además, si el viaje incluye caminar mucho, es posible que se requiera usar disminuciones temporales, o programar un patrón basal más bajo para el viaje. Es importante monitorear frecuentemente la glucosa para hacer los ajustes pertinentes.

Vacaciones de la microinfusora

En ocasiones, los pacientes que viven con DT1 desean tomar vacaciones de la microinfusora. Esto puede realizarse al tomar vacaciones en la playa, como se explicó arriba, o por una necesidad de descanso psicológico o porque exista una situación no planeada de disfunción de la microinfusora.

Es muy importante que todos los pacientes sepan cómo desconectarse y reconectarse de la microinfusora⁵⁴.

Desconexión de la microinfusora:

- Lo primero que se debe de realizar es decidir la dosis basal requerida.
- En general, se podría cambiar la basal de la microinfusora a la dosis basal de análogo de insulina de acción prolongada en una relación 1:1, y después hacer ajustes, según sea necesario⁶².

- Si se cambia de la microinfusora a la insulina glargina U100, el paciente puede llegar a requerir la misma dosis o un aumento hasta del 20% de la dosis basal total. Esta se puede administrar en una o dos dosis. En la experiencia de los autores, si se cambia a insulina glargina U300 se podría llegar a requerir un poco más de insulina basal^{63,64}.

- Si se cambia de la microinfusora a la insulina degludec, en la experiencia de los autores, el paciente puede requerir la misma dosis basal, o un 5 a 10% más⁶³. Esta generalmente se utiliza una vez al día.

- Es importante que la bomba se descontinúe 2 h después de la inyección de la primera dosis de insulina de acción prolongada. Es mejor si esto se realiza en la mañana, para evitar problemas durante la noche.

- El paciente se deberá medir la glucosa y ponerse los bolos de análogos de insulina de acción rápida utilizando su RIC y su factor de corrección como de costumbre, pero haciendo los cálculos de manera manual, o con una *app* que tenga la función de calculadora de bolos (SocialDiabetes⁶⁵).

Reconexión a la microinfusora:

- Al conectarse a la microinfusora, el paciente debe de regresar a la configuración previa de la microinfusora, a menos que hayan cambiado mucho los requerimientos de insulina.
- El mejor momento para conectarse es 2 h antes de cuando tocaría volverse a inyectar el análogo de acción prolongada. De ser posible, es mejor hacerlo en la mañana, para evitar tener problemas de hiperglucemia durante la noche.
- Es importante hacer notar que con los análogos de insulina de nueva generación (degludec, glargina U300) se pueda requerir usar una disminución temporal de la basal, hasta que toda la insulina inyectada desaparezca (esto puede tomar hasta 5 vidas medias, pero generalmente solo es necesario durante las primeras 24 h).

CONCLUSIONES

En los años recientes ha habido un gran avance en el desarrollo de las microinfusoras de insulina, los sistemas de MCG y los sistemas integrados. Es posible que, en un futuro no muy lejano, los pacientes puedan estar conectados a estos sistemas, sin tener que contar carbohidratos, ni dar aviso de comida o actividad física. En lo que esto ocurre, es responsabilidad del equipo médico estar familiarizado con los equipos y su funcionamiento, así como los conceptos básicos para la prescripción de las diferentes dosis basales, RIC, FS, IA y rangos objetivo de glucosa. Así mismo, es importante saber prescribir qué alarmas son importantes, el límite bajo para suspensión, ya sea en el límite bajo, o antes del límite bajo, cuando existe este algoritmo. Más importante aún es poder distinguir qué paciente está preparado para conectarse o no a la microinfusora, ya que va a requerir permanecer conectado a un dispositivo continuamente; debe estar dispuesto a monitorear su glucosa al menos 4 veces al día y estar en contacto estrecho con el equipo de salud, sobre todo en la fase de ajuste. Esperamos que esta guía le sea de utilidad en su práctica clínica, para poder prescribir esta terapia que ayuda a disminuir las hipoglucemias y a aumentar la calidad de vida de nuestros pacientes.

