

Medidores de la glucemia y calculadoras del bolo de insulina

Cristina Tejera Pérez¹, Francisco Carramiñana Barrera²

¹ Servicio Endocrinología y Nutrición, Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz. ² Médico de Atención Primaria, Centro de Salud de San Roque, Badajoz

INTRODUCCIÓN

La evidencia nos ha demostrado que la optimización del control glucémico, tanto en pacientes con diabetes mellitus tipo 1 (DM1) como tipo 2 (DM2), es la mejor estrategia para disminuir las complicaciones micro y macrovasculares. La terapia basal-bolus es la más fisiológica en DM1 y DM2 insulino-pénicos, ya que imita el funcionamiento normal pancreático. Una insulina de acción prolongada cubre las necesidades basales de insulina encargadas de regular la neoglucogénesis hepática, mientras que las dosis adicionales de insulina rápida o ultrarrápida se administran según las ingestas del individuo o bien para corregir una situación de hiperglucemia.

La terapia basal-bolus puede ser administrada en forma de infusión continua subcutánea de insulina (ISCI) o bien en forma de múltiples dosis de insulina (MDI). En la actualidad, el 3 % de los pacientes DM1 reciben tratamiento con ISCI, mientras que el resto y los DM2 insulino-pénicos reciben tratamiento con MDI, ya sea en terapia basal-bolus o en forma de insulina premezclada¹.

¿CÓMO AJUSTAR LA DOSIS DE INSULINA PRANDIAL?

En la pauta basal-bolus, el factor más fácil de ajustar es la basal. Las necesidades basales de insulina suelen ser estables a lo largo del día, con excepción de aquellos pacientes con fenómenos del alba o del atardecer muy marcados. Sin embargo, los bolos de insulina han de ajustarse según la glucemia capilar (GC), los hidratos de carbono (HC) que van a ingerirse y otros factores como el ejercicio físico o las enfermedades intercurrentes. A ello hay que añadir la posible insulina residual (I res) de bolos previos, con el consecuente riesgo de hipoglucemia. Todos estos factores vienen a complicar el cálculo mental que ha de realizar el paciente. Por si esto no fuera poco, deben tenerse en cuenta factores como

la ratio insulina (RI)-HC y el factor de sensibilidad a la insulina (FSI) de cada comida, que definiremos más adelante (tabla 1).

$$\text{Dosis insulina} = \text{RI} \times \text{HC} + \frac{(\text{GC inicial} - \text{GC objetivo})}{\text{FSI}} - \text{I res}$$

Veámoslo con un ejemplo. Juan es un paciente de 29 años con DM1 desde los 13 años, sin complicaciones crónicas conocidas, en tratamiento con basal-bolus y que realiza habitualmente tres comidas sin suplementos adicionales. Como insulina basal, utiliza 20 UI de glargina a las 21 horas, y como insulina rápida, aspart que calcula según su RI: 1,4 UI/ración en desayuno, 1,2 UI/ración al mediodía y 1,3 UI/ración en la cena.

Sus FSI son: para el desayuno 40 mg/dl, para el mediodía 50 mg/dl y para la cena 45 mg/dl. Se dispone a desayunar, antes de ir al trabajo (sedentario), seis raciones de HC, y su glucemia en este momento es de 174 mg/dl. Supongamos que su objetivo de glucemia es de 100 mg/dl. El cálculo que debe realizar el paciente es: RI x número de raciones: 1,4 x 6 = 8,4 UI; (glucemia real - glucemia objetivo) / FSI: (174 - 100)/50 = 1,48; dosis de insulina prandial a administrar: 8,4 + 1,48 = 9,88 → redondeando, 10 UI de insulina aspart.

Supongamos ahora que el paciente, en vez de ir a trabajar, se dispone a jugar un partido de dos horas de tenis, justo cuando ya se ha administrado las 10 UI de insulina aspart. Mide su GC y es de 290 mg/dl. En ese momento, Juan debe decidir si corrige esta glucemia o bien espera a que el ejercicio y la insulina ya administrada disminuyan sus valores de glucemia. Si corrige, debe aplicar la misma regla anterior, pero sin toma de HC: (290-100)/50 = 3,8 → redondeando, deberían administrarse 4 UI de insulina.

