

Conceptos innovadores en cirugía bariátrica que sustentan el bypass gástrico con preservación gastroduodenal (BG-PG): una propuesta técnica

Eduardo Reyes-Pérez, M.D.,^{1,2,3} Laura Montoya Aguilar, M.D.,^{1,2,3} Alfonso Enrique Rivera-Schumm, M.D.^{1,2,3}

1 Instituto de Investigaciones Médico-Quirúrgicas (IIMQ)

2 Instituto de Cirugía Endoscópica Avanzada (ICEA)

3 Clínica de Obesidad y Metabolismo (COME)

Autor para correspondencia: Eduardo Reyes-Pérez

ORCID: 0000-0002-7876-9421

E-mail: reyesperzeduardo@hotmail.com | Tel: +52 1 229 1612831

Paseo La Niña #103, 4to y 5to piso, Fraccionamiento Las Américas, Boca del Río Ver, México 94299

Recepción (primera versión): 23-Noviembre-2020

Aceptación: 4-Marzo-2021

Publicación online: N° Marzo 2021

Resumen:

Objetivo: Desarrollar innovadores conceptos biomecánicos y fisiopatológicos de la bomba gástrica utilizados para sustentar el diseño de una nueva técnica quirúrgica bariátrica / metabólica propuesta, el bypass gástrico con preservación gastroduodenal (GP-GB), y sobre la base de estos conceptos, discutir los beneficios teóricos y la evolución esperada en futuros pacientes tratados con esta técnica.

Materiales y métodos: Se analizó la literatura sobre fisiología del estómago normal y el modificado quirúrgicamente, física de fluidos en general y bombas biomecánicas con el propósito de integrar este conocimiento en el contexto de la biomecánica aplicada de la bomba gástrica para desarrollar conceptos innovadores en cirugía bariátrica. Estos conceptos fueron aplicados en el diseño de una nueva técnica quirúrgica bariátrica / metabólica propuesta, la cual consiste en la combinación de un método de plicatura gástrica modificada (*invirtiendo el triángulo de presión en la luz gástrica*), exclusión pilórica (*de manera externa*) y una anastomosis gastrointestinal isoperistáltica latero lateral (AGI) (*por debajo del nivel del píloro*) con una longitud variable del asa biliopancreática.

Resultados: Se desarrollaron los conceptos biomecánicos y fisiopatológicos de *triángulo de presión invertido y restricción fisiológica, válvula cisura angularis-seno, débito gástrico redistribuido e hipo nutrición controlada, liga pilórica y longitud variable del miembro biliopancreático*. La aplicación de estos innovadores conceptos en el diseño del BG-PG respaldan la técnica y la hacen factible. Teóricamente, la presión intragástrica debería reajustarse según la nueva anatomía, favoreciendo el vaciamiento gástrico a través de la AGI mientras se mantiene la estimulación duodenal con un estómago fisiológicamente restringido. Todos los factores anteriores trabajan juntos para producir los siguientes beneficios esperados para los pacientes tratados en el futuro: preservación de todo el estómago y el duodeno manteniendo su accesibilidad; menos complicaciones relacionadas con el volumen-presión intragástrico; hipo nutrición controlada; sin dispositivos mecánicos; costos más bajos; mejor aceptación del paciente; solo una anastomosis; y potencialmente reversible.

Conclusiones: Estos nuevos conceptos de la bomba gástrica deben tenerse en cuenta para futuros estudios y aplicaciones. Aunque teóricamente se predice que BG-PG producirá una pérdida de peso adecuada, se necesitan ensayos prospectivos para probar esta hipótesis.

Palabras clave:

- Bypass gástrico con preservación gastroduodenal
- Cirugía bariátrica
- Innovación biomecánica/funcional
- Nueva técnica de bypass gástrico

Innovative concepts in bariatric surgery supporting gastroduodenal-preserving gastric bypass: a proposed technique

Abstract:

Objective: To develop innovative biomechanical and pathophysiological concepts of the gastric pump used to support the design of a proposed new bariatric/metabolic surgical technique, gastroduodenal-preserving gastric bypass (GP-GB), and on the basis of these concepts, discuss its theoretical benefits and the expected evolution for future treated patients.

Materials and methods: Literature on normal and surgically modified stomach physiology, fluid physics in general and biomechanical pumps was analyzed in order to integrate this knowledge in the context of the applied biomechanics of the gastric pump to develop innovative concepts in bariatric surgery. These concepts were applied in the design of a proposed new bariatric/metabolic surgical technique, which consists of the combination of a modified gastric plication method (*inverting the pressure triangle* in the gastric lumen), pyloric exclusion (*in an external fashion*) and latero-lateral isoperistaltic gastrointestinal anastomosis (GIA) (*to below the level of the pylorus*) with a variable biliopancreatic limb length.

Results: Biomechanical and pathophysiological concepts of the *inverted pressure triangle and physiological restriction, incisura angularis-sinus valve, redistributed gastric debit and controlled hyponutrition, pyloric "garter" and variable biliopancreatic limb length* were developed. The application of these innovative concepts in the design of the GP-GB support the technique and render it feasible. Theoretically, the intragastric pressure should readjust according to the new anatomy, favoring gastric emptying through the GIA while retaining duodenal stimulation with a physiologically restricted stomach. All of the above factors work together to yield the following expected benefits for future treated patients: preservation of the entire stomach and duodenum with maintained accessibility; fewer intragastric volume-pressure-related complications; controlled hyponutrition; no mechanical devices; lower costs; better patient acceptance; only one anastomosis; and the potential for reversal.

