

Dislipidemia en pacientes intervenidos con bypass y manga gástrica: Meta-análisis de estudios observacionales

Dyslipidemia in patients undergoing gastric bypass and sleeve gastrectomy: a meta-analysis of observational studies.

Fidel Mauricio Ramírez-Aristizábal¹, Wanderley Augusto Arias-Ortiz², Angie Paola Pérez-Rodríguez³

Resumen

Objetivo. Comparar los resultados clínicos asociados a dislipidemia, pre y postoperatorios de dos procedimientos de cirugía bariátrica, según lo reportado por la literatura científica. **Metodología.** Se realizó un metaanálisis de estudios observacionales siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA y la Guía de Cochrane de Revisiones de Intervenciones. Se emplearon estrategias de búsqueda digital aplicadas a las bases de datos de Embase, PubMed y Bireme. Se empleó un modelo de Restricción de máxima verosimilitud mediante los setos de Hegger y un metaanálisis de subgrupos por tiempo de seguimiento para sintetizar los niveles de Colesterol, HDL, LDL y Triglicéridos reportados en los estudios para pacientes con diagnóstico de sobrepeso y obesidad. **Resultados.** Se identificaron hallazgos relevantes en términos de la variabilidad de los niveles del perfil lipídico, específicamente en intervenciones como sleeve o manga gástrica. En términos de colesterol, LDL y Triglicéridos se identificaron disminuciones importantes, y en HDL incrementos. Se encontraron variaciones según el tiempo de seguimiento, sobre todo a los 12 meses en desenlaces como LDL y Triglicéridos. **Conclusiones.** Los procedimientos de cirugía bariátrica, específicamente el bypass gástrico (RYGB) y la manga gástrica (SG), muestran mejoras significativas en el perfil lipídico de pacientes con obesidad y comorbilidades asociadas. La manga gástrica parece ser más efectiva a largo plazo en aumentar los niveles de HDL y reducir los niveles de LDL. La elección

1. Universidad El Bosque. Facultad de Medicina. Medicina Comunitaria y Salud Colectiva. Bogotá, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1210-5128>

2. Universidad El Bosque. Facultad de Medicina. Medicina Comunitaria y Salud Colectiva. Bogotá, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-4627>

3. Universidad El Bosque. Facultad de Medicina. Grupo de Educación Superior en Salud Bogotá, Colombia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8202-6519>

Correspondencia: framirez@unbosque.edu.co

del procedimiento debe basarse en las condiciones clínicas específicas de cada paciente. Es crucial estandarizar las unidades de medida y considerar los hábitos alimentarios postoperatorios para evaluar la efectividad a largo plazo. Se recomienda un enfoque multidisciplinario y programas educativos personalizados para promover cambios saludables sostenibles.

Palabras clave: Cirugía bariátrica, Dislipidemia, Metaanálisis, Perfil lipídico.

Abstract

Objective. To compare the clinical outcomes associated with dyslipidemia, both pre- and postoperative, of two bariatric surgery procedures as reported in the scientific literature. **Methodology.** A meta-analysis of observational studies was conducted following the recommendations of the PRISMA statement and the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Digital search strategies were applied to the Embase, PubMed, and Bireme databases. Maximum likelihood restriction models using Hegger's sets and subgroup meta-analyses by follow-up time were employed to synthesize levels of Cholesterol, HDL, LDL, and Triglycerides reported in studies for patients diagnosed with overweight and obesity. **Results.** Significant findings were identified regarding the variability in lipid profile levels, particularly in interventions such as sleeve gastrectomy. Notable decreases were observed in cholesterol, LDL, and triglycerides, while HDL levels increased. Variations were found according to follow-up time, especially at 12 months, in outcomes such as LDL and triglycerides. **Conclusions.** Bariatric surgery procedures, specifically Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) and sleeve gastrectomy (SG), show significant improvements in the lipid profile of patients with obesity and associated comorbidities. Sleeve gastrectomy appears to be more effective in the long term in increasing HDL levels and reducing LDL levels. The choice of procedure should be based on the specific clinical conditions of each patient. It is crucial to standardize units of measurement and consider postoperative dietary habits to evaluate long-term effectiveness. A multidisciplinary approach and personalized educational programs are recommended to promote sustainable healthy changes.

Keywords: Bariatric surgery, Dyslipidemia, Meta-analysis, Lipid profile.

Introducción

El término hiperlipemia o dislipidemia se emplea para referirse al aumento de la concentración plasmática de colesterol, triglicéridos y concentraciones anormales de li-

poproteínas en sangre (1)(2); se determina por medio de un examen de sangre, teniendo como parámetro los niveles deseables de grasa en la sangre presentados en la tabla 1:

Tabla 1. Características de los indicadores relacionadas con dislipidemia, según Kreisberg RA et al.

Indicador	Parámetros
Colesterol total	Niveles inferiores a 200 mg/dL (un valor superior a 200 podría sugerir un riesgo incrementado de enfermedad cardiovascular).
Colesterol HDL	Para los hombres, niveles superiores a 40 mg/dL y para las mujeres, superiores a 50 mg/dL.
Colesterol LDL	Niveles por debajo de 130 mg/dL (las personas con cardiopatías o diabetes deben mantener niveles inferiores a 100 mg/dL).
Triglicéridos	Valores inferiores a 150 mg/dL.

Adaptado de: Kreisberg RA, Reusch JEB. Hiperlipidemia (Exceso de grasas en la sangre). J Clin Endocrinol Metab. marzo de 2005;90(3):0-0.

Se trata de una condición asociada a enfermedades crónicas como obesidad, hipertensión, diabetes mellitus, eventos vasculares cerebrales, entre otros. En Latinoamérica, la hipertensión arterial (HTA) y la dislipidemia suelen coexistir con la diabetes (3), y estas tres condiciones incrementan el riesgo de complicaciones crónicas, particularmente enfermedades cardiovasculares (ECV) y renales. De hecho, el 75% de los individuos con diabetes tipo 2 fallecen por causas cardiovasculares.

Su origen está asociado a factores hereditarios, una enfermedad hormonal o hábitos de vida. Para su tratamiento se recomienda un cambio de dieta, la pérdida de peso y el ejercicio (4); en algunos casos, se hace ne-

cesario el uso de medicamentos siendo los fibratos y el niacina los más utilizados para disminuir los triglicéridos y subir el colesterol HDL.

En individuos con obesidad mórbida y síndrome metabólico, se sugiere considerar la opción de la cirugía bariátrica, dado que este procedimiento puede ofrecer un tratamiento efectivo y duradero contra la obesidad y sus comorbilidades, tales como hiperglucemias, hiperlipidemia, diabetes mellitus tipo 2 y riesgo cardiovascular. Además, se ha documentado la utilidad de la cirugía bariátrica en pacientes con obesidad leve a moderada y sobrepeso, con el objetivo de alcanzar un control más eficaz de la diabetes mellitus (5). Este progreso

ha contribuido significativamente al entendimiento de los mecanismos de acción hormonal y ha dado lugar al concepto de cirugía metabólica, proporcionando una definición más precisa de la cirugía bariátrica (CB). Esta no solo influye en la reducción del peso, sino que también provoca cambios neurohormonales y en el gasto energético, produciendo resultados beneficiosos en afecciones como la hipertensión y la dislipidemia.

