Rev Esp Endocrinol Pediatr 2026; Volumen 17 (Suppl 2)
10.3266/RevEspEndocrinolPediatr.pre2026.May.1087

AVANCES EN DIABETES TIPO 1

Sistemas de liberación automatizada de insulina: el futuro

Automated insulin delivery systems: the future

Marga Giménez[1], Jorge Bondia[2], Jesús Moreno-Fernández[3]

[1] *Unidad de Diabetes. Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital Clinic. Barcelona. España*
[2] *Universitat Politècnica de València. CIBERDEM, Instituto de Salud Carlos III. España*
[3] *Sección Endocrinología y Nutrición. Hospital General Universitario de Ciudad Real. Facultad de Medicina de Ciudad Real. Universidad de Castilla-La Mancha. España*

En los últimos años, los sistemas de liberación automatizada de insulina, conocidos como sistemas híbridos de asa cerrada actualmente, han cambiado de forma profunda la manera de tratar la diabetes de tipo 1. Su llegada a la práctica clínica ha permitido mejorar de forma sostenida el control glucémico de muchas personas, aumentando el tiempo en rango y reduciendo tanto la variabilidad glucémica como la exposición a hipoglucemias. Más allá de los indicadores clínicos, estos sistemas han tenido un impacto muy significativo en el día a día de las personas con diabetes de tipo 1, al disminuir la carga constante de decisiones y facilitar una mayor sensación de seguridad y control sobre la enfermedad.

Sin embargo, estos avances no deben interpretarse como una solución definitiva. Los sistemas actualmente disponibles todavía no son completamente automáticos ni accesibles para toda la población que podría beneficiarse de ellos. Persisten limitaciones tecnológicas, organizativas y clínicas, y, de forma muy relevante, barreras económicas que dificultan el acceso. Por ello, el desarrollo futuro de estas tecnologías no puede desligarse de una reflexión profunda sobre la equidad, la accesibilidad y la justicia en su implementación.

Correspondencia:
Marga Giménez
Unidad de Diabetes. Servicio de Endocrinología y Nutrición. ICMDM. Hospital Clínic Barcelona. Barcelona 08036.
Tel.: 93 227 98 46.
E-mail: gimenez@clinic.cat

En la práctica cotidiana, la mayoría de los sistemas de asa cerrada siguen siendo híbridos y requieren la intervención activa de la persona usuaria, especialmente en situaciones habituales, como las comidas o la actividad física. Aunque su eficacia está ampliamente demostrada, la aceptación real de estos dispositivos depende en gran medida de aspectos como la comodidad, la facilidad de uso, la portabilidad y la confianza que generan en la vida diaria, más allá de sus resultados técnicos.

La diabetes de tipo 1 presenta características únicas que condicionan de forma clara el diseño de estos sistemas. A diferencia de otras enfermedades crónicas, el tratamiento depende de manera absoluta de la administración continua de insulina exógena, de la que depende la supervivencia. Esto obliga a que los sistemas de asa cerrada funcionen de forma constante mientras se llevan adheridos al cuerpo, en condiciones que incluyen movimiento, contacto con el agua, cambios de temperatura o impactos accidentales, entre otros. Estas exigencias limitan necesariamente el diseño y la funcionalidad de los dispositivos, y constituyen uno de los principales retos para su uso eficaz en condiciones reales. En este contexto, el diseño centrado en la persona y la participación activa de quienes viven con diabetes en la evaluación y mejora de los dispositivos resulta fundamental, especialmente para quienes tienen necesidades clínicas más complejas.

Además, estos sistemas deben concebirse desde una perspectiva claramente inclusiva. Deben ser comprensibles y manejables tanto para adultos como

para niños y adolescentes, con distintos niveles de habilidades numéricas y comprensión. También deben adaptarse a personas con discapacidades permanentes, como problemas visuales derivados de la retinopatía o limitaciones de destreza, así como a situaciones transitorias relacionadas con episodios agudos de hipoglucemia, hiperglucemia u otras enfermedades intercurrentes que pueden aparecer a lo largo de la vida.

