

Manejo quirúrgico del cáncer colorrectal: estado actual y perspectivas futuras

Surgical management of colorectal cancer: current status and future prospects

Francisco Leonardo Campos Salinas

ORCID: 0009-0002-5778-2579

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

Jeral Douverly Guzmán Molina

ORCID: 0009-0003-8358-6819

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

Cynthia Nohemi Lasluisa Chiza

ORCID: 0009-0001-8677-1820

Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador

Camila Rebeca Moreno Cárdenas

ORCID: 0009-0003-2871-0442

Universidad de las Américas, Ecuador

Javier Andres Parrales Palma

ORCID: 0009-0002-3555-7776

Universidad de Guayaquil, Ecuador

JheyMi Marcela Ramón Once

ORCID: 0009-0006-4598-8739

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

Jorge Fabián Palacios Hidalgo

ORCID: 0009-0006-5844-9283

Universidad Estatal de Guayaquil, Ecuador

Maritza Gabriela Gómez Moreno

ORCID: 0009-0003-9152-2807

Hospital General San Vicente de Paúl, Ecuador

RESUMEN

El manejo quirúrgico del cáncer colorrectal ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, consolidándose como una piedra angular en el tratamiento de esta enfermedad. Actualmente, las técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, como la laparoscopia y la cirugía robótica, han demostrado beneficios en términos de recuperación postoperatoria, reducción del dolor y menor tiempo de hospitalización, sin comprometer los resultados oncológicos. Además, la incorporación de enfoques multidisciplinarios ha optimizado la selección de pacientes y la planificación preoperatoria, mejorando así los pronósticos. La cirugía basada en principios de preservación funcional, como la cirugía transanal para tumores rectales, también ha ganado protagonismo, permitiendo evitar colostomías permanentes en casos seleccionados. Sin embargo, persisten desafíos importantes, como la necesidad de mejorar los resultados en pacientes con enfermedad avanzada o metastásica y minimizar las complicaciones postoperatorias. Las perspectivas futuras incluyen avances en la personalización del tratamiento mediante el uso de biomarcadores genómicos y moleculares, así como el desarrollo de nuevas tecnologías quirúrgicas. Además, se espera que la integración de herramientas de inteligencia artificial y realidad aumentada transforme aún más el campo quirúrgico. Este artículo revisa el estado actual del manejo quirúrgico del cáncer colorrectal y explora las innovaciones que podrían moldear su futuro.

Palabras clave: Cáncer colorrectal, Cirugía laparoscópica, Disección lateral de ganglios linfáticos pélvicos, Cirugía robótica, Excisión mesorectal total transanal.

ABSTRACT

The surgical management of colorectal cancer has evolved significantly in recent decades, consolidating itself as a cornerstone in the treatment of this disease. Currently, minimally invasive surgical techniques, such as laparoscopy and robotic surgery, have demonstrated benefits in terms of postoperative recovery, pain reduction and shorter hospitalization time, without compromising oncological outcomes. In addition, the incorporation of multidisciplinary approaches has optimized patient selection and preoperative planning, thus improving prognosis. Surgery based on principles of functional preservation, such as transanal surgery for rectal tumors, has also gained prominence, allowing permanent colostomies to be avoided in selected cases. However, significant challenges remain, such as the need to improve outcomes in patients with advanced or metastatic disease and minimize postoperative complications. Future prospects include advances in the personalization of treatment through the use of genomic and molecular biomarkers, as well as the development of new surgical technologies. In addition, the integration of artificial intelligence and augmented reality tools is expected to further transform the surgical field. This article reviews the current state of surgical management of colorectal cancer and explores innovations that could shape its future.

Keywords: Colorectal cancer, Laparoscopic surgery, Lateral pelvic lymph node dissection, Robotic surgery, Transanal total mesorectal excision.

INTRODUCCIÓN

El cáncer colorrectal representa una de las neoplasias malignas más prevalentes a nivel mundial, con una incidencia y mortalidad que continúan siendo significativas, a pesar de los avances en su diagnóstico y tratamiento. En el manejo de esta enfermedad, la cirugía desempeña un papel central, ya sea con intención curativa en estadios tempranos o como parte de un enfoque multimodal en etapas avanzadas (1). Durante las últimas décadas, los procedimientos quirúrgicos han evolucionado considerablemente, impulsados por los avances en tecnología, como la cirugía laparoscópica y robótica, así como por una mayor comprensión de la biología tumoral y su impacto en la planificación del tratamiento. Sin embargo, persisten desafíos importantes relacionados con la selección de pacientes, el manejo de complicaciones y la optimización de los resultados funcionales y oncológicos (2). Este artículo revisa el estado actual del manejo quirúrgico del cáncer colorrectal, destacando las innovaciones recientes y explorando las perspectivas futuras en este campo crucial.

