



(1) José Caballero Corbalán (2) Daniel Espes (3) Lars Cederblad (4) Per-Ola Carlsson

(1, 2, 4) Departamento de Ciencias Médicas. Facultad de Medicina. Universidad de Uppsala (Suecia)

(2, 3, 4) Digital Diabetes Analytics Sweden AB



¿Puede la inteligencia artificial ayudarnos a identificar y priorizar el seguimiento de aquellas personas con diabetes que más lo necesiten?

A pesar de los avances en el tratamiento actual de la diabetes, la esperanza de vida de las personas con diabetes tipo 1 se reduce en más de 10 años [1]. La regulación fisiológica de los niveles de glucosa es extremadamente compleja y el inevitable aumento de los niveles medios de glucosa en sangre en personas con diabetes aumenta el riesgo de complicaciones a corto y largo plazo. Además, los últimos avances técnicos solo han mejorado marginalmente los índices de control glucémico de las personas con diabetes.

La situación actual de pandemia ha desafiado al sistema sanitario, comprometiendo el seguimiento de pacientes crónicos complejos, entre los cuales se encuentra la población con diabetes. Ante la escasez de tiempo y el aumento de la carga asistencial, agravado por la situación actual de pandemia, *¿cómo podemos optimizar los recursos para poder atender a aquellas personas con diabetes que más lo necesitan?*

LA MONITORIZACIÓN CONTINUA DE GLUCOSA EN EL DÍA A DÍA DE LAS PERSONAS CON DIABETES

En los últimos años, la tecnología para la monitorización continua de glucosa (MCG) ha mejorado considerablemente, pasando de ser un recurso de uso esporádico en centros de referencia a formar parte del día a día de las personas con diabetes, sobre todo tipo 1, gracias a que muchos países han ampliado progresiva-

mente su financiación. El uso continuo de los sensores de MCG ha mejorado drásticamente la calidad de vida de las personas con diabetes. Sin embargo, la gran cantidad de datos generados a partir de los sensores de MCG es difícil de manejar para el paciente y más aún para los profesionales de la diabetes, ya que el número de personas con diabetes que la utilizan ha aumentado progresivamente en los últimos años.

PARADOJA: AUMENTA EL USO DE SENSORES MCG PERO NO SIEMPRE MEJORA EL CONTROL METABÓLICO

A pesar del uso progresivo de los sensores de MCG entre la población con diabetes, la utilización de los datos sigue siendo baja y su uso no se ha visto reflejado más que ligeramente en parámetros de control metabólico como la hemoglobina glicosilada (HbA1c) [2]. En parte, este fenómeno puede deberse a que los datos de los sensores de MCG se analizan e interpretan de forma manual e incluso las recomendaciones elaboradas por las sociedades científicas se centran principalmente en mediciones simples, como el tiempo en rango [3]. Teniendo en cuenta los costes relacionados con el uso de los sensores de MCG (≈ 1300 € / paciente / año) y el aumento progresivo de la carga asistencial que supone el análisis de la ingente cantidad de datos que generan (288 valores al día, unos 26000 al cabo de 3 meses), necesitamos desarrollar herramientas que faciliten la interpretación y el uso de los datos recopilados, agilizando la labor del equipo de diabetes y, a ser posible, aumentando la capacidad de autocontrol por parte del paciente.

UN SISTEMA DE SOPORTE CLÍNICO A PARTIR DE LOS DATOS DEL SENSOR MCG

Para aprovechar al máximo el potencial de los sensores de MCG en el tratamiento de la diabetes, nos hemos

