

DOI: 10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.1006-1013

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2725>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 32 Ciencias Médicas

PAGINAS: 1006-1013



Visión computarizada en cirugía laparoscópica: detección anatómica y alertas de riesgo en tiempo real mediante IA

Computer vision in laparoscopic surgery: anatomical detection and real-time risk alerts using AI

Visão computacional em cirurgia laparoscópica: detecção anatómica e alertas de risco em tempo real utilizando IA

Doris Karina Anchatuña Caisa¹; Julio Enrique Llangari Constante²; María Auxiliadora Calero Zea³

RECIBIDO: 10/03/2025 **ACEPTADO:** 19/04/2025 **PUBLICADO:** 08/09/2025

1. Médica Cirujana; Investigadora Independiente; Latacunga, Ecuador; karinita045@hotmail.com;  <https://orcid.org/0009-0007-9173-6820>
2. Médico General; Investigador Independiente; Quito, Ecuador; juliollangari15@gmail.com;  <https://orcid.org/0009-0008-9098-693X>
3. Especialista en Imagenología; Especialista en Ecografía; Máster en Dirección y Gestión Sanitaria; Doctora en Ciencias de la Salud; Docente de la Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; maria.caleroz@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-8959-4391>

CORRESPONDENCIA

Doris Karina Anchatuña Caisa

karinita045@hotmail.com

Latacunga, Ecuador

RESUMEN

La visión computarizada, impulsada por la inteligencia artificial (IA), está revolucionando la cirugía laparoscópica al transformar el video en una herramienta inteligente. Esta tecnología va más allá de la simple visualización, permitiendo la detección anatómica en tiempo real y la emisión de alertas de riesgo, lo que mejora significativamente la seguridad y precisión de los procedimientos mínimamente invasivos. Este estudio se centró en la aplicación de la visión computarizada y la inteligencia artificial en la cirugía laparoscópica. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva en bases de datos como PubMed, Scopus y Web of Science, utilizando términos clave relacionados con la detección anatómica y las alertas de riesgo en tiempo real. La integración de la IA en la visión computarizada representa un avance crucial en la cirugía laparoscópica. Al ofrecer una capa adicional de seguridad y precisión a través de la detección anatómica y las alertas en tiempo real, esta tecnología no solo potencia las habilidades del cirujano, sino que también sienta las bases para un futuro de la medicina mínimamente invasiva más segura, precisa y eficiente.

Palabras clave: Laparoscópica, Computarizada, Anatómica, IA, Riesgo.

ABSTRACT

Computer vision, powered by artificial intelligence (AI), is revolutionizing laparoscopic surgery by transforming video into an intelligent tool. This technology goes beyond simple visualization, allowing for real-time anatomical detection and the issuing of risk alerts, which significantly improves the safety and precision of minimally invasive procedures. This study focused on the application of computer vision and artificial intelligence in laparoscopic surgery. To this end, an extensive bibliographic review was conducted in databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science, using key terms related to anatomical detection and real-time risk alerts. The integration of AI into computer vision represents a crucial advance in laparoscopic surgery. By offering an additional layer of safety and precision through anatomical detection and real-time alerts, this technology not only enhances the surgeon's skills but also lays the groundwork for a future of minimally invasive medicine that is safer, more accurate, and more efficient.

Keywords: Laparoscopic, Computer vision, Anatomical, AI, Risk.

RESUMO

A visão computacional, impulsionada pela inteligência artificial (IA), está a revolucionar a cirurgia laparoscópica ao transformar o vídeo numa ferramenta inteligente. Esta tecnologia vai além da simples visualização, permitindo a deteção anatómica em tempo real e a emissão de alertas de risco, o que melhora significativamente a segurança e a precisão dos procedimentos minimamente invasivos. Este estudo centrou-se na aplicação da visão computacional e da inteligência artificial na cirurgia laparoscópica. Para isso, foi realizada uma extensa revisão bibliográfica em bases de dados como PubMed, Scopus e Web of Science, utilizando termos-chave relacionados à deteção anatómica e alertas de risco em tempo real. A integração da IA na visão computacional representa um avanço crucial na cirurgia laparoscópica. Ao oferecer uma camada adicional de segurança e precisão por meio da deteção anatómica e alertas em tempo real, essa tecnologia não apenas aprimora as habilidades do cirurgião, mas também estabelece as bases para um futuro da medicina minimamente invasiva mais seguro, preciso e eficiente.