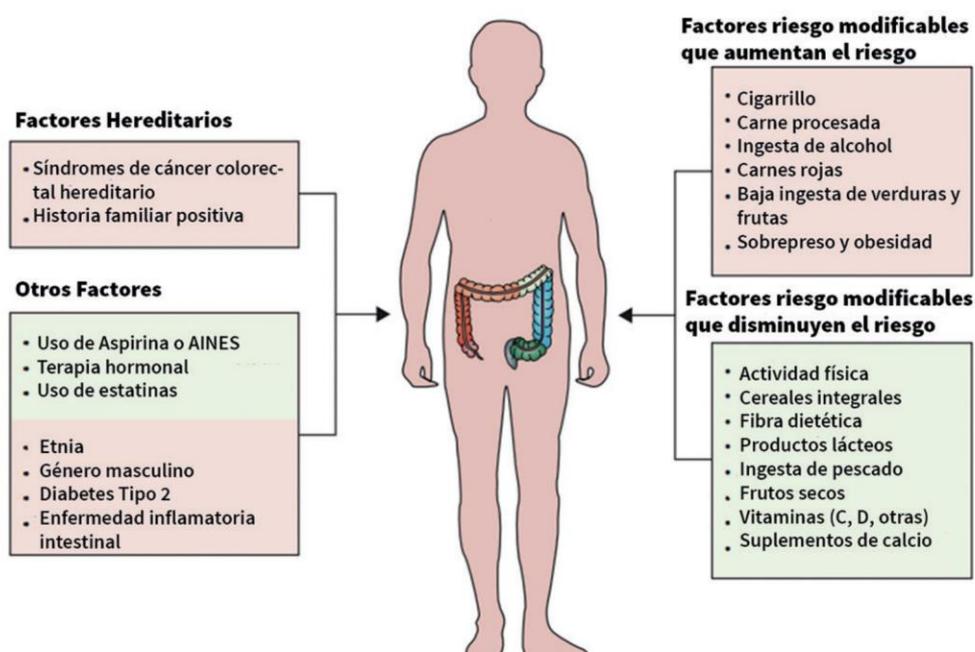
METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo de revisión narrativa sobre el manejo quirúrgico del cáncer colorrectal, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas reconocidas, incluyendo PubMed, Scopus y Web of Science. Se seleccionaron publicaciones relevantes desde enero de 2010 hasta junio de 2023. Los términos de búsqueda utilizados incluyeron combinaciones de palabras clave como "cáncer colorrectal", "manejo quirúrgico", "cirugía mínimamente invasiva", "terapia adyuvante" y "perspectivas futuras". Se priorizaron artículos revisados por pares, guías clínicas actualizadas y estudios de cohortes significativos. Además, se incluyeron revisiones sistemáticas y metanálisis con el fin de proporcionar una visión integral del estado actual del tema. Se excluyeron estudios con limitaciones metodológicas significativas o aquellos que no aportaran información novedosa al campo. La información recopilada se organizó temáticamente para abordar aspectos clave como las técnicas quirúrgicas actuales, los avances tecnológicos, los enfoques multidisciplinarios y las tendencias emergentes en el tratamiento del cáncer colorrectal. La selección y análisis de los datos se realizaron de manera crítica para garantizar la validez y relevancia de las conclusiones presentadas en este trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Epidemiología

Figura 1. Factores de riesgo



Lista de factores de riesgo modificables y no modificables para el cáncer colorrectal. Aunque los datos de algunos factores de riesgo (p. ej., fumar y el consumo de carne procesada) son convincentes, otros factores (p. ej., terapia hormonal para la menopausia), para los cuales los datos son más sugerentes. AINE = antiinflamatorios no esteroideos. (Obtenido de: Arias et al, 2023).

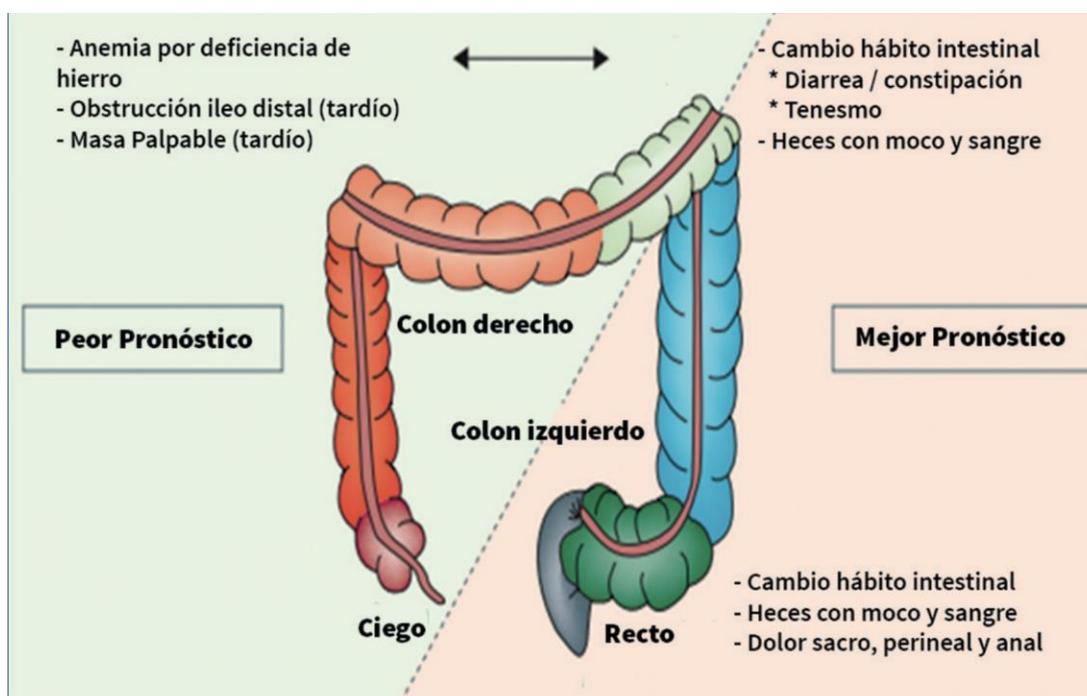
El cáncer colorrectal (CCR) es una de las principales causas de morbilidad a nivel mundial. Según datos recientes, ocupa el tercer lugar en incidencia y el segundo en mortalidad entre todos los tipos de cáncer. Las tasas de incidencia varían significativamente según la región geográfica, con mayores cifras en países desarrollados, lo que sugiere una influencia importante de factores ambientales y estilos de vida asociados al desarrollo económico (1). En cuanto al sexo, el CCR afecta tanto a hombres como a mujeres, aunque se ha observado una ligera predominancia en los hombres. Esta diferencia podría estar relacionada con factores hormonales, patrones dietéticos y mayor prevalencia de conductas de riesgo en la población masculina, como el tabaquismo y el consumo excesivo de alcohol. Respecto a la etnia, las personas de ascendencia africana presentan una mayor incidencia y mortalidad por CCR en comparación con otros grupos étnicos (2). Este fenómeno podría atribuirse a una combinación de factores genéticos, desigualdades en el acceso a servicios de salud y detección temprana, así como diferencias en la exposición a factores de riesgo (2).