Conclusions: These new concepts of the gastric pump should be taken into account in further studies and applications. Although GP-GB is theoretically predicted to yield appropriate weight loss, prospective trials are necessary to prove this hypothesis

Palabras clave:

- Gastroduodenal-preserving gastric bypass
- Bariatric surgery
- Innovative biomechanical/functional concepts
- New gastric bypass technique

Introducción

La falta de conocimiento sobre las implicaciones biomecánicas y fisiopatológicas de la cirugía bariátrica y sus complicaciones ha obligado a una constante innovación técnica. Hoy en día, la pandemia de obesidad representa el mayor desafío quirúrgico generacional, y diariamente surgen múltiples técnicas para intentar combatirla. A largo plazo, las técnicas mixtas han dado los mejores resultados, pero a expensas de modificaciones estructurales radicales [1-3]. Además, las complicaciones mecánicas, funcionales y nutricionales, así como los recursos económicos y la percepción de los pacientes a tales cambios anatómicos tan drásticos y definitivos, imponen otras limitaciones [4].

Los métodos estándar utilizados para restringir el estómago, como la Gastrectomía vertical, la plicatura gástrica y los procedimientos con banda, entre otros, reducen el volumen gástrico total pero esencialmente mantienen la forma del estómago original. Sin embargo, estos métodos no consideran muchas de las implicaciones biomecánicas y fisiopatológicas de tales modificaciones cuando se realizan solas o en combinación con otras técnicas. Además, todos los métodos de bypass gástrico implican la sección del estómago o el duodeno [5,6].

El presente trabajo incluye una comunicación preliminar sobre una propuesta de cirugía bariátrica y su intención no

es reportar los resultados de la técnica, sino discutir cómo los novedosos conceptos biomecánicos y fisiopatológicos utilizados en su diseño la respaldan con el objetivo sentar las bases para una nueva perspectiva sobre la biomecánica aplicada de la bomba gástrica y en base a estos conceptos, discutir sus beneficios teóricos y la evolución esperada para futuros pacientes tratados con esta técnica.

Material y métodos

Se analizó la literatura sobre fisiología del estómago normal y el modificado quirúrgicamente, física de fluidos en general y bombas biomecánicas con el propósito de integrar este conocimiento en el contexto de la biomecánica aplicada de la bomba gástrica en analogía con la bomba cardíaca para desarrollar conceptos innovadores en cirugía bariátrica. Luego utilizamos estos conceptos para diseñar una nueva técnica quirúrgica bariátrica / metabólica propuesta que preserva todo el estómago y el duodeno, el bypass gástrico con preservación gastroduodenal (BG-PG).

Técnica propuesta

Con el paciente en posición francesa, se coloca un trocar supraumbilical tipo ENDOPATH XCEL® con OPTIVIEW (Johnson & Johnson) para neumoperitoneo, visión telescópica e introducción de suturas. Se introducen cinco

trócares más de 5 mm: uno en el epigastrio, uno en el hipocondrio derecho, dos en el hipocondrio izquierdo y uno en el flanco izquierdo.

El área del estómago a plicar se marca trazando dos líneas rectas: una línea horizontal de derecha a izquierda del paciente que une las curvaturas menor y mayor y pasa por el borde superior horizontal del antro gástrico, y una segunda línea perpendicular a la primera que une ambas curvaturas a través del borde interior del cuerpo del estómago. En el punto de intersección de estas líneas, se crea un ángulo recto cuya bisectriz une esta intersección con el borde exterior del seno. La plicatura nunca debe exceder el punto medio de la bisectriz, ni hacia la luz del estómago ni distal a la curvatura mayor. Este punto es marcado.

Liberar la curvatura mayor desde el punto final de la línea recta vertical previamente marcada hasta el ángulo de His. El seno liberado se tracciona hacia la izquierda para identificar mejor el píloro, que se obtura con una sutura barbada de 2/0 no absorbible siguiendo la orientación del anillo muscular fácilmente visible. Utilizando una sonda de calibración gástrica de 38 French sin forzar su paso hacia el antro distal, se realiza la plicatura gástrica en dos planos. El primero se realiza con puntos separados de Prolene 2/0, y el segundo con puntos continuos de sutura barbada de 2/0 no absorbible. Esta modificación se realiza para que los segmentos distales tengan una superficie luminal gástrica funcional mayor que los segmentos proximales (*triángulo de presión invertido*). La longitud del asa biliopancreática (ABP) se mide de acuerdo con las necesidades nutricionales y metabólicas específicas de cada paciente.

Ya sea por laparoscopia o cirugía abierta, se utiliza sutura Monocryl® 2/0 para realizar una anastomosis gastrointestinal isoperistáltica (AGI) de 4,5 cm en dos planos en la cara anterior del antro, con el cirujano en el lado izquierdo del paciente si se realiza por laparoscopia. La AGI debe ubicarse en un sitio que esté por debajo del nivel del píloro y por encima del nivel del seno para mantener la fisiología gástrica. El asa del intestino delgado se une al borde inferior de la plicatura. Sugerimos volver a unir el ligamento gastroepiploico a la plicatura con cuatro o cinco puntos de Vicryl 2/0. También se coloca drenaje (Figs. 1-4). Se podrían realizar estudios de endoscopia y radiología transoperatorios y postoperatorios (Figs. 5, 6).

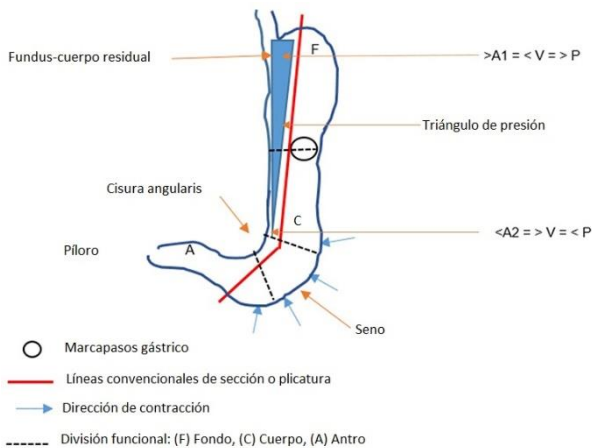


Figura 1. Anatomía funcional. Diseño convencional de la cirugía de manga gástrica/plicatura gástrica.