Palavras-chave: Laparoscópico, Visão computacional, Anatómico, IA, Risco.

Introducción

Los sistemas robóticos quirúrgicos, que han ganado gran impulso en las últimas décadas, asisten a los cirujanos en procedimientos mínimamente invasivos, logrando menor trauma, dolor y tiempo de recuperación para los pacientes. La clave de su funcionamiento reside en la visión robótica guiada por imágenes, que actúa como su principal fuente de percepción del entorno. Mediante algoritmos de procesamiento de imágenes, como la segmentación y el seguimiento, los robots pueden comprender el entorno quirúrgico y ejecutar movimientos precisos, lo que impulsa el avance hacia una cirugía más inteligente y automatizada (1).

Comparado con la cirugía abierta, la cirugía laparoscópica tiene las ventajas de ser menos invasiva, causar menos dolor posoperatorio y permitir una recuperación posoperatoria más rápida. Sin embargo, la cirugía laparoscópica también tiene sus desventajas, como la falta de retroalimentación táctil, un espacio quirúrgico estrecho, visión de túnel y un ángulo de operación limitado de los instrumentos laparoscópicos. La cirugía laparoscópica también está asociada con una mayor dificultad y tiempos de operación más largos al enfrentarse a adherencias densas o casos complicados. Por lo tanto, las operaciones laparoscópicas complicadas requieren una amplia experiencia y tienen una curva de aprendizaje pronunciada (2).

La aplicación de la cirugía laparoscópica a diferentes patologías ha motivado el desarrollo de una importante tecnología que tiende a dar respuesta a las necesidades de cada técnica quirúrgica. Esta evolución tecnológica continúa en forma permanente y sostenida y obliga a los cirujanos a interiorizarse sobre ella y a conocer sus características y aplicabilidad (3).

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando la medicina, especialmente la cirugía, al permitir que las máquinas analicen grandes volúmenes de datos para asistir a los médicos en la toma de decisiones comple-

jas. Aunque no busca reemplazar al cirujano, la IA ha avanzado de la simple clasificación de imágenes radiológicas al reconocimiento intraoperatorio de fases quirúrgicas y estructuras anatómicas. El objetivo de este avance tecnológico es mejorar la seguridad y el rendimiento, superando las dificultades asociadas con la falta de experiencia o la complejidad de los casos, y se espera que las futuras aplicaciones de la IA sigan optimizando esta y otras operaciones (4).

Metodología

Este estudio se centró en la aplicación de la visión computarizada y la inteligencia artificial en la cirugía laparoscópica. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva en bases de datos como PubMed, Scopus y Web of Science, utilizando términos clave relacionados con la detección anatómica y las alertas de riesgo en tiempo real. Se seleccionaron artículos que describan el uso de algoritmos de IA para analizar videos quirúrgicos, identificando estructuras y generando alertas de seguridad, mientras se excluyen estudios que no sean de investigación original o que se enfoquen en otras áreas de la IA. Los datos extraídos, como el tipo de algoritmo, la precisión de los resultados y las limitaciones, se sintetizaron para ofrecer un análisis completo de las tendencias, desafíos y futuras direcciones de esta tecnología.

Resultados

Cirugía laparoscópica

La cirugía laparoscópica es una técnica quirúrgica mínimamente invasiva que, a diferencia de la cirugía tradicional, se realiza a través de pequeñas incisiones de 0.5 a 1 cm en la piel. Por una de estas incisiones se introduce un laparoscopio, una cámara de video conectada a un monitor, que permite al cirujano visualizar el interior de la cavidad abdominal. Para crear un espacio de trabajo y mejorar la visibilidad, se insufla una pequeña cantidad de dióxido de carbono. Los instrumentos quirúrgicos se introducen a través de las otras incisiones. Esta técnica se utiliza en una

amplia variedad de procedimientos, como la colecistectomía, la cirugía del reflujo gastroesofágico y diversas operaciones en especialidades como ginecología, pediatría y cirugía vascular. Sus beneficios incluyen la reducción del trauma tisular, menos dolor postoperatorio, menor riesgo de infección y hernias, una mejor estética de las cicatrices y una recuperación más rápida para el paciente (5).