Entre los factores de riesgo más relevantes se encuentran la edad avanzada (mayor incidencia a partir de los 50 años), antecedentes familiares de CCR, enfermedades inflamatorias intestinales (como la colitis ulcerosa y la enfermedad de Crohn), dieta rica en grasas saturadas y carnes procesadas, obesidad, sedentarismo, consumo de tabaco y alcohol. Además, estudios recientes sugieren que el microbioma intestinal y su interacción con el sistema inmunológico podrían desempeñar un papel importante en la carcinogénesis colorrectal (3) (figura 1).

Manifestaciones clínicas

Las manifestaciones clínicas del cáncer colorrectal pueden variar dependiendo de la localización y el estadio de la enfermedad. Entre los síntomas más comunes se encuentran cambios en los hábitos intestinales, como diarrea o estreñimiento persistente, sangre en las heces, dolor abdominal, pérdida de peso inexplicada y fatiga (figura 2). En algunos casos, el paciente puede permanecer asintomático hasta que la enfermedad se encuentra en una etapa avanzada. Es fundamental realizar una evaluación clínica detallada y utilizar herramientas diagnósticas como la colonoscopia para detectar lesiones sospechosas. La identificación temprana de estas manifestaciones es clave para mejorar el pronóstico y planificar un manejo quirúrgico adecuado (4).

Figura 2. Manifestaciones clínicas de Cáncer Colorrectal de acuerdo a su ubicación



Obtenido de: Arias et al, 2023.

Diagnóstico

El diagnóstico del cáncer colorrectal se basa en una combinación de técnicas clínicas, de imagen y de laboratorio que permiten identificar la presencia y extensión de la enfermedad. Inicialmente, el cribado mediante pruebas como la sangre oculta en heces o la sigmoidoscopia flexible puede sugerir la necesidad de estudios adicionales. La colonoscopia es el estándar de oro para la confirmación diagnóstica, permitiendo la visualización directa de la mucosa intestinal y la obtención

de biopsias para análisis histopatológico (5). Las técnicas de imagen, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), son esenciales para evaluar la extensión local y a distancia de la enfermedad, mientras que el ultrasonido endorrectal se utiliza principalmente para estadificar tumores rectales. Los marcadores tumorales, como el antígeno carcinoembrionario (CEA), pueden ser útiles en el seguimiento, aunque su papel en el diagnóstico inicial es limitado. Un diagnóstico temprano es crucial para optimizar las opciones terapéuticas y mejorar el pronóstico (6).

Tratamiento quirúrgico

El tratamiento quirúrgico del cáncer colorrectal representa una de las principales estrategias terapéuticas en el manejo de esta patología. En la actualidad, los avances en técnicas quirúrgicas, junto con el desarrollo de enfoques mínimamente invasivos como la cirugía laparoscópica y robótica, han permitido mejorar los resultados clínicos, reducir las complicaciones postoperatorias y acortar los tiempos de recuperación para los pacientes (7).

La elección del procedimiento quirúrgico depende de diversos factores, como la localización del tumor, su estadio, las características del paciente y la presencia de comorbilidades. En casos de cáncer localizado, la resección quirúrgica completa con márgenes negativos sigue siendo el objetivo principal. Para tumores más avanzados, la cirugía puede combinarse con terapias neoadyuvantes o adyuvantes, como quimioterapia y radioterapia, con el fin de optimizar los resultados oncológicos (7).

Cirugía abierta

La cirugía abierta ha sido durante décadas el enfoque estándar en el tratamiento quirúrgico del cáncer colorrectal. Este método implica la realización de una incisión abdominal para acceder directamente al área afectada, permitiendo al cirujano extirpar el tumor y los tejidos circundantes de manera precisa. Aunque las técnicas mínimamente invasivas han ganado popularidad en los últimos años, la cirugía abierta sigue siendo una opción crucial, especialmente en casos complejos o avanzados donde otros enfoques podrían no ser viables (8).

