



Nutrición Hospitalaria



Trabajo Original

Obesidad

Predictores del fracaso terapéutico a largo plazo tras la cirugía bariátrica: modelo de regresión logística basado en parámetros nutricionales y metabólicos *Predictors of long-term therapeutic failure after bariatric surgery: a logistic regression model based on nutritional and metabolic parameters*

Ángel Martínez González¹, Manuella González Nunes², Francisco Javier Fraile Amador³, Noelia Pena Piñeiro², Maite Argibay Ulloa², Raquel Ruades Patiño²

¹Servicio de Endocrinología y Nutrición; ²Unidad de Enfermería; ³Servicio de Medicina Interna. Hospital Universitario Montecelo. Pontevedra

Resumen

Objetivo: este estudio analizó la evolución del fracaso terapéutico tras la cirugía bariátrica y validó un modelo predictivo de riesgo a 10 años. Se buscó integrar variables clínicas y resultados posquirúrgicos para identificar factores asociados al fracaso y establecer un umbral clínicamente útil para el seguimiento.

Métodos: se realizó un estudio observacional de cohortes retrospectivas en 96 pacientes (78,1 % de mujeres, edad media de 41,3 años, IMC: 44,6 kg/m²) sometidos a bypass gástrico ($n = 75$) o gastrectomía vertical ($n = 19$). El fracaso terapéutico se definió como una pérdida < 50 % del exceso de peso o la recidiva de comorbilidades. Se desarrolló un modelo de regresión logística con IMC inicial, %PEP al año, pérdida de IMC, DM2 y HTA. Se validó mediante curvas ROC y prueba de Hosmer-Lemeshow.

Resultados: el fracaso aumentó del 18 % al 32 % en 10 años. Factores de riesgo: IMC elevado (OR = 1,24), DM2 (OR = 3,77) y HTA (OR = 3,83). La pérdida de IMC al año fue protectora (OR = 0,72). El modelo mostró una buena capacidad predictiva (AUC = 0,858), con umbral óptimo en 28,6 % (sensibilidad del 84,6 %, especificidad del 80,6 %, VPN del 93,1 %). El *bypass* tuvo una menor tasa de fracaso (28 % vs. 38 %) y un mejor rendimiento predictivo (AUC = 0,89 vs. 0,78).

Conclusiones: el modelo predice adecuadamente el fracaso a largo plazo y el *bypass* gástrico resulta más efectivo, recomendándose su priorización en los pacientes con mayor IMC o comorbilidades.

Palabras clave:

Cirugía bariátrica.
Predicción clínica.
Obesidad severa.
Comorbilidades.
Seguimiento a largo plazo.
Peso corporal.

Abstract

Objective: this study analyzed long-term therapeutic failure after bariatric surgery and validated a 10-year predictive risk model. We aimed to integrate clinical and postoperative variables to identify failure-associated factors and establish a clinically useful threshold for follow-up.

Methods: a retrospective observational cohort study was conducted including 96 patients (78.1% women, mean age 41.3 years, BMI 44.6 kg/m²) who underwent gastric bypass ($n = 75$) or sleeve gastrectomy ($n = 19$). Therapeutic failure was defined as < 50 % excess weight loss or recurrence of comorbidities. A logistic regression model was developed including baseline BMI, %EWL at 1 year, BMI reduction, type 2 diabetes (T2DM), and hypertension (HTN). Model performance was assessed using ROC curves and the Hosmer-Lemeshow test.

Results: failure rates increased from 18 % to 32 % over 10 years. Risk factors: higher baseline BMI (OR = 1.24), T2DM (OR = 3.77), and HTN (OR = 3.83). One-year BMI loss was protective (OR = 0.72). The model showed strong predictive capacity (AUC = 0.858), with an optimal threshold of 28.6 % (sensitivity 84.6 %, specificity 80.6 %, NPV 93.1 %). Gastric bypass had lower failure rates (28 % vs. 38 %) and better predictive performance (AUC = 0.89 vs. 0.78).

Conclusions: the model effectively predicts long-term failure, with gastric bypass demonstrating superior outcomes. We recommend prioritizing this procedure for patients with higher BMI or comorbidities.

Keywords:

Bariatric surgery. Clinical prediction. Severe obesity. Comorbidities. Long-term follow-up. Body weight.