El bypass gástrico en Y de Roux a través de un abordaje laparoscópico es la cirugía bariátrica más comúnmente realizada a nivel mundial. Según datos de la Sociedad Americana de Cirugía Metabólica y Bariátrica, se efectúan aproximadamente 250,000 de estos procedimientos anualmente. Sin embargo, en los últimos años, la gastrectomía en manga por vía laparoscópica ha ganado mucha popularidad, probablemente debido a que es un procedimiento más sencillo o menos exigente técnicamente en comparación con el bypass gástrico en Y de Roux. La elección del procedimiento quirúrgico óptimo sigue siendo un tema de debate, y existen pocos estudios que comparen la eficacia de estas intervenciones. Por lo tanto, esta revisión sistemática tiene como objetivo proporcionar elementos para la selección de la técnica más adecuada, especialmente en el contexto de la reducción de la hiperlipidemia.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática y metaanálisis siguiendo los parámetros del Manual de Síntesis de Evidencia de Cochrane y las recomendaciones para el reporte de revisiones sistemáticas de PRISMA.

Criterios de selección

Tipos de estudios

Se incluyeron estudios observacionales que vincularan los elementos relacionados con la pregunta PIO: P=pacientes con diagnóstico de obesidad mórbida y comorbilidades asociadas al exceso de peso, I= Procedimientos de Bypass y Manga Gástrica, O= niveles asociados a la dislipidemia. El criterio temporal fue de los últimos cinco años, y en los idiomas de español, inglés y portugués.

Tipos de participantes

Se incluyeron estudios que analizaran participantes con condiciones de Obesidad ($IMC > 30$), también pacientes con comorbilidades relacionadas con el sobre peso y la obesidad, así como, patologías concomitantes comunes como: hipertensión arterial (HTA), Diabetes Mellitus (DM2), Síndrome metabólico (SM). Incluso, se consideró que los pacientes pudieran presentar dislipidemia, previo a la intervención.

Tipos de intervenciones

Para el análisis se tuvieron en cuenta los procedimientos de:

- Bypass gástrico, sin discriminar la vía de abordaje. (RYGB- Bypass Gástrico en Y de Roux)
- Manga gástrica o gastrectomía vertical, sin discriminar la vía de abordaje. (SG- Gastrectomía Vertical, Sleeve y LSG (Gastrectomía Vertical - Sleeve por Laparoscopia)

Desenlaces medidas

Se midieron los desenlaces de Colesterol Total (mg/dL), Triglicéridos (mg/dL), HDL (Colesterol de Alta Densidad) (mg/dL) y LDL (Colesterol de Baja densidad) (mg/dL). En los datos de los estudios que reportaran las unidades en mmol/dL se aplicó una conversión a mg/dL, según el tipo de molécula.

Métodos de búsqueda para la identificación de estudios

Para la identificación de los estudios se diseñaron cuatro ecuaciones de búsqueda con términos normalizados en MeSH y DeCS. Dichas ecuaciones fueron aplicadas en las bases de datos de PubMed, Bireme y Embase.

Recolección de datos y análisis

Para la selección inicial de los estudios, se empleó la herramienta de Rayyan.Ai en la cual se incluyeron los archivos bibliográficos obtenidos de las bases de datos, a continuación, se realizó la lectura de los estudios por parte de los autores FR y AP, y las discrepancias fueron resueltas por un tercer revisor (WA).

Luego de esto, se procedió a realizar la lectura de texto completo, para esto, se tuvieron en cuenta los estudios que cumplieran con los criterios de selección y que mencionaran las características de la población, la intervención y los desenlaces propuestos, esta lectura se realizó nuevamente de forma independiente por dos investigadores FR y AP, y las discrepancias fueron resueltas por un tercer investigador WA, el valor de la concordancia en esta fase fue de kappa=0.98.

Para la extracción de los datos se realizó un análisis en conjunto los tres investigadores, para esta fase se obtuvieron los parámetros de tamaño de muestra del estudio, valores de base de los pacientes en cada uno de los desenlaces y luego por cada punto de corte (un mes, seis meses, un año). Para los desenlaces se incluyeron valores de medidas de tendencia central y de dispersión por cada punto de corte.

Los datos primero fueron registrados en MS Excel, se evaluó su confiabilidad a partir del registro de los estudios y de los instrumentos y técnicas de medición reportadas, se realizaron cálculos para estandarizar los indicadores y luego se procedió a realizar el metaanálisis mediante el software Stata versión 18.

Evaluación de la calidad de los estudios

Se aplicó la escala de Newcastle-Ottawa (NOS) para evaluar la calidad de los estudios, teniendo en cuenta que, esta herramienta es ampliamente empleada para estudios observacionales.

Medida del efecto del tratamiento

Para el cálculo de la medida del efecto, se empleó la diferencia estandarizada de medias. Para lo cual, se tuvieron en cuenta la media y desviación estándar inicial y a cada punto de corte luego de la cirugía. En los estudios que reportaban medianas y rangos intercuartílicos se aplicó la fórmula descrita por Chi KY, Li MY, Chen C, Kang E, Cochrane Taiwan (6).

$$\text{Est. Mean} \approx \left(0.7 + \frac{0.39}{n}\right) \frac{q_1+q_3}{2} + \left(0.3 - \frac{0.39}{n}\right) m$$

$$\text{Est. SD} \approx \frac{q_3-q_1}{2\phi^{-1}(\frac{0.75n-0.125}{n+0.25})}$$

Métodos para la síntesis

Para la síntesis cualitativa se emplea un abordaje narrativo de los resultados encontrados en términos de distribución y magnitud. Para la síntesis cuantitativa se empleó un método de metaanálisis a partir de diferencias estandarizadas de medias y se aplicó un modelo de efectos aleatorios. Se evaluó la significancia del modelo a partir de la prueba Z y los intervalos de confianza. El valor de significancia estadística fue de 0.05. Para el análisis se empleó STATA versión 18. El modelo empleado para el metaanálisis fue el de Restricción Máxima de Probabilidad (REML, por sus siglas en inglés), de aplicó un estimador del efecto a partir de la G de Hedge.

Evaluación de la heterogeneidad y análisis de subgrupos

La heterogeneidad en los grupos se evaluó mediante los indicadores de Tau-cuadrado y el estadístico de Q de Cochran. Para considerar el sesgo de publicación se analizaron gráficos de funnel plot. El análisis de subgrupos se realizó por tiempos de corte.

Resultados

Se identificaron un total de 316 registros, de los cuales 3 provenían de bases de datos y 313 de registros. Antes del proceso de

cribado, se eliminaron 186 registros duplicados, quedando un total de 127 registros para ser evaluados.

Durante la fase de cribado, se excluyeron 49 registros, lo que resultó en 38 informes que se buscaron para su recuperación. Sin embargo, no se pudieron recuperar 38 informes, lo que dejó 48 informes para ser evaluados en cuanto a su elegibilidad.

De estos 48 informes, se excluyeron varios por diferentes razones: 10 por tener una población incorrecta, 12 por no incluir medición de desenlace, 9 por no reportar medidas de variabilidad, y 12 por ser estudios de tipo no observacional. Finalmente, se incluyeron en la revisión sistemática un total de 5 estudios nuevos. (Figura 1)