Entre las principales ventajas de la cirugía abierta se encuentran la posibilidad de una visualización directa y completa de la cavidad abdominal y la capacidad de manejar complicaciones intraoperatorias de forma inmediata. Además, este enfoque permite una resección más amplia en casos donde el tumor ha invadido estructuras adyacentes o cuando hay metástasis localizadas que requieren una intervención más extensa (9).

Sin embargo, como cualquier procedimiento quirúrgico, la cirugía abierta tiene sus desventajas. Estas incluyen un mayor tiempo de recuperación para el paciente, riesgo elevado de infecciones y complicaciones postoperatorias, así como una estancia hospitalaria más prolongada en comparación con los métodos laparoscópicos o robóticos. A pesar de ello, sigue siendo una técnica fundamental, especialmente en contextos donde los recursos tecnológicos son limitados o cuando el estado del paciente contraindica procedimientos más avanzados (8,9).

Cirugía mínimamente invasiva

Cirugía laparoscópica

La cirugía laparoscópica, también conocida como cirugía mínimamente invasiva, implica la realización de procedimientos quirúrgicos a través de pequeñas incisiones utilizando un laparoscopio y herramientas especializadas. Introducida en la década de 1990 en el contexto del CCR, esta técnica ha ganado popularidad debido a sus beneficios en comparación con la cirugía abierta tradicional (10). Numerosos estudios han demostrado que la cirugía laparoscópica ofrece múltiples ventajas para los pacientes con CCR:

1. Menor morbilidad postoperatoria: La reducción del trauma quirúrgico se traduce en menores tasas de complicaciones postoperatorias, como infecciones de la herida y adherencias (11).

2. Recuperación más rápida: Los pacientes sometidos a cirugía laparoscópica suelen experimentar menos dolor postoperatorio, menor necesidad de analgésicos y una recuperación más rápida, lo que permite un alta hospitalaria más temprana (11).

3. Mejores resultados estéticos: Las pequeñas incisiones minimizan las cicatrices visibles, mejorando la percepción estética del procedimiento (11).

4. Resultados oncológicos comparables: Diversos ensayos clínicos aleatorizados, como el estudio COLOR y el CLASICC, han confirmado que los resultados oncológicos a largo plazo de la cirugía laparoscópica son equivalentes a los de

la cirugía abierta en términos de márgenes quirúrgicos y tasas de recurrencia (11,12).

La cirugía laparoscópica está indicada para pacientes con CCR en etapas tempranas y localizaciones anatómicas accesibles. Sin embargo, su uso puede estar limitado en casos de tumores localmente avanzados, obstrucción intestinal o enfermedad metastásica compleja. Además, factores como la experiencia del cirujano y la disponibilidad de tecnología adecuada juegan un papel crucial en el éxito del procedimiento (12).

Entre las limitaciones inherentes a la técnica se encuentran una curva de aprendizaje prolongada para los cirujanos y un tiempo quirúrgico potencialmente mayor en comparación con la cirugía abierta. No obstante, con el entrenamiento adecuado y el uso de plataformas tecnológicas avanzadas, estas barreras pueden ser superadas. (12)

Cirugía robótica

Desde su introducción en la década de 2000, la cirugía robótica ha ganado popularidad debido a sus ventajas técnicas sobre la laparoscopia convencional. Este enfoque utiliza sistemas quirúrgicos asistidos por robots que permiten una mayor precisión, visualización tridimensional y maniobrabilidad en espacios anatómicos complejos (13).

En el contexto del cáncer colorrectal, la cirugía robótica se ha empleado principalmente en procedimientos como la resección anterior baja, la proctectomía total con preservación del esfínter y las colectomías. Estas intervenciones son particularmente desafiantes debido a la anatomía pélvica estrecha y la necesidad de preservar estructuras neurovasculares críticas (13).

La cirugía robótica ofrece múltiples beneficios tanto para los cirujanos como para los pacientes. Desde el punto de vista técnico, el sistema robótico proporciona instrumentos articulados con mayor rango de movimiento que los utilizados en laparoscopia. Esto facilita maniobras quirúrgicas complejas, como la disección precisa en áreas anatómicas difíciles, incluida la pelvis profunda. Adicionalmente, la visión tridimensional con aumento mejora la identificación de estructuras anatómicas críticas, lo que puede contribuir a una resección más precisa y a una menor tasa de márgenes positivos. Esto es particularmente relevante en el cáncer rectal, donde la calidad de la escisión mesorrectal completa es un factor determinante en los resultados oncológicos (13,14).

Desde la perspectiva del paciente, los beneficios potenciales incluyen una menor pérdida de sangre intraoperatoria, menor dolor postoperatorio, recuperación más rápida y una estancia hospitalaria más corta. Algunos estudios también han sugerido que la cirugía robótica puede estar asociada con mejores tasas de preservación del esfínter en pacientes con cáncer rectal bajo (14).