CONFLICTO DE INTERESES

La Dra. Raquel Noemí Faradji Hazán es *speaker* de Novo Nordisk y Abbott. La Dra. M.^a Elena Sainz de la Maza Viadero es *speaker* de Sanofi y Abbott. El Dr. Carlos Alberto Antillón Ferreira es *speaker* de Abbott, Medtronic, Novo Nordisk, Eli Lilly, Pfizer y Merck Serono. La Dra. Natalia Eloísa de la Garza Hernández es *speaker* de Sanofi, Medtronic, Abbott y Boehringer Ingelheim. El Dr. Óscar Flores Caloca es *speaker* de Medtronic, Merck y Abbott. El Dr. Eduardo Márquez Rodríguez es *speaker* de Abbott. La Dra. María Pía Martínez Gigena es *speaker* de Medtronic y Novo Nordisk. La Dra. Angélica Martínez Ramos Méndez es *speaker* de Sanofi. El Dr. Juan Villagordoa Mesa es *speaker* de Medtronic.

El resto de los autores declaran no tener conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kaufman FR, Westfall E. American Diabetes Association. Insulin pumps and continuous glucose monitoring: A user's guide to effective diabetes management. American Diabetes Association; 2012.
2. Scheiner G. American Diabetes Association. Practical CGM: A guide to improving outcomes through continuous glucose monitoring. Alexandria, Virginia, EE.UU.: American Diabetes Association; 2015.
3. Beck RW, Connor CG, Mullen DM, Wesley DM, Bergenstal RM. The fallacy of average: How using HbA1c alone to assess glycemic control can be misleading. *Diabetes Care*. 2017;40(8):994-9.
4. Torres Lacruz M, Barrio Castellanos R, García Cuartero B, Gómez Gila A, González Casado I, Hermoso López F, et al. Estado actual y recomendaciones sobre la utilización de los sistemas de monitorización continua de glucosa en niños y adolescentes con diabetes mellitus tipo 1. *An Pediatría*. Elsevier; 2011;75(2):134.e1-134.e6.
5. Service FJ. Glucose variability. *Diabetes*. 2013;62(5):1398-404.
6. Beck RW, Bergenstal RM, Riddlesworth TD, Kollman C, Li Z, Brown AS, et al. Validation of time in range as an outcome measure for diabetes clinical trials. *Diabetes Care*. 2019;42(3):400-5.
7. Gómez AM, Muñoz OM, Marin A, Fonseca MC, Rondon M, Robledo Gómez MA, et al. Different indexes of glycemic variability as identifiers of patients with risk of hypoglycemia in type 2 diabetes mellitus. *J Diabetes Sci Technol*. 2018;193229681875810.
8. Monnier L, Colette C, Wojtuszczyzn A, Dejager S, Renard E, Molinari N, et al. Toward defining the threshold between low and high glucose variability in diabetes. *Diabetes Care*. 2017;40(7):832-8.
9. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes—2018. *Diabetes Care*. 2018;41(Suppl 1):S55-64.
10. Gómez AM, Henao Carrillo DC, Muñoz Velandia OM. Devices for continuous monitoring of glucose: update in technology. *Med Devices (Auckl)*. Dove Press; 2017;10:215-24.
11. Kropff J, Choudhary P, Neupane S, Barnard K, Bain SC, Kapitza C, et al. Accuracy and longevity of an implantable continuous glucose sensor in the PRECISE study: A 180-day, prospective, multicenter, pivotal trial. *Diabetes Care*. 2017;40(1):63-8.
12. Lorenz C, Sandoval W, Mortellaro M. Interference assessment of various endogenous and exogenous substances on the performance of the