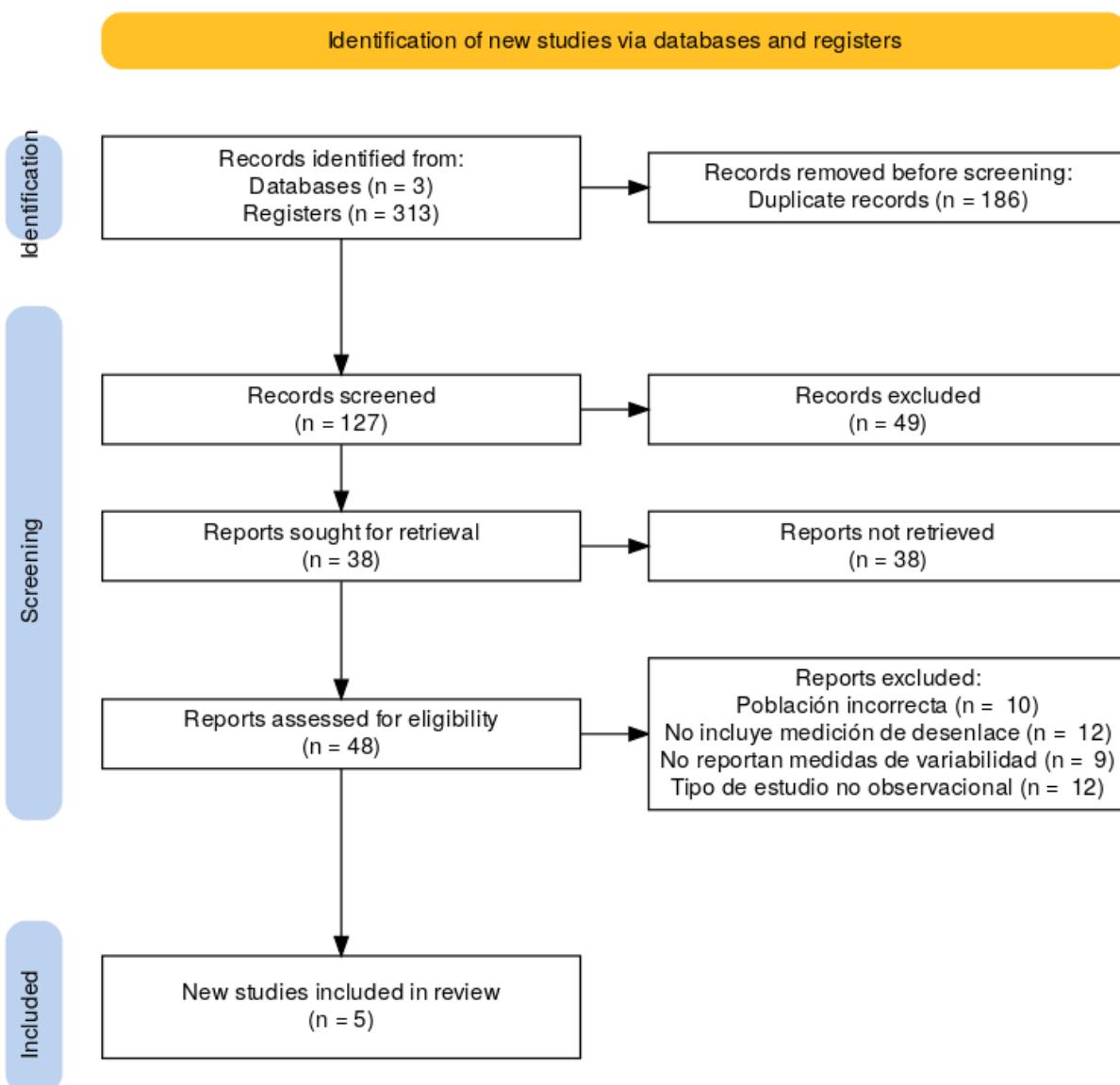


Figura 1. Flujograma del proceso de búsqueda y selección de estudios.

Se seleccionaron cinco estudios para incluir en la revisión. Estos estudios son de cohorte, tres prospectivos y dos retrospectivos. Los estudios se enfocan en pacientes con diferentes grados de obesidad y otras condiciones metabólicas.

Se incluyeron cinco estudios de cohorte, tres prospectivos y dos retrospectivos, que abordan intervenciones quirúrgicas en pacientes con diferentes grados de obesidad y condiciones metabólicas. Los estudios prospectivos de Liakh Ivan et al (7) y Ocaña-Wilhelmi Luis et al.(8) incluyeron pacientes con obesidad severa, evaluando intervenciones como la gastrectomía vertical por laparoscopia (LSG) y el bypass gástrico en Y de Roux (RYGB). Estos estudios midieron parámetros como colesterol total (TC), triglicéridos (TG), lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL), y ambos recibieron una puntuación de calidad de 8 NOS.

El estudio retrospectivo de Hong-Wei Z et al (9) se centró en pacientes con sobre peso y síndrome metabólico, evaluando las intervenciones de RYGB y gastrectomía vertical (SG), con una calidad también de 8. Similarmente, el estudio prospectivo de Sorceanu R.P. et al. incluyó pacientes con obesidad que no lograron perder peso con dieta o ejercicio, y evaluó múltiples intervenciones quirúrgicas como LSG, plicatura gástrica por laparoscopia (LGP), balón intragástrico (IGB) y RYGB, midiendo los mismos parámetros metabólicos con una calidad de 8 NOS.

Finalmente, el estudio retrospectivo de Vöglin C et al. incluyó pacientes con obesidad mórbida intervenidos mediante cirugía metabólica, específicamente LSG. Los desenlaces evaluados incluyeron TC, HDL, LDL y TG, y la calidad del estudio se evaluó con una puntuación de 8 NOS (10).

Tabla 2. Características de los estudios incluidos.

Estudio	Tipo de estudio	Características de los participantes	Intervenciones	Desenlaces	Evaluación calidad
Liakh Ivan et al(7)	Cohorte prospectiva	Pacientes con cualquier grado de obesidad (BMI >30 kg/m ²), pacientes con DM2	LSG (Gastrectomía Vertical - Sleeve por Laparoscopia), OAGB (Bypass gástrico con una anastomosis)	TC, TG, LDL, HDL	8
Ocaña-Wilhelmi Luis et al.(8)	Cohorte prospectiva	Pacientes con obesidad mórbida	RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), SG (Gastrectomía Vertical - Sleeve)	TC, HDL, LDL, TG	8
Hong-Wei Z et al.(9)	Cohorte Retrospectiva	Pacientes con sobre peso BMI (25 - 27.5) con síntomas de Síndrome Metabólico	RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), SG (Gastrectomía Vertical - Sleeve)	TC, TG, HDL, LDL	8

Estudio	Tipo de estudio	Características de los participantes	Intervenciones	Desenlaces	Evaluación calidad
Soroceanu R.P. et al.(11)	Cohorte prospectiva	Pacientes con obesidad con falla en la pérdida de peso a través de dieta o actividad física	RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), LSG (Gastrectomía Vertical - Sleeve por Laparoscopia), LGP (Plicatura Gástrica por laparoscopia), IGB (Balón intragástrico)	TC, LDL, HDL, TG	8
Voglino C et al(10)	Cohorte retrospectiva	Pacientes con obesidad mórbida intervenidos por cirugía metabólica	RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), LSG (Gastrectomía Vertical - Sleeve por Laparoscopia)	TC, HDL, LDL, TG	8

En la comparación de los efectos de dos tipos de cirugía bariátrica, RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux) y SG (Gastrectomía Vertical - Sleeve), sobre los niveles de colesterol en varios estudios, analizados a diferentes intervalos de tiempo: 3, 6 y 12 meses post-cirugía. Los resultados se presentan como la diferencia media estandarizada (Hedges' g) con intervalos de confianza del 95%.

Para RYGB, se observa una reducción significativa en los niveles de colesterol en todos los intervalos de tiempo, con efectos más pronunciados a los 12 meses (-1.55; IC

95% -2.23, -0.86) y a los 6 meses (-1.00; IC 95% -1.31, -0.68). La heterogeneidad es baja en los análisis a 3 y 6 meses, pero alta a los 12 meses ($I^2=82.54\%$).