Recibido: 08/04/2025 • Aceptado: 02/06/2025

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Inteligencia artificial: los autores declaran no haber usado inteligencia artificial (IA) ni ninguna herramienta que use IA para la redacción del artículo.

Martínez González Á, González Nunes M, Fraile Amador FJ, Pena Piñeiro N, Argibay Ulloa M, Ruades Patiño R. Predictores del fracaso terapéutico a largo plazo tras la cirugía bariátrica: modelo de regresión logística basado en parámetros nutricionales y metabólicos. Nutr Hosp 2025;42(4):695-701

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.05886>

Correspondencia:

Ángel Martínez González. Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital Universitario Montecelo. Calle Mourente, s/n. 36472 Pontevedra
e-mail: angelmg88@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

La obesidad es una enfermedad crónica, multifactorial y de alta prevalencia asociada a un incremento significativo de la incidencia de enfermedades cardiovasculares, diabetes de tipo 2 (DM2), hipertensión arterial (HTA), apnea del sueño y diversas neoplasias. A pesar de los múltiples abordajes terapéuticos disponibles, la cirugía bariátrica ha demostrado ser el tratamiento más efectivo en términos de pérdida de peso sostenida y mejoría de las comorbilidades metabólicas (1,2).

Sin embargo, en la práctica clínica no todos los pacientes logran los beneficios esperados a largo plazo. Se estima que entre el 20 y el 30 % de los individuos intervenidos presentan fracaso terapéutico, definido como pérdida ponderal inadecuada y/o persistencia de patologías asociadas a la obesidad (3,4).

Actualmente, los factores asociados al fracaso a largo plazo no están claramente establecidos. Existen datos que sugieren que variables como el IMC preoperatorio, la presencia de comorbilidades metabólicas y la cinética de pérdida ponderal durante el primer año podrían tener un valor predictivo importante. Sin embargo, la mayoría de los estudios presentan un seguimiento limitado o carecen de modelos clínicos validados que permitan estratificar el riesgo individual de forma práctica (5,6).

En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad el desarrollo de un modelo predictivo clínico-nutricional basado en parámetros accesibles, que permita identificar a aquellos pacientes con mayor probabilidad de fracaso terapéutico a 10 años tras la cirugía bariátrica, y así favorecer intervenciones tempranas y personalizadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO Y POBLACIÓN

Estudio observacional, analítico de cohortes retrospectivas, desarrollada en el Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, un hospital universitario con programa de cirugía bariátrica acreditado. Se incluyeron 96 pacientes adultos consecutivos sometidos a cirugía bariátrica entre enero de 2010 y diciembre de 2013. De estos, 70 pacientes fueron intervenidos mediante *bypass* gástrico (78,13 %), 14 con gastrectomía vertical (19,79 %) y 2 con una técnica malabsortiva (2,08 %). El seguimiento clínico-nutricional se realizó con periodicidad anual hasta completar 10 años poscirugía.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Edad entre 18 y 65 años.
- IMC ≥ 40 kg/m² o IMC ≥ 35 kg/m² con presencia de al menos una comorbilidad (DM2, HTA o dislipidemia).
- Consentimiento informado firmado.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Reintervención de cirugía bariátrica.
- Ausencia de seguimiento completo posoperatorio.

DEFINICIONES (1,2)

- *Exceso de peso prequirúrgico*: se calcula con la fórmula:

Exceso de peso prequirúrgico = peso prequirúrgico – peso ideal.

- *Peso ideal*: se calcula con las siguientes fórmulas:

Hombres: $50 + 2,3 \times ([\text{altura en cm} / 2,54] - 60)$

Mujeres: $45,5 + 2,3 \times ([\text{altura en cm} / 2,54] - 60)$

- *% de pérdida de exceso de peso (%PEP)*: se calcula con la fórmula:

$$\%PEP = ([\text{peso prequirúrgico} - \text{peso postquirúrgico}] / [\text{exceso de peso prequirúrgico}]) \times 100$$

Esta fórmula se utiliza en cada momento temporal después de la cirugía.

- *Exceso de peso posquirúrgico*: se calcula con la fórmula:

Exceso de peso posquirúrgico = peso posquirúrgico – peso ideal

Se calcula en cada momento temporal después de la cirugía.

