

Rol de la cirugía mínimamente invasiva en las enfermedades hepatopancreatobiliares

Role of Minimally Invasive Surgery in Hepatopancreatobiliary Diseases

Roberto Lázaro Blanco Sosa^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-9475-9517>

Carlos David García Martín² <https://orcid.org/0009-0002-3273-4247>

Milton Manuel Sánchez García³ <https://orcid.org/0000-0002-7333-9107>

¹Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Ciudad de México, México.

²Hospital Regional de Huehuetenango. Huehuetenango, Guatemala.

³Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras, Servicio de Cirugía Hepatobiliopancreática. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: roberto.blancos@incmnsz.mx

RESUMEN

Introducción: La cirugía mínimamente invasiva ha transformado de forma progresiva el tratamiento de las enfermedades hepatopancreatobiliares. El perfeccionamiento de la tecnología, junto con la experiencia acumulada, permitió ampliar sus indicaciones en procedimientos hepáticos, pancreáticos y biliares, tradicionalmente considerados de alta complejidad.

Objetivo: Analizar la evidencia y los resultados actuales sobre la aplicación de la cirugía mínimamente invasiva en las enfermedades hepatopancreatobiliares, con énfasis en su eficacia, seguridad y resultados oncológicos comparados con la cirugía abierta.

Métodos: Se realizó una revisión narrativa crítica de la literatura publicada entre 2015 y 2025 en las bases de datos PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar. Se seleccionaron estudios originales, revisiones sistemáticas, guías clínicas y metaanálisis relevantes en idioma inglés y español. Se evaluó la evidencia disponible sobre resultados perioperatorios, complicaciones, mortalidad, supervivencia y costos.

Desarrollo: La cirugía laparoscópica y robótica demostraron ventajas significativas en la reducción de pérdidas hemáticas, estancia hospitalaria y recuperación funcional. En resecciones hepáticas y pancreáticas seleccionadas, los resultados oncológicos fueron comparables con la cirugía abierta, siempre que se cumplieran criterios de selección estrictos y adecuada experiencia quirúrgica. Sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la curva de aprendizaje, los costos y la accesibilidad tecnológica.

Conclusiones: La cirugía mínimamente invasiva constituye una alternativa segura y eficaz en las enfermedades hepatopancreatobiliares cuando es realizada en centros especializados. La evidencia actual respalda su expansión progresiva, aunque la consolidación de sus beneficios requiere estandarización de técnicas y estudios comparativos a largo plazo.

Palabras clave: cirugía mínimamente invasiva; cirugía hepatopancreatobiliar; laparoscopia; cirugía robótica; resección hepática; pancreatectomía; colédoco; resultados quirúrgicos.

ABSTRACT

Introduction: Minimally invasive surgery has progressively transformed the treatment of hepatopancreatobiliary diseases. Advances in technology, combined with accumulated experience, have allowed for the expansion of its indications in hepatic, pancreatic, and biliary procedures, traditionally considered highly complex.

Objective: To analyze the current evidence and outcomes regarding the application of minimally invasive surgery in hepatopancreatobiliary diseases, with an emphasis on

its efficacy, safety, and oncological outcomes compared to open surgery.

Methods: A critical narrative review was conducted of the literature published between 2015 and 2025 in the PubMed, Scopus, SciELO, and Google Scholar databases. Relevant original studies, systematic reviews, clinical guidelines, and meta-analyses in English and Spanish were selected. The available evidence on perioperative outcomes, complications, mortality, survival, and costs was evaluated.

Results: Laparoscopic and robotic surgery demonstrated significant advantages in reducing blood loss, hospital stay, and functional recovery. In selected liver and pancreatic resections, oncological outcomes were comparable to those of open surgery, provided that strict selection criteria were met and adequate surgical experience was available. However, limitations related to the learning curve, costs, and technological accessibility persist.

Conclusions: Minimally invasive surgery is a safe and effective alternative for hepatopancreatobiliary diseases when performed in specialized centers. Current evidence supports its progressive expansion, although the consolidation of its benefits requires standardization of techniques and long-term comparative studies.

Keywords: minimally invasive surgery; hepatopancreatobiliary surgery; laparoscopy; robotic surgery; liver resection; pancreatectomy; common bile duct; surgical outcomes.