Para SG, los resultados muestran una reducción menos consistente y no siempre significativa. A los 12 meses, el efecto combinado (-0.83; IC 95% -2.37, 0.71) no es significativo, mientras que, a los 3 meses, los resultados varían entre estudios, y a los 6 meses se observa una reducción menor (-0.38; IC 95% -1.46, 0.69). La heterogeneidad es alta en todos los intervalos ($I^2 \geq 59.78\%$). (Figura 2)

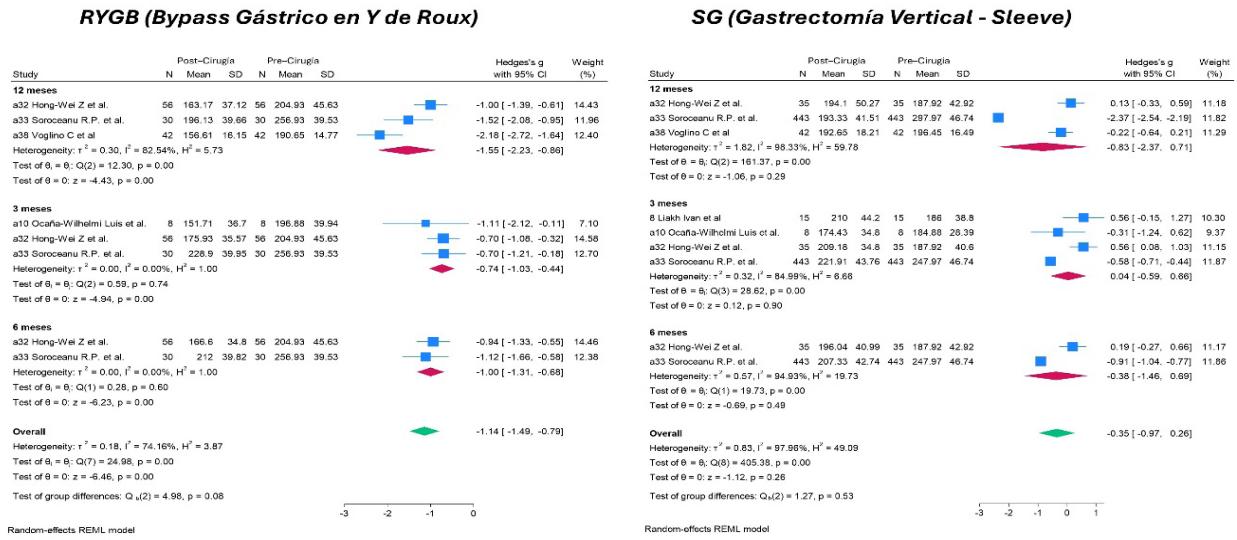


Figura 2. Forest plot de Colesterol Total en RYGB y SG.

Sobre los niveles de HDL, para RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), se observó un aumento significativo en los niveles de HDL a los 12 meses post-cirugía, con un efecto combinado de 1.29 (IC 95%: 0.48, 2.10) y una heterogeneidad alta ($I^2 = 89.87\%$). A los 6 meses post-cirugía, se encontró un aumento significativo con un efecto de 0.86 (IC 95%: 0.55, 1.17) y baja heterogeneidad ($I^2 = 0.00\%$). A los 3 meses post-cirugía, los resultados no mostraron un aumento significativo con un efecto de 0.37 (IC 95%: -0.32, 1.06) y moderada heterogeneidad ($I^2 = 77.27\%$).

Para SG (Gastrectomía Vertical - Sleeve), se observó un aumento significativo en los niveles de HDL a los 12 meses post-cirugía, con un efecto combinado de 1.96 (IC 95%: 1.33, 2.59) y alta heterogeneidad ($I^2 = 85.84\%$). A los 6 meses post-cirugía, los resultados mostraron un aumento significativo con un efecto de 0.79 (IC 95%: 0.31, 1.27) y sin heterogeneidad ($I^2 = 0.00\%$). A los 3 meses post-cirugía, el aumento fue significativo con un efecto combinado de 0.91 (IC 95%: 0.42, 1.40) y alta heterogeneidad ($I^2 = 71.71\%$). (Figura 3)

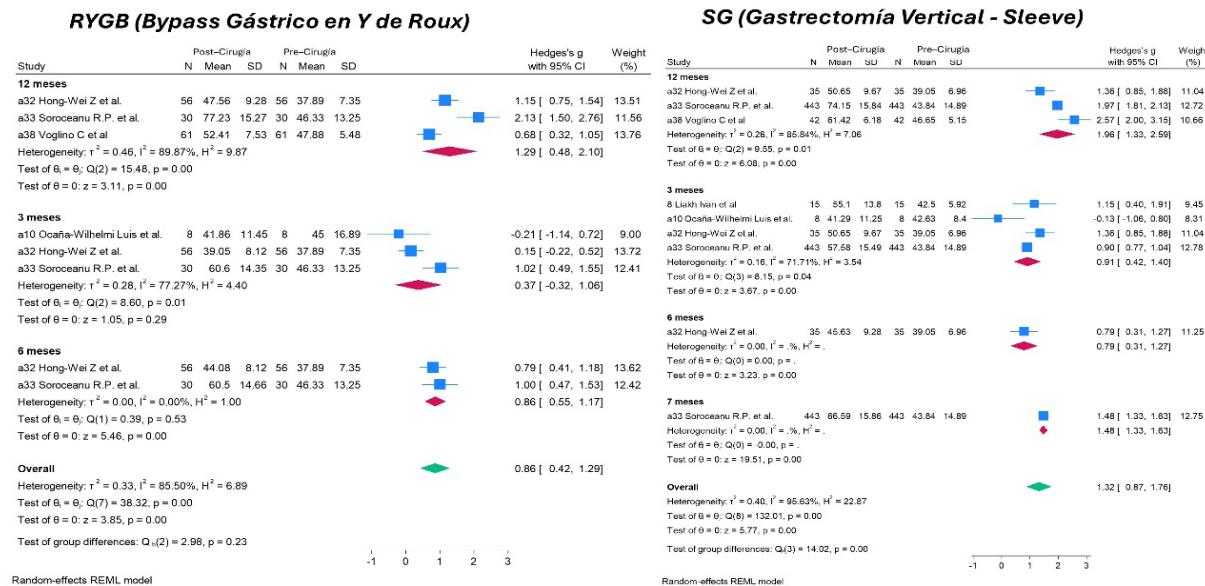


Figura 3. Forest plot de HDL en RYGB y SG.

En relación con los niveles de LDL, en los pacientes intervenidos con RYGB (Bypass Gástrico en Y de Roux), se observó una reducción significativa en los niveles de LDL a los 12 meses post-cirugía, con un efecto combinado de -1.11 (IC 95%: -1.43, -0.79) y una heterogeneidad baja ($I^2 = 0.00\%$). A los 6 meses post-cirugía, se encontró una reducción significativa con un efecto de -1.00 (IC 95%: -1.41, -0.59) y una heterogeneidad moderada ($I^2 = 38.18\%$). A los 3 meses post-cirugía, los resultados mostraron una reducción significativa con un efecto de -0.93 (IC 95%: -1.23, -0.64) y baja heterogeneidad ($I^2 = 0.00\%$).