- *Diferencia de exceso de peso posquirúrgico*: se calcula con la fórmula:

$$\text{Diferencia de exceso de peso postquirúrgico} = \text{exceso de peso prequirúrgico} - \text{exceso de peso posquirúrgico}$$

Se calcula en cada momento temporal después de la cirugía.

- *% IMC perdido en el primer año*: se calcula con la fórmula:

$$\% \text{ IMC perdido en el primer año} = ([\text{IMC prequirúrgico} - \text{IMC 1º año}] / \text{IMC prequirúrgico}) \times 100$$

- *Fracaso terapéutico*: se estableció como criterio compuesto:

- Pérdida del exceso de peso (PEP) < 50 % al año 10.
- Presencia persistente o recurrencia de DM2, HTA o dislipidemia según los criterios de ADA (para DM2) y ESH/ESC (para HTA).

VARIABLES ANALIZADAS

- IMC preoperatorio (kg/m²).
- %PEP al año 1.
- % pérdida de IMC al año 1.
- Presencia de DM2 preoperatoria (diagnóstico clínico y HbA1c $\geq 6,5$ %).
- Presencia de HTA preoperatoria ($\geq 140/90$ mmHg o uso de antihipertensivos).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis univariante

Las variables cuantitativas se presentan con la media y desviación típica si cumplen criterios de normalidad. Los intervalos de confianza se calculan con el "t-test" si se cumplen los criterios de normalidad o si el tamaño de la muestra es mayor de 50. Si no se cumplen los criterios de normalidad, las variables se presentan con la mediana y rango intercuartílico.

El intervalo de confianza de la odds ratio (OR) se calcula con el método de Wilson, y el intervalo de confianza del riesgo relativo (RR) se calcula con el método asintótico.

Análisis multivariante

Para calcular la probabilidad de fracaso terapéutico a los 10 años, se utilizó la regresión logística, donde el fracaso se codifica como 1 y el éxito como 0. Los predictores utilizados fueron: edad, talla, IMC prequirúrgico, exceso de peso prequirúrgico, % de pérdida de exceso de peso (%PEP) en el primer año, % de IMC perdido en el primer año, sexo, y la presencia de patologías previas relacionadas (DM, HTA y dislipemia).

La selección del mejor modelo predictivo se realizó con los métodos "Backward Stepwise" (regresión paso a paso hacia atrás) y el método que incluye todas las posibles ecuaciones, teniendo en cuenta los criterios AUC (área bajo la curva ROC), AIC (índice de información de Akaike) y BIC (criterio de información bayesiana) (5).

Para obtener el intervalo de confianza del área AUC se utilizó el método exacto que usa la distribución binomial.

El punto de corte óptimo que maximiza la sensibilidad y especificidad, suponiendo que los costes de los falsos positivos y falsos negativos son iguales, se obtiene según la metodología de Zweig y Campbell (6). Este método se basa en el cálculo en la curva ROC del punto más cercano al ángulo superior izquierdo (donde sensibilidad = 1 y especificidad = 1), y en el cálculo del punto de máxima eficiencia que maximiza el índice J de Youden (7).

Criterios de significación estadística

Se considera estadísticamente significativo un valor bilateral de $p < 0,05$. Los análisis estadísticos se han realizado con el programa Stata 16.1.

ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación de Pontevedra-Vigo-Ourense con Código de Registro 2024/181 en la fecha 18/02/2024. Los investigadores han seguido las normas éticas y legales aplicables. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito para participar de todos los participantes individuales incluidos en el estudio. El estudio ha sido desarrollado de acuerdo con las recomendaciones de la guía STROBE para estudios observacionales.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS BASALES

El estudio incluyó una cohorte de 96 pacientes con una edad media de $41,3 \pm 9,5$ años, de los cuales el 78,1 % eran mujeres. El IMC preoperatorio promedio fue de $44,6 \pm 6,2$ kg/m², la mayoría de los pacientes (72 %) presentó un IMC inicial entre 40-50 kg/m², destacándose el rango 40-45 kg/m² como el más frecuente (31 %, $n = 30$), con una marcada predominancia femenina (26 mujeres vs. 5 hombres). Solo el 12 % ($n = 11$) de la cohorte registró un IMC superior a 50 kg/m², y ningún paciente superó los 65 kg/m². En cuanto a comorbilidades, la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) estuvo presente en el 33,3 % ($n = 31$) de los casos, y la hipertensión arterial (HTA) en el 32 % ($n = 32$) (Figs. 1 y 2).