Visión por computadora

El video es un subproducto de la cirugía mínimamente invasiva y robótica, y su uso se está extendiendo a los procedimientos de cirugía abierta. Existe un gran potencial para que los algoritmos automatizados analicen estas transmisiones de video en tiempo real para rastrear el rendimiento quirúrgico, identificar anatomías complejas y proporcionar retroalimentación para reducir errores. La visión por computadora para la cirugía también es útil en la capacitación de habilidades quirúrgicas, ya que permite a los entrenadores evaluar las habilidades de manera cuantitativa, una tarea que de otro modo sería tediosa y subjetiva. A pesar de las ventajas, la complejidad de las operaciones dificulta la aplicación de la IA en la visión quirúrgica. Los modelos entrenados con ejemplos simulados no siempre se generalizan a la complejidad del mundo real. Este problema se debe a la anotación inconsistente de los videos y a la falta de conjuntos de datos grandes y diversos. Las limitaciones en el intercambio de datos

entre instituciones impiden la creación de un conjunto de datos abierto que sería necesario para entrenar algoritmos robustos. Un estudio reciente sugiere que la implementación en tiempo real de estos algoritmos podría tomar hasta 10 años, aunque las herramientas de entrenamiento retrospectivo podrían estar disponibles en los próximos 2 años (6).

Ventajas de la cirugía laparoscópica robótica frente a la cirugía laparoscópica convencional

La cirugía laparoscópica asistida por robot ofrece importantes ventajas frente a la laparoscopia convencional, aunque ambos abordajes son comparables en aspectos como el tiempo operatorio y la seguridad oncológica. Según diversos estudios, la cirugía robótica mejora la seguridad del paciente y reduce la morbilidad en áreas difíciles de alcanzar, como en cirugías de cabeza y cuello. Específicamente, se ha observado que disminuye el riesgo de fístulas pancreáticas después de una gastrectomía, reduce la pérdida de sangre, las complicaciones postoperatorias y la duración de la estancia hospitalaria en procedimientos como la timentomía y la extirpación de tumores pulmonares. El uso del robot proporciona una visualización mejorada, mayor destreza y una precisión superior, lo que se traduce en beneficios significativos para los pacientes (5).

Robots para cirugía laparoscópica

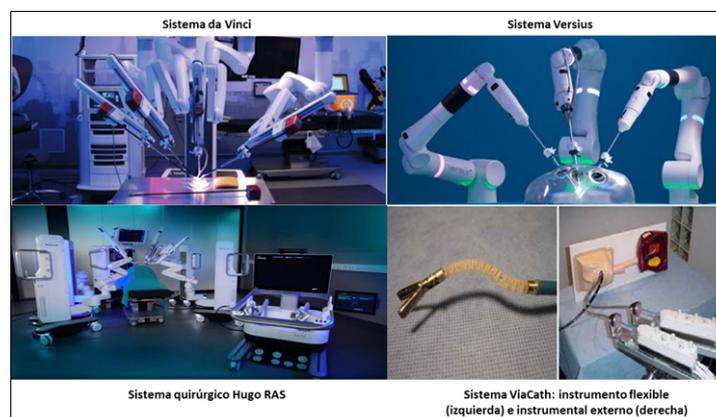


Figura 1. Robots para cirugía laparoscópica

Fuente: Fernández Ríos (5).

En el ámbito de la cirugía laparoscópica, la investigación y el desarrollo de robots quirúrgicos han avanzado significativamente, destacando varios sistemas populares que mejoran las capacidades del cirujano (5).