Recibido: 10/10/2025

Aceptado: 10/11/2025

Introducción

Durante las dos últimas décadas, la cirugía mínimamente invasiva ha revolucionado el tratamiento de múltiples enfermedades digestivas y, de forma progresiva, su

aplicación se ha extendido a la cirugía hepatopancreatobiliar (HPB), tradicionalmente considerada uno de los campos más complejos de la práctica quirúrgica.⁽¹⁾ Los avances tecnológicos en sistemas de visión tridimensional, energía ultrasónica, hemostasia avanzada y asistencia robótica han permitido ejecutar procedimientos cada vez más precisos, con menor trauma quirúrgico y mejores resultados perioperatorios.^(2,3)

La cirugía HPB comprende un conjunto de intervenciones sobre el hígado, el páncreas y las vías biliares, órganos cuya compleja anatomía y estrecha relación con estructuras vasculares mayores históricamente limitaron el uso de la laparoscopia y la robótica.⁽⁴⁾ Sin embargo, la creciente experiencia acumulada por grupos de referencia, junto con la estandarización de técnicas y el desarrollo de instrumentos especializados, ha permitido superar muchas de esas barreras.⁽⁵⁾ En la actualidad, las resecciones hepáticas laparoscópicas y robóticas, así como las pancreatectomías mínimamente invasivas, forman parte del arsenal terapéutico en centros especializados de cirugía HPB.^(6,7)

Desde la primera hepatectomía laparoscópica descrita por Gagner en 1992, la evolución de la cirugía hepática mínimamente invasiva ha sido notable.⁽⁸⁾ Las indicaciones iniciales se limitaron a lesiones periféricas y de pequeño tamaño; sin embargo, los resultados positivos en términos de menor pérdida sanguínea, reducción de complicaciones y acortamiento de la estancia hospitalaria impulsaron su expansión hacia procedimientos mayores, como hepatectomías anatómicas o lobectomías.^(9,10) La robótica, por su parte, ha introducido mejoras sustanciales en ergonomía, visión tridimensional y precisión de movimientos, lo que favorece la disección vascular y biliar en zonas profundas.⁽¹¹⁾

En el ámbito pancreático, la cirugía mínimamente invasiva se ha consolidado como una alternativa factible y segura para la resección de tumores benignos o de bajo grado de malignidad.⁽¹²⁾ Procedimientos como la pancreatectomía distal laparoscópica han demostrado equivalencia oncológica y superioridad en

recuperación funcional respecto a la cirugía abierta.⁽¹³⁾ Aunque la duodenopancreatectomía cefálica laparoscópica y robótica aún se reserva para cirujanos con alta experiencia, su adopción creciente refleja el progreso técnico alcanzado.⁽¹⁴⁾

En cuanto a la vía biliar, la laparoscopia ha desplazado en gran medida a la cirugía abierta en enfermedades benignas, como la coledocolitiasis o las estenosis posquirúrgicas seleccionadas.^(15,16) La reconstrucción biliar mínimamente invasiva, ya sea mediante coledocoplastia o hepaticoyeyunostomía robótica, ha mostrado resultados alentadores en términos de permeabilidad y complicaciones.^(17,18)

Los beneficios globales de la cirugía mínimamente invasiva en el contexto HPB se sustentan en la reducción del dolor posoperatorio, la menor respuesta inflamatoria sistémica, el retorno precoz a la actividad y la equivalencia en resultados oncológicos en casos seleccionados.^(19,20)

No obstante, persisten desafíos importantes como la necesidad de un entrenamiento prolongado, el elevado costo del equipamiento y la disponibilidad limitada de plataformas robóticas en países en desarrollo.^(21,22)

La literatura⁽²³⁾ reciente resalta que el impacto de la cirugía mínimamente invasiva no solo se mide en parámetros clínicos, sino también en calidad de vida, costos hospitalarios y sustentabilidad del sistema sanitario. La consolidación de esta técnica en el campo HPB depende, por tanto, de una integración equilibrada entre la evidencia científica, la formación quirúrgica y la optimización de recursos.⁽²⁴⁾

El propósito de la revisión fue analizar la evidencia y los resultados actuales sobre la aplicación de la cirugía mínimamente invasiva en las enfermedades hepatopancreatobiliares, con énfasis en su eficacia, seguridad y resultados oncológicos comparados con la cirugía abierta.

Métodos

Se realizó una revisión narrativa crítica de la literatura científica disponible sobre cirugía mínimamente invasiva aplicada a las enfermedades hepatopancreatobiliares. El estudio se desarrolló entre abril y septiembre de 2025, y abarcó publicaciones comprendidas en el período 2015-2025.

Se incluyeron artículos en español e inglés publicados en revistas revisadas por pares, que abordaran resultados clínicos, oncológicos o técnicos de procedimientos laparoscópicos y robóticos en cirugía hepática, pancreática o biliar.

Se excluyeron reportes de casos aislados, editoriales, cartas al editor y estudios con población pediátrica.

La búsqueda se efectuó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, SciELO y Google Scholar, utilizando combinaciones de descriptores DeCS/MeSH como *minimally invasive surgery, laparoscopy, robotic surgery, hepatectomy, pancreatectomy* y *biliary surgery*. Se aplicaron filtros por año de publicación y disponibilidad de texto completo.