Para SG (Gastrectomía Vertical - Sleeve), se observó una reducción significativa en los niveles de LDL a los 12 meses post-cirugía, con un efecto combinado de -2.09 (IC 95%: -3.29, -0.90) y alta heterogeneidad ($I^2 = 96.01\%$). A los 6 meses post-cirugía, los resultados mostraron una reducción significativa con un efecto de -1.31 (IC 95%: -2.10, -0.53) y alta heterogeneidad ($I^2 = 89.48\%$). A los 3 meses post-cirugía, la reducción fue significativa con un efecto combinado de -0.76 (IC 95%: -1.11, -0.40) y baja heterogeneidad ($I^2 = 9.08\%$). (Figura 4)

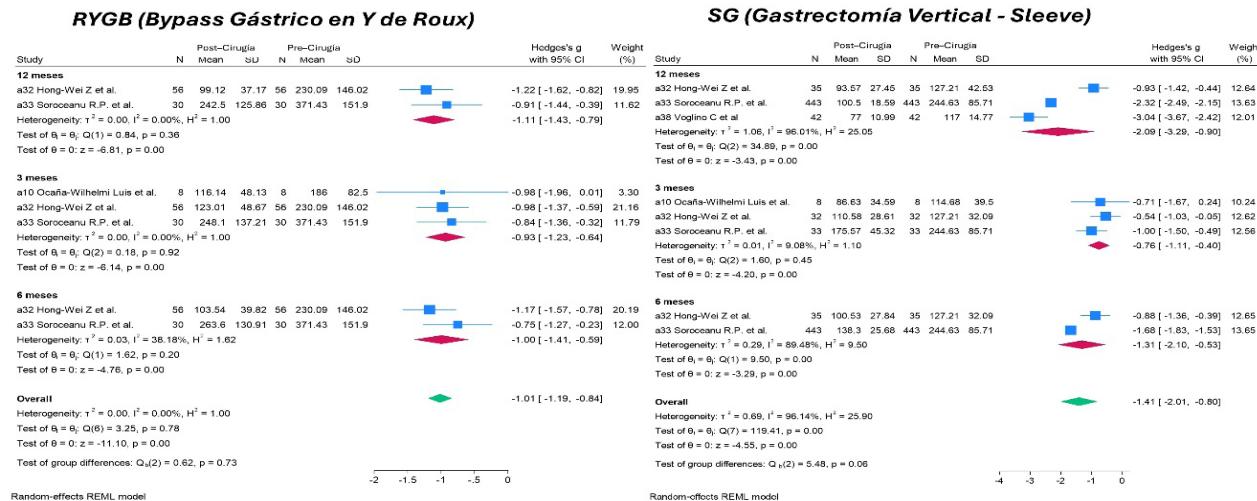


Figura 4. Forest plot de LDL en RYGB y SG.

Finalmente, en el análisis de triglicéridos, En el RYGB, se incluyeron tres estudios con un total de 432 pacientes a los 12 meses, 121 pacientes a los 3 meses y 64 pacientes a los 6 meses. Los resultados indican una reducción significativa en el peso post-cirugía en comparación con el peso pre-cirugía. A los 12 meses, el efecto combinado de Hedges' g fue de -1.11 (IC del 95%: -1.43 a -0.79), con una heterogeneidad no significativa ($I^2 = 0\%$). A los 3 meses, el efecto fue de -1.09 (IC del 95%: -1.56 a -0.62), con una heterogeneidad significativa ($I^2 = 38.8\%$). A los 6 meses, el valor fue de -1.00 (IC del 95%: -1.41 a -0.59), también con heterogeneidad significativa ($I^2 = 38.8\%$). Globalmente, el efecto combinado de Hedges' g para RYGB fue de -1.01 (IC del 95%: -1.19 a -0.84), sin heterogeneidad significativa ($I^2 = 0\%$).

Para la SG, se evaluaron tres estudios con un total de 440 pacientes a los 12 meses, 101 pacientes a los 3 meses y 64 pacientes a

los 6 meses. A los 12 meses, el efecto combinado fue de -0.98 (IC del 95%: -1.21 a -0.75), con una heterogeneidad moderada ($I^2 = 24.02\%$). A los 3 meses, el valor fue de -0.85 (IC del 95%: -1.23 a -0.46), con una heterogeneidad moderada ($I^2 = 33.6\%$). A los 6 meses, el efecto fue de -0.87 (IC del 95%: -1.19 a -0.54), con una heterogeneidad moderada ($I^2 = 48.0\%$). Globalmente, el efecto combinado de Hedges' g para SG fue de -0.82 (IC del 95%: -0.97 a -0.66), con una heterogeneidad baja ($I^2 = 2.5\%$).

Análisis de la heterogeneidad en RYGB

Los gráficos de Galbraith muestran la precisión de los estudios en función del efecto estimado. En el caso del colesterol total, HDL, LDL y triglicéridos, los puntos de los estudios se distribuyen dentro del intervalo de confianza del 95%, lo que sugiere una moderada a baja heterogeneidad. La línea

de regresión que atraviesa los puntos indica que no hay un efecto significativo de la heterogeneidad en estos estudios.

El gráfico de Galbraith para el colesterol total muestra que los estudios se agrupan de manera bastante ajustada alrededor de la línea de regresión, sugiriendo una baja heterogeneidad. En términos del sesgo de publicación, la distribución simétrica de los estudios indica un bajo riesgo de sesgo de publicación.

Para el HDL, también se muestra una agrupación ajustada de los estudios, sugiriendo baja heterogeneidad. El gráfico de embudo presenta una distribución relativamente simétrica, aunque con menos puntos, lo que sugiere un bajo riesgo de sesgo de publi-

cación, pero con menor poder estadístico debido al menor número de estudios.

En el caso del LDL, existió una mayor dispersión de los estudios, lo que sugiere una moderada heterogeneidad. Sin embargo, los puntos aún se encuentran mayormente dentro del intervalo de confianza del 95%. Existe una leve asimetría, sugiriendo la posibilidad de un sesgo de publicación leve.

El análisis de los triglicéridos se pudo evidenciar una dispersión moderada de los estudios, similar a la observada en el LDL, indicando una heterogeneidad moderada. El gráfico de embudo muestra una distribución más asimétrica, lo que puede sugerir la presencia de un sesgo de publicación.

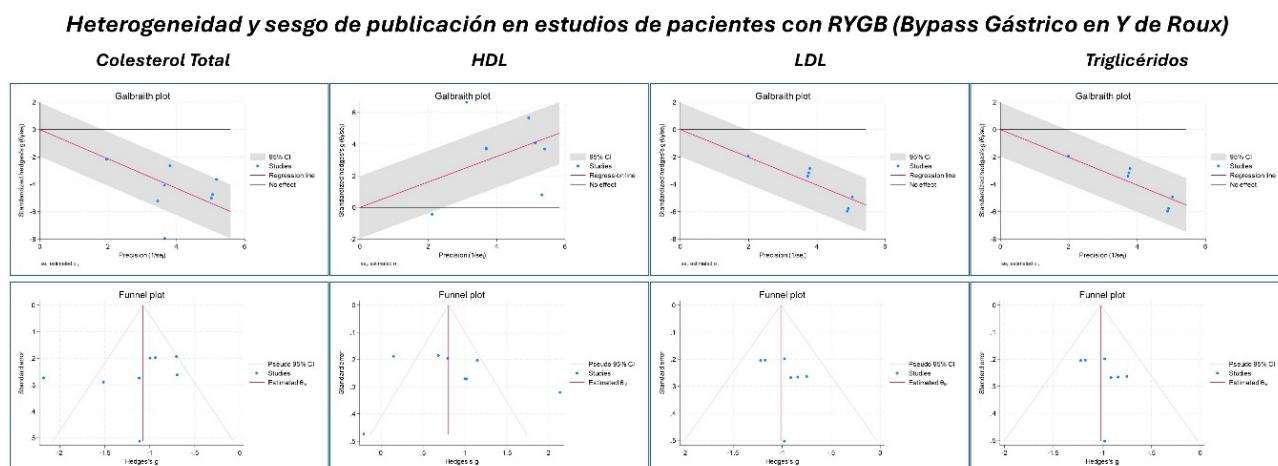


Figura 5. Análisis de la Heterogeneidad y Sesgo de Publicación en los estudios que incluyeron RYGB.

Análisis de la heterogeneidad en SG

El análisis del colesterol total muestra que los estudios se agrupan alrededor de la línea de regresión en el gráfico de Galbraith, lo que sugiere una baja heterogeneidad. Además, el gráfico de embudo correspondiente indica una distribución simétrica de los estudios, señalando un bajo riesgo de sesgo de publicación.

Para el HDL, el gráfico de Galbraith presenta una mayor dispersión de los estudios, lo que indica una heterogeneidad moderada. A pesar de esto, el gráfico de embudo muestra una distribución relativamente simétrica con menos puntos, lo que sugiere un bajo riesgo de sesgo de publicación, aunque con un menor poder estadístico debido al número reducido de estudios.