En paralelo al desarrollo industrial, la comunidad de personas con diabetes ha impulsado soluciones de código abierto dentro del movimiento *Do It Yourself,* como OpenAPS, AndroidAPS o Loop. El creciente interés por estos sistemas refleja, en parte, una necesidad no satisfecha de acceso a tecnologías avanzadas. Aunque en usuarios muy motivados han mostrado resultados comparables a los dispositivos comerciales, su uso plantea importantes retos en términos de seguridad, soporte clínico, responsabilidad legal y equidad, lo que limita su generalización. Esta situación pone de relieve la necesidad de ofrecer alternativas reguladas, seguras y accesibles para las personas con mayor complejidad clínica.

El funcionamiento de los sistemas de asa cerrada está estrechamente ligado a la calidad de los sensores de glucosa. La mejora en su precisión y estabilidad, el filtrado de la señal o la estimación de la glucosa en plasma permitiría decisiones más fiables por parte de los algoritmos de control. En el futuro, la incorporación de sensores que integren información adicional, como la detección de cetonas, podría ayudar a entender mejor la fisiología individual y a personalizar la administración de insulina en situaciones específicas.

La introducción de estos sistemas también implica cambios profundos en el modelo asistencial. Su implementación requiere adaptar los programas de educación terapéutica y reforzar los sistemas de apoyo, con la participación activa tanto de los profesionales sanitarios como de las personas con diabetes y sus familias. Aunque la formación inicial puede ser más exigente, a medio plazo se observa una menor necesidad de soporte continuado. No obstante, es esencial que las personas usuarias mantengan las habilidades necesarias para gestionar la enfermedad de forma segura en caso de fallos del sistema. Por ello, los dispositivos deben detectar incidencias de forma clara, y los equipos clínicos deben garantizar circuitos de acompañamiento que refuercen la autonomía y la capacidad de autogestión.

A pesar de los avances logrados, aún existe margen de mejora en términos de usabilidad y carga cognitiva. Una parte importante del desarrollo actual se orienta a reducir la necesidad de cálculos manuales, ajustes de dosis y toma de decisiones complejas, especialmente en relación con las comidas y el ejercicio. El objetivo es avanzar hacia sistemas cada vez más capaces de manejar estas situaciones de forma automática, con una menor intervención explícita por parte del usuario.

En el caso de la alimentación, se están investigando algoritmos capaces de detectar la ingesta de manera automática a partir de la señal del sensor, combinando modelos fisiológicos y técnicas de aprendizaje automático, entre otros. Se trata de un desafío complejo, ya que es necesario detectar la ingesta con suficiente antelación para actuar de forma eficaz, pero minimizando, al mismo tiempo, el riesgo de errores que puedan provocar hipoglucemias.

La gestión del ejercicio físico continúa siendo uno de los mayores retos. Aunque los dispositivos *wearables* permiten registrar múltiples señales fisiológicas, la respuesta glucémica al ejercicio es muy variable y depende de numerosos factores. En los sistemas unihormonales, la suspensión de la infusión de insulina suele ser la principal herramienta disponible, y a menudo resulta insuficiente. Por ello, se están explorando estrategias complementarias, como recomendaciones automáticas de ingesta de hidratos o el uso de sistemas bihormonales, bien con bombas de doble cámara o recomendaciones de minidosis de glucagón para administración manual.

Existen también múltiples aspectos técnicos que pueden mejorar de forma notable la experiencia de uso: mayor estabilidad del modo automático, mejor conectividad, sensores más duraderos, dispositivos más pequeños, mejor interoperabilidad y plataformas de gestión de datos más intuitivas. En la práctica, la aceptación de estos sistemas depende fundamentalmente de su comodidad y facilidad de integración en la vida diaria.