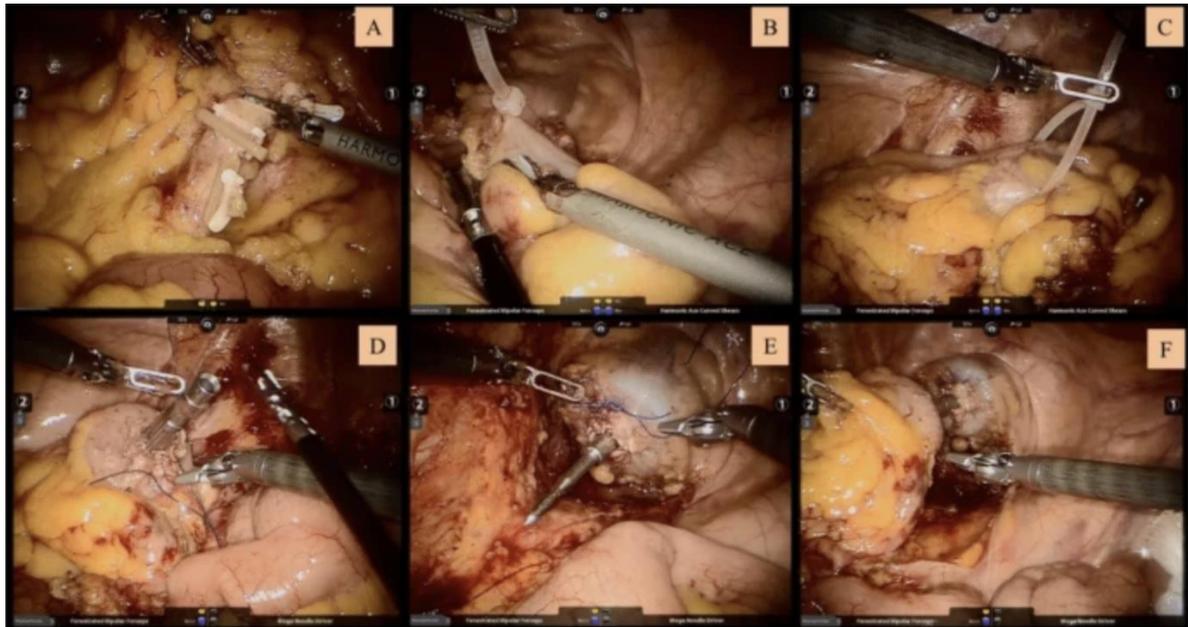
A pesar de sus ventajas, la cirugía robótica no está exenta de limitaciones. Uno de los principales desafíos es su alto costo, lo que puede limitar su disponibilidad en algunos sistemas de salud. Los costos asociados incluyen no solo el precio del equipo robótico, sino también los gastos recurrentes relacionados con el mantenimiento y los instrumentos desechables. Además, existe una curva de aprendizaje significativa para los cirujanos que desean adoptar esta tecnología. Aunque los sistemas robóticos están diseñados para facilitar las maniobras quirúrgicas, el dominio completo de la plataforma requiere entrenamiento especializado y experiencia acumulada (14,15).

Otro aspecto a considerar es la duración del procedimiento. En las etapas iniciales de adopción, las cirugías robóticas pueden ser más largas que las laparoscópicas debido al tiempo necesario para configurar el equipo y realizar las maniobras iniciales. Sin embargo, estudios han demostrado que este tiempo disminuye significativamente a medida que el equipo quirúrgico adquiere experiencia (14).

La literatura científica sobre la cirugía robótica en el manejo del cáncer colorrectal ha crecido rápidamente en los últimos años. Los estudios comparativos entre cirugía robótica y laparoscópica han reportado resultados similares en términos de tasas de complicaciones postoperatorias, márgenes quirúrgicos y supervivencia oncológica. Sin embargo, algunos metanálisis sugieren que la cirugía robótica puede estar asociada con menores tasas de conversión a cirugía abierta en comparación con la laparoscopia. Esto es particularmente importante en casos técnicamente desafiantes, como pacientes obesos o aquellos con tumores localizados en áreas anatómicas difíciles (15).

En cuanto a los resultados funcionales, como la preservación del esfínter y la función urinaria y sexual, algunos estudios han señalado una posible ventaja para la cirugía robótica debido a su precisión técnica y menor trauma operatorio en estructuras neurovasculares clave. No obstante, se requieren estudios adicionales para confirmar estas observaciones (figura 3) (15).

Figura 3. Procedimiento quirúrgico



(A) La arteria y la vena mesentérica inferior se aislaron y se recortaron mediante abrazaderas vasculares absorbibles; (B) el recto fue ligado con un vendaje de nylon auto-bloqueo; (C) El colon sigmoideo fue ligado con un vendaje de nylon autobloqueador; (D) suturar el tocón del colon sigmoideo y colocar el orvil en el colon sigmoideo; (E) sutura el muñón de recto; (F) Completa la anastomosis. (Obtenido de: Matsuda et al, 2018).

Avances tecnológicos

El tratamiento quirúrgico del cáncer colorrectal ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas gracias a los avances tecnológicos. Estos progresos han permitido mejorar los resultados oncológicos, reducir las complicaciones postoperatorias y optimizar la calidad de vida de los pacientes. A continuación, se exploran las principales innovaciones tecnológicas que están transformando este campo (16).