En el caso del LDL, el gráfico de Galbraith también muestra una mayor dispersión de los estudios, sugiriendo una heterogeneidad moderada, aunque los puntos se encuentran mayormente dentro del intervalo de confianza del 95%. El gráfico de embudo para LDL revela una distribución simétrica, indicando un bajo riesgo de sesgo de publicación.

Finalmente, el análisis de los triglicéridos muestra una dispersión moderada de los estudios en el gráfico de Galbraith, indicando una heterogeneidad moderada. El gráfico de embudo correspondiente muestra una distribución simétrica, sugiriendo un bajo riesgo de sesgo de publicación.

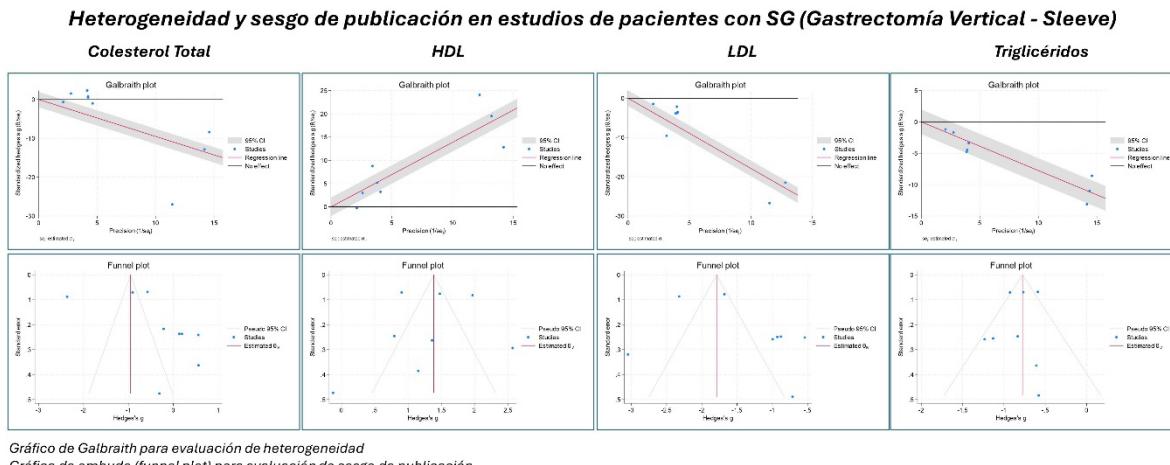


Figura 6. Análisis de la Heterogeneidad y Sesgo de Publicación en los estudios que incluyeron SG.

Discusión

En cuanto a los hallazgos más relevantes, para el HDL, ambos procedimientos muestran aumentos significativos en los niveles a los 6 y 12 meses post-cirugía. SG presenta un efecto mayor a los 12 meses comparado con RYGB. Esto sugiere que SG puede llegar a ser más eficaz a largo plazo en mejorar los niveles de HDL, un factor protector contra enfermedades cardiovasculares.

Para el LDL, tanto RYGB como SG muestran reducciones significativas en los niveles a los 3, 6 y 12 meses post-cirugía. Sin embargo, SG presenta una mayor reducción de LDL a los 12 meses en comparación con RYGB. Esto sugiere que SG podría ser más efectivo en reducir los niveles de LDL a largo plazo, lo cual es beneficioso para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

En contraste el estudio realizado por Cawswell, K. A., et al., (12) con la participación de 7815 sujetos con obesidad mórbida sometidos a cirugía RYGB, con un IMC inicial de 48 kg/m² (n = 2331), en quienes se observó una reducción en el colesterol total y el LDL-C en plasma desde 1 mes hasta 4 años después de la cirugía RYGB ($p < 0.00001$, $p < 0.00001$). Después de la RYGB, el HDL-C aumentó a partir de 1 año en adelante ($p < 0.00001$), y los niveles de triglicéridos se redujeron después de la cirugía desde 3 meses hasta 4 años ($p < 0.00001$). Los niveles de NEFA aumenta-

ron al mes postoperatorio ($p = 0.003$), pero a partir de los 3 meses no difirieron de los niveles preoperatorios ($p = 0.07$)(13).

Por su parte, el metaanálisis realizado por Rashid, F., Riaz, A., Jain, V., & Askari, A. (14) en el que se comparó los efectos de LRYGB y LSG en la dislipidemia, que incluyó estudios que comparaban los efectos de LRYGB y LSG en la dislipidemia con un seguimiento de 12 meses o más (e incluyeron veinticuatro estudios que comprendían siete RCT y diecisiete estudios observacionales comparativos). El metaanálisis de los RCT (n=487) mostró que la reducción de la dislipidemia fue mejor después de LRYGB (68.5%, n=161/235) en comparación con LSG (48.4%, n=122/252); los pacientes sometidos a LRYGB tenían más del doble de probabilidades de experimentar mejoría/resolución en la dislipidemia en comparación con aquellos sometidos a LSG (OR 2.28, IC del 95% 1.21-4.29, $p=0.010$). Tanto LRGYB como LSG parecen ser efectivos en mejorar la dislipidemia a >12 meses después de la cirugía; sin embargo, esta mejora es más del doble después de LRYGB en comparación con LSG (15).

En el metaanálisis realizado por Gomes-Rocha, S. R., et al (15), que tuvo por como objetivo resumir la evidencia disponible sobre la pérdida de peso (resultado principal) y la resolución de comorbilidades de LRYGB y LSG en pacientes con SO (IMC ≥ 50 kg/m²). De los 16 estudios incluidos, 7 se inte-

graron en el metaanálisis. LRYGB mostró una pérdida de peso significativamente mayor a los 6 a 12 meses, pero no después de 24 meses, y una mayor resolución de la dislipidemia a los 12 meses. En comparación con LSG, LRYGB logró una mejor pérdida de peso después de 6 y 12 meses y una mayor resolución de la dislipidemia después de 1 año. No hubo diferencias significativas en la resolución de las otras comorbilidades estudiadas (16).

Entretanto, los hábitos alimentarios y las condiciones clínicas al comparar la eficacia de la manga gástrica con el bypass gástrico en la reducción de la hiperlipidemia, pueden influir significativamente en los resultados de cada procedimiento (17)(18)(19)(20), por lo que es esencial evaluar cómo estos hábitos impactan en la respuesta metabólica de los pacientes .

Por otro lado, la elección entre la manga gástrica y el bypass gástrico en pacientes con hiperlipidemia debe basarse en las condiciones clínicas específicas de cada individuo, considerando las comorbilidades y los factores de riesgo asociados (21)(22)(13) (23)(24)(25). La selección del procedimiento quirúrgico más adecuado podría tener un impacto significativo en la evolución de la hiperlipidemia y en la salud general del paciente a largo plazo.

No obstante, es importante mencionar que la variabilidad en las unidades de medida

utilizadas en los estudios revisados (mg/dL vs. mmol/dL) destaca la importancia de estandarizar las medidas para facilitar la comparación de resultados y garantizar la coherencia en los análisis. Esta estandarización es crucial para una correcta interpretación de los datos y para establecer conclusiones válidas sobre la efectividad de cada procedimiento.

Al respecto, estudios como el de Gero et al., encontraron que el efecto de la cirugía metabólica genera reducciones considerables en los niveles de colesterol total y el LDL, con una disminución de 5.4 a 4.46 mmol/L en un año, en cuando al mejoramiento del perfil lipídico en este estudio reportaron una mejora de los niveles y una reducción del 27% del riesgo cardiovascular (26) (27). Eso se relaciona con la pérdida de peso considerable, pues, este tipo de técnicas han demostrado reducir incluso hasta 20 kg/m² y una reducción promedio de alrededor del 29.2% del peso corporal (28).