Una automatización más avanzada puede ser especialmente beneficiosa para personas con dificultades en la gestión manual, como limitaciones visuales, problemas de destreza o barreras psicológicas para la adherencia. En este sentido, estas tecnologías tienen el potencial de mejorar la equidad, siempre que su acceso esté garantizado. Además, el desarrollo de insulinas ultrarrápidas, la combinación con terapias adyuvantes y la posibilidad de ajustar dinámicamente el comportamiento del sistema según el perfil del paciente abren nuevas oportunidades para optimizar el control glucémico.

En el ámbito de la personalización, los gemelos digitales *(digital twins)* representan una línea especialmente prometedora. La creación de modelos virtuales individualizados permitiría simular escenarios, anticipar riesgos y adaptar el funcionamiento del sistema a las necesidades cambiantes de cada persona.

Por último, es importante reconocer que la evidencia disponible sigue siendo limitada en las personas

con mayor complejidad clínica, como aquellas con mal control glucémico, alta variabilidad o dificultades de adherencia. Dar respuesta a este grupo requerirá avances adicionales en el diseño, la implementación, la educación y la evaluación. En este contexto, los sistemas híbridos de asa cerrada deben entenderse no como el punto final, sino como una etapa más en un proceso continuo de innovación orientado a lograr una administración de insulina cada vez más eficaz, personalizada, accesible y equitativa.

Bibliografía

1. Blauw H, Onvlee AJ, Klaassen M, van Bon AC, DeVries JH. Fully closed loop glucose control with a bihormonal artificial pancreas in adults with type 1 diabetes: an outpatient, randomized, crossover trial. Diabetes Care 2021 Mar; 44: 836-8.

2. Bondia J, Giménez M, Moreno J. El futuro de los sistemas de asa cerrada. Guía de uso de sistemas de asa cerrada 2026. Grupo de trabajo de tecnologías aplicadas a la diabetes de la Sociedad Española de Diabetes (SED). Madrid; Sociedad Española de Diabetes; 2026.

3. Brown SA, Forlenza GP, Bode BW, Pinsker JE, Levy CJ, Criego AB, et al; Omnipod 5 Research Group. Multicenter trial of a tubeless, on-body automated insulin de- livery system with customizable glycemic targets in pediatric and adult participants with type 1 diabetes. Diabetes Care 2021; 44: 1630-40.

4. Christiansen M, Bartee A, Lalonde A, Jones RE, Katz M, Wolpert H, et al. Performance of an automated insulin delivery system: results of early phase feasibility studies. Diabetes Technol Ther 2021; 23: 187-94.

5. El Youssef J, Castle JR, Bakhtiani PA, Haidar A, Branigan DL, Breen M, et al. Quantification of the glycemic response to microdoses of subcutaneous glucagon at varying insulin levels. Diabetes Care 2014; 37: 3054-60.

6. Jain R, Lammert E. Cell-cell interactions in the endocrine pancreas. Diabetes Obes Metab 2009; 11 (Suppl 4): S159-67.

7. Peters TM, Haidar A. Dual-hormone artificial pancreas: benefits and limitations compared with single-hormone systems. Diabet Med 2018; 35: 450-9.

8. Ranjan, AG, Schmidt S, Holst JJ, Christensen MB, Nørgaard K. Glucose response to low-dose glucagon for insulin-induced mild hypoglycaemia after 12 weeks of high versus low carbohydrate diet. A pilot study. medRxiv, Nov 03, 2020. URL: http://doi.org/10.1101/2020.10.30.20222794.

9. Yavelberg L, Zaharieva D, Cinar A, Riddell MC, Jamnik V. A pilot study validating select research-grade and consumer-based wearables throughout a range of dynamic exercise intensities in persons with and without type 1 diabetes: a novel approach. J Diabetes Sci Technol 2018; 12: 569-76.