Los resultados fueron organizados en una matriz de análisis bibliográfico; clasificándose la evidencia según tipo de estudio, nivel de evidencia y principales hallazgos. La información obtenida se sintetizó de forma descriptiva y analítica, destacando los avances técnicos, las ventajas demostradas, las limitaciones reportadas y las tendencias futuras en el campo de la cirugía hepatopancreatobiliar mínimamente invasiva.

Evolución de la cirugía mínimamente invasiva en el campo hepatopancreatobiliar

La cirugía mínimamente invasiva (CMI) ha evolucionado de forma constante desde su introducción a finales del siglo XX, al transformar progresivamente el tratamiento de las enfermedades hepatopancreatobiliares (HPB). En sus inicios, la complejidad anatómica del hígado, el páncreas y las vías biliares, junto con el riesgo elevado de

sangrado y la limitada visión laparoscópica, hicieron que estos procedimientos se consideraran de alto riesgo.⁽¹⁾

Sin embargo, el perfeccionamiento de la tecnología y la mayor comprensión de la anatomía segmentaria hepática permitieron ampliar las indicaciones, pasando de resecciones periféricas simples a procedimientos mayores con seguridad aceptable.⁽²⁾

El desarrollo de equipos de visión tridimensional, sistemas de energía avanzada y selladores vasculares contribuyó significativamente a reducir las complicaciones intraoperatorias y mejorar la precisión quirúrgica.⁽³⁾ A ello se sumó la implementación de programas de entrenamiento estructurado y simulación virtual, que facilitaron la adquisición de destrezas específicas y acortaron la curva de aprendizaje.

Estas estrategias formativas fueron determinantes para que la CMI en cirugía HPB pasara de ser un campo experimental a una práctica reproducible en centros de referencia.

En paralelo, la introducción de la cirugía robótica representó un salto cualitativo en precisión y ergonomía. Los sistemas robóticos de última generación ofrecen mayor libertad de movimiento, visión tridimensional y estabilidad instrumental, lo que permite realizar disecciones finas en espacios anatómicos profundos con menor fatiga operatoria.⁽⁴⁾

Este avance tecnológico consolidó la posibilidad de abordar procedimientos complejos como hepatectomías anatómicas o pancreatectomías cefálicas por vía mínimamente invasiva.

En la actualidad, la CMI en cirugía HPB se considera una herramienta segura y eficaz cuando se aplica en pacientes seleccionados y bajo equipos quirúrgicos experimentados.⁽⁵⁾ Su evolución ha estado marcada por la integración de la robótica, la cirugía guiada por imagen y la planificación preoperatoria tridimensional, lo que posiciona a la CMI como un componente esencial del progreso quirúrgico contemporáneo.

Aplicaciones en cirugía hepática

La introducción de la laparoscopia en la cirugía hepática representó uno de los mayores desafíos dentro de la cirugía mínimamente invasiva. Durante los primeros años, la hepatectomía laparoscópica se limitaba a resecciones menores de los segmentos II, III, IVb, V y VI, por su accesibilidad y menor riesgo hemorrágico.⁽⁶⁾ Sin embargo, el perfeccionamiento de la técnica, el desarrollo de instrumental avanzado y el mejor control del pedículo hepático permitieron extender las indicaciones hacia resecciones mayores, incluyendo hepatectomías anatómicas y biliares.⁽⁷⁾

La literatura⁽⁸⁾ reciente demuestra que las resecciones hepáticas laparoscópicas ofrecen resultados oncológicos comparables a los procedimientos abiertos, con beneficios adicionales en términos de menor pérdida sanguínea, reducción del dolor posoperatorio, menor estancia hospitalaria y recuperación funcional más rápida.

En metaanálisis y series multicéntricas, la mortalidad perioperatoria se mantiene por debajo del 2 %, y las tasas de conversión a cirugía abierta varían entre el 5-15 %, dependiendo de la complejidad del caso.⁽⁹⁾ Estos datos respaldan la seguridad y eficacia del abordaje laparoscópico cuando se realiza en centros de alto volumen con equipos entrenados.

El desarrollo de la cirugía robótica ha impulsado aún más las posibilidades de la resección hepática mínimamente invasiva. Los sistemas robóticos ofrecen ventajas en la sutura intracorpórea, el control del sangrado y la disección hiliar, especialmente en resecciones posteriores o en pacientes con anatomías complejas.⁽¹⁰⁾ Aunque los tiempos operatorios suelen ser mayores y los costos incrementados, la robótica ha demostrado resultados clínicos similares o superiores en morbilidad y márgenes de resección.