TRAS ANALIZAR LOS DATOS SOBRE LA FRECUENCIA Y LAS CAUSAS SUBYACENTES DE LA HIPOGLUCEMIA, PODEMOS IDENTIFICAR PATRONES EN EL PERFIL GLUCÉMICO, ASÍ COMO AQUELLAS FRANJAS HORARIAS QUE PRESENTAN MÁS FLUCTUACIONES Y QUE POR LO TANTO NECESITAN AJUSTES EN EL TRATAMIENTO DE LA DIABETES

propuesto desarrollar un sistema informatizado de apoyo a la toma de decisiones clínicas (del inglés *computerized clinical decision support system* o CDSS) que pueda generar interpretaciones automatizadas y recomendaciones sobre el tratamiento. Para alcanzar este ambicioso objetivo, hemos analizado los perfiles glucémicos de un gran número de personas con diabetes que usan sensores de MCG de forma continua, en su mayoría con diabetes tipo 1, y hemos combinado nuestra experiencia clínica con técnicas de extracción de datos y aprendizaje automático para capacitar, verificar y validar el sistema CDSS a partir de los datos de los sensores de MCG.

Además del análisis estándar de valores medios de glucosa, HbA1c estimada y tiempo en rangos, nuestro sistema ofrece:

- Análisis de hipo- e hiperglucemias
- Análisis prandial (comidas)
- Análisis de la presión basal

IR MÁS ALLÁ EN LA INTERPRETACIÓN DE LAS HIPOGLUCEMIAS

En cuanto a las hipoglucemias, el sistema no solo identifica su frecuencia, duración e intensidad, sino también la causa subyacente más probable y si los sujetos no responden (con ingesta

de carbohidratos), es decir, si pasa inadvertida. Según los datos disponibles para la interpretación (la hora del día y los niveles de glucosa), hemos identificado tres causas principales de hipoglucemia; 1) bolo de insulina rápida en la comida, 2) corrección excesiva de la hiperglucemia y 3) efecto hipoglucemiante de insulina basal (presión basal). Estas tres causas también pueden validarse mediante registros manuales de la ingesta de carbohidratos y las dosis de insulina.

Basándonos en los datos registrados manualmente, hemos comparado varios modelos de aprendizaje automático. En función de su rendimiento, hemos creado un modelo optimizado personalizado basado en un enfoque de red neuronal convolucional (CNN). Tras analizar los datos sobre la frecuencia y las causas subyacentes de la hipoglucemia, podemos identificar patrones en el perfil glucémico, así como aquellas franjas horarias que presentan más fluctuaciones y que por lo tanto necesitan ajustes en el tratamiento de la diabetes, tanto con insulina (inyecciones bolo-basal o bomba de insulina) como antidiabéticos orales e inyectables.

INTERPRETAR EL PERFIL GLUCÉMICO

A diferencia del pasado, cuando los pacientes registraban sus niveles de glucosa a mano antes y después de las »

FIGURA 1. Clasificación de pacientes según el número de hipoglucemias y su causa más probable

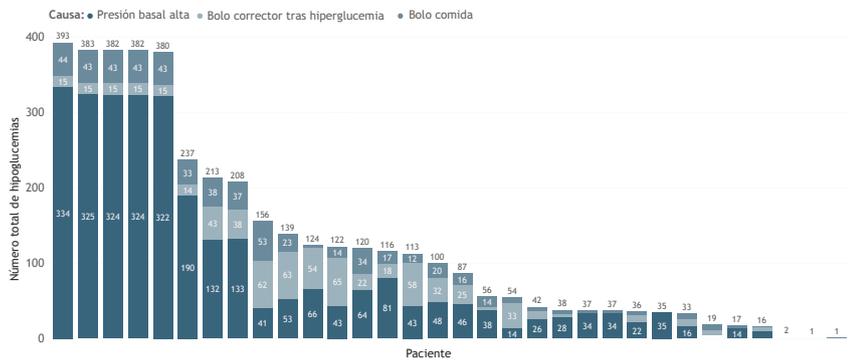


FIGURA 2. Análisis individual del perfil glucémico pre- y postprandial.