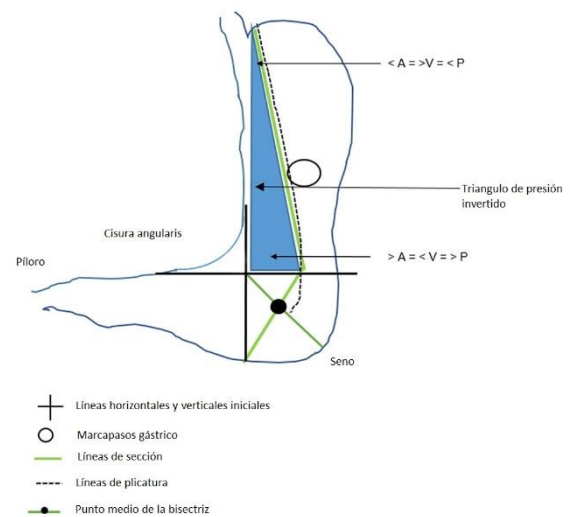


Figura 2. Triángulo de presión invertido para una restricción fisiológica

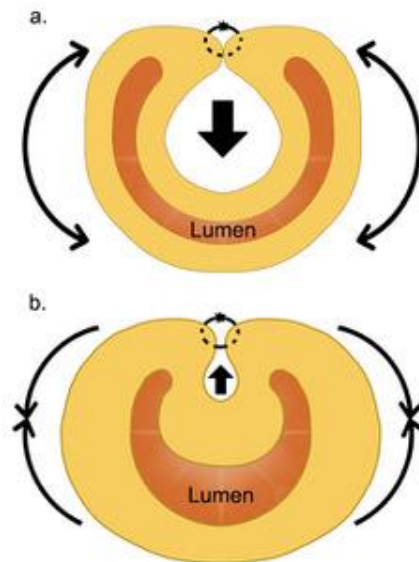


Figura 3. "Liga pilórica" a) relajación; b) contracción

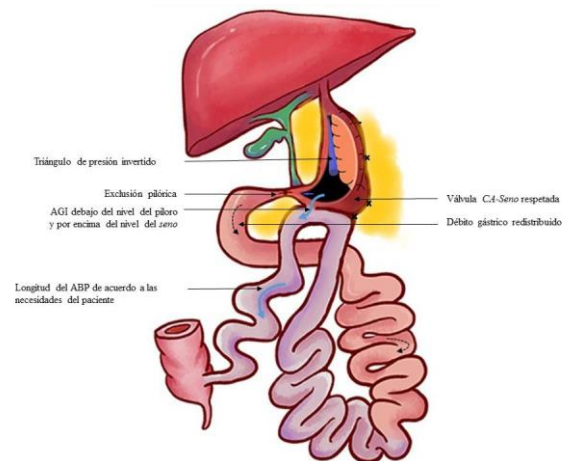


Figura 4. Integración de los nuevos conceptos que respaldan al BG-PG

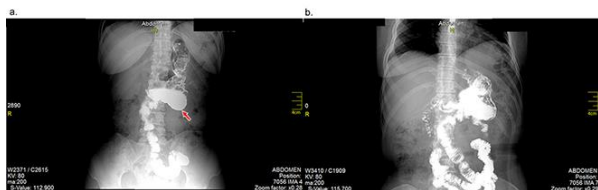


Figura 5. Serie gastrointestinal superior: a) llenado; b) vaciado

Imágenes tempranas a): triángulo de base inferior respetando el seno (triángulo de presión invertido); tránsito intermitente del medio de contraste a través de la AGI sin pasar al duodeno

Imágenes tardías b): tránsito filiforme del medio de contraste al duodeno solo al momento de la contracción de la bomba antral (débito gástrico redistribuido)

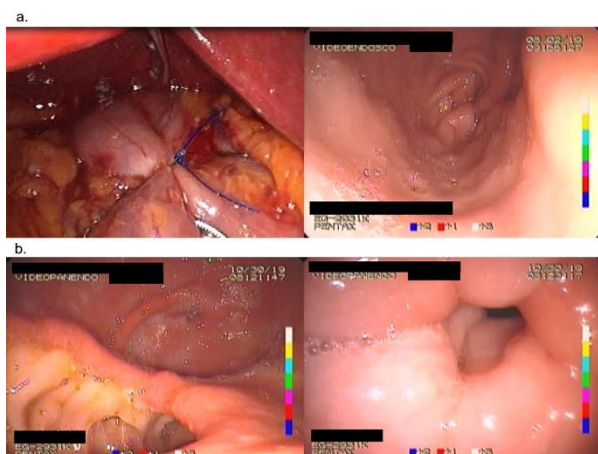


Figura 6. a) Exclusión pilórica. b) AGI y píloro con paso potencial del endoscopio al duodeno

Resultados

INTEGRACION DEL CONOCIMIENTO EN EL CONTEXTO DE LA BIOMECÁNICA APLICADA DE LA BOMBA GÁSTRICA

BIOMECÁNICA APLICADA

En el estómago normal, la biomecánica está bien definida en términos de propiedades físicas: patrones de llenado y vaciado, diferencias de área, velocidad del flujo y resistencia al flujo, presión generada, gasto (débito) y mecanismos reguladores neuroeléctricos [7].