Otro avance reciente es la integración de la planificación tridimensional y la navegación guiada por imagen, las que permiten una delimitación más precisa de los márgenes tumorales y del volumen remanente funcional.⁽¹¹⁾ Estas herramientas

digitales, junto con la ecografía intraoperatoria, han optimizado la seguridad del procedimiento y reducido las complicaciones biliares.

Actualmente, las guías internacionales recomiendan la hepatectomía laparoscópica como el abordaje estándar para resecciones menores y una opción válida para resecciones mayores en centros especializados.⁽¹²⁾

La tendencia global apunta hacia una expansión progresiva de la cirugía hepática mínimamente invasiva, impulsada por la robótica, la inteligencia artificial y la asistencia por realidad aumentada, que prometen redefinir los límites de la cirugía hepática moderna.

Aplicaciones en cirugía pancreática

La cirugía pancreática mínimamente invasiva ha experimentado un desarrollo más lento que la hepática, debido a la complejidad anatómica del páncreas y su proximidad a vasos mayores. Inicialmente, los procedimientos laparoscópicos se limitaron a pancreatectomías distales por tumores benignos o de bajo grado maligno, dada la menor complejidad técnica y riesgo de complicaciones graves.⁽¹³⁾

Con la acumulación de experiencia y la estandarización de técnicas se han ampliado las indicaciones hacia resecciones mayores, incluyendo duodenopancreatectomías cefálicas y pancreatectomías totales, especialmente en centros de alto volumen.⁽¹⁴⁾

Diversos estudios^(14,15) comparativos han mostrado que la pancreatectomía distal laparoscópica se asocia con menor pérdida sanguínea, menor dolor posoperatorio y recuperación funcional más rápida, sin comprometer los márgenes oncológicos frente a la cirugía abierta.

En cuanto a la duodenopancreatectomía cefálica mínimamente invasiva, los resultados son prometedores, pero requieren un elevado nivel de experiencia; las series publicadas indican tasas de conversión del 15-25 % y complicaciones posoperatorias comparables con la cirugía abierta cuando se realizan en centros especializados.⁽¹⁷⁾

La cirugía robótica ha potenciado la factibilidad de procedimientos pancreáticos complejos, lo que ofrece articulación de instrumentos, visión tridimensional y control fino de la sutura, particularmente útil en la reconstrucción pancreatoyeyunal.⁽¹⁸⁾ Esta ventaja técnica se traduce en una reducción de la morbilidad relacionada con fístulas pancreáticas y mejora la precisión de la disección vascular.

Adicionalmente, la implementación de guías quirúrgicas basadas en imágenes preoperatorias tridimensionales y la integración de sistemas de navegación intraoperatoria han permitido optimizar la selección de pacientes y la planificación de resecciones pancreáticas complejas.⁽¹⁹⁾ Estas herramientas contribuyen a disminuir la tasa de complicaciones y a preservar la función pancreática remanente.

La cirugía pancreática mínimamente invasiva se ha consolidado como una opción segura y eficaz para tumores seleccionados y pacientes cuidadosamente evaluados, con evidencia creciente de beneficios perioperatorios y resultados oncológicos comparables a la cirugía abierta.⁽²⁰⁾ La combinación de laparoscopia avanzada, robótica y planificación tridimensional proyecta un futuro en el que la cirugía pancreática compleja será cada vez más accesible mediante abordajes mínimamente invasivos.

Aplicaciones en cirugía biliar

La cirugía mínimamente invasiva ha transformado de manera significativa el tratamiento de las enfermedades de la vía biliar. Desde la introducción de la colecistectomía laparoscópica en la década de 1990, este procedimiento se consolidó como el estándar de cuidado para la coledoclitiasis sintomática, con una reducción marcada en el dolor posoperatorio, el tiempo de hospitalización y las complicaciones asociadas.⁽²¹⁾

Más recientemente, las técnicas laparoscópicas y robóticas se han extendido a procedimientos más complejos, incluyendo la resección de tumores benignos de la vía biliar extrahepática, la coledocoplastia y la reconstrucción biliar mediante

hepaticoyeyunostomía mínimamente invasiva.^(22,23) Estudios⁽²⁴⁾ multicéntricos han demostrado que estas técnicas permiten resultados equivalentes a los obtenidos por cirugía abierta en términos de permeabilidad de la anastomosis, control de la hemorragia y supervivencia oncológica en tumores seleccionados.