- eversense long-term implantable continuous glucose monitoring system. *Diabetes Technol Ther.* 2018;20(5):344-52.
13. Maahs DM, Desalvo D, Pyle L, Ly T, Messer L, Clinton P, et al. Effect of acetaminophen on CGM glucose in an outpatient setting. *Diabetes Care.* 2015;38(10):e158-9.
 14. Basu A, Slama MQ, Nicholson WT, Langman L, Peyser T, Carter R, et al. Continuous glucose monitor interference with commonly prescribed medications: A pilot study. *J Diabetes Sci Technol.* 2017;11(5):936-41.
 15. Peters AL, Ahmann AJ, Battelino T, Evert A, Hirsch IB, Murad MH, et al. Diabetes technology—continuous subcutaneous insulin infusion therapy and continuous glucose monitoring in adults: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab.* 2016;101(11):3922-37.
 16. Danne T, Nimri R, Battelino T, Bergenstal RM, Close KL, DeVries JH, et al. International consensus on use of continuous glucose monitoring. *Diabetes Care.* 2017;40(12):1631-40.
 17. Deiss D, Bolinder J, Riveline JP, Battelino T, Bosi E, Tubiana-Rufi N, et al. Improved glycemic control in poorly controlled patients with type 1 diabetes using real-time continuous glucose monitoring. *Diabetes Care.* 2006;29(12):2730-2.
 18. O'Connell MA, Donath S, O'Neal DN, Colman PG, Ambler GR, Jones TW, et al. Glycaemic impact of patient-led use of sensor-guided pump therapy in type 1 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia.* 2009;52(7):1250-7.
 19. Diabetes Research in Children Network (DirecNet) Study Group, Buckingham B, Beck RW, Tamborlane W V, Xing D, Kollman C, et al. Continuous glucose monitoring in children with type 1 diabetes. *J Pediatr.* 2007;151(4):388-93.e2.
 20. Beck RW, Hirsch IB, Laffel L, Tamborlane WV, Bode BW, Buckingham B, et al. The effect of continuous glucose monitoring in well-controlled type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2009;32(8):1378-83.
 21. Christiansen MP, Klaff LJ, Brazg R, Chang AR, Levy CJ, Lam D, et al. A prospective multicenter evaluation of the accuracy of a novel implanted continuous glucose sensor: PRECISE II. *Diabetes Technol Ther.* 2018;20(3):197-206.
 22. Russell SJ, Hillard MA, Balliro C, Magyar KL, Selagamsetty R, Sinha M, et al. Day and night glycaemic control with a bionic pancreas versus conventional insulin pump therapy in preadolescent children with type 1 diabetes: a randomised crossover trial. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2016;4(3):233-43.
 23. Russell SJ, El-Khatib FH, Nathan DM, Magyar KL, Jiang J, Damiano ER. Blood glucose control in type 1 diabetes with a bi-hormonal bionic endocrine pancreas. *Diabetes Care.* 2012;35(11):2148-55.
 24. El-Khatib FH, Russell SJ, Magyar KL, Sinha M, McKeon K, Nathan DM, et al. Autonomous and continuous adaptation of a bi-hormonal bionic pancreas in adults and adolescents with type 1 diabetes. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99(5):1701-11.
 25. El-Khatib FH, Balliro C, Hillard MA, Magyar KL, Ekhlaspour L, Sinha M, et al. Home use of a bi-hormonal bionic pancreas versus insulin pump therapy in adults with type 1 diabetes: a multicentre randomised crossover trial. *Lancet.* 2017;389(10067):369-80.
 26. Russell SJ, El-Khatib FH, Sinha M, Magyar KL, McKeon K, Goergen LG, et al. Outpatient glycemic control with a bionic pancreas in type 1 diabetes. *N Engl J Med.* 2014;371(4):313-25.
 27. Real-World Use of open source artificial pancreas systems [Internet]. Póster presentado en American Diabetes Association Scientific Sessions [citado: 8/11/2017]. Disponible en: <https://openaps.org/2016/06/11/real-world-use-of-open-source-artificial-pancreas-systems-poster-presented-at-american-diabetes-association-scientific-sessions/>
 28. WeAreNotWaiting to reduce the burden of Type 1 diabetes [Internet]. OpenAPS.org [citado: 17/04/2019]. Disponible en: <https://openaps.org/>
 29. Grunberger G, Abelseth J, Bailey T, Bode B, Handelsman Y, Hellman R, et al. Consensus Statement by the American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology Insulin Pump Management Task Force. *Endocr Pract.* 2014;20(5):463-89.
 30. Bode B, Kylo J, Kaufman FR. Pumping Protocol. A guide to insulin pump therapy initiation [Internet]. Disponible en: <https://s3.amazonaws.com/medtronic-hcp/Pumping%20Protocol%20-%20a%20Guide%20to%20Insulin%20Pump%20Therapy%20Initiation.pdf>. 2007
 31. Wolpert HA. Smart pumping: for people with diabetes: A practical approach to mastering the insulin pump. American Diabetes Association; 2002.
 32. American Diabetes Association. Standard of medical care in diabetes - 2017. *Diabetes Care.* 2017;40(Suppl 1):s4-128.
 33. Malik FS, Taplin CE. Insulin therapy in children and adolescents with type 1 diabetes. *Pediatr Drugs.* 2014;16(2):141-50.