El estómago como bomba viscoelástica

De manera análoga al corazón, el estómago también podría considerarse una bomba viscoelástica, que incluye un componente hidráulico que determina la relación entre la capacidad y la presión intragástrica generada por el llenado y una relación entre la presión de eyección y el vaciado, cuestiones que corresponden a la mecánica de fluidos y la física en general. [8, 9]. Estas bio bombas con paredes elásticas y flujo intermitente operan según el principio de desplazamiento positivo, bajo el cual la eyección ocurre como resultado de la reducción del volumen de la cámara ("sístole gástrica"), y su débito (Q) varía con los cambios en la frecuencia de contracción (Fc).

(frecuencia peristáltica) y volumen de eyección (V): $Q = Fc \times V$.

Normalmente, las biobombas pueden compensar un aumento de la resistencia hidráulica reduciendo el flujo [10]. Aquí, las leyes físicas, como la ecuación de Laplace, la distensibilidad y las curvas de presión-volumen, se aplican y son especialmente importantes en el llenado de la cámara ("diástole / relajación gástrica") [11, 12]. Por el contrario, en las bombas rígidas, el volumen expulsado (V) en cada ciclo es constante, de modo que el caudal (Q) varía solo con los cambios en la frecuencia de funcionamiento (f): $Q = V f$ [9, 13].

El píloro regula la producción gástrica que llega al duodeno y simula una válvula elastomérica intermitente que actúa como una "liga" [7, 13, 14].

El dedo al final de una manguera de agua que fluye

En el estómago restringido quirúrgicamente (después de la cirugía convencional de manga gástrica o plicatura gástrica), el nuevo estómago proximal se transforma en un conducto gástrico casi indeformable [15], que perpetúa un triángulo de presión con una base proximal más ancha en el área del fondo / cuerpo residual (FC) [área 1 (A1)] y un vértice distal con un área más pequeña al nivel de la unión cuerpo-cisura angularis (C-CA) [área 2 (A2)]. Aquí, ahora aplican diferentes leyes físicas a las del estómago original, como la ecuación de continuidad del flujo, el principio de Bernoulli, la ley de Pascal y los triángulos de presión. De acuerdo con la ecuación de continuidad, la conservación de la masa de fluido a través de dos secciones (A1 a A2) de un conducto o tubo de flujo (estómago modificado) establece que el flujo de entrada es igual al flujo de salida: $Q_1 = Q_2$. En estos tubos rígidos, el problema se reduce a estimar la velocidad media del fluido en una sección determinada. El principio de Bernoulli complementa la ecuación de continuidad de tal forma que podemos resumir lo anterior de la siguiente manera: $> \text{área (A)} = < \text{velocidad (V)} = > \text{presión (P)}$, y viceversa (Fig. 1) [12, 16].

Este segmento, convertido en una bomba rígida sin distensibilidad proximal, no compensa el aumento de la resistencia hidráulica a nivel del ángulo C-CA y produce un gradiente de presión retrógrado proximal hacia la base del triángulo a pesar del vaciamiento gástrico acelerado; esto indica claramente el lugar de predilección y los tipos de complicaciones en estas cirugías [por ejemplo, estenosis, torsión, fístula, hernia, enfermedad por reflujo gastroesofágico (ERGE)] [17, 18].

Un dedo colocado al final de una manguera de agua que fluye puede servir como un ejemplo burdo; el área en ese sitio se reduce y el líquido aumenta en velocidad a medida que lo atraviesa (vaciamiento rápido) pero a expensas de una presión retrógrada que no puede ser compensada con la distensión de la pared proximal. Los cambios resultantes afectan la capacidad de la relación de presiones de llenado intragástrico en la "cámara antral sistólica", modificando su débito.

FISIOPATOLOGÍA APLICADA

En el estómago normal, la función fisiológica más crítica e importante es la actividad motora gástrica (AMG). La AMG se divide en las fases posprandial e interdigestiva y está controlada por estímulos "extrínsecos e intrínsecos".

La primera fase depende de la innervación vagal, mientras que la segunda fase está controlada por el sistema nervioso mientérico (neurohumoral), que se comunica con las diferentes células marcapasos.

Importancia de la fisiología vagal en el llenado, la mezcla y el vaciado en ambas cámaras.

La fase posprandial (vagal) tiene tres funciones: actuar como reservorio, mezclar y vaciar. En respuesta a la deglución, la inhibición vagal provoca una relajación inicial del fondo gástrico y luego una segunda relajación más intensa, las cuales ajustan la presión intragástrica como respuesta al aumento de la resistencia hidráulica que encuentra el bolo a nivel de unión C-CA debido al tono basal elevado del cuerpo (un espacio virtualmente cerrado durante el ayuno y verdaderamente cerrado durante la contracción antral).

Este ajuste de la presión también se logra mediante la gravedad, la frecuencia, el volumen y la discriminación de la viscosidad del contenido ingerido [13]. El paso gradual del bolo a través del cuerpo hasta el estómago distal provoca distensión, desplazando caudalmente la curvatura mayor varios centímetros y formando el llamado *seno*, que tiene forma de cuña y se ubica justo en oposición a la CA entre el cuerpo y el antro. (Fig. 1). Por tanto, el almacenamiento inicial se produce tanto en el fondo del estómago como en el *seno* [7].

A continuación, la distensión desencadena la estimulación vagal, que provoca contracciones antrales y mantiene el píloro cerrado con una contracción tónica para generar el mecanismo de retropulsión / mezcla y triturado; esto permite sólo el paso de quimo con partículas de 1 a 2 mm de diámetro al duodeno.