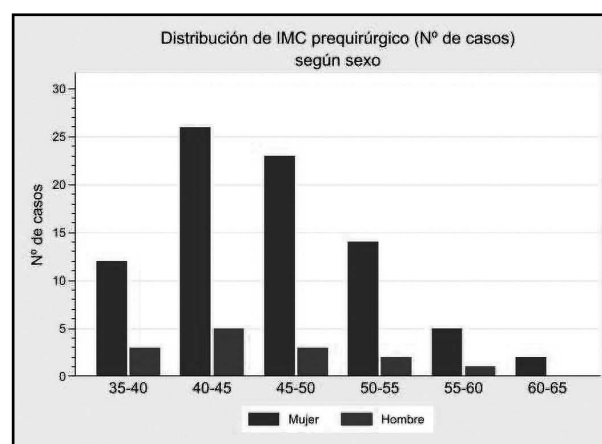


Figura 1. Distribución del índice de masa corporal (IMC) prequirúrgico según el sexo. Los datos muestran el número de casos (n.º de casos) agrupados en intervalos de IMC (35-40, 40-45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65) para mujeres y hombres.

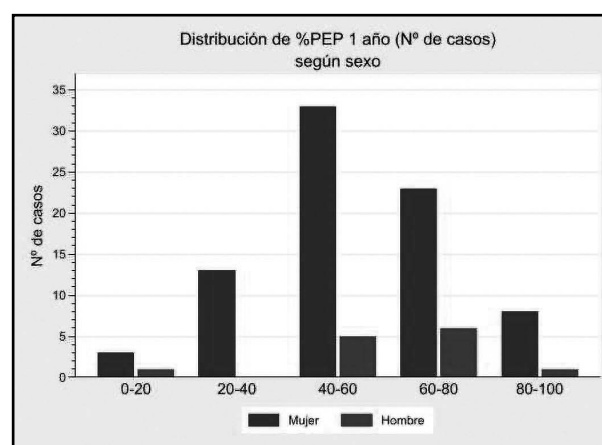


Figura 2. Distribución del porcentaje de pérdida de exceso de peso (%PEP) al primer año posoperatorio según el sexo. Los datos representan el número de casos (n.º de casos) para mujeres y hombres.

EVOLUCIÓN DEL FRACASO TERAPÉUTICO

La tabla I resume la proporción de pacientes con fracaso terapéutico —definido como pérdida de peso < 50 % del exceso o recidiva de comorbilidades— en cada evaluación durante el seguimiento a 10 años. En el primer año, el 18 % ($n = 36$) de los pacientes presentó fracaso, porcentaje que aumentó al 24 % ($n = 48$) a los 5 años y al 32 % ($n = 64$) al final del seguimiento. Es crucial destacar que estos valores reflejan la situación puntual en cada evaluación, no una incidencia acumulada. Por ejemplo, el 8 % de los pacientes que mostraron fracaso a los 5 años lograron recuperar el éxito a los 10 años, mientras que otro 10 % desarrolló fracaso tardíamente. Esta variabilidad subraya la naturaleza dinámica del estado nutricional postquirúrgico, donde mejoras o retrocesos pueden ocurrir en cualquier fase del seguimiento.

RESULTADOS DEL MODELO PREDICTIVO

Factores asociados al fracaso

El modelo logístico identificó variables clave asociadas al riesgo de fracaso a 10 años (Tabla II):

– *Factores de riesgo:*

- IMC preoperatorio elevado: cada unidad adicional de IMC incrementó la probabilidad de fracaso en un 24 % (OR = 1,24; IC 95 %: 1,04-1,48; $p = 0,017$).

Tabla I. Los porcentajes representan la proporción de fracasos en cada tiempo posquirúrgico

Año posquirúrgico	<i>n</i>	Casos con fracaso	% de casos con fracaso
1	96	24	25,00 %
2	96	18	18,75 %
3	96	19	19,79 %
5	96	26	27,08 %
10	96	27	28,13 %

- Presencia de DM2: triplicó el riesgo (OR = 3,77; IC 95 %: 1,14-12,45; $p = 0,029$).

