



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

META-ANÁLISIS DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA VERSUS LAPAROSCÓPICA EN CÁNCER COLORRECTAL: RESULTADOS ONCOLÓGICOS Y COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS

META-ANALYSIS OF ROBOTIC SURGERY VERSUS LAPAROSCOPY IN
COLORECTAL CANCER: ONCOLOGICAL RESULTS AND SURGICAL
COMPLICATIONS

Alejandro Campanillas Rodrigues
Universidad Westhill, México

Fátima García Nino
Universidad Westhill, México

Paulina Rodríguez Antonio
Universidad Anáhuac, México

Karin Aimi Ygotuku Velázquez
Universidad Anáhuac, México

Maria Alejandra Campoverde Rosas
Universidad Anahuac Queretaro, México

Mabel García Calderón
Universidad La Salle, México

Abigail Tolentino García
Universidad Anáhuac, México

Erick Bobadilla Ramírez
Universidad Anáhuac, México

Guadalupe Alejandra Villagómez Ramírez
Universidad Anáhuac México Campus Norte, México

Daniel Sánchez Knupflemacher
Universidad Westhill, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21552

Meta-Análisis de la Cirugía Robótica Versus Laparoscópica en Cáncer Colorrectal: Resultados Oncológicos y Complicaciones Quirúrgicas

Alejandro Campanillas Rodrigues¹

alexcampanillas12@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-0742-8226>

Universidad Westhill

México

Paulina Rodríguez Antonio

paulina.rodriguezant@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-6536-2950>

Universidad Anáhuac

México

Maria Alejandra Campoverde Rosas

alejandra_campoverde@anahuac.mx

<https://orcid.org/0009-0001-0713-0911>

Universidad Anahuac Queretaro

México

Abigail Tolentino García

abigaitolentino8@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-5901-9800>

Universidad Anáhuac

México

Guadalupe Alejandra Villagómez Ramírez

alexandravmz2893@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9739-7087>

Universidad Anáhuac México Campus Norte

México

Fátima García Nino

fatign15@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-6931-514X>

Universidad Westhill

México

Karin Aimi Ygotuku Velázquez

karinygotuku@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-5521-0926>

Universidad Anáhuac

México

Mabel García Calderón

mabel8.852@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-1150-4313>

Universidad La Salle

México

Erick Bobadilla Ramírez

erickbora21@icloud.com

<https://orcid.org/0009-0002-5560-9422>

Universidad Anáhuac

México

Daniel Sánchez Knupflemacher

Danielsanchezknu@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-2504-4568>

Universidad Westhill

México

¹ Autor principal

Correspondencia: alexcampanillas12@gmail.com



RESUMEN

La cirugía mínimamente invasiva es el estándar actual en el tratamiento del cáncer colorrectal (CCR). La laparoscopia ha demostrado seguridad oncológica y beneficios perioperatorios, pero presenta limitaciones técnicas en anatomías complejas. La cirugía robótica surge como alternativa, ofreciendo mayor precisión, ergonomía y visión tridimensional. Sin embargo, persiste el debate sobre sus verdaderas ventajas clínicas, oncológicas y funcionales. Objetivo: Evaluar comparativamente los resultados oncológicos y las complicaciones perioperatorias de la cirugía robótica versus laparoscópica en el manejo del cáncer colorrectal, integrando la evidencia disponible en ensayos clínicos, estudios observacionales y metaanálisis recientes. Métodos: Se realizó una revisión sistemática siguiendo PRISMA 2020. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados, cohortes prospectivas y retrospectivas, y revisiones sistemáticas que compararan ambas técnicas. Los desenlaces principales fueron márgenes quirúrgicos, integridad de la escisión mesorrectal total (EMT), recuento ganglionar, conversión, fuga anastomótica, complicaciones mayores, mortalidad y supervivencia. Resultados: Los estudios incluidos mostraron equivalencia oncológica entre cirugía robótica y laparoscópica, sin diferencias significativas en CRM, resección R0, recuento ganglionar o supervivencia libre de enfermedad. La robótica presentó menor tasa de conversión y menor pérdida sanguínea, aunque con tiempos operatorios más prolongados. Las tasas de fuga anastomótica, complicaciones mayores y mortalidad temprana fueron similares entre ambas técnicas. Algunos estudios en tumores de recto bajo sugieren una mejor preservación funcional con la técnica robótica. Conclusiones: La cirugía robótica y la laparoscópica ofrecen resultados oncológicos y de seguridad comparables en el CCR. La robótica aporta ventajas técnicas en escenarios complejos, pero no ha demostrado superioridad global. La elección del abordaje debe individualizarse según características del paciente, complejidad anatómica, experiencia del cirujano y disponibilidad de recursos. Se requieren estudios multicéntricos que evalúen calidad de vida y costo-efectividad a largo plazo

Palabras clave: cirugía robótica, cirugía laparoscópica, cáncer colorrectal, escisión mesorrectal total, complicaciones quirúrgicas, resultados oncológicos



Meta-Analysis Of Robotic Surgery Versus Laparoscopy in Colorectal Cancer: Oncological Results and Surgical Complications

ABSTRACT

Minimally invasive surgery is the current standard in the treatment of colorectal cancer (CRC). Laparoscopy has demonstrated oncological safety and perioperative benefits, but it presents technical limitations in complex anatomies. Robotic surgery emerges as an alternative, offering greater precision, ergonomics, and three-dimensional vision. However, the debate persists regarding its true clinical, oncological, and functional advantages. Objective: Evaluate in a comparative way the oncological outcomes and postoperative complications amongst robotic surgery versus laparoscopy surgery in the management of colorectal cancer, integrating the available evidence in clinical trials, observational studies and recent meta-analysis. Methods: A systematic review was conducted following PRISMA 2020. Randomized clinical trials, prospective and retrospective cohorts, and systematic reviews comparing both techniques were included. The primary outcomes were surgical margins, total mesorectal excision (TME) integrity, lymph node count, conversion, anastomotic leakage, major complications, mortality, and survival. Results: The included studies showed oncological equivalence between robotic and laparoscopic surgery, with no significant differences in CRM, R0 resection, lymph node count, or disease-free survival. Robotic surgery had a lower conversion rate and less blood loss, although with longer operating times. The rates of anastomotic leakage, major complications, and early mortality were similar between the two techniques. Some studies on low rectal tumors suggest better functional preservation with the robotic technique. Conclusions: Robotic and laparoscopic surgery offer comparable oncological and safety outcomes in CRC. Robotics provides technical advantages in complex scenarios but has not demonstrated overall superiority. The choice of approach should be individualized according to patient characteristics, anatomical complexity, surgeon experience, and resource availability. Multicenter studies evaluating long-term quality of life and cost-effectiveness are needed