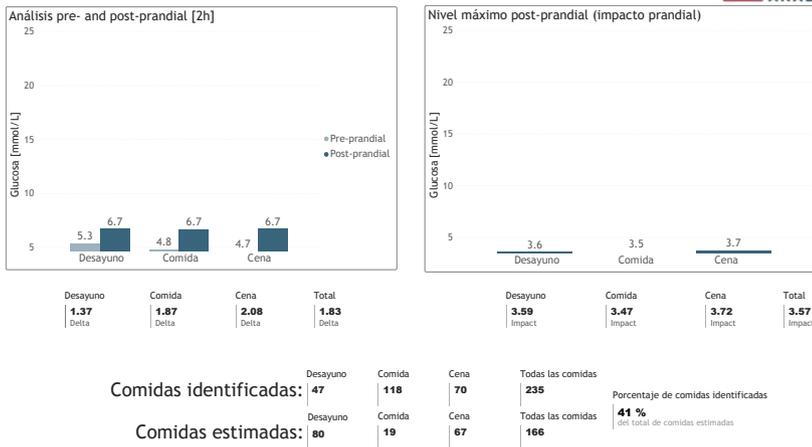
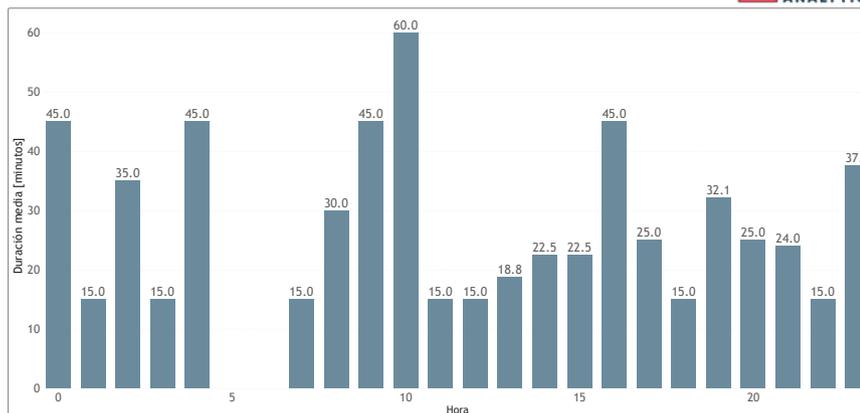


FIGURA 3. Duración media de las hipoglucemias según hora del día



» comidas, la MCG dificulta a menudo la identificación de las comidas de forma retrospectiva, lo que influye en la toma de decisiones a la hora de evaluar los bolos de insulina rápida, a pesar de que tenemos todos los datos de glucosa a mano. En la práctica, tan solo un número muy reducido de personas con diabetes registran la ingesta de carbohidratos y las dosis de insulina. Durante la fase de validación del sistema CDSS pudimos observar que incluso entre las personas que registran la ingesta de carbohidratos de forma sistemática, la marca de tiempo para esa ingesta no siempre es correcta, ya que algunas comidas se registran con antelación mientras que otras se registran de forma retrospectiva. Por lo tanto, hemos capacitado y desarrollado el sistema CDSS para que mediante aprendizaje automático pueda identificar las comidas sin tener datos sobre la ingesta de carbohidratos. De esta forma podemos identificar aquellas comidas que dan como resultado un pico glucémico postprandial mantenido, obviando aquellas en que la dosis de insulina rápida se ha adecuado a la ingesta de carbohidratos. Esta información puede ser utilizada por aquellas personas con terapia bolo-basal así como bomba de insulina, con o sin sistema de asa cerrada, para evaluar las dosis de insulina rápida antes de las comidas.