Por un lado encontramos a la cirugía mínimamente invasiva ya detallada previamente. Además, existen otros avances en el campo quirúrgico del cáncer colorrectal. Entre ellos, encontramos a la cirugía guiada por fluorescencia la cual es muy útil para mejorar la precisión quirúrgica. Esta técnica emplea agentes fluorescentes, como el verde de indocianina, para identificar estructuras anatómicas críticas, como vasos sanguíneos o ganglios linfáticos, así como para evaluar la perfusión del tejido. En el contexto del cáncer colorrectal, esta tecnología ayuda a garantizar márgenes quirúrgicos adecuados y a reducir el riesgo de complicaciones como las fugas anastomóticas (16).

Otro avance tecnológico son los sistemas de imagen intraoperatoria, como la tomografía computarizada móvil y la resonancia magnética intraoperatoria, mismas que están revolucionando la planificación y ejecución de las cirugías oncológicas. Estas herramientas permiten al cirujano evaluar en tiempo real la extensión del tumor y confirmar la resección completa, lo que es particularmente útil en casos de tumores localmente avanzados o con invasión a estructuras vecinas (16,17).

Por otro lado, la combinación de cirugía con terapias adyuvantes intraoperatorias también está ganando protagonismo en el tratamiento del cáncer colorrectal. Por ejemplo, la administración de quimioterapia intraperitoneal hipertérmica (HIPEC, por sus siglas en inglés) durante la cirugía ha mostrado resultados prometedores en pacientes con carcinomatosis peritoneal. Esta técnica consiste en aplicar quimioterapia calentada directamente en la cavidad abdominal tras la resección del tumor, lo que maximiza su efecto citotóxico y minimiza los efectos secundarios sistémicos (17).

La inteligencia artificial (IA) está comenzando a desempeñar un papel clave en la planificación quirúrgica del cáncer colorrectal. Algoritmos avanzados pueden analizar imágenes de tomografía computarizada o resonancia magnética para identificar con precisión la extensión del tumor y predecir posibles complicaciones. Además, los sistemas basados en IA están ayudando a desarrollar modelos personalizados para anticipar los resultados quirúrgicos y seleccionar el enfoque más adecuado para cada paciente (18).

Finalmente, la realidad aumentada (RA) y simulación quirúrgica están emergiendo como unas herramientas innovadoras para mejorar la formación quirúrgica y la planificación preoperatoria. Mediante el uso de dispositivos de RA, los cirujanos pueden superponer imágenes anatómicas en tiempo real sobre el campo quirúrgico, lo que facilita la identificación de estructuras clave y mejora la precisión durante el procedimiento. Asimismo, los simuladores quirúrgicos basados en RA están transformando el entrenamiento de nuevos especialistas, permitiéndoles adquirir habilidades prácticas en un entorno

seguro antes de enfrentarse a casos reales (18).

Técnicas quirúrgicas personalizadas basadas en biomarcadores genéticos y moleculares

El manejo quirúrgico del CCR ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, impulsado por avances en la comprensión de la biología molecular y genética de esta enfermedad. En este contexto, las técnicas quirúrgicas personalizadas, fundamentadas en biomarcadores genéticos y moleculares, representan un enfoque innovador que no solo optimiza los resultados oncológicos, sino que también minimiza complicaciones y preserva la calidad de vida de los pacientes (19).

El CCR es una enfermedad heterogénea desde el punto de vista molecular, caracterizada por alteraciones genéticas como mutaciones en KRAS, NRAS, BRAF, APC y TP53, así como inestabilidad microsatelital (MSI) y otros cambios epigenéticos. Estas características no solo influyen en la agresividad tumoral y la respuesta al tratamiento sistémico, sino que también tienen implicaciones directas en la planificación quirúrgica. Por ejemplo, la identificación de MSI alta (MSI-H) o deficiencia en el sistema de reparación de errores de emparejamiento del ADN (dMMR) se ha asociado con un mejor pronóstico en etapas iniciales del CCR. Además, los tumores con estas características pueden beneficiarse más de enfoques conservadores o de cirugías menos extensas, dado su menor riesgo de diseminación metastásica (20). Por otro lado, las mutaciones en KRAS y BRAF, que suelen asociarse con un peor pronóstico, pueden requerir estrategias quirúrgicas más agresivas o combinadas con tratamientos neoadyuvantes.

La integración de biomarcadores genéticos y moleculares ha permitido diseñar intervenciones quirúrgicas más precisas y adaptadas a las características individuales del tumor. Entre las estrategias más destacadas se encuentran (19):

1. Cirugía guiada por fluorescencia

La tecnología de imagen molecular ha demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar la precisión quirúrgica. Por ejemplo, el uso de sondas fluorescentes dirigidas a biomarcadores específicos, como el receptor del factor de crecimiento epidérmico (EGFR), permite delinear los márgenes tumorales con mayor exactitud. Esto es particularmente útil en casos de CCR localmente avanzado o recurrente, donde la resección completa puede ser técnicamente desafiante (20).

2. Resecciones segmentarias personalizadas

En pacientes con CCR hereditario asociado al síndrome de Lynch (caracterizado por MSI-H), la identificación genética puede guiar decisiones sobre el alcance de la cirugía. En lugar de una colectomía total profiláctica, algunos pacientes pueden beneficiarse de resecciones segmentarias limitadas si no presentan otras lesiones sincrónicas o riesgo elevado de recurrencia (20).