Keywords: Robotic surgery, laparoscopic surgery, colorectal cancer, total mesorectal excision, surgical complications, oncological outcomes

*Artículo recibido 8 noviembre 2025
Aceptado para publicación: 15 diciembre 2025*



INTRODUCCIÓN

Contexto y relevancia clínica

El cáncer colorrectal constituye una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, representando la tercera neoplasia más frecuente y la segunda causa de muerte por cáncer. La cirugía sigue siendo el pilar fundamental en su tratamiento, especialmente en los estadios localizados donde la resección completa del tumor es determinante para la supervivencia a largo plazo [1].

En las últimas décadas, la cirugía laparoscópica se ha consolidado como el estándar mínimamente invasivo frente a la cirugía abierta, al demostrar menor dolor postoperatorio, recuperación más rápida y estancias hospitalarias reducidas, con resultados oncológicos comparables [2]. Sin embargo, su desempeño en áreas anatómicamente complejas, como la pelvis profunda en el cáncer de recto, puede verse limitado por la movilidad reducida de los instrumentos y la dificultad técnica, lo que se traduce en una mayor tasa de conversión a cirugía abierta en determinados casos [3].

La cirugía robótica, por su parte, surge como una alternativa tecnológica que ofrece visión tridimensional en alta definición, brazos articulados y mayor ergonomía, características que mejoran la precisión en espacios estrechos y complejos [4]. Ensayos clínicos y metaanálisis recientes han mostrado que, en comparación con la laparoscopía, la cirugía robótica se asocia con menor tasa de conversión a cirugía abierta, menor riesgo de sangrado intraoperatorio y menos complicaciones postoperatorias, aunque con costes significativamente más altos [3,5].

El ensayo REAL (2025) reportó beneficios adicionales de la cirugía robótica en cáncer colorrectal, incluyendo menor recurrencia locorregional y mayor supervivencia libre de enfermedad a 3 años [1]. Sin embargo, otros estudios de cohortes y metaanálisis no han encontrado diferencias significativas en supervivencia global o recurrencia a largo plazo, lo que sugiere que las ventajas de la cirugía robótica pueden depender de subgrupos específicos de pacientes o de la experiencia quirúrgica [2,4,5].

En este contexto, la relevancia clínica de comparar cirugía robótica y laparoscópica en el manejo del cáncer colorrectal radica en establecer con mayor solidez no solo su seguridad y eficacia, sino también su impacto en la calidad de vida de los pacientes y en la sostenibilidad económica dentro de los sistemas de salud.



Avances tecnológicos y evidencia comparativa

Los procedimientos realizados con cirugía robótica y la laparoscópica son la muestra de los principales avances tecnológicos en el abordaje mínimamente invasivo hacia los pacientes. Debido a que, la cirugía robótica ha logrado implementar una visualización 3D con plataformas de cámaras en alta definición y brazos articulados, que brindan una mayor precisión y comodidad, al momento de entrar en espacios anatómicamente reducidos y complejos como lo es la pelvis profunda. [1]

Con respecto a la evidencia científica, los ensayos de caracteres clínicos aleatorizados y los metaanálisis recientes, han mostrado que la cirugía robótica, en comparación con la técnica laparoscópica, se vinculan de manera consistente con una menor tasa de transformación a cirugía abierta, menor riesgo de sangrados intraoperatorios, una menor tasas de complicaciones postoperatorias, pero con costes elevados. [2-3]

En el caso del cáncer de colon, las guías clínicas internacionales recomiendan los abordajes mínimamente invasivos, siendo que las evidencias muestran que ambas técnicas son recomendadas por lo seguras y eficaces, con resultados oncológicos y perioperatorios similares, aunque la robótica reduce la tasa de conversión a cirugía abierta y puede facilitar el proceso de disección. [3]

El procedimiento por robot, ofrece ciertas ventajas adicionales: En el ensayo REAL (2025), demostró beneficios oncológicos a largo plazo, reportando una menor tasa de recurrencia locorregional y mayor supervivencia libre de la enfermedad a 3 años, así como mejores resultados en cuanto a la funcionalidad de los diferentes aparatos y sistemas del paciente. [3-4]

Sin embargo, otros estudios han demostrado por medio de cohortes y metanálisis que no han encontrado diferencias significativas en supervivencia global o recurrencia a largo plazo, lo que sugiere que los beneficios pueden estar limitados por subgrupos específicos o dependiendo de la experiencia del cirujano al momento de emplear cualquiera de las dos técnicas. [1-5]

Controversias actuales y objetivo de la revisión

A pesar de que varios ensayos clínicos como el REAL han reportado resultados favorables, con tasas de recurrencia locorregional inferiores y una supervivencia libre de enfermedad superior a los tres años mediante cirugía robótica (1), la evidencia disponible sigue siendo variada.



Múltiples estudios comparativos y metaanálisis no han detectado muchas diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia de las poblaciones muestrales ni en la recurrencia a largo plazo entre este enfoque y los métodos quirúrgicos convencionales (4,5).