Más de una razón para respetar el antro pilórico (cámara antral sistólica)

En la fase interdigestiva (neurohumoral), la AMG depende del complejo motor migratorio (CMM), que actúa principalmente sobre la cámara de vaciado gástrico (cuerpo distal, seno y antro piloro), cuya actividad cíclica tiene una frecuencia de tres ciclos por minuto. Durante esta fase, el píloro permanece completamente relajado, lo que permite vaciar el contenido gástrico que aún no se ha transformado en quimo (sólidos no digeribles). El vaciamiento gástrico en esta fase depende completamente de la presión de contracción peristáltica y no de la presión hidrostática [7, 13, 19, 20].

Puntos anatómicos

Finalmente, la forma del estómago depende de sus inserciones y de la disposición anatómica de sus tres capas musculares, que lo dividen en FC, CA, *seno* y antro piloro (AP) (Fig. 1). A nivel de la unión C-CA, se cruzan de forma muy peculiar y forman un fuerte arco muscular, fácilmente observable durante la endoscopia y cuyo alto tono basal le permite funcionar como una válvula reguladora de alimentos entre las zona proximal y distal del estómago [7, 21].

Lesionando más allá de la función de reservorio gástrico.

En el estómago restringido quirúrgicamente (tras cirugía convencional de manga gástrica, plicatura gástrica

y otras cirugías), en la vía extrínseca, los efectos de los estímulos inhibitorios / excitatorios vagales desaparecen casi por completo, ya que la distensión desaparece con la sección o el plicado, lo que daña la comunicación del marcapasos con el antro y genera contracciones de propulsión inefectivas; además, se pierde el tono de contracción pilórica, lo que afecta a los mecanismos de reservorio, mezclado y vaciado [21]. La vía intrínseca (CMM) también se altera porque el daño a la comunicación neuronal mientérica impide una respuesta motora adecuada a la señal de retroalimentación gastrointestinal [13, 22].

En resumen, estos cambios quirúrgicos influyen negativamente en los diferentes niveles de las tres funciones básicas de las fibras musculares gástricas: 1. *relajación* (fondo, cuerpo, *seno* y píloro); 2. *excitabilidad* (marcapasos gástrico y conducción mioléctrica); y 3. *contractilidad* (ambas cámaras de la bomba gástrica).

Un nuevo punto de vista funcional

Así, el estómago funcional debe ser considerado un sistema de bombeo biomecánico con una cámara de llenado, el FC, unida a una segunda cámara de vaciado, el AP, por una válvula intermitente compleja formada por la cisura angularis-seno (CA-*seno*) (Fig. 1) e interconectados por un sistema de control mioeléctrico (marcapasos).

Discusión

EL DESARROLLO DE LOS NUEVOS CONCEPTOS Y CÓMO SOPORTAN EL BG-PG

Hasta donde sabemos, ningún estudio se ha realizado sobre la analogía entre las bombas gástrica y cardíaca en un intento por desarrollar nuevos conceptos para comprender los cambios biomecánicos y funcionales de un estómago modificado y las consecuencias que apliquen para el diseño de una técnica de cirugía bariátrica / metabólica que preserve todo el estómago y el duodeno con el objetivo de sentar las bases de una nueva perspectiva sobre la biomecánica aplicada de la bomba gástrica.

Los resultados y la fiabilidad de las tres técnicas en las que se basa nuestro procedimiento ya se han descrito ampliamente, razón por la que las elegimos. Seleccionamos una cirugía tipo plicatura gástrica en lugar de una cirugía tipo manga gástrica como componente restrictivo de nuestra técnica ya que, aunque esta última es más efectiva, la seguridad de ambas es prácticamente la misma, y la plicatura gástrica tiene las ventajas de reversibilidad, mejor aceptación y menores costos [5, 23]. Además, proponemos que la modificación a la técnica de plicatura gástrica original (que también podría aplicarse a otros métodos de restricción, como la cirugía de manga gástrica) harán que sea un procedimiento más seguro y adaptable para su inclusión en procedimientos mixtos [24].

Encontrar el punto medio de la bisectriz es muy simple y ayuda a no subestimar la contractilidad residual de la válvula *seno-CA*, independientemente del tamaño o la presencia de deformidades gástricas. Siempre marque el punto medio de la bisectriz antes de iniciar la disección gastroepiploica. Se debe tener cuidado de marcar este punto, que es el punto medio entre la intersección de las líneas gástricas vertical y horizontal (que corren a lo largo

de los bordes vertical y horizontal de la curvatura menor) y el borde exterior de la curvatura mayor (*seno*), no el punto medio entre la CA y el borde exterior del *seno* (Fig. 2).

La intención de este trabajo no es reportar los resultados de la técnica sino discutir cómo los nuevos conceptos desarrollados y utilizados en su diseño la soportan con el objetivo de sentar las bases para una nueva perspectiva sobre la biomecánica aplicada de la bomba gástrica.

CONCEPTOS DE TRIÁNGULO DE PRESIÓN INVERTIDA Y RESTRICCIÓN FISIOLÓGICA

Algunos beneficios biomecánicos y funcionales esperados de modificar el procedimiento de plicatura gástrica e *invertir el triángulo de presión* de la nueva luz gástrica funcional son la eliminación del gradiente de presión retrógrado y la resistencia al bolo en la unión C-CA, disminuyendo la velocidad del flujo gástrico distal ($> A = <V \Rightarrow P$) y aumentando la presión gástrica distalmente a la unión esofagagástrica (disminuyendo las complicaciones relacionadas con la presión-volumen) mientras se permite la distensión y el desplazamiento del *seno* colocándolo por debajo del nivel del píloro (*restricción fisiológica*). Por tanto, durante la contracción de la bomba antral, la presión debe redistribuirse a través de tres vías: proximalmente, hacia la AGI y hacia el píloro (Figs. 2, 5) [7, 13].