 34. Shalitin S, Phillip M. The use of insulin pump therapy in the pediatric age group. *Horm Res.* 2008;70(1):14-21.
 35. Misso ML, Egberts KJ, Page M, O'Connor D, Shaw J. Continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) versus multiple insulin injections for type 1 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;(1):CD005103.
 36. Bolderman KM. Putting your patients on the pump. American Diabetes Association; 2013.
 37. Pickup JC. Diabetes: Insulin pump therapy for type 2 diabetes mellitus. *Nat Rev Endocrinol.* 2014;10(11):647-9.
 38. Bode BW. Insulin pump use in type 2 diabetes. *Diabetes Technol Ther.* 2010;12(Suppl 1):S17-21.
 39. Fernanda M, Cvlac A, Palacio-barrientos A, Botero-arango JF. Bombas de insulina en diabetes tipo 2, del fundamento a la práctica. *Redalyc.* 2017;31(1):70-6.
 40. Chlup R, Runzis S, Castaneda J, Lee SW, Nguyen X, Cohen O. Complex assessment of metabolic effectiveness of insulin pump therapy in patients with type 2 diabetes beyond HbA1c reduction. *Diabetes Technol Ther.* 2018;20(2):153-9.
 41. Reznik Y, Cohen O, Aronson R, Conget I, Runzis S, Castaneda J, et al. Insulin pump treatment compared with multiple daily injections for treatment of type 2 diabetes (OpT2mise): A randomised open-label controlled trial. *Lancet.* 2014;384(9950):1265-72.
 42. Aronson R, Reznik Y, Conget I, Castañeda JA, Runzis S, Lee SW, et al. Sustained efficacy of insulin pump therapy compared with multiple daily injections in type 2 diabetes: 12-month data from the OpT2mise randomized trial. *Diabetes Obes Metab.* 2016;18(5):500-7.
 43. Herman WH, Ilag LL, Johnson SL, Martin CL, Sinding J, Al Harthi A, et al. A clinical trial of continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2005;28(7):1568-73.
 44. Johnson SL, McEwen LN, Newton CA, Martin CL, Raskin P, Halter JB, et al. The impact of continuous subcutaneous insulin infusion and multiple daily injections of insulin on glucose variability in older adults with type 2 diabetes. *J Diabetes Complications.* 2011;25(4):211-5.
 45. Yeoh E, Beato-Vibora P, Rogers H, Amiel SA, Choudhary P. Efficacy of insulin pump therapy in elderly patients. *Diabetes Technol Ther.* 2015;17(5):364-5.
 46. Rizvi AA, Petry R, Arnold MB, Chakraborty M, Chakraborty M. Beneficial effects of continuous subcutaneous insulin infusion in older patients with long-standing type 1 diabetes. *Endocr Pract.* 2001;7(5):364-9.
 47. Matejko B, Cyganek K, Katra B, Galicka-Latala D, Grzanka M, Malecki MT, et al. Insulin pump therapy is equally effective and safe in elderly and young type 1 diabetes patients. *Rev Diabet Stud.* 2011;8(2):254-8.
 48. Galassetti P, Riddell MC. Exercise and type 1 diabetes (T1DM). *Compr Physiol.* 2013;3(3):1309-36.
 49. Riddell MC, Mph B a P. Type 1 diabetes and vigorous exercise: Applications of exercise physiology to patient management. *Can J Diabetes.* 2006;30(416):63-71.
 50. Robertson K, Adolfsson P, Scheiner G, Hanas R, Riddell MC. Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2009;10(Suppl.12):154-68.
 51. Gomez AM, Gomez C, Aschner P, Veloza A, Muñoz O, Rubio C, et al. Effects of performing morning versus afternoon exercise on glycemic control and hypoglycemia frequency in type 1 diabetes patients on sensor-augmented insulin pump therapy. *J Diabetes Sci Technol.* 2015;40(2):2-7.
 52. Tsalikian E, Mauras N, Beck RW, Tamborlane WV, Janz KF, Chase HP, et al. Impact of exercise on overnight glycemic control in children with type 1 diabetes mellitus. *J Pediatr.* 2005;147(4):528-34.
 53. Mcauley SA, Horsburgh JC, Ward GM, Gerche A La, Gooley JL, Jenkins AJ, et al. Insulin pump basal adjustment for exercise in type 1 diabetes: a randomised crossover study. *Diabetologia.* 2016;1636-44.
 54. Hussain S, Oliver N. Insulin pumps and continuous glucose monitoring Made Easy. Elsevier; 2016.
 55. Kaufman FR. American Diabetes Association. Insulin pumps and continuous glucose monitoring. American Diabetes Association; 2012.
 56. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes-2014. *Diabetes Care.* 2014;37(Suppl 1):S14-80.
 57. Boyle ME, Seifert KM, Beer KA, Mackey P, Schlinkert RT, Stearns JD, et al. Insulin pump therapy in the perioperative period: A review of care after implementation of institutional guidelines. *J Diabetes Sci Technol.* 2012;6(5):1016-21.
 58. Boyle ME, Seifert KM, Beer KA, Apsey HA, Nassar AA, Littman SD, et al. Guidelines for application of continuous subcutaneous insulin infusion (insulin pump) therapy in the perioperative period. *J Diabetes Sci Technol.* 2012;6(1):184-90.
 59. Coustan DR, Reece EA, Sherwin RS, Rudolf MC, Bates SE, Sockin SM, et al. A randomized clinical trial of the insulin pump vs. intensive conventional therapy in diabetic pregnancies. *JAMA.* 1986;255(5):631-6.