Un punto muy importante a destacar es la accesibilidad económica de estas técnicas constituye un aspecto controversial, ya que la cirugía robótica conlleva costos considerablemente elevados en la adquisición, el mantenimiento y la capacitación del personal quirúrgico (6). La necesidad de infraestructura hospitalaria especializada, combinada con estos gastos, ha restringido su implementación en sistemas de salud con recursos limitados, lo que ha generado debates sobre su beneficio neto a nivel poblacional (6,7). Adicionalmente, el aprendizaje de la cirugía robótica es más larga que la laparoscópica, lo cual tiene el potencial de impactar las salidas en centros con menos volumen quirúrgico [4].

El objetivo primordial de este meta-análisis es comparar de forma sistemática la cirugía robótica y la laparoscópica en el manejo del cáncer colorrectal, evaluando los resultados tanto favorables como las posibles complicaciones en el ámbito oncológico a mediano y largo plazo y el impacto económico de ambas técnicas; con el propósito de aportar evidencia sólida que permita optimizar la toma de decisiones clínicas al brindar una perspectiva completa de ambas alternativas.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio

Se realizó una revisión sistemática y meta-análisis conforme a las directrices de la declaración PRISMA 2020, con el objetivo de comparar la cirugía robótica (CR) y la laparoscópica (CL) en pacientes con cáncer colorrectal (CCR). El protocolo fue desarrollado a priori y registrado en la base PROSPERO (número de registro: [por asignar]).

Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus y Web of Science, complementada con literatura gris (repositorios institucionales y registros de ensayos clínicos). Se incluyeron estudios publicados entre enero de 2018 y septiembre de 2025, sin restricción de idioma.

La estrategia combinó términos MeSH y palabras clave relacionadas con el tema:



(“Colorectal Neoplasms” OR “colorectal cancer” OR “rectal cancer” OR “colon cancer”) AND
 (“Robotic Surgical Procedures” OR “robot-assisted surgery” OR “da Vinci”) AND
 (“Laparoscopy” OR “laparoscopic surgery”) AND (“total mesorectal excision” OR colectomy
 OR “anterior resection”).

Las listas de referencias de artículos relevantes fueron revisadas manualmente para identificar estudios adicionales no capturados por la búsqueda electrónica

Criterios de inclusión:

- Estudios que comparan cirugía robótica y laparoscópica en pacientes adultos con diagnóstico histológico confirmado de cáncer colorrectal.
- Ensayos clínicos aleatorizados (ECA), estudios de cohorte prospectivos o retrospectivos, y metaanálisis.
- Reporte de al menos uno de los siguientes desenlaces: resultados oncológicos (márgenes R0, CRM, integridad de la escisión mesorrectal total, recuento ganglionar, supervivencia libre de enfermedad o global) y/o complicaciones perioperatorias (mortalidad, fuga anastomótica, conversión, complicaciones mayores).

Criterios de exclusión

- Series de casos sin grupo comparador.
- Estudios con menos de 10 pacientes por grupo.
- Artículos centrados exclusivamente en patologías benignas o técnicas transanales puras.
- Duplicación de datos (se seleccionó la cohorte más reciente o completa).

Proceso de selección

Dos revisores (F.G.N. y P.R.A.) evaluaron de forma independiente los títulos, resúmenes y textos completos. Los desacuerdos se resolvieron por consenso o mediante un tercer revisor (K.A.Y.V.). El flujo de selección se documentó mediante el diagrama PRISMA 2020, detallando el número de estudios identificados, duplicados, excluidos y finalmente incluidos.



Extracción de datos

La extracción de información se realizó de forma estandarizada con una hoja de Excel prepiloto. Se recolectaron los siguientes datos:

- Características del estudio: autor, año, país, tipo de diseño, tamaño muestral, centro único o multicéntrico.
- Características de los pacientes: edad, sexo, IMC, estadio tumoral, tipo de resección (colectomía, resección anterior, EMT).
- Desenlaces:
- *Oncológicos*: márgenes quirúrgicos, integridad de EMT, recuento ganglionar, supervivencia libre de enfermedad (SLE) y supervivencia global (SG).
- *Perioperatorios*: tiempo quirúrgico, pérdida sanguínea, estancia hospitalaria, tiempo hasta tránsito intestinal.
- *Complicaciones*: mortalidad a 30 días, fuga anastomótica, complicaciones mayores (Clavien-Dindo \geq III) y conversión a cirugía abierta
- CIRUGÍA ROBÓTICA VS LAPAROSCÓPICA.

Evaluación de calidad y riesgo de sesgo

- Para ECA, se aplicó la herramienta Cochrane RoB 2, evaluando aleatorización, desviaciones de intervención, datos incompletos y reporte selectivo.
- Para estudios observacionales, se utilizó ROBINS-I, analizando confusión, selección, clasificación de intervención y medición del desenlace.
- Las discrepancias se resolvieron por consenso. Se elaboraron gráficos de riesgo de sesgo global para cada desenlace principal.

Síntesis estadística

Los resultados dicotómicos se expresaron como riesgos relativos (RR) o odds ratio (OR) con intervalos de confianza del 95%.

Los desenlaces continuos se analizaron mediante diferencia de medias (DM) o diferencia de medias estandarizada (DME).



Los estudios se combinaron utilizando un modelo de efectos aleatorios (DerSimonian–Laird) ante la heterogeneidad clínica y metodológica esperada.

La heterogeneidad se cuantificó con I^2 , considerando valores $>50\%$ como sustanciales.

Evaluación de heterogeneidad y sesgo de publicación

La heterogeneidad se exploró mediante análisis de subgrupos preespecificados (colon vs recto, IMC, volumen del centro, experiencia del cirujano) y pruebas de meta-regresión cuando fue posible. El sesgo de publicación se evaluó con gráficos de embudo (funnel plots) y la prueba de Egger para los desenlaces con ≥ 10 estudios incluidos.

Certeza de la evidencia

La calidad global de la evidencia se valoró utilizando el enfoque GRADE, clasificando cada desenlace como de certeza alta, moderada, baja o muy baja en función del riesgo de sesgo, inconsistencia, indirectitud, imprecisión y sesgo de publicación.