Así, la calidad del débito gástrico de líquidos y sólidos podría verse mejorada tanto en la fase posprandial como en la interdigestiva. El daño al marcapasos es limitado y favorece la comunicación mientérica entre las dos cámaras gástricas, lo que conserva la estimulación vagal y humoral tanto como sea fisiológicamente posible mientras logra la restricción. Para realizar estas modificaciones, es suficiente respetar el punto medio de la bisectriz sin utilizar bujías más grandes de lo habitual.

En resumen, estos cambios podrían "revertir los efectos negativos" de la restricción convencional sobre las fibras gástricas que afectan su relajación, excitabilidad y contractilidad, de ahí *la importancia de la fisiología vagal en ambas cámaras y solo alterar la función del reservorio gástrico* (Figs. 2, 4).

Un ejemplo de restricción proximal con un triángulo de presión invertido y un aumento de la velocidad del flujo gástrico se puede encontrar en la funduplicatura de Nissen [25]. Bellanger y Greenway [26] informaron de 529 pacientes que se sometieron a cirugía de manga gástrica que involucró un lumen gástrico funcional de 50 French al nivel de la CA y un lumen gástrico de 34 French proximal a la CA, con una tasa de fuga del 0%; sin embargo, seccionaron el antro a 3 cm del píloro, y las náuseas y los vómitos con deshidratación se reportaron como la complicación más común.

CONCEPTO DE VALVULA CA-SENO

La colocación de un tubo más allá de la CA no garantiza la eliminación de las complicaciones estenóticas u obstructivas a ese nivel [18, 27], pero el uso de bujías de alto calibre disminuye el riesgo de fístula [28]. Por tanto, subestimar de la contractilidad residual en la dinámica *CA-seno* sería el factor más importante que contribuya a la generación de estas complicaciones y debe tenerse en cuenta para evitarlas, como en el diseño del BG-PG.

Lo anterior apoya nuestra teoría de la *CA-seno* como una importante *válvula fisiológica intermitente de llenado / vaciado* que separa, fisiológicamente más que anatómicamente, el estómago proximal del distal y en el que es casi imposible calcular la contractilidad del remanente gástrico [en la gastrectomía subtotal y plicatura gástrica], especialmente en la fase interdigestiva (ya que no se puede evaluar en el período intraoperatorio) porque la fuerza de la contracción muscular cuerpo-antral a ese nivel se ejerce desde la curvatura mayor hacia la CA como una cuña que cierra casi por completo el lumen. En reposo (durante el llenado), esta válvula favorece la estratificación molecular del quimo que por decantación alcanza el nivel del píloro (las moléculas de grasa flotantes pasan primero) [7, 13], de ahí la necesidad de respetar el punto medio de la bisectriz, como sugerimos en el BG-PG, *teniendo en cuenta este nuevo punto de vista funcional* (Fig. 2).

CONCEPTOS DE DÉBITO GÁSTRICO REDISTRIBUIDO E HIPONUTRICIÓN CONTROLADA

Debido a las diferencias de área, la AGI aplica por sí misma un gradiente de presión retrógrado al remanente gástrico (*el dedo al final de una manguera de agua que fluye*) y teóricamente lo dilata con el tiempo, lo que requiere cirugías de revisión para reajustar su volumen; por lo tanto, es sensato ajustar la presión desde la primera cirugía.

El Bypass de una anastomosis gastroileal con manga gástrica (SASI), la gastrectomía en manga más bipartición del tránsito intestinal (SG + TB) y algunos procedimientos de derivación gastrointestinal para afecciones benignas [2, 29, 30] permiten el flujo libre de quimo en el duodeno, pero existe un riesgo de cierre espontáneo o estenosis a largo plazo de la "fístula" gastrointestinal (AGI), ya que el tracto digestivo siempre tiende a utilizar las vías fisiológicas y el efecto metabólico podría perderse con el tiempo, especialmente en el bypass SASI. Santoro informó de tres casos de estenosis anastomótica y Madhy informó de una úlcera y una obstrucción anastomóticas [2, 29]. Además, su componente restrictivo es una cirugía de manga gástrica convencional y, por lo tanto, el vaciamiento gástrico se acelera con una relajación pilórica anormal en la fase posprandial (vagal) [22], por lo que la nutrición no está suficientemente controlada y debe compensarse con una ABP larga.

Por último, el retraso en el vaciamiento gástrico, que está regulado humoralmente por el péptido similar al glucagón -1 (GLP-1) y el péptido YY (PYY) en respuesta a las características del débito gástrico entregado al intestino distal a través de la AGI [2], ejerce su acción principalmente en la fase interdigestiva y no en la fase posprandial vagal (afectada por la resección) [19]. Todo lo anterior significa que el paso del quimo no está controlado ni por la AGI ni por el píloro, especialmente para líquidos en la fase postprandial (carbohidratos en forma líquida).

El diseño estratégico del BG-PG contrarrestaría esos efectos adversos *al invertir el triángulo de presión*, no aplicar cortes ni grapas y respetar la función motora de *la válvula CA-seno* y el marcapasos gástrico. Por tanto, no habría pérdida de la contracción tónica del píloro, evitando así un vaciamiento inicial y tardío acelerado. Esto también favorece la retroimpulsión / mezcla y redirige el quimo a la AGI, disminuyendo el riesgo de cierre espontáneo a largo

plazo y permitiendo solo una pequeña apertura pilórica para liberar presión a la bomba antral, produciendo un *débito gástrico redistribuido*, mínimamente a la estimulación duodenal y mayoritariamente al intestino distal a través de la AGI, que retroalimenta humoralmente a un antro gástrico bien funcional con todos los beneficios de una *hipo nutrición y restricción controladas*, a su vez, esto podría permitir ABP de longitud variable. Por tanto, existe *más de una razón para respetar el antro pilórico* (Fig. 5).