- El sistema da Vinci XI de Intuitive Surgical, un robot esclavo no programable, ofrece al cirujano una visión 3D y una mayor precisión y destreza al eliminar temblores. Consta de una consola de mando, un carro robótico con cuatro brazos y una torre laparoscópica. Se usa principalmente en ginecología, urología y cirugía general (5).
- Versius, de la compañía CMR Surgical, es un sistema modular con brazos independientes que optimiza la colocación de los accesos quirúrgicos. Su principal ventaja es su tamaño compacto, que facilita su desplazamiento. Con una consola con visualización 3D y hasta cuatro brazos instrumentales con siete grados de libertad, promueve un concepto de trabajo en equipo. Es utilizado en urología, ginecología y cirugías gastrointestinales (5).
- El sistema Hugo RAS de Medtronic busca hacer la laparoscopia robótica más accesible económicamente. Compuesto por una consola abierta, una torre y cuatro brazos independientes, ofrece gran flexibilidad. Su diseño ergonómico y la compatibilidad con instrumentos ya existentes lo hacen versátil. Principalmente se usa en urología (5).
- Finalmente, el sistema ViaCath de BIO-TRONIK es un robot endoscópico flexible y teleoperado que utiliza un catéter. Permite alta precisión con instrumentos intercambiables y de diámetro fino, que se mueven a través de un endoscopio estándar (5).

Estos avances, que combinan robots e IA, están llevando la cirugía a la "Cirugía 4.0", con el objetivo de hacerla más segura, sencilla y menos costosa (5).

Planificación quirúrgica

La digitalización en cirugía ha impulsado el uso de sistemas de planificación quirúrgica, herramientas digitales que permiten a los cirujanos planificar detalladamente procedimientos antes de realizarlos. Utilizando imágenes médicas (como resonancias magnéticas o tomografías) y modelos 3D, estos sistemas facilitan la identificación de estructuras anatómicas críticas y la simulación de la cirugía en un entorno virtual (7).

Esta tecnología ofrece múltiples beneficios:

- **Reducción de riesgos:** Al visualizar posibles complicaciones de antemano.
- **Mejora de la precisión:** Especialmente en cirugías mínimamente invasivas.
- **Selección de instrumentos:** Ayuda a preparar los recursos adecuados para la operación.
- **Mejora en la comunicación:** Permite a todo el equipo quirúrgico acceder al plan detallado (7).

Después de la cirugía, estos sistemas también son útiles para evaluar los resultados y la precisión del procedimiento, contribuyendo a la mejora continua y al seguimiento de la calidad (7).

El avance de la tecnología en la cirugía está marcado por la integración de la realidad virtual (RV), aumentada (RA) y mixta (RM). La RV crea un entorno digital completamente nuevo donde el usuario se siente inmerso. La RA, por su parte, añade capas de información digital a la realidad, lo que en cirugía robótica se usa para superponer imágenes médicas sobre el campo visual del cirujano, mejorando la precisión. La RM combina ambas, permitiendo que objetos reales y virtuales interactúen en un mismo espacio (7).

Innovaciones en la Cirugía Digital

- **Planificación Quirúrgica:** Los sistemas de planificación digital utilizan imágenes y modelos 3D para que los cirujanos si-

mulen procedimientos, identifiquen estructuras críticas y elijan los instrumentos adecuados antes de la operación. Esto reduce riesgos, mejora la precisión y optimiza la comunicación del equipo.

- **Telecirugía y Telementorización:** La cirugía robótica permite a un cirujano operar a distancia (telecirugía), facilitando el acceso a especialistas en áreas remotas o en situaciones de emergencia. La telementorización, o guía a distancia, permite a un experto supervisar y guiar a un cirujano con menos experiencia en tiempo real, lo que mejora la formación médica (7).

Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático (ML)

La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) están transformando la cirugía al permitir la recopilación y el análisis de datos en tiempo real. Esto permite:

- **Detección de anomalías:** Los algoritmos de IA pueden alertar sobre complicaciones inesperadas, como sangrado.
- **Optimización de movimientos:** En cirugía robótica, la IA mejora la precisión y minimiza el tiempo de recuperación del paciente.
- **Personalización del tratamiento:** Los algoritmos de ML analizan datos del paciente para crear planes quirúrgicos personalizados.
- **Análisis intraoperatorio:** El ML detecta patrones en imágenes médicas para la localización de tumores y el ajuste de los movimientos del robot en tiempo real, incluso eliminando temblores.
- **Retroalimentación:** Los sistemas de ML pueden monitorear las señales del cirujano (fatiga, estrés) y desarrollar retroalimentación táctil para mejorar la sensación de resistencia del tejido (7).

Seguimiento de complicaciones postoperatorias

La IA puede desempeñar un papel crucial en la mejora de la atención postoperatoria. Por ejemplo, con el uso de algoritmos para detectar los pacientes que presentan mayor probabilidad de complicaciones postoperatorias basándose en parámetros clínicos o analíticos tempranos. Esta estratificación de riesgo permite que los profesionales de salud dirijan sus recursos y atención a pacientes que con mayor probabilidad requieran de alguna intervención, disminuyendo de esta manera el desgaste de los profesionales y mejorando los resultados de los pacientes. Además, tras el alta, el uso de dispositivos de monitoreo remoto y algoritmos que permitan rastrear la recuperación de los pacientes proporcionarían datos en tiempo real a los profesionales de la salud. Este monitoreo continuo facilitaría la detección temprana de potenciales complicaciones, como la infección del sitio quirúrgico, permitiendo una intervención temprana y mitigando el riesgo de readmisión (8).

Detección anatómica

Los sistemas de visión computarizada son capaces de identificar y segmentar automáticamente las estructuras clave. Esto permite al cirujano tener un mapa visual detallado del área de trabajo. Algunos de los beneficios de esta capacidad son:

- **Identificación de estructuras críticas:** La IA puede resaltar y etiquetar estructuras vitales, como la arteria cística o el conducto biliar común durante una colecistectomía.
- **Segmentación de órganos:** Permite delinear los bordes de los órganos para una mejor orientación.
- **Realidad aumentada:** Los sistemas pueden superponer información digital sobre la imagen real, como etiquetas de estructuras o planos de vasos sanguíneos (9).

Alertas de riesgo en tiempo real

La capacidad de la IA para procesar información rápidamente es vital para la seguridad del paciente. Los sistemas pueden monitorear continuamente la cirugía y emitir alertas si detectan un riesgo potencial. Estas alertas pueden incluir:

- **Detección de sangrado inminente:** Alerta al cirujano sobre vasos sanguíneos en riesgo de ser dañados.
- **Identificación de estructuras en riesgo:** Advierte sobre la proximidad de herramientas quirúrgicas a nervios o arterias.
- **Seguimiento del progreso quirúrgico:** La IA puede comparar la cirugía en curso con un modelo ideal para alertar sobre desviaciones o errores en la técnica (10).

Conclusión

La integración de la visión computarizada y la inteligencia artificial (IA) está marcando un antes y un después en la cirugía laparoscópica, transformando un procedimiento mínimamente invasivo en una experiencia quirúrgica más segura, precisa y eficiente. Este avance tecnológico va más allá de la simple visualización de video, utilizando algoritmos de aprendizaje automático para analizar el flujo de imágenes en tiempo real. Esto permite al sistema no solo identificar, sino también etiquetar y diferenciar estructuras anatómicas complejas, como nervios, arterias y conductos biliares, con una velocidad y precisión que superan las capacidades del ojo humano. Al superponer esta información en el monitor del cirujano, se crea un mapa interactivo y dinámico del campo operatorio, lo que minimiza el riesgo de daño a estructuras críticas y reduce la incertidumbre en momentos de decisión crucial. En esencia, la IA se convierte en un asistente cognitivo, proporcionando una capa adicional de seguridad que complementa y potencia la habilidad del cirujano.