- Presencia de HTA: aumentó el riesgo en un 283 % (OR = 3,83; IC 95 %: 1,18-12,48; $p = 0,026$).

– *Factores protectores:*

- Pérdida de IMC al primer año: cada 1 % adicional de IMC perdido redujo el riesgo de fracaso en un 28 % (OR = 0,72; IC 95 %: 0,55-0,94; $p = 0,020$).

- % de PEP perdido al primer año: aunque el valor de p fue de 0,063, esta variable se mantuvo en el modelo final por su relevancia predictiva. Esto se justifica porque el enfoque del presente análisis es *predictivo*, no *explicativo*. En un modelo predictivo, el objetivo es maximizar la capacidad del modelo para anticipar correctamente el desenlace (fracaso a 10 años), y no evaluar efectos causales ni determinar significación estadística estricta de cada variable.

En este contexto, la inclusión de variables con $p > 0,05$ (pero $< 0,1$) es válida si su presencia mejora el rendimiento global del modelo. El procedimiento utilizado para la selección de variables fue el método *Backward Stepwise*, ampliamente recomendado para modelos predictivos, el cual optimiza los criterios de ajuste como el *AUC* (área bajo la curva ROC), *el AIC y el BIC*. En este método, las variables entran y salen del modelo en función de su efecto conjunto con otras variables, y es posible que algunas se mantengan con valores de p marginales si contribuyen positivamente a la predicción.

Por tanto, la retención del %PEP en el modelo se basa en su *relevancia predictiva*, independientemente de su significación estadística convencional o relevancia clínica individual. Lo fundamental en este enfoque es que la ecuación final logre la mejor discriminación posible entre pacientes con y sin fracaso terapéutico.

ECUACIÓN PREDICTIVA SIMPLIFICADA

La probabilidad de fracaso se calcula mediante la siguiente fórmula:

Tabla II. Modelo de regresión logística multivariante para predecir el fracaso terapéutico a los 10 años

Variable	β (Coef)	OR	SE	<i>z</i>	<i>p</i>	IC 95 % (β)
IMC prequirúrgico	0,212	1,237	0,089	2,40	0,017	0,039 a 0,386
% PEP 1 año	0,133	1,142	0,071	1,86	0,063	-0,007 a 0,273
% IMC perdido 1 año	-0,333	0,717	0,143	-2,32	0,020	-0,614 a -0,052
DM previa	1,327	3,770	0,608	2,18	0,029	0,135 a 2,519
HTA previa	1,343	3,832	0,603	2,23	0,026	0,161 a 2,525
Constante	-9,649	0,000	4,006	-2,41	0,016	-17,501 a -1,796

$P = 1 / (1 + \exp [-a])$; siendo $a = -9,649 + 0,212 \times \text{IMC prequirúrgico} + 0,133 \times \% \text{ PEP 1 año} - 0,333 \times \% \text{ IMC perdido en un año} + 1,327 \times (1 \text{ si DM previa} = 1 \text{ o } 0 \text{ si DM previa} = 0) + 1,343 \times (1 \text{ si HTA previa} = 1 \text{ o } 0 \text{ si HTA previa} = 0)$. Y $\exp (-a)$ es la exponencial de $-a$ (es decir, el número "e" elevado a $-a$).

Ejemplo práctico: Un paciente con IMC = 48 kg/m², PEP perdido al año = 35 %, DM2 y HTA tendría un riesgo estimado del 72 %. Esto ilustra cómo los factores clínicos interactúan: un IMC alto y las comorbilidades "empujan" el riesgo hacia arriba, mientras que una mayor pérdida de peso lo atenúa.

