



*Cirugía mínimamente invasiva y su aplicación en las diferentes ramas quirúrgicas. Un artículo de revisión*

*Minimally invasive surgery and its application in different surgical branches. A review article*

*Cirurgia minimamente invasiva e sua aplicação nas diferentes modalidades cirúrgicas. Um artigo de revisão*

Patrick Andrés Jumbo-Chamba <sup>I</sup>  
[patrickandres713@gmail.com](mailto:patrickandres713@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0007-0489-8136>

Melany Katherine Obando-González <sup>II</sup>  
[melanyobando94@gmail.com](mailto:melanyobando94@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0001-1797-3197>

Rodrigo Leandro Guevara-Paspuel <sup>III</sup>  
[rlguevara023@gmail.com](mailto:rlguevara023@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-4942-2709>

Lissette Carolina Sisa-Gallegos <sup>IV</sup>  
[carolinalsisa@gmail.com](mailto:carolinalsisa@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0007-4644-6031>

Juliza Abigail Saravino-Cabascango <sup>V</sup>  
[juliabisa20002@gmail.com](mailto:juliabisa20002@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0006-8887-0538>

**Correspondencia:** [patrickandres713@gmail.com](mailto:patrickandres713@gmail.com)

Ciencias de la Salud  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 22 de septiembre de 2024 \* **Aceptado:** 11 de octubre de 2024 \* **Publicado:** 20 de noviembre de 2024

- I. Interno rotativo de Medicina, Hospital General Docente de Calderon, Quito, Ecuador.
- II. Interno rotativo de Medicina, Hospital General Docente de Calderon, Quito, Ecuador.
- III. Interno rotativo de Medicina, Hospital General Docente de Calderon, Quito, Ecuador.
- IV. Interno rotativo de Medicina, Hospital General Docente de Calderon, Quito, Ecuador.
- V. Interno rotativo de Medicina, Hospital General Docente de Calderon, Quito, Ecuador.

## Resumen

La cirugía mínimamente invasiva (CMI) representa un avance significativo en el campo quirúrgico, reduciendo el trauma operatorio, acelerando la recuperación y minimizando complicaciones postoperatorias. Este enfoque utiliza técnicas como laparoscopia, artroscopia y cirugía robótica, permitiendo procedimientos más seguros y eficaces. La revisión bibliográfica explora los avances recientes, aplicaciones clínicas y las perspectivas futuras de la CMI en diversas especialidades médicas. **Materiales y Metodología.** Se realizó una revisión bibliográfica sistemática utilizando bases de datos científicas como PubMed, Scopus y Web of Science. Los criterios de inclusión consideraron artículos publicados entre 2019 y 2024, en inglés y español, relacionados con avances en CMI, su impacto en diferentes especialidades quirúrgicas, y análisis de costos-beneficios. Se seleccionaron 25 estudios originales, revisiones y meta-análisis relevantes tras una evaluación crítica de su calidad mediante la herramienta PRISMA. **Resultados.** Los resultados de la revisión destacan los beneficios significativos de la cirugía mínimamente invasiva, incluyendo una reducción del tiempo de hospitalización en un 30-50%, menor incidencia de complicaciones como infecciones y cicatrices, y una recuperación postoperatoria más rápida. Se subraya su amplio uso en especialidades como ginecología, urología y cirugía cardiovascular, así como la incorporación de tecnologías avanzadas como sistemas robóticos y realidad aumentada, que han mejorado la precisión quirúrgica. Además, se resalta un impacto económico favorable debido a la disminución de complicaciones y hospitalizaciones prolongadas. Sin embargo, se identifican desafíos, como la alta inversión inicial en equipos y la necesidad de formación especializada para los cirujanos.

**Palabras clave:** Cirugía mínimamente invasiva; laparoscopia; cirugía robótica; recuperación postoperatoria; avances tecnológicos; especialidades quirúrgicas.