CONCEPTO DE "LIGA PILÓRICA"

La exclusión pilórica con AGI se describió por primera vez en 1977 [30]. En nuestra técnica, optamos por un nuevo método de exclusión pilórica (confeccionada de manera externa) en lugar de un método de exclusión pilórica clásico, y lo logramos utilizando su tensión elastomérica teórica a nuestro favor [14], colocando un solo punto imbricado en el mismo sentido del esfínter y la ayuda de una pinza atraumática deprimiéndolo al momento de apretar laxamente el nudo.

Así, la misma fuerza de tensión circunferencial que ejerce la "liga" (píloro) sobre sí misma cuando se contrae abre paradójicamente la luz y la cierra cuando se relaja. Por lo tanto, esperamos que el píloro permanezca cerrado más tiempo que con un método de exclusión típico mientras conserva su accesibilidad endoscópica y lo mantiene lo más fisiológicamente posible y sin cortarlo (Figs. 3, 6).

El bypass de una anastomosis duodeno ileal/duodeno yeyunal con manga gástrica

(SAD-I / SAD-J + S) preservan el píloro [5, 6] y utiliza bujías muy gruesas para confeccionar una manga gástrica muy laxa. Esto fuerza involuntariamente la sección antral inicial más lateralmente de lo habitual, por lo que es posible que la baja prevalencia de dumping reportada por los autores se deba a los efectos combinados de preservar el píloro, la mayor parte del antro y el *seno* y modificar la presión en el estómago proximal, lo que mejora la calidad del vaciamiento gástrico. Nuestra técnica podría reproducir estos beneficios mientras disminuye los riesgos de cortar el estómago y el duodeno, reduce los costos, no usa dispositivos mecánicos, hace la anastomosis en un antro no desvitalizado y permite una fácil revisión laparoscópica o endoscópica, asegurando así su reversibilidad y mejorando su aceptación por parte de los pacientes.

Tomando en cuenta los puntos anatómicos, el procedimiento vuelve a unir el ligamento gastroepiploico a la plicatura para restaurar la anatomía normal y evitar la torsión del estómago. El asa del intestino delgado se fija al borde inferior de la plicatura en un intento por reducir la tensión de contracción del *seno*, disminuir el reflujo biliar y mantener la AGI por debajo del nivel del píloro (figs. 4-6).

LONGITUD DEL ASA BILIOPANCREÁTICA

Coincidimos con otros autores en que se debería recomendar medir las asas distalmente al ligamento de Treitz cuando se requiera un ABP corta, y proximalmente a la válvula ileocecal cuando se requieran un ABP larga o gastroileal corta [3, 5].

La longitud del ABP debe determinarse de acuerdo con las necesidades nutricionales y metabólicas de cada paciente.

Para el BG-PG sugerimos lo siguiente: IMC 35 a 39 kg / m² = ABP 200-250 cm e IMC 40-50 kg / m² = ABP mayor a 250 cm, conservando siempre al menos 200 cm de asa gastroileal.

UNIENDO TODOS LOS CONCEPTOS

Invertir el *triángulo de presión* y revertir los efectos negativos sobre el estómago residual y la "liga" pilórica, así como respetar la válvula *CA-Seno* al no realizar cortes gastroduodenales, y así se logrará la *restricción fisiológica* del estómago. Ubicar la AGI por debajo del nivel del píloro y por encima del nivel del *seno* favorecerá la *redistribución del débito de la bomba antral* con una estimulación duodenal mínima y asegurará una *malnutrición controlada* para una *longitud variable del ABP*. La aplicación de estos conceptos innovadores en el diseño del BG-PG respalda la técnica y la hace factible.

Teóricamente, la presión intragástrica debería reajustarse según la nueva anatomía favoreciendo el vaciamiento gástrico a través de la AGI mientras se conserva la estimulación duodenal con un estómago fisiológicamente restringido (Fig. 4).

Todos los factores y conceptos anteriores trabajan juntos para producir los siguientes beneficios esperados en pacientes tratados en el futuro: preservación de todo el estómago y el duodeno conservando su accesibilidad; menos complicaciones relacionadas con el volumen-presión intragástrico (ERGE, torsión, estenosis, hernia, fístula, dumping); hipo nutrición controlada; sin dispositivos mecánicos; costos más bajos; mejor aceptación del paciente; solo una anastomosis; y potencialmente reversible.

Conclusiones

La intención de este trabajo no es reportar los resultados de la técnica, sino discutir cómo los nuevos conceptos biomecánicos y fisiopatológicos utilizados en su diseño la respaldan con el objetivo de sentar las bases para una nueva perspectiva sobre la biomecánica aplicada de la bomba gástrica. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta en futuros estudios y aplicaciones.

Además, esta técnica podría ser otra opción en cirugía de revisión. Aunque teóricamente se predice que BG-PG producirá una pérdida de peso adecuada, se necesitan ensayos prospectivos para probar esta hipótesis. Ahora se está llevando a cabo un ensayo prospectivo para determinar los resultados comparativos del procedimiento.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del Instituto de Investigación Médica Quirúrgicas (IIMQ), el Instituto de Cirugía Endoscópica Avanzada (ICEA) y la Clínica de Obesidad y Metabolismo (COME).