VALIDACIÓN DEL MODELO

El modelo mostró una excelente capacidad discriminativa con un AUC = 0,858 (IC 95 %: 0,773-0,923; Fig. 1), lo que significa que identifica correctamente al 85,8 % de los pacientes que fracasarán. La calibración, evaluada mediante la prueba de Hosmer-Lemeshow ($\chi^2 = 7,26$; $p = 0,509$) confirmó que las predicciones se alinean con las observaciones reales. Utilizando un punto de corte óptimo del 28,6 % de probabilidad, el modelo alcanzó una sensibilidad del 84,6 % (detecta la mayoría de los fracasos) y una especificidad del 80,6 % (minimiza las falsas alarmas). Además, su valor predictivo negativo del 93,1 % asegura que los pacientes clasificados como de bajo riesgo tienen una probabilidad muy alta de éxito a largo plazo (Figs. 3 y 4).

ANÁLISIS DE SUBGRUPOS POR TIPO DE CIRUGÍA

Al estratificar por técnica quirúrgica, se observaron diferencias notables:

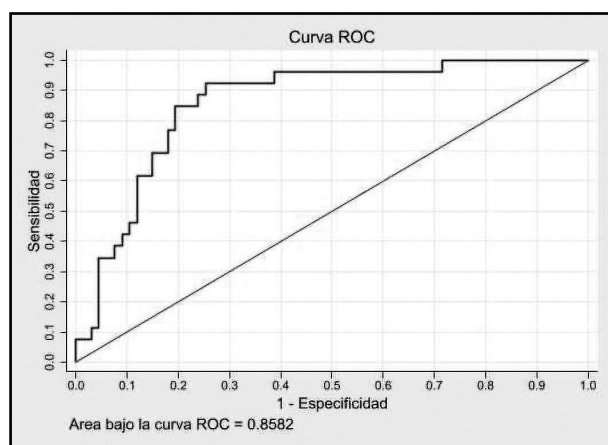


Figura 3. Curva ROC que representa la relación entre sensibilidad (tasa de verdaderos positivos) y 1 - especificidad (tasa de falsos positivos) para diferentes puntos de corte. El área bajo la curva (AUC) de 0,8582 indica un buen rendimiento discriminativo del modelo.

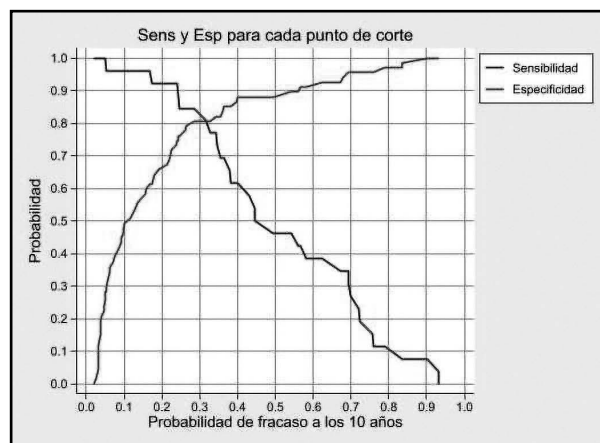


Figura 4. Curva de sensibilidad (Sens) y especificidad (Esp) en función de la probabilidad de fracaso a los 10 años. La gráfica muestra el rendimiento de un modelo predictivo para diferentes puntos de corte, evaluando su capacidad para discriminar entre eventos y no eventos.

– Bypass gástrico (n = 75):

- Menor tasa de fracaso a 10 años (28 % vs. 38 % en gastrectomía; $p = 0,04$).
- Mayor pérdida de PEP al año (68 % vs. 61 %; $p = 0,12$).
- Mejor rendimiento predictivo (AUC = 0,89; IC 95 %: 0,82-0,95).

– Gastrectomía vertical (n = 19):

- Mayor variabilidad en resultados, con solo el 52 % de pacientes en el rango óptimo de PEP (40-60 %) vs. 68 % en el *bypass*.
- AUC inferior (0,78; IC 95 %: 0,70-0,86), sugiriendo menor precisión para predecir el fracaso.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio refuerzan la importancia del primer año posoperatorio como una ventana crítica para evaluar el pronóstico a largo plazo tras la cirugía bariátrica. En particular, la pérdida porcentual de IMC se identificó como un factor protector claro, reflejando tanto el grado de adherencia inicial como la capacidad de respuesta metabólica individual del paciente. Una mayor pérdida ponderal en esta etapa temprana se asocia no solo con mejores resultados a largo plazo, sino también con una mayor probabilidad de remisión de comorbilidades metabólicas y una reducción sostenida del riesgo cardiovascular (7,8).