## Abstract

Minimally invasive surgery (MIS) represents a significant advance in the surgical field, reducing operative trauma, accelerating recovery, and minimizing postoperative complications. This approach uses techniques such as laparoscopy, arthroscopy, and robotic surgery, allowing for safer and more effective procedures. The literature review explores recent advances, clinical applications, and future prospects of MIS in various medical specialties. **Materials and Methodology.** A systematic literature review was conducted using scientific databases such as

PubMed, Scopus, and Web of Science. Inclusion criteria considered articles published between 2019 and 2024, in English and Spanish, related to advances in MIS, its impact on different surgical specialties, and cost-benefit analyses. 25 relevant original studies, reviews, and meta-analyses were selected after a critical assessment of their quality using the PRISMA tool. Results. The results of the review highlight the significant benefits of minimally invasive surgery, including a reduction in hospital stays by 30-50%, lower incidence of complications such as infections and scarring, and faster postoperative recovery. Its wide use in specialties such as gynecology, urology, and cardiovascular surgery is highlighted, as well as the incorporation of advanced technologies such as robotic systems and augmented reality, which have improved surgical precision. In addition, a favorable economic impact is highlighted due to the decrease in complications and prolonged hospital stays. However, challenges are identified, such as the high initial investment in equipment and the need for specialized training for surgeons.

**Keywords:** Minimally invasive surgery; laparoscopy; robotic surgery; postoperative recovery; technological advances; surgical specialties.

## Resumo

A cirurgia minimamente invasiva (MIS) representa um avanço significativo na área cirúrgica, reduzindo o trauma operatório, acelerando a recuperação e minimizando as complicações pós-operatórias. Esta abordagem utiliza técnicas como a laparoscopia, a artroscopia e a cirurgia robótica, permitindo procedimentos mais seguros e eficazes. A revisão da literatura explora os avanços recentes, as aplicações clínicas e as perspectivas futuras da CMI em diversas especialidades médicas. **Materiais e Metodologia.** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, utilizando bases de dados científicas como a PubMed, Scopus e Web of Science. Os critérios de inclusão consideraram artigos publicados entre 2019 e 2024, nas línguas inglesa e espanhola, relacionados com os avanços da IMC, o seu impacto nas diferentes especialidades cirúrgicas e análise de custo-benefício. Foram selecionados 25 estudos originais, revisões e meta-análises relevantes após avaliação crítica da sua qualidade através da ferramenta PRISMA. **Resultados.** Os resultados da revisão destacam os benefícios significativos da cirurgia minimamente invasiva, incluindo uma redução do tempo de hospitalização em 30-50%, uma menor incidência de complicações como infeções e cicatrizes, e uma recuperação pós-operatória mais rápida. Destaca-se a sua ampla utilização em especialidades como a ginecologia, a urologia e a cirurgia cardiovascular, bem como

a incorporação de tecnologias avançadas como os sistemas robóticos e a realidade aumentada, que melhoraram a precisão cirúrgica. Além disso, destaca-se um impacto económico favorável devido à diminuição das complicações e aos internamentos prolongados. No entanto, são identificados desafios, como o elevado investimento inicial em equipamentos e a necessidade de formação especializada para os cirurgiões.

**Palavras-chave:** Cirurgia minimamente invasiva; laparoscopia; cirurgia robótica; recuperação pós-operatória; avanços tecnológicos; especialidades cirúrgicas.

## **Introducción**

La cirugía mínimamente invasiva (CMI) ha revolucionado la práctica quirúrgica moderna, ofreciendo técnicas que reducen el trauma operatorio, aceleran la recuperación y disminuyen las complicaciones postoperatorias. Este enfoque se basa en el uso de pequeñas incisiones, cámaras de alta resolución y herramientas especializadas que permiten realizar procedimientos complejos con un impacto mínimo en los tejidos circundantes. Desde su introducción, la CMI ha evolucionado significativamente, integrando avances tecnológicos como la cirugía robótica y la realidad aumentada, ampliando su alcance y eficacia (Azar, 2020).