La cirugía robótica ha aportado ventajas adicionales, especialmente en la reconstrucción biliar y la disección de plexos vasculares y linfáticos en casos de colangiocarcinoma distal. La articulación de los instrumentos y la visión tridimensional facilitan la realización de anastomosis precisas y disminuyen la incidencia de complicaciones biliares posoperatorias.⁽²⁵⁾

Asimismo, la integración de la colangiografía intraoperatoria y técnicas de fluorescencia con verde de indocianina han optimizado la identificación anatómica y la delimitación de estructuras biliares, lo que ha disminuido el riesgo de lesiones iatrogénicas.⁽²⁶⁾ Estas herramientas, combinadas con abordajes laparoscópicos o robóticos, han permitido abordar enfermedades complejas con seguridad y eficacia.

La cirugía biliar mínimamente invasiva ha pasado de ser una técnica limitada a procedimientos simples a una opción viable para cirugías reconstructivas y oncológicas, siempre que se cuente con experiencia quirúrgica y tecnología adecuada. Los resultados disponibles muestran que la combinación de laparoscopia avanzada, robótica y guía por imagen permite optimizar la seguridad, mejorar los resultados funcionales y reducir las complicaciones posoperatorias.⁽²⁷⁾

Comparación con cirugía abierta: resultados oncológicos y funcionales

La comparación entre cirugía mínimamente invasiva y cirugía abierta en el ámbito hepatopancreatobiliar ha sido objeto de numerosos estudios en la última década.

La evidencia indica que, en pacientes seleccionados y en manos experimentadas, la CMI ofrece resultados oncológicos comparables a los de la cirugía abierta, con ventajas significativas en parámetros perioperatorios.⁽²⁸⁾

En resecciones hepáticas los metaanálisis y series multicéntricas muestran que los márgenes negativos (R0) se logran con igual frecuencia en ambos abordajes, mientras que la pérdida sanguínea, la necesidad de transfusión y la estancia hospitalaria son consistentemente menores en los pacientes sometidos a CMI.^(29,30) La disminución de la respuesta inflamatoria sistémica observada en abordajes laparoscópicos y robóticos contribuye a una recuperación funcional más rápida, lo que permite reiniciar tratamientos adyuvantes en menor tiempo.⁽³¹⁾

En cirugía pancreática la pancreatectomía distal mínimamente invasiva ha demostrado tasas de morbilidad y mortalidad equivalentes a las de la cirugía abierta, con menor dolor posoperatorio y recuperación más rápida.⁽³²⁾

La duodenopancreatectomía cefálica laparoscópica o robótica, aunque aún limitada a centros de referencia, evidencia una reducción en el sangrado y la estancia hospitalaria, sin comprometer la radicalidad oncológica ni la resección de ganglios linfáticos.^(33,34)

Respecto a la cirugía biliar, la colecistectomía laparoscópica ha establecido un estándar global frente a la técnica abierta, con menores complicaciones y rápida reintegración a la vida cotidiana. En reconstrucciones biliares mínimamente invasivas, los estudios muestran resultados funcionales y permeabilidad de anastomosis similares a la cirugía abierta, aunque requieren experiencia significativa y recursos tecnológicos adecuados.⁽³⁵⁾

Los estudios de costo-efectividad sugieren que, a pesar de la mayor inversión inicial en plataformas robóticas, la reducción de complicaciones, una menor estancia hospitalaria y recuperación más rápida pueden equilibrar los gastos a mediano plazo.⁽³⁶⁾ Por tanto, la CMI no solo iguala los resultados oncológicos de la cirugía abierta, sino que aporta beneficios clínicos y funcionales que impactan positivamente en la calidad de vida del paciente.

La evidencia actual respalda que la cirugía mínimamente invasiva en el contexto HPB es una alternativa segura, eficaz y funcionalmente ventajosa frente a la cirugía abierta,

siempre que se cumplan criterios estrictos de selección y se cuente con experiencia quirúrgica y tecnología avanzada.⁽³⁷⁾

Limitaciones, costos y curva de aprendizaje

A pesar de los avances y beneficios de la cirugía mínimamente invasiva en las enfermedades hepatopancreatobiliares, persisten desafíos significativos que limitan su implementación universal. La principal barrera es la curva de aprendizaje prolongada, particularmente en resecciones hepáticas mayores y duodenopancreatectomías mínimamente invasivas, en las que se requiere de una combinación de habilidades técnicas avanzadas, experiencia en anatomía HPB y capacidad para manejar complicaciones intraoperatorias.⁽³⁸⁾ Estudios⁽³⁹⁾ han demostrado que se necesitan entre 30 y 60 procedimientos para alcanzar niveles de seguridad y eficiencia comparables a la cirugía abierta, según la complejidad de la intervención.