Por otro lado, la presencia de comorbilidades como la diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) y la hipertensión arterial (HTA) se identificó como un factor de riesgo independiente para el fracaso terapéutico. Estos resultados coinciden con estudios previos que han relacionado la resistencia a la insulina, la inflamación crónica y la disfunción endotelial con una menor respuesta a la intervención quirúrgica. En el caso de la DM2, la resistencia a la insulina y la disfunción de las células beta pancreáticas pueden limitar la mejora del perfil glucémico, incluso tras una pérdida de peso

significativa. La hiperglucemia crónica, junto con la inflamación sistémica de bajo grado, puede interferir con los efectos beneficiosos mediados por incretinas y reducir la sensibilidad a la insulina en tejidos periféricos. Esto limita la capacidad del organismo para aprovechar al máximo los cambios metabólicos inducidos por la cirugía (2,9).

En cuanto a la HTA, su asociación con una menor respuesta metabólica puede deberse a la coexistencia frecuente con disfunción endotelial, rigidez arterial y alteraciones neurohormonales, como la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona. Estos factores reducen la plasticidad vascular y metabólica del organismo, dificultando la mejoría sostenida tras la intervención. Además, el estrés oxidativo y la activación crónica del sistema nervioso simpático, comunes en pacientes hipertensos, pueden contribuir a una recuperación metabólica menos eficiente (10,11).

El modelo propuesto en este estudio ofrece una herramienta sencilla y aplicable en la práctica clínica para estimar el riesgo individual de fracaso terapéutico a largo plazo tras cirugía bariátrica, lo que facilita su integración en algoritmos de seguimiento posoperatorio. En particular, aquellos pacientes que presenten una probabilidad estimada superior al 28,6 % podrían beneficiarse de un enfoque terapéutico más intensivo y personalizado. Este punto de corte representa un umbral clínicamente útil que permite diferenciar de forma práctica a los pacientes con mayor probabilidad de resultados subóptimos. Su utilización en la toma de decisiones clínicas podría permitir la estratificación del riesgo desde etapas tempranas del seguimiento, facilitando la asignación de recursos según necesidad y el diseño de intervenciones adaptadas al perfil de cada paciente.

El umbral del 28,6 % podría servir como criterio de inclusión para circuitos de seguimiento intensivo en unidades de obesidad, permitiendo el diseño de rutas asistenciales personalizadas. Los pacientes que superen este valor umbral podrían ser candidatos a un protocolo estructurado que incluya: visitas clínicas más frecuentes, intervenciones multidisciplinarias intensivas (nutrición, psicología y farmacoterapia) y estrategias de telemonitorización para optimizar la adherencia terapéutica. Este punto de corte también podría guiar decisiones farmacológicas tempranas, como el inicio de agonistas del receptor de GLP-1 o terapias combinadas GLP-1/GIP, en pacientes con alto riesgo de fracaso terapéutico, incluso antes de que manifiesten una regresión ponderal insuficiente.

Desde una perspectiva práctica, este modelo podría integrarse en los protocolos de seguimiento estratificado de las unidades multidisciplinarias de cirugía bariátrica. Su aplicación durante las visitas del primer año posoperatorio permitiría clasificar a los pacientes según su riesgo y ajustar la intensidad del seguimiento en consecuencia: mientras los pacientes de bajo riesgo mantendrían un protocolo estándar, aquellos con riesgo intermedio o alto podrían beneficiarse de un abordaje intensificado con participación coordinada de nutricionistas, endocrinólogos, psicólogos y especialistas en educación terapéutica.

La implementación tecnológica del modelo podría realizarse mediante su incorporación a sistemas de historia clínica

electrónica (HCE), donde su cálculo automatizado a partir de variables clínicas preexistentes generaría alertas y recomendaciones para el equipo asistencial. Paralelamente, el desarrollo de aplicaciones móviles o plataformas digitales para pacientes posquirúrgicos podría transformar este modelo en una herramienta de autoevaluación y seguimiento continuo, potenciando la educación del paciente, su adherencia al tratamiento y permitiendo un monitoreo más dinámico y personalizado.