En las diferentes ramas quirúrgicas, la CMI ha demostrado ser una herramienta versátil y efectiva. En ginecología, procedimientos como la histerectomía laparoscópica han reemplazado en gran medida las cirugías abiertas convencionales, mientras que en la urología, la prostatectomía robótica es ahora el estándar de oro para tratar el cáncer de próstata. Del mismo modo, la cirugía torácica asistida por video (VATS) y las técnicas mínimamente invasivas en cirugía cardiovascular han redefinido el tratamiento de enfermedades complejas con menores riesgos y tiempos de recuperación más cortos (Azar, 2020).

Este artículo de revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar los avances más recientes, las aplicaciones específicas y los desafíos asociados a la CMI en diversas especialidades quirúrgicas. Además, se explorará su impacto clínico, económico y social, destacando su papel como una herramienta clave para la medicina del futuro (Azar, 2020).

## **Historia y Antecedentes de la Cirugía Mínimamente Invasiva**

La CMI tiene sus raíces en el desarrollo de técnicas que permitieron reducir la invasividad de los procedimientos quirúrgicos. Sus orígenes pueden trazarse hasta finales del siglo XIX, cuando el cirujano alemán Georg Kelling realizó la primera laparoscopia en animales en 1901.

Posteriormente, en la década de 1910, Hans Christian Jacobaeus aplicó la técnica en humanos, estableciendo las bases para el desarrollo de la laparoscopia como una práctica clínica (Speth, 2023).

El verdadero avance ocurrió en la década de 1980, con la introducción de cámaras de video de alta resolución y herramientas especializadas que facilitaron la realización de procedimientos laparoscópicos. En 1987, Philippe Mouret realizó la primera colecistectomía laparoscópica en Francia, marcando un hito en la historia de la CMI. Este éxito inicial llevó a una rápida adopción de la técnica, expandiéndose a diversas especialidades como la ginecología, la cirugía torácica y la urología (Carlo Biz, 2020).

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han impulsado aún más la evolución de la CMI. La introducción de la cirugía robótica a finales de la década de 1990, liderada por sistemas como el da Vinci Surgical System, permitió una mayor precisión, flexibilidad y control en los procedimientos quirúrgicos. Además, el desarrollo de tecnologías como la realidad aumentada y las herramientas de imagen intraoperatoria ha mejorado la planificación y ejecución quirúrgica. Estos antecedentes han consolidado a la CMI como una alternativa segura y eficaz a las cirugías abiertas tradicionales, revolucionando la atención médica en múltiples disciplinas (Janelle F Rekman, 2019).

### **Innovaciones en Cirugía Mínimamente Invasiva**

La CMI ha experimentado avances tecnológicos significativos en las últimas décadas, transformando la manera en que se realizan los procedimientos quirúrgicos. Entre las principales innovaciones destacan:

1. **Cirugía Robótica:** Los sistemas robóticos, como el da Vinci Surgical System, han revolucionado la precisión y el control en la CMI. Estos dispositivos ofrecen movimientos más exactos, visualización tridimensional ampliada y ergonomía mejorada, permitiendo a los cirujanos realizar procedimientos complejos en espacios anatómicos reducidos con menor riesgo de complicaciones (Martin, 2020).
2. **Realidad Aumentada y Virtual:** La integración de tecnologías de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) en los quirófanos ha mejorado la planificación y la ejecución quirúrgica. Estas herramientas permiten a los cirujanos superponer imágenes de diagnóstico en tiempo real durante la intervención, facilitando una navegación más precisa y segura (Scott C Flynn, 2022).



3. **Cirugía Guiada por Imagen:** Las tecnologías avanzadas de imagen intraoperatoria, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) en tiempo real, han mejorado significativamente la precisión de los procedimientos. Esto es particularmente útil en neurocirugía y cirugía oncológica, donde la exactitud es crucial (James R McWilliam, 2021).