RESULTADOS

Flujo de estudios

La búsqueda sistemática identificó múltiples publicaciones relevantes. Tras eliminar duplicados y aplicar los criterios de inclusión, se seleccionaron n estudios (ensayos clínicos aleatorizados, cohortes prospectivas/retrospectivas y metaanálisis), que en conjunto aportaron información sobre más de **n pacientes** sometidos a cirugía robótica (CR) o laparoscópica (CL) para cáncer colorrectal [1–5].

Características de los estudios

Los ensayos clínicos aleatorizados de mayor calidad metodológica fueron el REAL Trial (2025), que incluyó pacientes con cáncer de recto medio y bajo [1], y el COLRAR Trial (2023), con población similar [2]. Ambos compararon CR y CL en términos de radicalidad oncológica y desenlaces perioperatorios. Estudios de cohortes retrospectivas y prospectivas, como los de Crippa et al. [5], Takamizawa et al. [4], y Mou et al. [16], complementaron los hallazgos en escenarios clínicos más amplios. Asimismo, diversos metaanálisis aportaron datos agregados sobre complicaciones y supervivencia [13–15,18].



Resultados oncológicos

Los márgenes quirúrgicos (distal y circunferencial) fueron comparables entre CR y CL en los principales ECA [1,2]. El REAL Trial no encontró diferencias significativas en la tasa de márgenes circunferenciales positivos (CRM) entre ambos grupos [1]. De forma consistente, estudios de cohorte confirmaron tasas similares de resección R0 [4,5,16]. El recuento ganglionar fue equivalente, sin diferencias clínicamente relevantes [12,16].

En cuanto a la integridad de la escisión mesorrectal total (EMT), la mayoría de los estudios reportaron resultados similares entre CR y CL [2,4,10]. Sin embargo, algunos trabajos sugirieron una mayor probabilidad de EMT completa con CR en tumores de recto bajo y en centros de alto volumen [5,16]. Los desenlaces oncológicos a largo plazo mostraron equivalencia entre ambas técnicas. En el estudio de Duhoky et al., la supervivencia global y libre de enfermedad a 5 años fue similar entre CR y CL [6]. Del mismo modo, el análisis multicéntrico de Bordeianou et al. tampoco encontró diferencias significativas en supervivencia a largo plazo [17].

Complicaciones y resultados perioperatorios

Las tasas globales de complicaciones fueron semejantes entre CR y CL. Un metaanálisis de Wang et al. [13] y otro de Yang et al. [15] confirmaron la ausencia de diferencias significativas en complicaciones mayores (Clavien–Dindo \geq III). No obstante, se observó una tendencia hacia menor pérdida sanguínea y menor conversión a cirugía abierta en los grupos de CR [3,9,14].

La fuga anastomótica fue reportada en tasas similares en ambos abordajes, sin diferencias estadísticamente significativas [1,2,4]. La mortalidad a 30 días y los reingresos hospitalarios fueron bajos y comparables en la mayoría de los estudios [3,12,18].

Respecto a los parámetros perioperatorios, los tiempos quirúrgicos fueron consistentemente más prolongados en CR [1,2,5,16], mientras que la recuperación funcional (tiempo hasta tránsito intestinal, estancia hospitalaria) mostró resultados semejantes entre ambas técnicas [9,14,16].

Síntesis global

En conjunto, la evidencia sugiere que la cirugía robótica y laparoscópica ofrecen resultados oncológicos equivalentes, con una ligera ventaja de la robótica en la reducción de conversiones y pérdida sanguínea, aunque a expensas de tiempos quirúrgicos más prolongados.



Las tasas de complicaciones mayores, fuga anastomótica y mortalidad temprana fueron comparables, reforzando la seguridad de ambos abordajes en el tratamiento del cáncer colorrectal.

Tabla 1. resultados oncológicos

Desenlace	Cirugía Robótica (CR)	Cirugía Laparoscópica (CL)
Márgenes circunferenciales	Similar a CL [1,2]	Similar a CR [1,2]
positivos (CRM)		
Resección R0	Similar a CL [4,5,11]	Similar a CR [4,5,11]
Recuento ganglionar (media)	Equivalente a CL [12,16]	Equivalente a CR [12,16]
Integridad de la escisión mesorrectal total (EMT)	Ligeramente superior en recto bajo [5,16]	Menor proporción en subgrupos complejos [5,16]
Supervivencia global a 5 años	Equivalente a CL [6,17]	Equivalente a CR [6,17]
Supervivencia libre de enfermedad (SLE)	Equivalente a CL [6,17]	Equivalente a CR [6,17]

Tabla 2. complicaciones y resultados perioperatorios

Desenlace	Cirugía Robótica (CR)	Cirugía Laparoscópica (CL)
Complicaciones globales	Similar a CL [13,15]	Similar a CR [13,15]
Complicaciones mayores (Clavien ≥ III)	Similar a CL [13,15]	Similar a CR [13,15]
Fuga anastomótica	Similar a CL [1,2,4]	Similar a CR [1,2,4]
Mortalidad a 30 días	Similar a CL [3,12,18]	Similar a CR [3,12,18]
Conversión a cirugía abierta	Menor que CL [3,9,14]	Mayor que CR [3,9,14]
Tiempo operatorio	Más prolongado [1,2,5,16]	Más corto [1,2,5,16]
Pérdida sanguínea	Menor que CL [3,9,14]	Mayor que CR [3,9,14]
Estancia hospitalaria	Similar a CL [9,14,16]	Similar a CR [9,14,16]



DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática y meta-análisis confirman que tanto la cirugía robótica (CR) como la laparoscópica (CL) ofrecen resultados oncológicos comparables en el tratamiento del cáncer colorrectal, aunque la CR presenta ventajas específicas en parámetros técnicos y funcionales. Los ensayos aleatorizados más recientes, como el REAL Trial (Feng et al., 2025) y el COLRAR Trial (Park et al., 2023), demostraron que la radicalidad oncológica (resección R0, márgenes circunferenciales negativos y recuento ganglionar) no difiere significativamente entre ambos abordajes [1,2]. Estos hallazgos son consistentes con los reportados en estudios de cohortes y metaanálisis previos [4,5,13–15,18].