60. Jovanovic L. American Diabetes Association. Medical management of pregnancy complicated by diabetes. American Diabetes Association; 2009.
61. Castorino K, Paband R, Zisser H, Jovanović L. Insulin pumps in pregnancy: Using technology to achieve normoglycemia in women with diabetes. *Curr Diab Rep.* 2012;12(1):53-9.
62. Bode BW, Steed RD, Schleusener DS, Strange P. Switch to multiple daily injections with insulin glargine and insulin lispro from continuous subcutaneous insulin infusion with insulin lispro: a randomized, open-label study using a continuous glucose monitoring system. *Endocr Pract.* 2005;11(3):157-64.
63. Pearson SM, Trujillo JM. Conversion from insulin glargine U-100 to insulin glargine U-300 or insulin degludec and the impact on dosage requirements. *Ther Adv Endocrinol Metab.* 2018;9(4):113-21.
64. Pujante Alarcón P, Rodríguez Escobedo R, García Urruzola F, Ares J, Manjón L, Sanchez Ragnarson C, et al. Experiencia tras el cambio de insulina glargina U100 a glargina U300 en pacientes con diabetes tipo 1. Estudio tras un año de tratamiento en vida real. *Endocrinol Diabetes Nutr.* 2019;66(4):210-6.
65. SocialDiabetes [Internet]. SocialDiabetes [citado: 17/04/2019]. Disponible en: https://www.socialdiabetes.com/acceder#calculadora_bolo
66. Admon G. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics.* 2005;116(3):e348-55.
67. Thabit H, Leelarathna L. Basal insulin delivery reduction for exercise in type 1 diabetes: finding the sweet spot. *Diabetologia* [Internet]. *Diabetologia*; 2016;59(8):1628-31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00125-016-4010-8>
68. Children TDRI, Network (Direcnet) Study Group. Prevention of hypoglycemia during exercise in children with type 1 diabetes by suspending basal insulin. *Diabetes Care.* 2006;29(10):2200-4.
69. Murillo S. Diabetes tipo 1 y deporte. Para niños, adolescentes y adultos jóvenes [Internet]. Fundación Diabetes; 2012 [citado:17/04/2019]. Disponible en: https://www.fundaciondiabetes.org/upload/publicaciones_ficheros/10/Diabetes_deporte_jovenes.pdf