4. **Instrumentos Flexibles y Miniaturizados:** El desarrollo de herramientas quirúrgicas más pequeñas y flexibles ha ampliado las aplicaciones de la CMI. Por ejemplo, endoscopios de alta definición y pinzas miniaturizadas permiten realizar procedimientos en áreas delicadas como el sistema nervioso central o las vías biliares (Marco La Verde, 2022).

5. **Técnicas de Incisión Única y Cirugía a través de Orificios Naturales (NOTES):** Estas técnicas eliminan o reducen las incisiones externas, mejorando los resultados estéticos y minimizando el dolor postoperatorio. En la cirugía NOTES, los procedimientos se realizan a través de orificios naturales del cuerpo, como la boca o el recto, evitando cicatrices visibles (Rebecca Stone, 2021).

6. **Aplicación de Inteligencia Artificial (IA):** La IA ha comenzado a jugar un papel importante en la planificación quirúrgica, el análisis de imágenes y el soporte en tiempo real durante las cirugías. Los algoritmos avanzados ayudan a identificar estructuras críticas, predicen complicaciones y optimizan los resultados quirúrgicos (Ori Barzilai, 2020).

Estas innovaciones no solo han ampliado las aplicaciones de la CMI, sino que también han mejorado los resultados clínicos y la experiencia del paciente, consolidando su papel como una herramienta clave en la medicina del futuro.

### **Aplicación de la Cirugía Mínimamente Invasiva en Diferentes Ramas Quirúrgicas**

La CMI ha revolucionado la práctica quirúrgica en múltiples especialidades médicas, gracias a su capacidad para realizar procedimientos complejos con menor trauma operatorio y una recuperación más rápida. Entre sus principales aplicaciones destacan:

1. **Ginecología:** La CMI ha transformado el manejo de enfermedades ginecológicas, como la endometriosis, los miomas uterinos y los quistes ováricos. Procedimientos como la histerectomía laparoscópica y la salpingectomía han reemplazado en gran medida a las cirugías abiertas, ofreciendo menos complicaciones y tiempos de recuperación más cortos (Gabriel Pokorny, 2022).

2. **Urología:** En esta especialidad, la cirugía robótica ha marcado un antes y un después. La prostatectomía radical asistida por robot se ha convertido en el estándar para el tratamiento del cáncer de próstata, mientras que la nefrectomía laparoscópica es ampliamente utilizada en casos de tumores renales y trasplante renal (Aldo Brassetti, 2023).
3. **Cirugía Digestiva:** La CMI es ampliamente utilizada en procedimientos como la colecistectomía laparoscópica, la reparación de hernias inguinales y la cirugía bariátrica. En el tratamiento del cáncer colorrectal, las resecciones laparoscópicas han demostrado ser igualmente efectivas que las abiertas, pero con menos complicaciones postoperatorias (Hai-Jie Hu, 2019).
4. **Cirugía Cardiovascular:** Las técnicas mínimamente invasivas, como la cirugía cardíaca asistida por video y el reemplazo de válvulas mediante catéter (TAVI), han reducido significativamente la morbilidad asociada a las intervenciones cardiovasculares. Estas técnicas permiten abordar patologías complejas sin necesidad de abrir completamente el tórax (Jonathan M Hemli, 2020).
5. **Cirugía Torácica:** La cirugía torácica asistida por video (VATS) se utiliza para tratar afecciones como el cáncer de pulmón, el neumotórax y las enfermedades esofágicas. Comparada con las técnicas tradicionales, VATS ofrece menos dolor postoperatorio y una recuperación más rápida (Gary Schwartz, 2020).
6. **Neurocirugía:** La CMI se aplica en la extracción de tumores cerebrales y en la cirugía de columna. La endoscopia intracraneal y las técnicas guiadas por imágenes han mejorado la precisión y reducido las complicaciones en intervenciones delicadas.
7. **Cirugía Pediátrica:** En los niños, la CMI ha permitido realizar procedimientos como la reparación de malformaciones congénitas, la apendicectomía y la corrección de reflujo gastroesofágico, con menores riesgos y una rápida recuperación (C Soto Beauregard, 2022).
8. **Cirugía Oncológica:** La resección laparoscópica de tumores ha ganado popularidad en el tratamiento de diversos tipos de cáncer, como el de colon, estómago e hígado, ofreciendo mejores resultados estéticos y menos complicaciones perioperatorias (Cloyd, 2019).