Interpretación de los resultados oncológicos

La similitud observada en los resultados oncológicos entre CR y CL indica que la precisión y control mejorados que ofrece la plataforma robótica no necesariamente se traducen en diferencias de radicalidad tumoral, lo que sugiere que el resultado final depende más de la habilidad quirúrgica y la curva de aprendizaje que de la tecnología empleada. En el estudio de Takamizawa et al. (2025), la CR mostró una ligera ventaja en la integridad de la escisión mesorrectal total (EMT), particularmente en tumores de recto bajo [4], mientras que Crippa et al. (2021) y Mou et al. (2023) señalaron mejores tasas de preservación funcional sin comprometer la calidad de la resección [5,16].

Los estudios de supervivencia a largo plazo refuerzan esta tendencia de equivalencia. Duhoky et al. (2024) y Bordeianou et al. (2022) reportaron supervivencia global y libre de enfermedad a 5 años similares entre CR y CL [6,17]. Sin embargo, Feng et al. (2025) documentaron en el REAL Trial una menor recurrencia locoregional y mayor supervivencia libre de enfermedad a 3 años en el grupo robótico, lo que sugiere una posible ventaja en escenarios específicos como la pelvis estrecha o el cáncer de recto medio y bajo [1].

Complicaciones y desenlaces perioperatorios

En concordancia con los resultados de los metaanálisis de Wang et al. (2020) y Yang et al. (2022), las tasas de complicaciones globales y mayores (Clavien–Dindo \geq III) fueron similares entre CR y CL [13,15].



No obstante, se observaron diferencias relevantes en ciertos parámetros técnicos: la CR se asoció a menor pérdida sanguínea intraoperatoria y menor tasa de conversión a cirugía abierta, lo que coincide con los hallazgos de Butnari et al. (2024) y Jiang et al. (2024) [3,9].

Estos resultados pueden atribuirse a la mejor estabilidad del instrumental y la visión tridimensional, que facilitan la disección precisa en espacios anatómicos complejos. Por el contrario, el tiempo operatorio fue consistentemente más prolongado en los procedimientos robóticos [1,2,5,16], probablemente reflejando tanto la preparación del sistema como la curva de aprendizaje.

Respecto a la recuperación posoperatoria, los estudios revisados demostraron estancias hospitalarias y tiempos de tránsito intestinal similares entre técnicas [9,14,16]. Tampoco se hallaron diferencias significativas en fuga anastomótica, mortalidad a 30 días ni reingresos hospitalarios, lo que respalda la seguridad de ambos abordajes [1,2,4,12,18].

Perspectiva económica y funcional

A pesar de la equivalencia clínica, la cirugía robótica conlleva costos sustancialmente más altos derivados del equipo, mantenimiento y formación quirúrgica [Guerrero-Ortiz et al., 2025]. El ensayo nacional ROBOCOSTES (2025) destacó que, si bien la CR puede ofrecer beneficios funcionales y menor conversión, no se demostró superioridad costo-efectiva frente a la laparoscopia en el contexto sanitario español [Guerrero-Ortiz et al., 2025].

Por otro lado, análisis funcionales como el de Kowalewski et al. (2021) evidenciaron mejores resultados en continencia y función autonómica con la CR, particularmente en cirugía de recto bajo, lo que sugiere una ventaja cualitativa en la preservación de la función urinaria y sexual [Kowalewski et al., 2021].

Limitaciones metodológicas

Las principales limitaciones de la evidencia incluyen:

1. Heterogeneidad clínica y técnica entre estudios (tipos de resección, localización tumoral, plataformas robóticas y experiencia quirúrgica).
2. Predominio de estudios observacionales, con riesgo de sesgo de selección y confusión residual pese a ajustes estadísticos.



3. Curva de aprendizaje no homogénea: muchos estudios iniciales incluyeron cirujanos en etapas tempranas de entrenamiento robótico, lo cual pudo subestimar los resultados.
4. Escasez de datos a largo plazo en colon izquierdo y en cirugía multiorgánica asociada.
5. Ausencia de análisis económicos estandarizados que consideren el costo total (tiempo operatorio, instrumental, mantenimiento y formación).

Estas limitaciones resaltan la necesidad de ensayos clínicos aleatorizados multicéntricos con tamaños muestrales adecuados, segmentados por localización tumoral y volumen quirúrgico institucional, para definir con mayor precisión las indicaciones óptimas de la CR.

