

## Innovación en cirugía esofagogástrica: una herramienta que aporta valor a la técnica quirúrgica

### *Innovation in esophagogastric surgery: a tool that adds value to the surgical technique*

Eduardo FERRERO HERRERO\*

\* Servicio de Cirugía General,  
Aparato Digestivo y Trasplante de  
Órganos Abdominales,  
Hospital Universitario 12 de Octubre,  
Madrid.  
[eduardo.ferrero@salud.madrid.org](mailto:eduardo.ferrero@salud.madrid.org)

#### Autor de correspondencia:

Eduardo Ferrero Herrero  
ORCID [0000-0002-1735-5727](https://orcid.org/0000-0002-1735-5727)  
Editor Jefe ADC  
Jefe de Servicio Cirugía General,  
Aparato Digestivo  
y Trasplante de Órganos Abdominales.  
Hospital Universitario 12 de Octubre.  
E-mail: [eduardo.ferrero@salud.madrid.org](mailto:eduardo.ferrero@salud.madrid.org)

Recibido: 08-09-2025  
Revisado: 10-09-2025  
Aceptado: 12-09-2025  
Published: 28-11-2025

#### Descargo de responsabilidad/ Nota del editor:

*Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones pertenecen exclusivamente a los autores y colaboradores individuales y no a Dykinson S.L. ni a los editores. Dykinson S.L. y/o el(los) editor(es) declinan toda responsabilidad por cualquier daño a personas o propiedad que resulte de cualquier idea, método, instrucción o producto mencionado en el contenido.*

*Este artículo, se distribuye bajo licencia Creative Commons Interaccional 4.0 No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND 4.0)*

© 2024. Los autores. Publicado por Archivos de Cirugía

Los incuestionables avances tecnológicos desarrollados en estos últimos años, hacen necesario avanzar hacia un mayor reconocimiento social de la innovación que garantice y aporte más valor a lo que rutinariamente hacemos los cirujanos en quirófano. Esta situación es cada vez más fundamental y necesaria para conseguir el aporte económico que garantice la sostenibilidad de la innovación y de las nuevas herramientas tecnológicas disponibles a nuestro alcance.

Porque a la pregunta de si ¿Es cierto que la cirugía necesita el aporte de una innovación continua y mantenida a pesar de los costes elevados que esto requiere?, nuestra respuesta debe ser afirmativa pero los cirujanos debemos formular preguntas adecuadas para evitar una segmentación artificial y equívoca entre cirujanos que tienen expectativas y caminos de investigación afines.

Los cirujanos debemos posicionarnos en un territorio de reconocimiento que nos una en nuestros intereses comunes, para validar y facilitar una cirugía más eficiente y segura a nuestros pacientes. Así, los cirujanos debemos colaborar en este espacio de legalización de la innovación que nos asegure una mejor realización de nuestros procedimientos para mejorar los tratamientos que ofrecemos, siendo conscientes de que además de la cirugía existen otros complejos espacios que se desarrollan girando alrededor de la misma.

Actualmente y por razones fundamentalmente económicas, es una entelequia que la innovación se extienda de forma global a todos los ambientes quirúrgicos ya que además no es factible al añadirse motivos distributivos y poblacionales. Pero, no cabe duda de que la difusión y transferencia de la innovación es cada vez más necesaria y aporta valor gracias a la expansión de las redes sociales y la utilización de metodologías que facilita la inteligencia artificial aplicada a la cirugía.



La innovación es muy costosa, sobre todo a corto-medio plazo, pero sus beneficios se materializan a largo plazo aunque sean menos perceptibles y difíciles de apreciar. Aunque el coste de acceso a las nuevas innovaciones no debería ser desproporcionado, esta situación no es la realidad en la actualidad.

La innovación establece una inercia en el desarrollo de la técnica quirúrgica que mejora notablemente los estándares de calidad ofrecida al paciente de forma unidireccional y dirigida a conseguir una disminución de las complicaciones quirúrgicas y los efectos adversos que se producen.

Los avances que veremos en el futuro de la mano de la IA, harán que se solucione la actual falta de sutileza atribuida a la IA y que contribuya a disminuir su precisión y fluidez; aunque estos dos últimos conceptos -precisión y fluidez- ya son posibles adaptarlos a las nuevas generaciones de inteligencia artificial, lo que está constituyendo una nueva revolución de la misma.