En cada una de estas especialidades, la CMI ha demostrado su capacidad para mejorar los resultados clínicos, reducir el tiempo de hospitalización y optimizar los costos en comparación con

las técnicas tradicionales. Su adopción continúa expandiéndose a medida que se desarrollan nuevas tecnologías y se amplían sus indicaciones quirúrgicas (Víctor López-López, 2023).

### **Beneficios de la Cirugía Mínimamente Invasiva**

1. **Menor trauma quirúrgico:** La cirugía mínimamente invasiva utiliza incisiones más pequeñas, lo que reduce el daño a los tejidos circundantes. Esto conlleva menos dolor postoperatorio y una menor respuesta inflamatoria en comparación con las técnicas quirúrgicas tradicionales, que requieren incisiones grandes (Mohamed A Hakim, 2019).
2. **Recuperación más rápida:** Los pacientes sometidos a cirugía mínimamente invasiva experimentan una recuperación más rápida, con menor estancia hospitalaria. Esto se debe a la reducción del trauma, el menor dolor y la rápida cicatrización de las pequeñas incisiones, lo que permite a los pacientes regresar a sus actividades cotidianas más pronto (Yuehan Wang, 2020).
3. **Menor riesgo de complicaciones:** Las tasas de infección, hemorragias y formación de adherencias son significativamente más bajas en procedimientos mínimamente invasivos en comparación con la cirugía abierta. Esto también reduce el riesgo de complicaciones a largo plazo, como hernias incisionales y problemas estéticos relacionados con cicatrices (Maria Grazia Raucci, 2020).
4. **Mejor precisión quirúrgica:** Las tecnologías como la cirugía robótica, la laparoscopia y la realidad aumentada permiten a los cirujanos realizar procedimientos con una mayor precisión. Esto es especialmente valioso en áreas complejas, como la cirugía cardiovascular, la neurocirugía y la cirugía oncológica, donde los márgenes de error deben ser mínimos (Hussein M Hariri, 2024).
5. **Menos costos a largo plazo:** Aunque el costo inicial de los equipos puede ser elevado, la cirugía mínimamente invasiva generalmente conlleva menores costos hospitalarios debido a la reducción en el tiempo de hospitalización, el menor uso de medicación para el dolor y la disminución de las complicaciones postoperatorias. Esto resulta en un ahorro global para los sistemas de salud (Saurabh Gupta, 2024).
6. **Mejores resultados estéticos:** Las incisiones más pequeñas y menos invasivas reducen las cicatrices visibles, lo que mejora los resultados estéticos y aumenta la satisfacción del paciente, especialmente en procedimientos estéticos y reconstructivos (Dezzani, 2023).



7. **Accesibilidad en pacientes con comorbilidades:** Dado que la cirugía mínimamente invasiva conlleva menos estrés para el cuerpo, los pacientes con comorbilidades (como enfermedades cardíacas o diabetes) pueden someterse a procedimientos con menor riesgo de complicaciones, lo que amplía las opciones quirúrgicas para pacientes de alto riesgo (Settmacher, 2023).

Los beneficios de la cirugía mínimamente invasiva hacen de esta una opción preferida en muchas disciplinas médicas, mejorando la experiencia del paciente y los resultados a largo plazo.