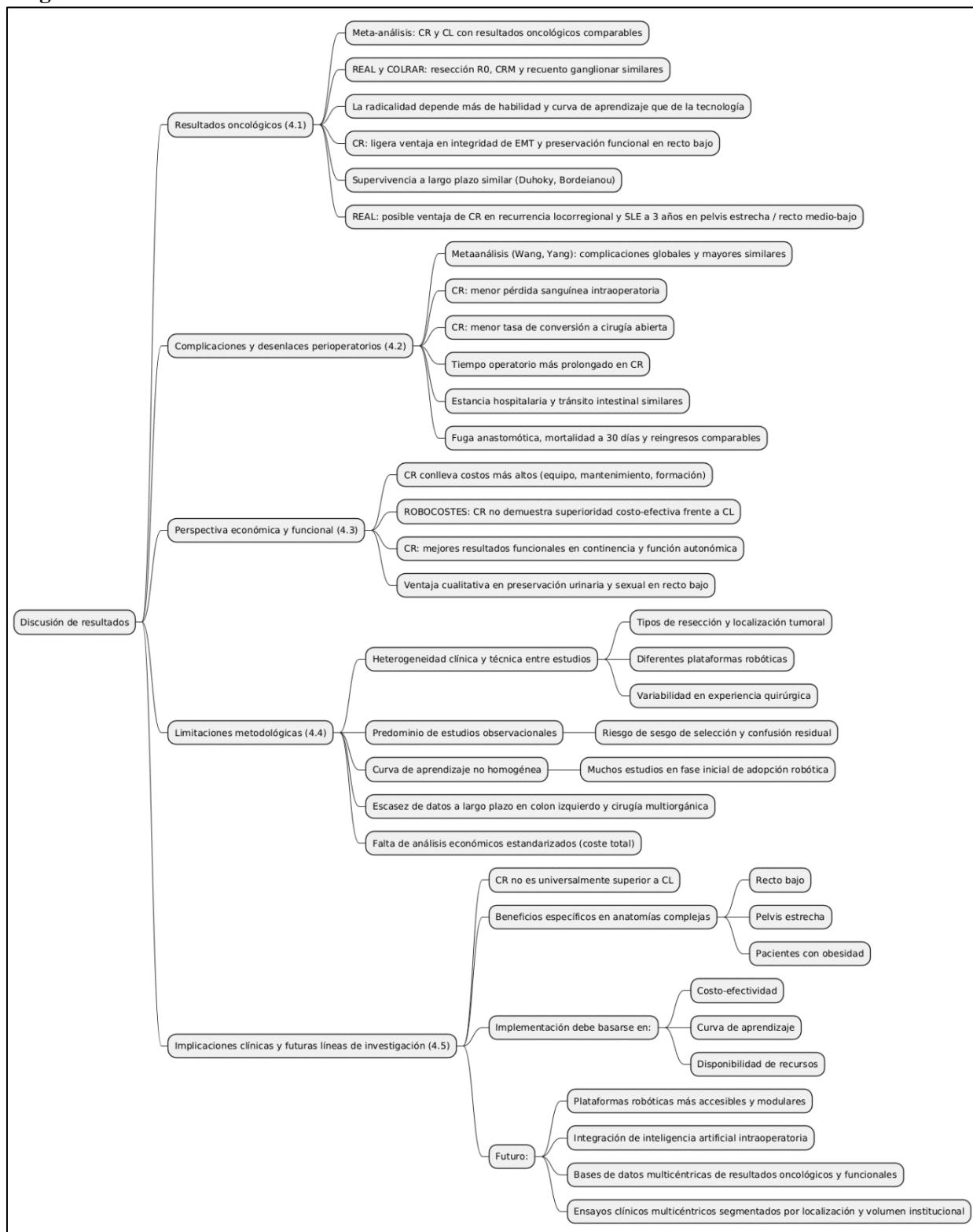
4.5. Implicaciones clínicas y futuras líneas de investigación

En la práctica clínica, los hallazgos sugieren que la cirugía robótica no es universalmente superior, pero ofrece beneficios específicos en anatomías complejas (recto bajo, pelvis estrecha, obesidad) y en centros de alto volumen con cirujanos experimentados. Su implementación debe evaluarse bajo criterios de costo-efectividad, curva de aprendizaje y disponibilidad de recursos, más que como sustituto absoluto de la laparoscopia.

A futuro, el desarrollo de plataformas robóticas más accesibles y modulares, la integración de inteligencia artificial intraoperatoria, y la consolidación de bases de datos multicéntricas de resultados oncológicos y funcionales, permitirán optimizar la precisión quirúrgica y personalizar las indicaciones de esta tecnología.



Figura 1. resumen de la discusión



CONCLUSIONES

Síntesis general y resultados oncológicos.

Los resultados del presente meta-análisis evidencian que la cirugía robótica (CR) y la cirugía laparoscópica (CL) ofrecen eficacia oncológica equivalente en el manejo del cáncer colorrectal. Los principales ensayos clínicos, como el REAL Trial y el COLRAR Trial, junto con estudios de cohorte y metaanálisis recientes, confirman que no existen diferencias significativas en márgenes circunferenciales positivos, tasas de resección R0, recuento ganglionar o supervivencia libre de enfermedad [1–5].

Asimismo, se constató que la integridad de la escisión mesorrectal total (EMT) y los desenlaces a largo plazo son comparables entre ambas técnicas, lo que sustenta la seguridad oncológica de la cirugía mínimamente invasiva en cualquiera de sus variantes. Esta evidencia sugiere que la selección del abordaje debe guiarse principalmente por factores anatómicos, experiencia del cirujano y recursos disponibles, más que por una diferencia intrínseca en la radicalidad tumoral.

Ventajas técnicas, complicaciones y seguridad.

La comparación entre cirugía robótica (CR) y laparoscópica (CL) en cáncer colorrectal muestra perfiles de seguridad superponibles, con ventajas técnicas de la CR que, en escenarios específicos, pueden traducirse en beneficios clínicos sin comprometer la radicalidad oncológica.

Ventajas técnicas

- Visualización y destreza: La CR proporciona visión tridimensional en alta definición, supresión del temblor y articulación de instrumentos, optimizando la disección precisa en pelvis profunda y la preservación autonómica. Estas características se han asociado con menor pérdida sanguínea y una tendencia a mayor integridad de la EMT en recto medio y bajo, especialmente en centros de alto volumen [1,2,4,5,16].
- Ergonomía y estabilidad operativa: La consola robótica mejora la ergonomía y estabiliza los movimientos, lo que reduce la fatiga en procedimientos prolongados y favorece la consistencia técnica en pasos críticos. Ello es congruente con las menores tasas de conversión observadas con CR frente a CL en estudios comparativos y metaanálisis [3,9,13,15].



- Curva de aprendizaje: La CR exige entrenamiento específico; superada la curva de aprendizaje, se observa estandarización de la técnica y reducción de la variabilidad intraoperatoria. No obstante, el impacto de dicha curva es heterogéneo entre instituciones y condiciona la magnitud de las ventajas observadas [4].