3. Resección hepática personalizada en metástasis

En pacientes con CCR metastásico al hígado, la presencia o ausencia de mutaciones en KRAS y BRAF puede influir en la estrategia quirúrgica. Las mutaciones en estos genes suelen asociarse con menor respuesta a terapias sistémicas y mayor riesgo de recurrencia hepática, lo que puede justificar resecciones más amplias o incluso combinaciones con ablación térmica para lograr un control local óptimo (21).

4. Cirugía robótica y laparoscópica asistida por inteligencia artificial (IA)

La IA está comenzando a integrarse en la planificación quirúrgica personalizada mediante el análisis avanzado de datos moleculares y clínicos. Por ejemplo, algoritmos basados en biomarcadores pueden predecir patrones de diseminación tumoral y guiar al cirujano durante procedimientos mínimamente invasivos (21).

El futuro del manejo quirúrgico del CCR está intrínsecamente ligado a los avances en genómica y biología molecular. Tecnologías emergentes como la secuenciación de nueva generación (SNG) y las biopsias líquidas están permitiendo una caracterización tumoral más dinámica y detallada. Esto podría facilitar la implementación de estrategias quirúrgicas aún más personalizadas. Además, se vislumbra un papel creciente para la cirugía preventiva basada en perfiles genéticos. Pacientes con alto riesgo hereditario podrían beneficiarse de intervenciones profilácticas diseñadas específicamente para minimizar sus riesgos personales sin comprometer innecesariamente su calidad de vida (20,21).

A pesar del entusiasmo por las técnicas quirúrgicas personalizadas basadas en biomarcadores, existen desafíos

importantes. La heterogeneidad intratumoral puede limitar la precisión de los biomarcadores actuales, y aún no se dispone de guías clínicas ampliamente aceptadas para integrar estos datos moleculares en la práctica quirúrgica diaria. Además, el acceso desigual a tecnologías avanzadas como SNG o cirugía robótica puede generar disparidades en los resultados clínicos (21).

Perspectivas futuras

En el horizonte del manejo quirúrgico del cáncer colorrectal se vislumbran avances prometedores que podrían transformar significativamente los enfoques actuales. La integración de tecnologías mínimamente invasivas, como la cirugía robótica y la laparoscopia avanzada, continúa optimizándose, ofreciendo mejores resultados en términos de recuperación, reducción del dolor postoperatorio y preservación de la función intestinal. Asimismo, el desarrollo de técnicas quirúrgicas personalizadas basadas en biomarcadores genéticos y moleculares podría permitir tratamientos más precisos y efectivos, adaptados a las características individuales de cada tumor (22).

Por otro lado, la incorporación de inteligencia artificial y herramientas de aprendizaje automático en la planificación quirúrgica y en la predicción de resultados postoperatorios promete mejorar la toma de decisiones clínicas. Además, el enfoque multidisciplinario seguirá siendo esencial, con una mayor integración entre oncólogos, cirujanos y especialistas en cuidados paliativos para garantizar una atención integral. Finalmente, los esfuerzos en investigación clínica y la implementación de programas de formación continua para los profesionales de la salud serán fundamentales para trasladar estos avances tecnológicos y científicos a la práctica diaria, con el objetivo final de mejorar la supervivencia y calidad de vida de los pacientes con cáncer colorrectal (22).

CONCLUSIÓN

En conclusión, el manejo quirúrgico del cáncer colorrectal ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, gracias a la integración de nuevas técnicas quirúrgicas, tecnologías mínimamente invasivas y enfoques multidisciplinarios. Estos progresos han permitido mejorar los resultados oncológicos y la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, persisten desafíos importantes, como la optimización de la selección de los pacientes para diferentes abordajes quirúrgicos, la personalización de los tratamientos y la reducción de las tasas de complicaciones postoperatorias. De cara al futuro, la investigación continúa avanzando hacia el perfeccionamiento de técnicas como la cirugía robótica, la identificación de biomarcadores predictivos y el desarrollo de estrategias más efectivas para la detección precoz. La colaboración entre especialistas en oncología, cirugía y otras disciplinas será clave para consolidar estos avances y garantizar un manejo integral y basado en la evidencia para los pacientes con cáncer colorrectal.