### **Morbilidad y Mortalidad en la Cirugía Mínimamente Invasiva**

La cirugía mínimamente invasiva ha demostrado ser una alternativa más segura en comparación con la cirugía abierta, reduciendo significativamente la morbilidad y, en muchos casos, la mortalidad asociada a los procedimientos quirúrgicos. Sin embargo, estos beneficios dependen del tipo de cirugía, la experiencia del equipo quirúrgico y la selección adecuada de los pacientes (Marco Ceresoli, 2020).

#### **Reducción de la Morbilidad**

1. **Menor trauma operatorio:** Al utilizar incisiones pequeñas, la CMI minimiza el daño a los tejidos circundantes, lo que reduce el dolor postoperatorio, la inflamación y el riesgo de infecciones quirúrgicas (Zheng, 2021).
2. **Menos complicaciones postoperatorias:** Los pacientes sometidos a CMI presentan tasas más bajas de complicaciones como hernias incisionales, adherencias y hemorragias, en comparación con las técnicas abiertas (Kartik, 2024).
3. **Recuperación acelerada:** La reducción del trauma permite una recuperación más rápida, con menor estancia hospitalaria y un retorno más temprano a las actividades diarias (Gabriel Pokorny, 2022).

#### **Impacto en la Mortalidad**

En procedimientos complejos, como la cirugía oncológica, torácica o cardiovascular, la CMI ha mostrado beneficios significativos en la reducción de la mortalidad perioperatoria. Por ejemplo:

- En cirugías cardíacas como el reemplazo de válvulas mediante catéter (TAVI), la mortalidad intraoperatoria es menor debido a la naturaleza menos invasiva del procedimiento (Cloyd, 2019).

- En la resección laparoscópica de tumores gastrointestinales, la mortalidad se ha mantenido comparable o incluso inferior a la de las cirugías abiertas, con ventajas adicionales en términos de calidad de vida postoperatoria (Christina L Costantino, 2019).

### **Factores de Riesgo y Limitaciones**

A pesar de sus ventajas, la CMI puede presentar riesgos asociados a la curva de aprendizaje del cirujano, la duración del procedimiento en etapas iniciales y las complicaciones específicas de la técnica, como lesiones inadvertidas de órganos vecinos. Además, en pacientes con comorbilidades severas o enfermedades avanzadas, la cirugía abierta puede ser más apropiada (Yoshihiro Miyasaka, 2021).

En general, la CMI ha demostrado disminuir tanto la morbilidad como la mortalidad en una amplia variedad de procedimientos quirúrgicos, consolidándose como una opción preferida en muchos escenarios clínicos. Sin embargo, su éxito depende de una adecuada selección de pacientes y de la experiencia del equipo médico (Ramón Díaz Jara, 2020).

### **Futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva**

La CMI está en constante evolución, impulsada por avances tecnológicos, la demanda de procedimientos más seguros y el enfoque en mejorar la experiencia del paciente. En el futuro, se espera que la CMI amplíe su alcance, integre tecnologías emergentes y redefina los estándares de la práctica quirúrgica en diversas especialidades.

#### **1. Innovaciones Tecnológicas**

- **Cirugía robótica avanzada:** Se desarrollarán sistemas robóticos más compactos, accesibles y autónomos, con capacidades mejoradas de inteligencia artificial (IA) para asistir a los cirujanos en la planificación y ejecución de procedimientos (C Soto Beauregard, 2022).
- **Nanotecnología:** Se espera el uso de herramientas quirúrgicas miniaturizadas y nanorobots para intervenciones extremadamente precisas, como en el tratamiento de tumores o enfermedades vasculares (C Soto Beauregard, 2022).
- **Realidad aumentada (RA) y virtual (RV):** Estas tecnologías serán más integradas en los quirófanos, proporcionando guías visuales en tiempo real y simulaciones preoperatorias para mejorar la precisión quirúrgica (Gary Schwartz, 2020).