Entre tanto, al evaluar lo resultados a largo plazo, se han encontrado recaídas y valores asociados a dislipidemia luego de un tiempo de la cirugía, lo que también sugiere la necesidad de un monitoreo contante (29) (30).

Por último, es fundamental reconocer el impacto de los cambios temporales en los resultados de los estudios, especialmente

en relación con la modificación de conductas y hábitos de vida de los pacientes. Estos cambios pueden influir en la evolución de la hiperlipidemia postoperatoria y deben ser considerados al evaluar la efectividad a largo plazo de la manga gástrica y el bypass gástrico en la reducción de la hiperlipidemia.

Se recomienda realizar estudios que analicen en detalle los hábitos alimentarios de los pacientes post cirugía bariátrica para comprender su impacto en la respuesta metabólica y la reducción de la hiperlipidemia. Investigar biomarcadores específicos puede proporcionar información crucial para el seguimiento de comorbilidades cardiovasculares.

Es crucial desarrollar programas educativos que aborden no solo las recomendaciones clínicas, sino también aspectos culturales y personales de los pacientes. Estos programas deben adaptarse a las necesidades individuales para promover cambios saludables a largo plazo (31).

Se sugiere un enfoque multidisciplinario con profesionales de la salud especializados para brindar un cuidado integral y personalizado. Integrar estas recomendaciones en la práctica clínica puede mejorar la gestión de la hiperlipidemia en pacientes post cirugía bariátrica, considerando aspectos fisiológicos, comportamentales, culturales y educativos que influyen en los resultados de salud.

Conclusiones

Los procedimientos de cirugía bariátrica, específicamente el bypass gástrico (RYGB) y la manga gástrica (SG), muestran resultados clínicos significativos en la mejora del perfil lipídico de pacientes con obesidad y comorbilidades asociadas. Se observan disminuciones importantes en los niveles de colesterol total, LDL y triglicéridos, así como incrementos en los niveles de HDL, con variaciones según el tiempo de seguimiento, especialmente a los 12 meses post-cirugía.

La manga gástrica (SG) parece ser más efectiva a largo plazo en mejorar los niveles de HDL y reducir los niveles de LDL en comparación con el bypass gástrico (RYGB). La elección entre la manga gástrica y el bypass gástrico debe basarse en las condiciones clínicas específicas de cada paciente, considerando las comorbilidades y factores de riesgo asociados.

Es crucial estandarizar las unidades de medida utilizadas en los estudios para facilitar la comparación de resultados y garantizar la coherencia en los análisis. Los hábitos alimentarios postoperatorios y las condiciones clínicas de los pacientes pueden influir significativamente en los resultados de cada procedimiento, por lo que es esencial evaluar su impacto en la respuesta metabólica. Se recomienda realizar estudios adicionales que analicen en detalle los

hábitos alimentarios de los pacientes post cirugía bariátrica y su impacto en la reducción de la hiperlipidemia.

Es fundamental desarrollar programas educativos adaptados a las necesidades individuales de los pacientes para promover cambios saludables a largo plazo. Un enfoque multidisciplinario con profesionales de la salud especializados es crucial para brindar un cuidado integral y personalizado a los pacientes sometidos a cirugía bariátrica.

Referencias

1. Rosenzweig JL, Bakris GL, Berglund LF, Hivert MF, Horton ES, Kalyani RR, et al. Primary Prevention of ASCVD and T2DM in Patients at Metabolic Risk: An Endocrine Society* Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 1 de septiembre de 2019 [citado 2 de octubre de 2025];104(9):3939-85. Disponible en: <https://academic.oup.com/jcem/article/104/9/3939/5540926>
2. Pirillo A, Casula M, Olmastroni E, Norata GD, Catapano AL. Global epidemiology of dyslipidaemias. *Nat Rev Cardiol* [Internet]. octubre de 2021 [citado 2 de octubre de 2025];18(10):689-700. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41569-021-00541-4>
3. Staurini S, Niclis C, Calcagni MS, Ramírez D, Gómez-Mejía SE, Aballay LR. Bajo nivel de instrucción asociado a la presencia de obesidad y sus comorbilidades metabólicas en adultos de Argentina. *Rev Fac Cienc Médicas Córdoba* [Internet]. 26 de diciembre de 2023 [citado 2 de octubre de 2025];80(4):420-38. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/med/article/view/40737>
4. Newman CB, Blaha MJ, Boord JB, Cariou B, Chait A, Fein HG, et al. Lipid Management in Patients with Endocrine Disorders: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 1 de diciembre de 2020 [citado 2 de octubre de 2025];105(12):3613-82. Disponible en: <https://academic.oup.com/jcem/article/105/12/3613/5909161>
5. Lahsen M, R, Kuzmanic V, A. CIRUGÍA METABÓLICA 10 AÑOS DESPUÉS: UNA MIRADA DESDE LA DIABETOLOGÍA. *Rev Médica Clínica Las Condes* [Internet]. marzo de 2016 [citado 2 de octubre de 2025];27(2):188-94. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0716864016300086>
6. Chi KY, Li MY, Chen C, Kang E, Cochrane Taiwan. Ten circumstances and solutions for finding the sample mean and standard deviation for meta-analysis. *Syst Rev* [Internet]. 1 de abril de 2023 [citado 29 de mayo de 2024];12(1):62. Disponible en: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-023-02217-1>
7. Liakh I, Proczko-Stepaniak M, Sledzinski M, Mika A. Serum free fatty acid levels and insulin resistance in patients undergoing one-anastomosis gastric bypass. *Videosurgery Mininvasive Tech* [Internet]. 13 de julio de 2021 [citado 2 de octubre de 2025];19:4-8. Disponible en: <https://www.mps.pl/videosurgery/issue/article/16831/>
8. Ocaña-Wilhelmi L, Martín-Núñez GM, Ruiz-Limón P, Alcaide J, García-Fuentes E, Gutiérrez-Repiso C, et al. Gut Microbiota Metabolism of Bile Acids Could Contribute to the Bariatric Surgery Improvements in Extreme Obesity. *Metabolites* [Internet]. 27 de octubre de 2021 [citado 2 de octubre de 2025];11(11):733. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2218-1989/11/11/733>
9. Zhang HW, Han XD, Liu WJ, Yu HY, Zhang P, Mao ZQ. Is Roux-en-Y gastric bypass advantageous?—surgical outcomes in obese patients with type-2 diabetes after gastric bypass versus sleeve gastrectomy, a matched retrospective study. *Ann Transl Med* [Internet]. marzo de 2020 [citado 2 de octubre de 2025];8(6):372-372. Disponible en: <http://atm.amegroups.com/article/view/37317/html>
10. Voglino C, Tirone A, Ciuoli C, Benenati N, Paolini B, Croce F, et al. Cardiovascular Benefits and Lipid Profile Changes 5 Years After Bariatric Surgery: A Comparative Study Between Sleeve Gastrectomy and Roux-en-Y Gastric Bypass. *J Gastrointest Surg* [Internet]. diciembre de 2020 [citado 2 de octubre de 2025];24(12):2722-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1091255X23018802>