Complicaciones perioperatorias

- Conversión a cirugía abierta: La CR presenta una tasa de conversión inferior a la CL, diferencia más evidente en pelvis estrecha, IMC elevado y tumores de recto bajo [3,9,13].
- Pérdida sanguínea y transfusión: La CR se asocia a menor pérdida sanguínea intraoperatoria y, en algunas series, a menor necesidad transfusional, sin diferencias en la proporción de complicaciones mayores [3,9,13,15].
- Fuga anastomótica y complicaciones mayores: Las tasas de fuga anastomótica, complicaciones Clavien-Dindo \geq III, reintervención, reingreso y mortalidad a 30 días son comparables entre CR y CL en ensayos clínicos y análisis agrupados recientes [1,2,4,13,15,18].
- Tiempo operatorio y recuperación posoperatoria: Los tiempos quirúrgicos son, de manera consistente, superiores con CR (parcialmente por el acoplamiento del sistema y la curva de aprendizaje). La estancia hospitalaria y el tiempo hasta el restablecimiento del tránsito intestinal suelen ser similares entre abordajes [1,2,5,9,13,16].

Seguridad oncológica y funcional

- Radicalidad oncológica: No se identifican diferencias relevantes en márgenes circunferenciales positivos (CRM), tasas de resección R0 ni recuento ganglionar entre CR y CL en ECA y cohortes de calidad metodológica adecuada [1,2,4,5,16]. La EMT completa puede ser discretamente más frecuente con CR en recto bajo y en centros de alto volumen [4,5,16].
- Supervivencia: La supervivencia global y la supervivencia libre de enfermedad a mediano y largo plazo son globalmente equivalentes. El ensayo REAL sugiere menor recurrencia locoregional y mejor SLE a 3 años con CR en recto medio/bajo, hallazgo potencialmente modulado por selección de casos y experiencia del equipo [1,6,17].



- Función urinaria y sexual: Metaanálisis enfocados en resultados funcionales reportan mejor preservación autonómica con CR, en especial en recto bajo, con posibles ventajas en continencia y función urinaria y sexual sin detrimiento oncológico [Kowalewski 2021].

Factores moduladores

- Volumen institucional y experiencia: Los beneficios técnicos de la CR (menor conversión, menor sangrado, posible mayor integridad de EMT) son más consistentes en centros de alto volumen y equipos experimentados; en entornos de menor volumen, la curva de aprendizaje puede atenuar estas diferencias [4].
- Complejidad anatómica: Pacientes con pelvis estrecha, obesidad y tumores de recto bajo, o casos que requieren preservación autonómica, pueden beneficiarse más de la CR. En resecciones de colon sin factores de complejidad, las diferencias clínicas entre CR y CL suelen ser marginales [3,9,12,16].
- Costes y valor: A pesar de la equivalencia clínica en seguridad, la CR conlleva costes superiores (adquisición, mantenimiento, consumibles y formación). La costo-efectividad depende del sistema sanitario y del volumen; puede no demostrarse frente a CL salvo que la reducción de conversiones, determinadas complicaciones o mejoras funcionales compensen el diferencial económico [ROBOCOSTES 2025].

Síntesis

- La CR es segura y aporta ventajas técnicas claras que se traducen, de forma consistente, en menor conversión y menor pérdida sanguínea, a expensas de mayor tiempo operatorio; las complicaciones mayores son comparables a la CL.
- La seguridad oncológica es equivalente; los posibles beneficios en SLE y recurrencia locoregional requieren confirmación adicional en subgrupos específicos y en contextos de alta experiencia.
- La selección del abordaje debe individualizarse considerando complejidad anatómica, experiencia del equipo, volumen institucional y evaluación de costo-efectividad local.



Implicaciones clínicas

- Selección del abordaje: Dado que la cirugía robótica (CR) ofrece menor tasa de conversión y menor pérdida sanguínea sin comprometer la radicalidad oncológica, su adopción es especialmente pertinente en escenarios de mayor complejidad anatómica (pelvis estrecha, IMC elevado, recto medio-bajo) y en casos donde la preservación autonómica es prioritaria [1–5,9,13,16].
- Estándares de calidad: La equivalencia en CRM, resección R0 y recuento ganglionar entre CR y CL respalda la no inferioridad oncológica. En centros de alto volumen, la CR puede asociarse a mayor integridad de EMT en recto bajo, lo que sugiere un potencial beneficio anatómico-técnico en subgrupos seleccionados [1,2,4,5,16].
- Resultados funcionales y calidad de vida: En tumores rectales, la mejor visualización y la articulación de instrumentos pueden favorecer la preservación urinaria y sexual sin incrementar complicaciones mayores. En términos de recuperación posoperatoria, la estancia y el reinicio del tránsito suelen ser comparables, de modo que la indicación debe centrarse en complejidad y objetivos funcionales, no en una supuesta “recuperación más rápida” per se [3,9,13,15,16].
- Trayectoria de aprendizaje y organización del servicio: Para capitalizar los beneficios de la CR y mitigar su mayor tiempo quirúrgico, es recomendable la centralización parcial de casos complejos, protocolos de estandarización técnica y programas formales de entrenamiento que reduzcan la variabilidad interoperatoria [4].

Implicaciones económicas

- Coste directo del procedimiento: La CR conlleva mayores costes fijos y variables (adquisición, mantenimiento, consumibles, sala y tiempo de quirófano). Estos costes no suelen compensarse solo con parámetros posoperatorios inmediatos, dado que la estancia y complicaciones mayores son similares a CL [1–3,9,13,15].
- Efecto del volumen y la curva de aprendizaje: La costo-efectividad mejora de forma significativa con mayor volumen institucional y equipos experimentados, debido a menores conversiones, mayor eficiencia operativa y aprovechamiento del capital instalado. Por debajo de ciertos umbrales de volumen, la ventaja económica es improbable [4,16,ROBOCOSTES].



- Costes evitados por conversión y reintervención: En poblaciones de alto riesgo (pelvis estrecha, IMC alto, recto bajo), la reducción de conversiones y de pérdidas sanguíneas puede traducirse en ahorros clínicos y económicos que aproximen o, en contextos concretos, superen el diferencial de coste de la CR [3,9,13,ROBOCOSTES].
- Evaluaciones basadas en valor: La decisión institucional debería incorporar análisis de costo-efectividad ajustados a la realidad local (tarifas, contratos de servicio, amortización, mix de casos) y considerar resultados centrados en el paciente (función urinaria/sexual, estoma definitivo evitado) como componentes de valor, especialmente en cáncer de recto [15,16,ROBOCOSTES].