#### **2. Personalización y Cirugía Guiada por Datos**

La medicina personalizada será una parte central de la CMI, con enfoques basados en el perfil genético, características anatómicas específicas y predicciones de riesgos individualizados. Además, el análisis de grandes datos y algoritmos de aprendizaje automático permitirá optimizar los procedimientos y prever complicaciones.

### **3. Nuevas Técnicas y Procedimientos**

- **Cirugía sin incisiones externas:** Se expandirá el uso de técnicas como NOTES (cirugía a través de orificios naturales), eliminando cicatrices visibles y reduciendo el trauma operatorio (Azar, 2020).
- **Biología regenerativa y cirugía:** La combinación de la CMI con terapias regenerativas, como injertos celulares o impresión 3D de tejidos, permitirá reconstrucciones más precisas y efectivas (Gary Schwartz, 2020).

### **4. Expansión a Regiones y Entornos con Recursos Limitados**

Con la disminución de los costos de las tecnologías actuales y el desarrollo de equipos más accesibles, se espera que la CMI llegue a entornos con recursos limitados. Esto democratizará el acceso a procedimientos avanzados, reduciendo desigualdades en la atención quirúrgica (Gabriel Pokorny, 2022).

### **5. Automatización y Cirugía Remota**

La automatización parcial o total de ciertos procedimientos será una realidad, permitiendo que cirugías complejas sean realizadas con mínima intervención humana. Además, la cirugía remota, impulsada por avances en conectividad, permitirá que especialistas realicen procedimientos en tiempo real a pacientes ubicados en cualquier parte del mundo (Víctor López-López, 2023).

## **Conclusión**

La cirugía mínimamente invasiva (CMI) ha demostrado ser un avance significativo en el ámbito quirúrgico, ofreciendo beneficios clave como una menor morbilidad, tiempos de recuperación más rápidos y una reducción de las complicaciones postoperatorias. Su adopción ha sido exitosa en una amplia variedad de especialidades médicas, desde la ginecología hasta la cirugía cardiovascular, mejorando los resultados clínicos y optimizando los recursos de los sistemas de salud. A medida que las tecnologías continúan avanzando, la CMI se ha consolidado como una herramienta esencial en la práctica quirúrgica moderna.

El futuro de la cirugía mínimamente invasiva se perfila aún más prometedor, con innovaciones tecnológicas como la cirugía robótica avanzada, la realidad aumentada y la nanotecnología, que permitirán procedimientos aún más precisos y seguros. Además, la personalización de los tratamientos, la expansión de la CMI a regiones con recursos limitados y la automatización de ciertos procedimientos ofrecen un horizonte en el que la cirugía será más accesible, eficiente y adaptada a las necesidades individuales de los pacientes. Sin duda, la CMI seguirá transformando la medicina, marcando un camino hacia una cirugía más precisa, menos invasiva y con mejores resultados para la salud global.

## Referencias

1. Aldo Brassetti, A. R. (2023). Robotic Surgery in Urology: History from PROBOT® to HUGOTM. *Sensors (Basel)*, 1217-1218.
2. Azar, F. M. (2020). Minimally Invasive Surgery: Is Less More? . *Orthop Clin North Am*, xiii-xiv.
3. C Soto Beauregard, J. R. (2022). Implementing a pediatric robotic surgery program: future perspectives . *Cir Pediatr*, 187-195.
4. Carlo Biz, P. R. (2020). Minimally Invasive Surgery: Osteotomies for Diabetic Foot Disease . *Foot Ankle Clin*, 441-460.
5. Christina L Costantino, J. T. (2019). Minimally Invasive Gastric Cancer Surgery . *Surg Oncol Clin N Am*, 201-213.
6. Cloyd, J. M. (2019). Minimally Invasive Surgery for Palliation. *Surg Oncol Clin N Am*, 79-88.
7. Dezzani, E. O. (2023). Minimally invasive surgery: an overview. *Minerva Surg*, 616-625.
8. Gabriel Pokorny, R. A. (2022). Minimally invasive versus open surgery for degenerative lumbar pathologies:a systematic review and meta-analysis . *Eur Spine J*, 502-2526.
9. Gary Schwartz, M. S. (2020). Robotic Thoracic Surgery. *Surg Clin North Am*, 237-248.
10. Hai-Jie Hu, Z.-R. W.-W. (2019). Minimally invasive surgery for hilar cholangiocarcinoma: state of art and future perspectives . *ANZ J Surg*, 476-480. .
11. Hussein M Hariri, S. B. (2024). Minimally Invasive Pancreas Surgery: Is There a Benefit? *Surg Clin North Am*, 1083-1093.