Tabla 1. Algunos conceptos importantes

Factor de sensibilidad a la insulina: es el valor de glucemia expresado en mg/dl que disminuye 1 UI de *insulina rápida*

- Para el cálculo de *análogos de insulina*, se calcula como $1800/DTI$
- Para el cálculo de *insulinas humanas*, se calcula como $1500/DTI$

En la DTI, se incluyen tanto las unidades de insulina basal como las de insulina prandial

Índice de insulina por raciones de HC (RI): es la cantidad de insulina necesaria para metabolizar una ración de HC de 10 g

Puede calcularse con dos fórmulas:

- $500/DTI$
- UI insulina rápida/número de raciones de HC

Objetivos de glucemia preprandiales: son propios de cada paciente

- Más exigentes en situaciones como el embarazo
- Más permisivo en situaciones como pacientes con alta tasa de hipoglucemias o con riesgo cardiovascular elevado

Duración de la insulina activa: es el tiempo que la insulina inyectada está ejerciendo su función

Aumento de glucemia tras la comida: es la elevación de glucemia que se considera como adecuada tras una ingesta antes de que la insulina comience a hacer su efecto, ya que esta tiene un tiempo de retardo

Retardo de acción de la insulina: tiempo estimado en el que la insulina administrada comienza a descender la glucemia de forma significativa

Tamaño del aperitivo: define el umbral de ingesta considerado ya como comida y que, por tanto, exige corrección como tal. Puede programarse desde 0 raciones a 2,5 raciones de HC

DTI: dosis diaria total de insulina; HC: hidratos de carbono; RI: ratio insulina.

Esta situación, sacada de un ejemplo real, es la situación a la que varias veces al día hacen frente los pacientes con DM en terapia basal-bolus. Una ecuación complicada en la que numerosas variables forman parte.

Ello hace que el paciente calcule los bolos a administrar de una forma aproximada, lo cual contribuye a que el control metabólico no sea el deseable. De hecho, según el estudio de Ahola et al.², hasta el 64 % de los DM1 realizaban de forma incorrecta el cálculo de insulina prandial, lo cual se ha demostrado incluso en aquellos pacientes con una hemoglobina glucosilada (HbA1c) adecuada según objetivos. Estos resultados se extrapolan a los DM2 en tratamiento con insulina, en los que el 38 % de los pacientes presentan glucemias posprandiales elevadas en el 40 % de las ingestas. La glucemia posprandial contribuye a entre el 30 y el 60 % del valor de la HbA1c.

Entre las causas de errores en el cálculo del bolus se encuentran la falta de tiempo, las necesidades educativas que ello conlleva y la realidad de la práctica asistencial en la que se omiten preguntas sobre FSI o contaje de HC. Este último factor es el más importante a la hora del cálculo del bolus; de hecho, en el estudio Diabetes Control and Complications Trial (DCCT), los pacientes que mejor estimaban los HC tenían 0,5 % menos de HbA1c que aquellos que no lo hacían, porcentaje que se ampliaba al 0,8 % en el caso de que el contaje fuera muy preciso. A ello hay que añadir la

dificultad en la interpretación de los controles de glucemia. Para que los controles de glucemia sean realmente útiles, no solo deben hacerse, sino que deben interpretarse para trasladar esos datos en actuaciones correctas en su tratamiento. Si el DM no interpreta correctamente, sus controles hacen que omita controles de glucemia y tienda a usar dosis prandiales fijas¹.

CALCULADORAS DE BOLUS EN TERAPIA CON MULTIDOSIS DE INSULINA

Calculadoras de bolus disponibles

Para ayudar a los DM en el cálculo de la insulina prandial y la interpretación de los controles de glucemia, se ha desarrollado un *software* capaz de simplificar los cálculos. Este *software* está disponible desde hace 10 años, integrado en las bombas de insulina, y los pacientes portadores de esta terapia se han venido beneficiando de esta aplicación. Sin embargo, los pacientes en tratamiento con MDI no disponían de este soporte.

Hasta la fecha, tenemos disponibles en nuestro país dos calculadoras de bolus: AccuCheck Aviva Expert® (F Hoffmann-La Roche Ltd, Basilea, Suiza) y Freestyle Insulinx® (Abbott Laboratories, Illinois, EE. UU.).

La primera calculadora, AccuCheck Aviva Expert[®], tiene un único modo de configuración, en el cual se pueden programar hasta un total de ocho franjas horarias, atendiendo a las necesidades del paciente en cuanto a objetivos de glucemia, RI y FSI. Estos factores los aplica a la glucemia del momento y la cantidad de HC que se ingiere, ofreciendo un resultado redondeado sobre la cantidad de insulina prandial a administrar. Además, pueden configurarse otros parámetros, como tiempo de acción de la insulina y tiempo de retardo de la misma, tomas intermedias y posibilidad de adaptar los cálculos a situaciones especiales, como ejercicio físico, menstruación o enfermedades intercurrentes³ (figura 1).