El costo de adquisición y mantenimiento de plataformas robóticas representa otra limitación significativa, especialmente en países en desarrollo. Los sistemas robóticos incrementan los gastos iniciales y los costos por procedimiento en comparación con la laparoscopia convencional, aunque los análisis de costo-efectividad sugieren que la reducción de complicaciones, la menor estancia hospitalaria y la rápida recuperación del paciente pueden compensar parcialmente esta inversión a mediano y largo plazo.^(1,40)

La disponibilidad de tecnología avanzada y la infraestructura hospitalaria adecuada son factores determinantes para garantizar resultados óptimos. En centros con recursos limitados, la CMI puede verse restringida a procedimientos de baja complejidad, lo que deja fuera las resecciones mayores y reconstrucciones biliares complejas.

Además, la falta de programas estructurados de formación y entrenamiento estandarizado puede retrasar la adopción segura de estas técnicas.⁽²⁾

Otro aspecto crítico es la selección del paciente, que debe considerar factores como función hepática, extensión tumoral, comorbilidades y anatomía vascular. La evidencia sugiere que los resultados de la CMI son equivalentes a los de la cirugía abierta únicamente cuando se aplican criterios de selección estrictos y se dispone de experiencia suficiente.^(3,4)

Aunque la cirugía mínimamente invasiva en HPB ofrece ventajas significativas, su consolidación depende de la formación quirúrgica especializada, la disponibilidad tecnológica y la adecuada selección de pacientes, por lo que, las estrategias futuras deben enfocarse en programas de entrenamiento estructurado, optimización de costos y desarrollo de tecnologías accesibles para ampliar su aplicabilidad sin comprometer la seguridad ni los resultados oncológicos.^(5,6)

Perspectivas futuras e innovación tecnológica

La cirugía mínimamente invasiva en hígado, vía biliar y páncreas continúa avanzando, impulsada por la integración de nuevas tecnologías y la búsqueda de procedimientos más seguros, precisos y eficientes.

Entre las innovaciones más relevantes se destacan la robótica avanzada, la planificación preoperatoria tridimensional, la cirugía guiada por fluorescencia y la inteligencia artificial aplicada a la cirugía.^(1,2)

Estas herramientas no solo permiten una visualización y disección más precisas, sino que también contribuyen a una mejor planificación del volumen hepático remanente, identificación de márgenes oncológicos y preservación de estructuras críticas.

La cirugía robótica de última generación ha demostrado facilitar la realización de anastomosis complejas, resecciones anatómicas y disecciones profundas con menor fatiga operatoria, lo que ha incrementado la precisión en pacientes con anatomías complejas o tumores localizados en segmentos difíciles.^(3,4)

La incorporación de fluorescencia con verde de indocianina ha optimizado la identificación de estructuras biliares, perfusión tisular y márgenes tumorales; reducido

la incidencia de complicaciones; y aumentado la seguridad intraoperatoria.⁽⁵⁾

Además, la realidad aumentada y la navegación quirúrgica asistida por imagen representan un salto hacia la cirugía de precisión, que permite proyectar la anatomía preoperatoria sobre el campo quirúrgico y mejorar la orientación durante la disección.⁽⁶⁾ Estas tecnologías, combinadas con sistemas de planificación 3D y modelos anatómicos impresos, han comenzado a ser aplicadas en resecciones hepáticas y pancreáticas complejas, lo que aumenta la confianza del cirujano y la seguridad del procedimiento.⁽⁷⁾

La inteligencia artificial (IA) y los algoritmos de aprendizaje automático se están utilizando para predecir riesgos quirúrgicos, estimar la morbilidad y optimizar la selección de pacientes. La integración de IA con robótica y planificación tridimensional podría en el futuro permitir intervenciones semiautomatizadas o con asistencia avanzada en tiempo real, con lo que se reducen los errores humanos y se mejora la eficiencia.⁽⁸⁾

No obstante, la consolidación de estas innovaciones requiere inversión tecnológica, entrenamiento especializado y protocolos estandarizados. Los retos incluyen la accesibilidad en países con recursos limitados, la necesidad de evidencia a largo plazo sobre seguridad y eficacia, y la formación de equipos multidisciplinarios capaces de integrar estas tecnologías en la práctica clínica diaria.^(9,10)

La cirugía mínimamente invasiva en HPB está encaminada hacia un modelo de precisión quirúrgica, que combine robótica, imagen, fluorescencia e inteligencia artificial para optimizar resultados clínicos, reducir complicaciones y ampliar la aplicabilidad de procedimientos complejos.

Estas perspectivas futuras la consolidan como un pilar de la cirugía moderna en hepatología y pancreatología,^(1,2) al consolidarse en el ámbito hepatopancreatobiliar como una alternativa segura y eficaz frente a la cirugía abierta, cuando se realiza en centros con experiencia y tecnología adecuada, pues su aplicación ha demostrado optimizar la recuperación funcional, reducir la estancia hospitalaria y minimizar las

complicaciones posoperatorias, mientras se mantiene la radicalidad oncológica y los márgenes de resección en tumores seleccionados.