A pesar de sus fortalezas, el estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el tamaño muestral, si bien suficiente para la modelización estadística, es relativamente reducido, lo cual podría afectar la robustez externa del modelo. Asimismo, al tratarse de un estudio unicéntrico, la generalización de los resultados a otras poblaciones o centros asistenciales podría estar limitada. Por último, no se incluyeron en el análisis, variables potencialmente relevantes como los factores psicosociales, el nivel de actividad física o las características de la microbiota intestinal, que han mostrado una influencia creciente en el metabolismo y la respuesta posquirúrgica.

En cuanto a las perspectivas futuras, será fundamental validar este modelo en cohortes más amplias y multicéntricas, así como explorar la inclusión de nuevos biomarcadores clínicos, hormonales y genéticos que puedan enriquecer su capacidad predictiva. El desarrollo de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial o aprendizaje automático también representa un campo prometedor para la implementación práctica de modelos de predicción personalizados en el contexto de la cirugía bariátrica.

CONCLUSIÓN

Este estudio propone un modelo predictivo clínico basado en datos simples y disponibles en la práctica habitual. La presencia de comorbilidades metabólicas y una pérdida ponderal subóptima durante el primer año postcirugía son factores clave para anticipar el fracaso terapéutico a 10 años. La implementación temprana de estrategias personalizadas puede optimizar los resultados de la cirugía bariátrica en pacientes con alto riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bray GA, Kim KK, Wilding JPH; World Obesity Federation. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obes Rev* 2017;18(7):715-23. DOI: 10.1111/obr.12551
2. Schauer PR, Bhatt DL, Kirwan JP, Wolski K, Aminian A, Brethauer SA, et al. Bariatric Surgery versus Intensive Medical Therapy for Diabetes — 5-Year Outcomes. *N Engl J Med* 2017;376(7):641-51. DOI: 10.1056/NEJMoa1600869
3. Obeidat F, Shanti H, Mismar A, Albsoul N, Al-Qudah M. The magnitude of antral resection in laparoscopic sleeve gastrectomy and its relationship to excess weight loss: a prospective cohort study. *Int J Surg* 2018;56:13-7. DOI: 10.1016/j.ijsu.2018.05.734
4. Karmali S, Brar B, Shi X, Sharma AM, de Gara C, Birch DW. Weight recidivism post-bariatric surgery: a systematic review. *Obes Surg* 2013;23(11):1922-33. DOI: 10.1007/s11695-013-1070-4
5. Risi R, Rossini G, Tozzi R, Pieralice S, Monte L, Masi D, et al. Factors predictive of long-term weight loss following bariatric surgery: a systematic

- review and meta-analysis. *Obes Surg* 2021;31(8):3741-53. DOI: 10.1007/s11695-021-05486-8
6. Courcoulas AP, Christian NJ, Belle SH, Berk PD, Flum DR, Garcia L, et al. Weight change and health outcomes at 3 years after bariatric surgery among individuals with severe obesity. *JAMA* 2013;310(22):2416-25. DOI: 10.1001/jama.2013.280928
7. Adams TD, Davidson LE, Litwin SE, Kim J, Kolotkin RL, Nanjee MN, et al. Weight and metabolic outcomes 12 years after gastric bypass. *N Engl J Med* 2017;377(12):1143-55. DOI: 10.1056/NEJMoa1700459
8. Arterburn DE, Telem DA, Kushner RF, Courcoulas AP. Benefits and risks of bariatric surgery in adults: a review. *JAMA* 2020;324(9):879-87. DOI: 10.1001/jama.2020.12567
9. Mingrone G, Panunzi S, De Gaetano A, Guidone C, Iaiconelli A, Nanni G, et al. Bariatric-metabolic surgery versus conventional medical treatment in obese patients with type 2 diabetes: 5 year follow-up of an open-label, single-centre, randomised controlled trial. *Lancet* 2015;386(9997):964-73. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00075-6
10. Hall JE, do Carmo JM, da Silva AA, Wang Z, Hall ME. Obesity-induced hypertension: interaction of neurohumoral and renal mechanisms. *Circ Res* 2015;116(6):991-1006. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.305697
11. Grassi G, Seravalle G, Brambilla G, et al. Impact of the metabolic syndrome on sympathetic neural and hemodynamic responses to pharmacological stress. *Eur J Clin Invest* 2013;43(1):9-16. DOI: 10.1111/eci.12005