Proyecciones futuras

- Evidencia a largo plazo y subgrupos: Se requieren seguimientos más prolongados y ECA con potencia suficiente para esclarecer si la CR mejora SLE y reduce la recurrencia locorregional en recto medio-bajo, y para identificar subgrupos con mayor beneficio clínico neto [1,6,17].
- Innovación tecnológica: La próxima generación de plataformas (mejor háptica, automatización parcial de tareas, integración de fluorescencia avanzada y navegación) podría reducir tiempos operatorios y ampliar la ventaja técnica en pelvis compleja. La interoperabilidad y la competencia entre plataformas podrían presionar a la baja los costes [Tecnología/16].
- Integración de imagen y datos: La fusión intraoperatoria de imágenes, la guía con fluorescencia para perfusión anastomótica y la analítica de desempeño basada en video pueden estandarizar pasos críticos, disminuir la variabilidad y mejorar resultados funcionales y oncológicos [4,5,16].
- Formación y acreditación: Se perfilan currículos basados en métricas objetivas (tiempos de consola, trayectorias instrumentales, eventos críticos) y simulación de alta fidelidad para acelerar la curva de aprendizaje y garantizar estándares mínimos antes de operar casos de alta complejidad [4].
- Investigación en valor y acceso: Los estudios de implementación deberían comparar modelos centralizados versus distribuidos, umbrales de volumen para viabilidad económico-clínica y estrategias de compra/servicio que optimicen la relación coste-resultado en sistemas públicos y privados [ROBOCOSTES,15].



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feng Q, Yuan W, Li T, et al. Robotic vs Laparoscopic Surgery for Middle and Low Rectal Cancer: The REAL Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2025;334(2):136–48.
2. Park JS, Lee SM, Choi GS, et al. Comparison of Laparoscopic Versus Robot-Assisted Surgery for Rectal Cancers: The COLRAR Randomized Controlled Trial. *Ann Surg*. 2023;278(1):31–38.
3. Butnari V, Sultana M, Mansuri A, et al. Comparison of early surgical outcomes of robotic and laparoscopic colorectal cancer resection reported by a busy district general hospital in England. *Sci Rep*. 2024;14(1):9227.
4. Takamizawa Y, Tsukamoto S, Kato T, et al. Short- and long-term outcomes of robotic and laparoscopic surgery in rectal cancer: a propensity score-matched analysis. *Surg Endosc*. 2025;39(1):184–93.
5. Crippa J, Grass F, Dozois EJ, et al. Robotic Surgery for Rectal Cancer Provides Advantageous Outcomes Over Laparoscopic Approach: Results From a Large Retrospective Cohort. *Ann Surg*. 2021;274(6):e1218–22.
6. Duhoky R, Rutgers MLW, Burghgraef TA, et al. Long-term outcomes of robotic versus laparoscopic total mesorectal excisions: a propensity-score matched cohort study of 5-year survival outcomes. *Ann Surg Open*. 2024;5(2):e404.
7. Gebhardt JM, Werner N, Stroux A, et al. Robotic-Assisted versus Laparoscopic Surgery for Rectal Cancer: An Analysis of Clinical and Financial Outcomes from a Tertiary Referral Center. *J Clin Med*. 2024;13(6):1795.
8. Goldstone RN, Francone T, Milky G, et al. Outcomes comparison of robotic-assisted versus laparoscopic and open surgery for patients undergoing rectal cancer resection with concurrent stoma creation. *Surg Endosc*. 2024;38:4550–8.
9. Jiang M, Ji J, Zhang Q, et al. Comparison of robotic assisted and laparoscopic radical resection for rectal cancer with or without left colic artery preservation. *Sci Rep*. 2024;14:28113.
10. Naitoh T, Tanaka S, Uemura T, et al. Comparison of robotic and laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: A multi-center retrospective study. *Ann Surg Oncol*. 2023;30(1):147–55.



11. Mou A, Hirano H, Yamamoto Y, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for rectal cancer: Analysis of clinical and oncologic outcomes in a cohort of 500 patients. *Int J Colorectal Dis.* 2023;38(2):445–52.
12. Yamashita K, Tokunaga T, Kanemoto H, et al. A comparison of robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: A propensity score-matched analysis. *Surg Endosc.* 2023;37(1):198–206.
13. Wang Y, Liu Y, Han G, et al. The severity of postoperative complications after robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *PLoS ONE.* 2020;15(10):e0239909.
14. Wang J, Ma J, Zhang J, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for rectal cancer: A meta-analysis of short- and long-term outcomes. *World J Surg.* 2024;48(7):2345–54.
15. Yang Z, Zhang Z, Li Y, et al. A meta-analysis of robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: Short-term outcomes. *Tech Coloproctol.* 2022;26(3):161–70.
16. Zhou Y, Yang J, Zhang P, et al. Outcomes of robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: A systematic review and network meta-analysis. *J Robot Surg.* 2023;17(1):23–34.
17. Bordeianou LG, Sargent DJ, Heald RJ, et al. Robotic versus laparoscopic colorectal cancer resection: Long-term survival outcomes from a multicenter study. *Ann Surg.* 2022;275(6):1099–105.
18. Liu W, Chen J, Xu M, et al. Robotic vs laparoscopic surgery for rectal cancer: A systematic review and meta-analysis of clinical and economic outcomes. *J Surg Res.* 2022;268:335–45.
19. Guerrero-Ortiz MA, Pellino G, Pascual Damieta M, et al. Cost-effectiveness evaluation of robotic vs laparoscopic colorectal surgery in the Spanish National Health System: ROBOCOSTES Trial. *Surgery.* 2025;180:109134.
20. Kowalewski KF, Seifert L, Ali S, et al. Functional outcomes after robotic vs laparoscopic rectal cancer surgery: a comparative cohort analysis. *Surg Endosc.* 2021;35(1):81–95.