11. Soroceanu RP, Timofte DV, Maxim M, Platon RL, Vlasceanu V, Ciuntu BM, et al. Twelve-Month Outcomes in Patients with Obesity Following Bariatric Surgery—A Single Centre Experience. *Nutrients* [Internet]. 23 de febrero de 2023 [citado 2 de octubre de 2025];15(5):1134. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/5/1134>
12. Carswell KA, Belgaumkar AP, Amiel SA, Patel AG. A Systematic Review and Meta-analysis of the Effect of Gastric Bypass Surgery on Plasma Lipid Levels. *Obes Surg* [Internet]. abril de 2016 [citado 29 de mayo de 2024];26(4):843-55. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11695-015-1829-x>
13. Adil MT, Perera M, Whitelaw D, Jambulingam P, Al-Taan O, Munasinghe A, et al. Systematic Review and Meta-analysis of the Effects of Laparoscopic Roux-en-Y Gastric Bypass and Laparoscopic Sleeve Gastrectomy on Dyslipidemia. *Obes Surg* [Internet]. marzo de 2024 [citado 29 de mayo de 2024];34(3):967-75. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11695-023-07022-2>
14. Askari A, Jambulingam P, Gurprashad R, Al-Taan O, Adil T, Munasinghe A, et al. The surgical management of obesity. *Clin Med* [Internet]. julio de 2023 [citado 2 de octubre de 2025];23(4):330-6. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470211824045792>
15. Gomes-Rocha SR, Costa-Pinho AM, Pais-Neto CC, De Araújo Pereira A, Nogueiro JPM, Carneiro SPR, et al. Roux-en-Y Gastric Bypass Vs Sleeve Gastrectomy in Super Obesity: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Obes Surg* [Internet]. enero de 2022 [citado 29 de mayo de 2024];32(1):170-85. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11695-021-05745-8>
16. Gero D, Favre L, Allemann P, Fournier P, Demartines N, Suter M. Laparoscopic Roux-En-Y Gastric Bypass Improves Lipid Profile and Decreases Cardiovascular Risk: a 5-Year Longitudinal Cohort Study of 1048 Patients. *Obes Surg* [Internet]. marzo de 2018 [citado 2 de octubre de 2025];28(3):805-11. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11695-017-2938-5>
17. Kraljević M, Süsstrunk J, Wölnerhanssen BK, Peters T, Bueter M, Gero D, et al. Long-Term Outcomes of Laparoscopic Roux-en-Y Gastric Bypass vs Laparoscopic Sleeve Gastrectomy for Obesity: The SM-BOSS Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg* [Internet]. 1 de abril de 2025 [citado 2 de octubre de 2025];160(4):369. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/2830466>
18. Edwards MA, Powers K, Vosburg RW, Zhou R, Stroud A, Obeid NR, et al. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery: postoperative care pathway guidelines for Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Obes Relat Dis* [Internet]. mayo de 2025 [citado 2 de octubre de 2025];21(5):523-36. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1550728925000590>
19. Mehaffey JH, Mehaffey RL, Mullen MG, Turrentine FE, Malin SK, Schirmer B, et al. Nutrient Deficiency 10 Years Following Roux-en-Y Gastric Bypass: Who's Responsible? *Obes Surg* [Internet]. mayo de 2017 [citado 2 de octubre de 2025];27(5):1131-6. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11695-016-2364-0>
20. Mechanick JI, Youdim A, Jones DB, Garvey WT, Hurley DL, McMahon MM, et al. Clinical practice guidelines for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric surgery patient—2013 update: Cosponsored by american association of clinical endocrinologists, The obesity society, and american society for metabolic & bariatric surgery*. *Obesity* [Internet]. marzo de 2013 [citado 2 de octubre de 2025];21(S1). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/oby.20461>
21. Arterburn DE, Telem DA, Kushner RF, Courcoula AP. Benefits and Risks of Bariatric Surgery in Adults: A Review. *JAMA* [Internet]. 1 de septiembre de 2020 [citado 2 de octubre de 2025];324(9):879. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2770015>
22. Lee Y, Doumouras AG, Yu J, Aditya I, Gmora S, Anvari M, et al. Laparoscopic Sleeve Gastrectomy Versus Laparoscopic Roux-en-Y Gastric Bypass: A Systematic Review and Meta-analysis of Weight Loss, Comorbidities, and Biochemical Outcomes From Randomized Controlled Trials. *Ann Surg* [Internet]. enero de 2021 [citado 2 de octubre de 2025];273(1):66-74. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.1097/SLA.0000000000003671>

23. Closs C, Ackerman M, Masson W, Lobo M, Molinero G, Lavalle-Cobo A, et al. Effectiveness of Roux-en-Y Gastric Bypass vs Sleeve Gastrectomy on Lipid Levels in Type 2 Diabetes: a Meta-analysis. *J Gastrointest Surg* [Internet]. agosto de 2022 [citado 2 de octubre de 2025];26(8):1575-84. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1091255X23057244>
24. Bharat selvam S, Schwenger KJP, Ghorbani Y, Fischer SE, Jackson TD, Okrainec A, et al. Assessing clinical and metabolic responses related to hyperlipidemia, MASLD and type 2 diabetes: sleeve versus RYGB. *Nutrition* [Internet]. octubre de 2024 [citado 2 de octubre de 2025];126:112530. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900724001795>
25. Peterli R, Wölnerhanssen BK, Peters T, Vetter D, Kröll D, Borbély Y, et al. Effect of Laparoscopic Sleeve Gastrectomy vs Laparoscopic Roux-en-Y Gastric Bypass on Weight Loss in Patients With Morbid Obesity: The SM-BOSS Randomized Clinical Trial. *JAMA* [Internet]. 16 de enero de 2018 [citado 2 de octubre de 2025];319(3):255. Disponible en: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.2017.20897>
26. Ackerman NB. Metabolic Consequences from Conversion of Jejunoileal Bypass to Gastric Bypass: *Ann Surg* [Internet]. noviembre de 1982 [citado 2 de octubre de 2025];196(5):553-9. Disponible en: <http://journals.lww.com/00000658-198211000-00007>
27. Hierons SJ, Abbas K, Sobczak AIS, Cerone M, Smith TK, Ajjan RA, et al. Changes in plasma free fatty acids in obese patients before and after bariatric surgery highlight alterations in lipid metabolism. *Sci Rep* [Internet]. 12 de septiembre de 2022 [citado 2 de octubre de 2025];12(1):15337. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-19657-9>
28. Coleman KJ, Basu A, Barton LJ, Fischer H, Arterburn DE, Barthold D, et al. Remission and Relapse of Dyslipidemia After Vertical Sleeve Gastrectomy vs Roux-en-Y Gastric Bypass in a Racially and Ethnically Diverse Population. *JAMA Netw Open* [Internet]. 28 de septiembre de 2022 [citado 2 de octubre de 2025];5(9):e2233843. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2796807>
29. Barkhall ER, Tro J, Sandvik J, Nymo S, Kulseng B, Johnsen G, et al. Lipid Changes 10–15 Years After Roux-en-Y Gastric Bypass: A Prospective Observational Study. *Obes Surg* [Internet]. febrero de 2025 [citado 2 de octubre de 2025];35(2):441-9. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/s11695-024-07601-x>
30. Malinow MR, Elliott WH, McLaughlin P, Upson B. Effects of synthetic glycosides on steroid balance in *Macaca fascicularis*. *J Lipid Res* [Internet]. mayo de 1986 [citado 2 de octubre de 2025];28(1):1-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022227520387290>
31. Mechanick JI, Apovian C, Brethauer S, Timothy Garvey W, Joffe AM, Kim J, et al. Clinical Practice Guidelines for the Perioperative Nutrition, Metabolic, and Nonsurgical Support of Patients Undergoing Bariatric Procedures – 2019 Update: Cosponsored by American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology, The Obesity Society, American Society for Metabolic and Bariatric Surgery, Obesity Medicine Association, and American Society of Anesthesiologists. *Obesity* [Internet]. abril de 2020 [citado 2 de octubre de 2025];28(4). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/oby.22719>

© 2025 – Fidel Mauricio Ramírez-Aristizábal, Wanderley Augusto Arias-Ortiz
Angie Paola Pérez-Rodríguez.



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). Use, distribution, or reproduction in other forums is permitted, provided that the original author and copyright owner are credited and the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution, or reproduction is permitted that does not comply with these terms.