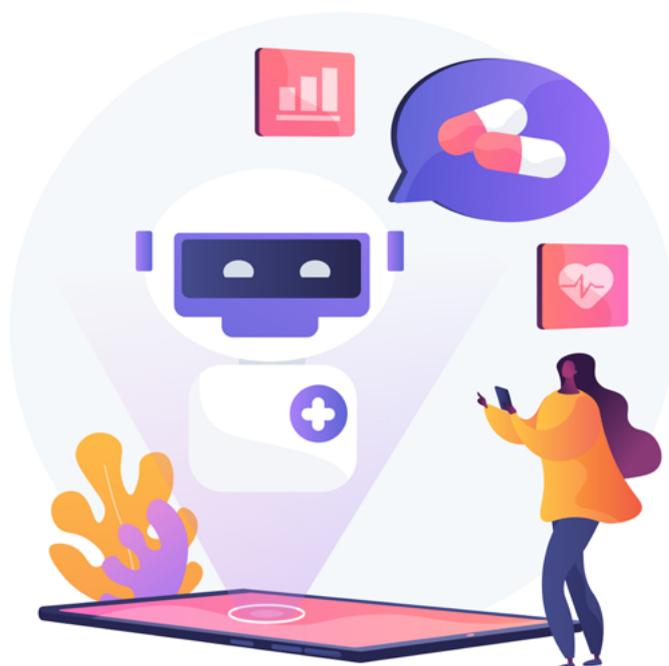
LA PRESIÓN BASAL Y EL TIEMPO EN RANGO

A su vez hemos desarrollado un algoritmo para interpretar el efecto hipoglucemiante de la insulina basal (presión basal) en función de las fluctuaciones de la glucosa en condiciones de ayuno. Esta es una herramienta muy valiosa para aumentar el autocontrol del paciente, debido a que el ajuste de la dosis de la insulina basal se realiza sobre todo durante la consulta con el equipo de diabetes, cada tres o seis meses. Además, si la insulina basal no se dosifica correctamente, es muy difícil lograr niveles de glucosa en rango altos.

BENEFICIOS PARA EL EQUIPO MÉDICO Y PARA LAS PERSONAS CON DIABETES

Lo mejor de un análisis automatizado es que se puede realizar de forma instantánea y continua, con o sin la presencia del paciente. El sistema desarrollado por DDAnalytics se puede utilizar tanto para el análisis detallado del perfil glucémico de pacientes individuales (para darle a la persona con diabetes información sobre su control glucémico y recomendaciones sobre su tratamiento) como para el grupo completo de pacientes con sensores de MCG en un departamento o clínica. Con esta visión general, el equipo médico puede detectar fácilmente aquellas personas cuyo control metabólico se esté deteriorando e identificar aquellas con mayor riesgo, por ejemplo, con un número creciente de hipoglucemias. No obstante, hoy en día, la mayoría de las clínicas carecen de un sistema y de rutinas para interpretar los datos de los sensores MCG entre las visitas, aunque los datos se encuentren disponibles.

Además, en la situación actual de pandemia, con los sistemas sanitarios saturados, un sistema CDSS como el desarrollado por DDAnalytics puede ayudar a acortar el tiempo de visita, proporcionando al equipo médico un resumen con los datos del sensor MCG antes de la consulta. Y en momentos de crisis sanitaria, como los vividos recientemente, poder identificar aquellas personas que necesitan atención urgente y así poder priorizar su seguimiento, de forma presencial o telemática, al tratarse de una herramienta intuitiva completamente digitalizada.



CREEMOS FIRMEMENTE QUE EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DIGITAL AUTOMATIZADO PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DE MCG CONTRIBUIRÁ EN GRAN MEDIDA AL MANEJO DE LA DIABETES

En definitiva, creemos firmemente que el desarrollo de un sistema de soporte digital automatizado para la interpretación de los datos de MCG contribuirá en gran medida al manejo de la diabetes, tanto para las personas con diabetes como para el equipo clínico que les brinda apoyo profesional. Este sistema no solo ahorrará una gran cantidad de tiempo a los profesionales de la diabetes, sino que también facilitará que la asistencia sanitaria sea más equitativa, ya que la interpretación automatizada servirá como una “segunda opinión” disponible para todos los pacientes, unida a la experiencia clínica del profesional sanitario. **D**

BIBLIOGRAFÍA

1. Rawshani, A., et al., Excess mortality and cardiovascular disease in young adults with type 1 diabetes in relation to age at onset: a nationwide, register-based cohort study. *Lancet*, 2018. 392(10146): p. 477-486.
2. Lind, M., et al., Continuous Glucose Monitoring vs Conventional Therapy for Glycemic Control in Adults With Type 1 Diabetes Treated With Multiple Daily Insulin Injections: The GOLD Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2017. 317(4): p. 379-387.
3. Battelino, T., et al., Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. *Diabetes Care*, 2019. 42(8): p. 1593-1603