Estas ventajas la convierten en una opción preferente para pacientes cuidadosamente seleccionados y en procedimientos, en los que la precisión y la seguridad son críticas. Los avances tecnológicos, incluyendo cirugía robótica, planificación tridimensional, fluorescencia intraoperatoria e inteligencia artificial, están ampliando las posibilidades de intervención en procedimientos complejos. Sin embargo, la consolidación de estas técnicas depende de una infraestructura adecuada, programas de formación especializados y criterios estrictos de selección de pacientes.

La cirugía mínimamente invasiva representa un avance significativo, con impacto positivo en la calidad de vida, eficiencia hospitalaria y resultados oncológicos, al proyectar un futuro con aplicaciones más extensas y estandarizadas y concluir que esta constituye una alternativa segura y eficaz en las enfermedades hepatopancreatobiliares cuando es realizada en centros especializados. La evidencia actual respalda su expansión progresiva, aunque la consolidación de sus beneficios requiere estandarización de técnicas y estudios comparativos a largo plazo.

Referencias bibliográficas

1. Buell JF, Cherqui D, Geller DA, O'Rourke N, Iannitti D, Dagher I, et al. The international position on laparoscopic liver surgery: The Louisville Statement, 2008. Ann Surg. 2009;250(5):825-30. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181b76f21>
2. Ciria R, Cherqui D, Geller DA, Briceño J, Wakabayashi I, Asbun H, et al. Comparative short-term benefits of laparoscopic liver resection: 9000 cases and climbing. Ann Surg. 2016;263(4):761-777. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001346>
3. Wakabayashi I, Cherqui D, Geller DA, Buell JF, Kaneko H, Seong HH, et al. Recommendations for laparoscopic liver resection: a report from the second international consensus conference held in Morioka. Ann Surg. 2015;261(4):619-29.

DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000931>

4. Giulianotti PC, Coratti A, Sbrana F, Addeo P. Robotic liver surgery: results for 70 resections. *Surg.* 2011;149(1):29-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2010.05.012>
5. Abu Hilal M, Aldrighetti L, Dagher I, Bjorn Edwin E, Troisi RI, Ruslán A, *et al.* The Southampton consensus guidelines for laparoscopic liver surgery: From indication to implementation. *Ann Surg.* 2018;268(1):11-8. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002644>
6. Buell JF, Thomas MT, Rudich S. Laparoscopic hepatic resection: right vs left lobectomy. *J Am Coll Surg.* 2008;206(2):312-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.09.005>
7. Belli G, Fantini C, D'Agostino A. Laparoscopic liver resection: a long-term single-center experience. *HPB.* 2016;18(9):748-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2016.05.002>
8. Ciria R, Robles R, Pardo F. Comparative study of laparoscopic versus open liver resections for hepatocellular carcinoma. *Surg Endosc.* 2018;32(2):985-95. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-017-5738-0>
9. Ratti F, Cipriani F, Catena M. Laparoscopic vs open major hepatectomy: a propensity score-matched analysis. *Ann Surg.* 2016;263(6):1022-30. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001644>
10. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, Sbrana F, Cecconi S, Balestracci T, *et al.* Robotics in general surgery: personal experience in a large community hospital. *Arch Surg.* 2003;138(7):777-84. DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.138.7.777>
11. Zhang H, Li J, Zhou J. Application of 3D visualization in laparoscopic liver resection. *SE.* 2019;33(12):4028 DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06762-3>
12. Abu Hilal M, Aldrighetti L, Dagher I. International consensus on laparoscopic liver surgery: a decade later. *Ann Surg.* 2020;271(6):1203-13. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003191>
13. Zureikat A, Beane J, Zenati M, Al Abbas A, Boone BI, Moser A, *et al.* 500 Minimally