REFERENCIAS

1. Arias F, Armijos D, Risueño F, Ayala M, Aldaz Y, et al. Cáncer colorrectal – diagnóstico y tratamiento: revisión bibliográfica. *Gastroenterol. latinoam* 2023; Vol 34, Nº 1: 31-38. DOI: <https://doi.org/10.46613/gastrolat2023001-06>
2. Baidoun F, Elshiwiy K, Elkeaire Y, Merjaneh Z, Khoudari G, et al. (2021). Colorectal Cancer Epidemiology: Recent Trends and Impact on Outcomes. *Curr Drug Targets*. 2021;22(9):998-1009. doi: 10.2174/1389450121999201117115717.
3. Hoydahl O, Edna T, Xanthoulis A, Lydersen S, Endreseth B. (2020). Long-term trends in colorectal cancer: incidence, localization, and presentation. *BMC Cancer* 20, 1077 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12885-020-07582-x>
4. Dekker E, Tanis PJ, Vleugels JLA, Kasi PM, Wallace MB. (2019) Colorectal cancer. *Lancet*. 2019 Oct 19;394(10207):1467-1480. doi: 10.1016/S0140-6736(19)32319-0.
5. US Preventive Services Task Force. Screening for Colorectal Cancer: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 2021;325(19):1965–1977. doi:10.1001/jama.2021.6238
6. Heinimann K. Erblicher Darmkrebs: Klinik, (2018). Diagnostik und Management [Hereditary Colorectal Cancer: Clinics, Diagnostics and Management]. *Ther Umsch*. 2018;75(10):601-606. German. doi: 10.1024/0040-5930/a001046. PMID: 31232663.
7. Granados J, et al. (2017) Colorectal cancer: a review. *International Journal of Research in Medical Sciences*, [S.l.], v. 5, n. 11, p. 4667-4676, oct. 2017. ISSN 2320-6012. doi:<http://dx.doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20174914>
8. Salibasic M, Pusina S, Bicakcic E, Pasic A, Gavric I, Kulovic E, Rovcanin A, Beslija S. Colorectal Cancer Surgical Treatment, our Experience. *Med Arch*. 2019 Dec;73(6):412-414. doi: 10.5455/medarh.2019.73.412-414.
9. Hedrick TL. Colorectal Cancer. *Surg Oncol Clin N Am*. 2022 Apr;31(2):xv-xvi. doi: 10.1016/j.soc.2022.02.001.

10. Grosek J, Ales Kosir J, Sever P, Erculj V, Tomazic A. Robotic versus laparoscopic surgery for colorectal cancer: a case-control study. *Radiol Oncol.* 2021 May 31;55(4):433-438. doi: 10.2478/raon-2021-0026.
11. Cianchi F, Staderini F, Badii B. Single-incision laparoscopic colorectal surgery for cancer: state of art. *World J Gastroenterol.* 2014 May 28;20(20):6073-80. doi: 10.3748/wjg.v20.i20.6073.
12. Merchant J, McArthur D, Ferguson H, Ramcharan S. Concepts and prospects of minimally invasive colorectal cancer surgery. *Clin Radiol.* 2021 Dec;76(12):889-895. doi: 10.1016/j.crad.2021.09.013.
13. Zhang X, Wei Z, Bie M, Peng X, Chen C. Robot-assisted versus laparoscopic-assisted surgery for colorectal cancer: a meta-analysis. *Surg Endosc.* 2016 Dec;30(12):5601-5614. doi: 10.1007/s00464-016-4892-z.
14. Sheng S, Zhao T, Wang X. Comparison of robot-assisted surgery, laparoscopic-assisted surgery, and open surgery for the treatment of colorectal cancer: A network meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018 Aug;97(34):e11817. doi: 10.1097/MD.00000000000011817.
15. Grosek J, Ales Kosir J, Sever P, Erculj V, Tomazic A. Robotic versus laparoscopic surgery for colorectal cancer: a case-control study. *Radiol Oncol.* 2021 May 31;55(4):433-438. doi: 10.2478/raon-2021-0026.
16. Feroci F, Vannucchi A, Bianchi PP, Cantafio S, Garzi A, Formisano G, Scatizzi M. Total mesorectal excision for mid and low rectal cancer: Laparoscopic vs robotic surgery. *World J Gastroenterol.* 2016 Apr 7;22(13):3602-10. doi: 10.3748/wjg.v22.i13.3602.
17. Pantalos G, Patsouras D, Spartalis E, Dimitroulis D, Tsourouflis G, Nikiteas N. Three-dimensional Versus Two-dimensional Laparoscopic Surgery for Colorectal Cancer: Systematic Review and Meta-analysis. *In Vivo.* 2020 Jan-Feb;34(1):11-21. doi: 10.21873/invivo.11740.
18. Mitsala A, Tsalikidis C, Pitiakoudis M, Simopoulos C, Tsaroucha AK. Artificial Intelligence in Colorectal Cancer Screening, Diagnosis and Treatment. A New Era. *Curr Oncol.* 2021 Apr 23;28(3):1581-1607. doi: 10.3390/curroncol28030149.
19. Matsuda T, Yamashita K, Hasegawa H, Oshikiri T, Hosono M, et al. Recent updates in the surgical treatment of colorectal cancer. *Ann Gastroenterol Surg.* 2018 Feb 15;2(2):129-136. doi: 10.1002/ags3.12061.
20. Chuang JP, Tsai HL, Chen PJ, Chang TK, Su WC, Yeh YS, Huang CW, Wang JY. Comprehensive Review of Biomarkers for the Treatment of Locally Advanced Colon Cancer. *Cells.* 2022 Nov 23;11(23):3744. doi: 10.3390/cells11233744.
21. Lişcu HD, Verga N, Atasiei DI, Badiu DC, Dumitru AV, Ultimeşcu F, Pavel C, Stefan RE, Manole DC, Ionescu AI. Biomarkers in Colorectal Cancer: Actual and Future Perspectives. *Int J Mol Sci.* 2024 Oct 27;25(21):11535. doi: 10.3390/ijms252111535.
22. Wyld L, Audisio RA, Poston GJ. The evolution of cancer surgery and future perspectives. *Nat Rev Clin Oncol.* 2015 Feb;12(2):115-24. doi: 10.1038/nrclinonc.2014.191.