El valor añadido de esta tecnología se manifiesta de manera contundente en la capacidad de emitir alertas de riesgo en tiempo

real. Los sistemas de IA son capaces de anticipar y señalar situaciones de peligro potencial antes de que se materialicen. Por ejemplo, pueden detectar la proximidad de una pinza a una arteria principal o identificar movimientos bruscos que podrían comprometer la integridad de un órgano. Este monitoreo constante no solo actúa como una red de seguridad, sino que también optimiza el flujo de trabajo en el quirófano. Al automatizar tareas de detección y análisis que consumen tiempo y atención, el cirujano puede concentrarse plenamente en la manipulación de los instrumentos y la técnica quirúrgica. Este enfoque reduce la carga cognitiva, disminuye la fatiga del equipo y puede llevar a una significativa reducción en el tiempo total de la operación. Aunque la adopción de esta tecnología enfrenta retos, como la necesidad de una rigurosa validación clínica y la creación de vastas bases de datos de entrenamiento, su impacto potencial en la calidad de la atención médica es incuestionable. La visión computarizada no solo redefine la seguridad en la cirugía, sino que también abre la puerta a un futuro donde la medicina mínimamente invasiva será aún más precisa, predictiva y personalizada.

Bibliografía

- Li C, Zhang G, Zhao B, Xie D, Du H, Duan X, et al. Advances of surgical robotics: image-guided classification and application. *Natl Sci Rev* [Internet]. 2024 Aug 13;11(9). Available from: <https://academic.oup.com/nsr/article/doi/10.1093/nsr/nwae186/7689225>
- Guo K, Tao H, Zhu Y, Li B, Fang C, Qian Y, et al. Current applications of artificial intelligence-based computer vision in laparoscopic surgery. *Laparosc Endosc Robot Surg* [Internet]. 2023 Sep;6(3):91–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468900923000403>
- TORRES R, MARECOS MC, ALLEJOS PEREIRA G. Generalidades de la cirugía laparoscópica. Equipamientos e instrumental. In: *Enciclopedia Cirugía Digestiva*. Tomo I. 2020.
- Fernicola A, Palomba G, Capuano M, De Palma GD, Aprea G. Artificial intelligence applied to laparoscopic cholecystectomy: what is the next step? A narrative review. *Updates Surg* [Internet]. 2024 Sep 5;76(5):1655–67. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s13304-024-01892-6>

- Fernández Ríos L. Modelado y simulación del centro de rotación remoto para robots en cirugía laparoscópica [Internet]. Universidad de Valladolid; 2023. Available from: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61356/TFG-M-IB3113.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colborn K, Brat G, Callcut R. Predictive Analytics and Artificial Intelligence in Surgery—Opportunities and Risks. *JAMA Surg* [Internet]. 2023 Apr 1;158(4):337. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/2800091>
- Toledano Trincado M, Bellido-Luque J, Alvarez Gallego M. Cirugía robótica como motor de la digitalización en cirugía. *Cirugía Española* [Internet]. 2024 Jul;102:S16–22. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0009739X24001234>
- Castillo-Medina A, Calleja-Zardain R, Kewalramani D, Narayan M, Julio Mayol J. Inteligencia artificial como herramienta de la cirugía global en América Latina. *Rev Colomb Cirugía* [Internet]. 2024 Nov 8; Available from: <https://revistacirugia.org/index.php/cirugia/article/view/2622>
- Liu R, An J, Wang Z, Guan J, Liu J, Jiang J, et al. Artificial intelligence in laparoscopic cholecystectomy: does computer vision outperform human vision? *Artif Intell Surg* [Internet]. 2022;2(2):80–92. Available from: <https://www.oaepublish.com/articles/ais.2022.04>
- Kitaguchi D, Takeshita N, Hasegawa H, Ito M. Artificial intelligence-based computer vision in surgery: Recent advances and future perspectives. *Ann Gastroenterol Surg* [Internet]. 2022 Jan 8;6(1):29–36. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ags3.12513>

CITAR ESTE ARTICULO:

Anchatuña Caisa, D. K., Llangarí Constante, J. E., & Calero Zea, M. A. (2025). Visión computarizada en cirugía laparoscópica: detección anatómica y alertas de riesgo en tiempo real mediante IA. *RECIMUNDO*, 9(2), 1006–1013. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(2\).abril.2025.1006-1013](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.1006-1013)