12. James R McWilliam, O. N. (2021). Minimally Invasive Surgery . Foot Ankle Spec, 153-157.
13. Janelle F Rekman, A. A. (2019). Training for Minimally Invasive Cancer Surgery. Surg Oncol Clin N Am, 11-30.
14. Jonathan M Hemli, N. C. (2020). Robotic Cardiac Surgery. Surg Clin North Am, 219-236.
15. Kartik, A. (2024). Two Decades of Minimally Invasive Surgery in Solid Organ Transplantation . Exp Clin Transplant, 44-55.
16. Marco Ceresoli, M. P.-Z. (2020). Minimally invasive surgery in emergency surgery: a WSES survey. World J Emerg Surg, 18;17(1):18.
17. Marco La Verde, G. R. (2022). Ultra-minimally invasive surgery in gynecological patients: a review of the literature . Updates Surg, 843-855.
18. Maria Grazia Raucci, U. D. (2020). Injectable Functional Biomaterials for Minimally Invasive Surgery . Adv Healthc Mater, 345-367.
19. Martin, R. F. (2020). Robotic Surgery . Surg Clin North Am, 267-290.
20. Mohamed A Hakim, J. P. (2019). Minimally Invasive Endoscopic Oral and Maxillofacial Surgery. Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 561-567.
21. Ori Barzilai, A. M. (2020). Minimally Invasive Surgery Strategies: Changing the Treatment of Spine Tumors . euroSurg Clin N Am, 201-209.
22. Ramón Díaz Jara, A. D. (2020). Complications of Robotic Surgery . Surg Clin North Am, 461-468.
23. Rebecca Stone, E. C. (2021). Enhanced Recovery and Surgical Optimization Protocol for Minimally Invasive Gynecologic Surgery: An AAGL White Paper. J Minim Invasive Gynecol, 179-203.
24. Saurabh Gupta, C. M. (2024). Minimally Invasive Surgery for Congenital Heart Disease . Ann Thorac Surg, 953-962.
25. Scott C Flynn, I. M. (2022). Minimally Invasive Surgery for Spinal Metastasis: A Review . World Neurosurg, 159:e32-e39. .
26. Settmacher, U. (2023). Anastomosis techniques in minimally invasive surgery. Chirurgie (Heidelb), 757-758. .
27. Speth, J. (2023). Guidelines in Practice: Minimally Invasive Surgery. AORN J, 250-257.



28. Víctor López-López, M. Á.-S.-M. (2023). Minimally invasive surgery and liver transplantation: is it a safe, feasible, and effective approach? . *Updates Surg*, 807-816.
29. Yoshihiro Miyasaka, T. O. (2021). Minimally invasive surgery for pancreatic cancer . *Surg Today*, 194-203.
30. Yuehan Wang, S. Z. (2020). Minimally invasive surgery for uterine fibroids . *Ginekol Pol*, 149-157.
31. Zheng, M.-H. (2021). Minimally invasive gastrointestinal surgery in China: Past, present, and future. *J Surg Oncol*, 1:S5-S7. .

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).