Figura 1. Glucómetro AccuCheck Aviva Expert[®]



La segunda calculadora, Freestyle Insulinx[®], tiene dos modos de configuración: modo sencillo y modo experto. En modo sencillo o básico, útil para pacientes que no cuentan HC o bien realizan una dieta fija, da una recomendación en función del FSI a la insulina de cada comida y los objetivos de glucemia. El modo avanzado se asemeja a la calculadora anterior, con la posibilidad de configurar cuatro franjas horarias. No obstante, no incluye la posibilidad de configurar tiempo de retardo de la insulina, si bien no recomienda correcciones hasta dos horas después de una dosis y no permite modificaciones del bolus según situaciones especiales⁴ (figura 2 y tabla 1).

La evidencia se centra en el uso de estos sistemas en los pacientes en tratamiento con ISCI, sin embargo, en los últimos años han aparecido estudios que demuestran sus beneficios en pacientes tratados con MDI en tratamiento con basal-bolus. Hasta el momento actual, se han publicado cinco estudios con AccuCheck Aviva Expert[®] y un estudio con Freestyle Insulinx[®].

Figura 2. Glucómetro Freestyle Insulinx[®]



Estudios con AccuCheck Aviva Expert[®]

El estudio que ha marcado un punto de inflexión en el uso de calculadoras fue publicado en el año 2012 por Schmidt et al., conocido como BolusCal⁵. En este estudio aleatorizado de tres ramas, en 51 adultos DM1 y de 16 semanas de duración, se demostró que, en aquellos pacientes que realizaban contaje de HC y cálculo de bolus prandial manual y en aquellos que también realizaban contaje de HC y hacían uso de la calculadora, descendía significativamente la HbA1c a las 16 semanas. El descenso era mayor para el grupo que usaba la calculadora. Asimismo, los pacientes que empleaban la calculadora manifestaban un alto grado de satisfacción. En el año 2013, los mismos autores publicaron una prolongación de dicho estudio a las 26 semanas (en total, 52 semanas) del inicio del anterior en el que los pacientes que venían ya utilizando la calculadora mantuvieron el descenso de HbA1c; sin embargo, aquellos pacientes que comenzaron a utilizar la calculadora tras estar 16 semanas realizando el cálculo manual empeoraron su HbA1c⁶.

En el último congreso de la Asociación Americana de Diabetes (ADA), Cavan et al. publicaron los resultados preliminares del estudio Abacus, en el que 218 adultos con

DM1 y DM2 se aleatorizaron en dos ramas: una que usaba el cálculo manual y otra que hacía uso de la calculadora. El objetivo fue determinar qué porcentaje de pacientes disminuían el 0,5 % de HbA1c. En el grupo control, el descenso fue del 34,4 %, mientras que en el grupo intervención fue del 65 %, $p < 0,01$. Asimismo, en dicho grupo se constató una mayor satisfacción y una menor variabilidad glucémica expresada por Mean Amplitud of Glycemic Excursions (MAGE). Las hipoglucemias leves aumentaron en el grupo intervención, pero no así las hipoglucemias graves. La precisión en el conteo de HC aumentó al final del estudio⁷.

El estudio que se ha centrado en el desarrollo de hipoglucemias ha sido el de Barnard et al.⁸, en el que se remitió una encuesta a usuarios de calculadora, tanto DM1 como DM2, niños y adultos. De 1412 pacientes, respondieron 588. De ellos, el 76,7 % la usaban para calcular el bolus prandial siempre o casi siempre, y el 41,5 % la empleaban para calcular el bolus corrector. El 52 % consideraba que el uso de calculadora había reducido su miedo a experimentar hipoglucemias, el 78,8 % había aumentado su confianza en calcular las dosis de insulina prandial y el 89,3 % pensaba que el cálculo de dosis era más sencillo haciendo uso de la calculadora.