Bibliografía

1. Huang C-K, Liu C-C, Hsin M-C, Chen Y-C. Sleeve and sleeve plus. *Ann Laparosc Endosc Surg.* 2017;2(2):24.
2. Santoro S, Castro LC, Velhote MC, et al. Sleeve gastrectomy with transit bipartition: a potent intervention for metabolic syndrome and obesity. *Ann Surg.* 2012;256(1):104–110.
3. Shah K, Nergard BJ, Fagerland MW, Gislason H. Limb length in gastric bypass in super-obese patients-importance of length of total alimentary small bowel tract. *Obes Surg.* 2019;29(7):2012–21.
4. Luck-Sikorski C, Jung F, Dietrich A, Stroh C, Riedel-Heller SG. Perceived barriers in the decision for bariatric and metabolic surgery: results from a representative study in germany. *Obes Surg.* 2019. doi: 10.1007/s11695-019-04082-1
5. Bhandari M, Fobi MAL, Buchwald JN. Standardization of bariatric metabolic procedures: world consensus meeting statement. *Obes Surg.* 2019;29(Suppl 4):309–45.
6. Brown WA, Ooi G, Higa K, Himpens J, Torres A. Single anastomosis duodenal-ileal bypass with sleeve gastrectomy/one anastomosis duodenal switch (SADI-S/OADS) IFSO position statement. *Obes Surg.* 2018;28(5):1207–16.
7. Schulze K. Imaging and modelling of digestion in the stomach and the duodenum. *Neurogastroenterol Motil.* 2006;18(3):172–183.
8. Koch KL. The electrifying stomach. *Neurogastroenterol Motil.* 2011;23(9):815–18.
9. Bustamante J, Valbuena J. Biomecánica de la falla cardíaca [Heart failure biomechanics]. *Insufic Card.* 2008;3(4):173–183.
10. Bustamante J. Biomecánica cardiovascular: aplicación de una disciplina básica en cardiología clínica y quirúrgica [Cardiovascular biomechanics: application of a basic discipline in clinical and surgical cardiology]. *Rev colomb cardiol.* 2000;8(5):233–8.
11. Basford JR. The Law of Laplace and its relevance to contemporary medicine and rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(8):1165–70.
12. Craik ADD. “Continuity and change”: representing mass conservation in fluid mechanics. *Arch Hist Exact Sci.* 2013;67(1):43–80.
13. Harrison SM, Cleary PW, Sinnott MD. Investigating mixing and emptying for aqueous liquid content from the stomach using a coupled biomechanical-SPH model. *Food Funct.* 2018;9(6):3202–19.
14. Boyce MC, Arruda EM. Constitutive models of rubber elasticity: a review. *Rubber Chem Technol.* 2000;73(3):504–23.
15. Yehoshua RT, Eidelman LA, Stein M, et al. Laparoscopic sleeve gastrectomy-volume and pressure assessment. *Obes Surg.* 2008;18(9):1083–8.
16. Ulazia A. Multiple roles for analogies in the genesis of fluid mechanics: how analogies can cooperate with other heuristic strategies. *Found Sci.* 2016;21(4):543–65.
17. Frezza EE, Reddy S, Gee LL, Wachtel MS. Complications after sleeve gastrectomy for morbid obesity. *Obes Surg.* 2009;19(6):684–7.
18. Hii MW, Clarke NE, Hopkins GH. Gastrogastric herniation: an unusual complication following greater curve plication for the treatment of morbid obesity. *Ann R Coll Surg Engl.* 2012;94(2):e76–8.
19. Varon AR, Zuleta J. From the physiology of gastric emptying to the understanding of gastroparesis. *Rev Col Gastroenterol.* 2010;25(2):219–25.
20. Azpiroz F, Feinle-Bisset C, Grundy D, Tack J. Gastric sensitivity and reflexes: basic mechanisms underlying clinical problems. *J Gastroenterol.* 2014;49(2):206–18.
21. Soybel DI. Anatomy and physiology of the stomach. *Surg Clin North Am.* 2005;85(5):875–94.
22. Braghetto I, Davanzo C, Korn O, et al. Scintigraphic evaluation of gastric emptying in obese patients submitted to sleeve gastrectomy compared to normal subjects. *Obes Surg.* 2009;19(11):1515–21.
23. Li YH, Wang BY, Huang YC, et al. Clinical outcomes of laparoscopic greater curvature plication and laparoscopic sleeve gastrectomy: a case-matched control study. *Obes Surg.* 2019;29(2):387–93.
24. Qiu NC, Li W, Liu ME, et al. Comparison of great curvature plication with duodenal-jejunal bypass (GCP-DJB) and sleeve gastrectomy (SG) on metabolic indices and gut hormones in type 2 diabetes mellitus rats. *Obes Surg.* 2018;28(12):4014–21.
25. Farrell TM, Richardson WS, Halkar R, et al. Nissen fundoplication improves gastric motility in patients with delayed gastric emptying. *Surg Endosc.* 2001;15(3):271–4.
26. Bellanger DE, Greenway FL. Laparoscopic sleeve gastrectomy, 529 cases without a leak: short-term results and technical considerations. *Obes Surg.* 2011;21(2):146–50.
27. Saikaly E, Fadel FA, Al Asmar A, El Rassi Z. Gastric twist after laparoscopic sleeve gastrectomy, diagnosis and management: a case series and discussion. *Diabetes Obes Int J.* 2017;2(3). doi: 10.23880/doi-16000159
28. Gagner M. Leaks after sleeve gastrectomy are associated with smaller bougies: prevention and treatment strategies. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2010;20(3):166–9.
29. Mahdy T, Al Wahedi A, Schou C. Efficacy of single anastomosis sleeve ileal (SASI) bypass for type-2 diabetic morbid obese patients: gastric bipartition, a novel metabolic surgery procedure: a retrospective cohort study. *Int J Surg.* 2016;34:28–34.
30. Martin TD, Feliciano DV, Mattox KL, Jordan GL, Jr. Severe duodenal injuries. Treatment with pyloric exclusion and gastrojejunostomy. *Arch Surg.* 1983;118(5):631–5.