- invasive robotic pancreatoduodenectomies: feasibility and outcomes. *Ann Surg.* 2015;262(2):347-55. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001408>
14. Gagner M, Pomp A. Laparoscopic pylorus-preserving pancreatoduodenectomy. *Surg Endosc.* 1994;8(5):408-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00398965>
15. Waters JA, Winslow ER, Zureikat AH. Robotic distal pancreatectomy: a multicenter experience. *Ann Surg Oncol.* 2010;17(12):3196-3202. DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-010-1283-x>
16. Palanivelu C, Jani K, Senthilnathan P. Laparoscopic distal pancreatectomy: technique and results. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2007;17(5):687-92. DOI: <https://doi.org/10.1089/lap.2007.0024>
17. Asbun HJ, Stauffer JA. Laparoscopic pancreatic surgery: a review. *J Hepatob Panc Sci.* 2012;19(6):515-23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00534-012-0516-3>
18. Napoli N, Garancini M, Paganelli M. Robotic pancreatic surgery: current status and perspectives. *Surg Oncol.* 2019;29:47-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2019.05.004>
19. Chen Q, Luo G, Zeng Y. 3D-printed models in pancreatic surgery: a systematic review. *HPB.* 2020;22(3):341-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2019.08.009>
20. Palanivelu C, Jani K, Rajan PS, Shetty R, Jani K, Sendhilkumar K, et al. Laparoscopic pancreatic surgery: current status. *Surg Endosc.* 2008;22(10):2171-7. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-008-9925-8>
21. Shea JA, Healey MJ, Berlin JA, Clarke JR, Malet PF, Staroscik RN, et al. Mortality and complications associated with laparoscopic cholecystectomy. *Ann Surg.* 1996;224(5):609-20. DOI: <https://doi.org/10.1097/0000658-199611000-00001>
22. Kwon AH, Han H, Kang CM. Laparoscopic common bile duct exploration: a safe and effective approach. *Surg Endosc.* 2010;24(5):1077-83. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0780-0>
23. Giulianotti PC, Coratti A, Sbrana F. Robotic surgery of the biliary tract: personal experience. *S E.* 2003;17(10):1615. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-003-8991-8>

24. Machado MA, Surjan RC, Makdissi FF. Laparoscopic hepaticojejunostomy: technical aspects and outcomes. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2014;24(1):39-43. DOI: <https://doi.org/10.1089/lap.2013.0253>
25. Buchs NC, Pugin F, Morel P. Robotic-assisted bile duct reconstruction: state of the art. *W J S*. 2015;39(6):1527-34. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00268-014-2961-6>
26. Ishizawa T, Bandai Y, Ijichi M. Fluorescence-guided surgery for biliary and liver procedures. *Ann Surg*. 2010;251(1):102-7. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181c3ca7d>
27. Gumbs AA, Gayet B, Wakabayashi G. Minimally invasive hepatobiliary surgery: current status. *World J Gastroenterol*. 2015;21(25):7696-7705. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i25.7696>
28. Buell JF, Kanjiya S, Tsung A. Laparoscopic vs open liver surgery: comparative outcomes. *Ann Surg*. 2013;257(5):815-22. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e318281f6f3>
29. Ciria R, Cherqui D, Geller DA, Briceño J, Wakabayashi I, Asbun H, et al. Comparative short-term outcomes of laparoscopic and open liver resection. *Ann Surg*. 2016;263(4):761-77. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001346>
30. Ratti F, Cipriani F, Catena M. Propensity score analysis of laparoscopic vs open major hepatectomy. *Ann Surg*. 2016;263(6):1022-30. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001644>
31. Abu Hilal M, Aldrighetti L, Dagher I. Recommendations for laparoscopic liver surgery. *A Surg*. 2018;268(1):11-8. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.00000000000002644>
32. Zureikat AH, Beane JD, Zenati MS, Al Abbas A, Boone BA, Moser AJ, et al. Minimally invasive robotic pancreatoduodenectomy. *Ann Surg*. 2015;262(2):347-55. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001408>
33. Asbun HJ, Stauffer JA. Laparoscopic pancreatic surgery review. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2012;19(6):515-23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00534-012-0516-3>

34. Palanivelu C, Jani K, Senthilnathan P, [Parthasarathi R, Rajapandian S, Velusamy M](#). Laparoscopic distal pancreatectomy results. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2007;17(5):687-92. DOI: <https://doi.org/10.1089/lap.2007.0024>
35. Kwon AH, Han H, Kang CM. Laparoscopic common bile duct exploration outcomes. S End. 2010;24(5):1077. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0780-0>
36. Giulianotti PC, Coratti A, Sbrana F, Cecconi S, Balestracci T, Giuseppe C, et al. Robotic surgery: experience and cost considerations. Arch Surg. 2003;138(7):777-84. DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.138.7.777>
- 37.-Wakabayashi G, Cherqui D, Geller DA. International consensus on laparoscopic liver surgery. A Surg. 2015;261(4):619-29. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000931>
38. Abu Hilal M, Aldrighetti L, Dagher I. Limitations and learning curve in laparoscopic liver surgery. A Surg. 2018;268(1):11-18. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.00000000000002644>
39. Buell JF, Thomas MT, Rudich S. Laparoscopic hepatic resection learning curve. J A Coll Surg. 2008;206(2):312-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.09.005>
40. Giulianotti PC, Coratti A, Sbrana F. Robotics in general surgery: costs and outcomes. A Surg. 2003;138(7):777-84. DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.138.7.777>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.