El estudio de Zucchini et al.⁹ se ha centrado en la edad pediátrica. En él, 30 niños con DM1 se distribuyeron de forma aleatoria a cálculo manual de bolus y empleo de calculadora durante un mes. El objetivo primario fue determinar las glucemias posprandiales situadas entre 90 y 180 mg/dl, y los objetivos secundarios fueron determinar las hipoglucemias posprandiales (< 60 mg/dl) y el descenso de HbA1c. Tras un mes de uso, los pacientes que hacían uso de la calculadora tenían mayor número de glucemias en rango. El número de bolus correctores y de hipoglucemias fue similar en ambos grupos. Hubo también un descenso significativo en la HbA1c en el grupo intervención (7,2 % frente a

7,7 %; $p = 0,008$). El 69,2 % de los pacientes del grupo intervención hicieron uso de la calculadora para decidir el bolus prandial, el 30,8 % utilizó la calculadora para el bolus corrector, el 53,8 % opinaba que la calculadora simplificaba el cálculo de su dosis prandial y el 90 % hizo una valoración de su empleo como fácil o muy fácil.

Estudio con Freestyle Insulin[®]

En el trabajo de Sussman et al.¹⁰, se valoró el número de errores en el cálculo de insulina prandial en DM1 y DM2 ($n = 205$, tanto niños como adultos) en tratamiento con MDI en dos escenarios, normo e hiperglucemia, según el uso o no de la calculadora de bolos Insulin[®], tanto en modo sencillo como en modo avanzado. Para ello, se determinó la necesidad de administrar un bolus corrector entre tres y ocho horas de la administración de insulina. El porcentaje de pacientes que realizaron el cálculo de forma incorrecta, llevándolo a cabo de forma manual, fue del 63 %, y en el caso de los pacientes que utilizaron la calculadora, fue del 6 %. El 83 % de los pacientes del estudio se sintieron más seguros empleando la calculadora y el 97 % preferían hacer uso de la calculadora, en vez de seguir realizando los cálculos de forma manual.

LA IMPORTANCIA DEL PROFESIONAL SANITARIO. PARÁMETROS A CONFIGURAR

La importancia del profesional sanitario

Si bien estos glucómetros ayudan a calcular bolus prandiales y correctores, también posibilitan un análisis exhaustivo de los resultados, al igual que otros glucómetros (tabla 2). Sin embargo, tanto por parte del profesional como por parte

Tabla 2. Características básicas de las dos calculadoras de bolus disponibles

AccuChek Aviva Expert [®]	Insulinx FreeStyle [®]
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Modo único de configuración</i> • <i>Hasta ocho franjas horarias</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dos modos de configuración: sencillo y avanzado</i> • <i>Modo sencillo: seleccionar ingesta, dosis fija de insulina según comida del día, FSI y objetivos, tiempo fijo de acción de la insulina (4 horas)</i>
Ratio y FSI	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Modo avanzado: 4 franjas horarias no modificables (ratio y FSI)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Parámetros adicionales:</i> Tiempo de acción insulina, tiempo de retardo, aumento de glucemia tras ingesta, tamaño de aperitivo, eventos de salud	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Parámetros adicionales:</i> Tiempo de acción de la insulina, no recomienda corrección antes de dos horas, pantalla táctil
FSI: factor de sensibilidad a la insulina.	

del paciente, estos recursos en no pocas ocasiones se infrautilizan. El profesional debe guiar al paciente y ayudarlo a explotar todos estos recursos. Parte de la consulta debe estar orientada a examinar los resultados de glucemia y las actuaciones consecuentes del paciente, y no solo centrarse en parámetros finales de control metabólico, como la HbA1c. Asimismo, estos glucómetros pueden ser utilizados como una herramienta motivacional, ya que el paciente que sabe interpretar sus glucemias gana independencia y flexibilidad en su terapia.

Parámetros a configurar

Para que el glucómetro con calculadora de bolus realice una recomendación sobre la insulina a administrar, se deben programar una serie de parámetros:

- **FSI:** es el valor de glucemia expresado en mg/dl que disminuye 1 UI de insulina rápida. Para el cálculo de análogos de insulina, se calcula como $1800/\text{dosis diaria total de insulina (DTI)}$. Para el cálculo de insulinas humanas se calcula como $1.500/\text{DTI}$. En la DTI se incluyen tanto las unidades de insulina basal como las de insulina prandial.
- **Índice insulina por raciones de hidratos de carbono (RI):** es la cantidad de insulina necesaria para metabolizar una ración de HC de 10 g. Puede calcularse con la fórmula $500/\text{DTI}$ o con la fórmula *UI insulina rápida/número raciones de HC*.
- **Objetivos de glucemia preprandiales:** son propios de cada paciente. Se puede ser más exigente o bien más permisivo, según la situación fisiológica y metabólica del paciente. Se será más exigente en situaciones como el embarazo o más permisivo en situaciones como pacientes con alta tasa de hipoglucemias o riesgo cardiovascular elevado.
- **Duración de la insulina activa:** es el tiempo que la insulina inyectada está ejerciendo su función. Ello implica que el paciente notifique al medidor que se ha inyectado insulina para que sea tenida en cuenta en futuros cálculos.

- **Aumento de glucemia tras la comida:** es la elevación de glucemia que se considera como adecuada tras una ingesta antes de que la insulina comience a hacer su efecto, ya que esta tiene un tiempo de retardo.
- **Retardo de acción de la insulina:** tiempo estimado en el que la insulina administrada comienza a descender la glucemia de forma significativa.
- **Tamaño del aperitivo:** define el umbral de ingesta considerado ya como comida y que, por tanto, exige corrección como tal. Puede programarse desde 0 raciones a 2,5 raciones de HC.

CONCLUSIONES

La optimización del control glucémico es la clave en la prevención de complicaciones en nuestros pacientes con DM. En los pacientes en tratamiento con insulina en régimen de basal-bolus, debemos incidir en el control de la glucemia posprandial. Las calculadoras de bolus son una herramienta útil porque reducen el tiempo empleado en el cálculo de las dosis prandiales de insulina y reducen el número de errores. Son en sí mismas una herramienta terapéutica, ya que pueden aumentar la adherencia del paciente y aumentar su autoconfianza. Además, son percibidas como fáciles o muy fáciles de utilizar.

Las calculadoras de bolus también tienen algunos inconvenientes, como que no tienen en cuenta el cálculo de insulina en el período ventana posprandial, otras medicaciones que influyen en la glucemia y la ingesta de grasas y proteínas. Son útiles en pacientes en tratamiento con MDI en pauta basal-bolus, pero no son útiles si el paciente recibe tratamiento con insulina premezclada o con solo insulina basal.

Los datos disponibles indican que el control glucémico mejora con el uso de calculadora de bolus, sin embargo, aún son pocos los estudios realizados. Además, exigen un paso más en la educación diabetológica del paciente; si no, pueden verse relegadas al mero uso como medidor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chico A. Calculadoras de bolus: mucho más que un glucómetro en el manejo de los pacientes con diabetes. *Av Diabetol* 2013;29(5):120-5.
2. Ahola AJ, Mäkimattila S, Saraheimo M, Mikkilä V, Forsblom C, Freese R, et al. Many patients with Type 1 diabetes estimate their prandial insulin need inappropriately. *J Diabetes* 2010;2(3):194-202.
3. <https://www.accu-check.es/es/productos/calculadoresdebolo/index.html>.
4. http://www.abbottdiabetescare.es/productos/producto_insulinx.asp.
5. Schmidt S, Meldgaard M, Serifovski N, Storm C, Christensen TM, Gade-Rasmussen B, et al. Use of an automated bolus

calculator in MDI-treated type 1 diabetes: the BolusCal Study, a randomized controlled pilot study. *Diabetes Care* 2012;35(5):984-90.

6. Schmidt S, Meldgaard M, Serifovski N, Storm C, Christensen TM, Gade-Rasmussen B, et al. Long-term use of an automated bolus calculator in type 1 diabetes. *Diabet Technol Ther* 2013;15 Suppl 1:A90.
7. Ziegler R, Cavan DA, Cranston I, Barnard K, Ryder J, Vogel C, et al. Use of an insulin bolus advisor improves glycemic control in multiple daily insulin injection (MDI) therapy patients with suboptimal glycemic control: first results from the ABACUS trial. *Diabetes Care* 2013;36(11): 3613-9.
8. Barnard K, Parkin C, Young A, Ashraf M. Use of an automated bolus calculator reduces fear of hypoglycemia and improves confidence in dosage accuracy in patients with type 1 diabetes mellitus treated with multiple daily insulin injections. *Diabet Technol Ther* 2012;6:144-9.
9. Zucchini S, Maltoni G, Scipione M, Balsamo C, Rollo A. Utilizzo del calcolatore del bolo automatico in bambini con diabete di tipo 1 in terapia multiniettiva. *GIDM* 2012;32: 100-4.
10. Sussman A, Taylor EJ, Patel M, Ward J, Alva S, Lawrence A, et al. Performance of a glucose meter with a built-in automated bolus calculator versus manual bolus calculation in insulin-using subjects. *J Diabetes Sci Technol* 2012;6:339-44.