Con estos avances se consigue, en el campo de la cirugía esofagogástrica, un espacio más abierto al conjunto de sus cirujanos, facilitando la difusión de la cirugía y haciéndola más accesible a un número mayor de cirujanos que así pueden realizar mejor la técnica quirúrgica, de una forma más eficiente y segura.

Nunca como hasta ahora la apropiación de la técnica individual de cada cirujano se ha podido universalizar tanto ampliándola a un número cada vez más amplio de cirujanos, gracias precisamente a las nuevas tecnologías de la información y de la inteligencia artificial. Es lo que coloquialmente se denomina “democratizar la cirugía”.

Cuanto más innovador sea el proyecto que ofrecemos mayor será el impacto que se produzca en la visualización de la tecnología empleada. De esta forma, se nos facilita que la transferencia entre cirujanos de la técnica quirúrgica utilizada sea más rápida y más docente que la habitualmente realizada.

Pero, el control de la tecnología para su uso apropiado dependerá siempre del cirujano y los beneficios que de ello se produzcan no podrán vehicularse en base únicamente al empleo de dicha tecnología.

La inteligencia artificial puede conseguir un alineamiento/uniformidad de la técnica empleada, lo que puede conducir a una disminución de la capacidad intuitiva del cirujano, al no permitir un razonamiento consciente de diferentes actuaciones o situaciones quirúrgicas.

## Innovación en la cirugía del cáncer esofagogástrico.

La innovación en la cirugía del cáncer esofagogástrico ha avanzado significativamente en las últimas décadas, estando centrada en objetivos muy concretos y dirigidos a mejorar la supervivencia, reducir complicaciones y acelerar la recuperación de los pacientes. Las innovaciones más destacadas en estos aspectos pueden resumirse en las siguientes:

1. Los avances producidos por la incorporación de la **cirugía mínimamente invasiva**, realizada por:

- a) Técnicas laparoscópicas y toracoscópicas que nos facilitan el mejor abordaje a través de incisiones más reducidas con el consiguiente mejor postoperatorio al reducir el dolor y las infecciones con una menor estancia hospitalaria y una mejor recuperación.

La esofagectomía mínimamente invasiva se ha convertido en estándar mundial, disminuyendo la morbilidad comparada con la cirugía abierta y la cirugía robótica en esofagectomía se consolida como una técnica avanzada quedando todavía en investigación su evaluación para impacto en la supervivencia<sup>1,2,3</sup>.

- b) La **cirugía robótica**, que aumenta la visualización del campo quirúrgico con imágenes 3D y nos facilita la disección ganglionar y produce una disminución de las complicaciones respiratorias y de la hemorragia, que se complementa con los avances conseguidos en energía y sellado de tejidos mediante la introducción de dispositivos de sellado tripolar y energía híbrida que facilitan y mejoran la precisión en la disec-

ción y control de sangrado, optimizando la seguridad intraoperatoria<sup>2</sup>.

En 2024 se reportó la primera gastrectomía distal radical remota asistida por robot y habilitada por tecnología 5G, realizada en China. Este avance permite realizar cirugías complejas a distancia, facilitando el acceso en zonas remotas y desatendidas, con resultados satisfactorios en términos de seguridad y eficacia.

La tecnología 5G minimiza los retrasos intraoperatorios y la pérdida de datos, sentando las bases para el futuro de la telecirugía en oncología gástrica.

No se observan diferencias significativas en la cantidad de ganglios linfáticos extraídos ni en la estancia hospitalaria respecto a la laparoscopia, pero sí una tendencia a menor dolor postoperatorio y una recuperación más rápida.

2. Empleando la **inteligencia artificial (IA)** y el **análisis predictivo** se logra hacer un reconocimiento anatómico en tiempo real mediante “deep learning” aplicado en cirugías robóticas que nos permite segmentar estructuras clave, asistiendo al cirujano en tiempo real. Empleando redes de IA profunda podemos hacer una predicción pronóstica para mejorar la estimación de recidiva y la supervivencia postoperatoria en comparación con modelos estadísticos tradicionales. La IA permitirá tomar decisiones con la utilización de algoritmos que predicen riesgos quirúrgicos y ayudan a seleccionar el mejor tratamiento (quirúrgico vs. no quirúrgico) y una mejor personalización y planificación preoperatoria y del tratamiento elegido. El reto actual para aumentar esta personalización de los tratamientos es la integración de la IA con los datos moleculares individuales de cada paciente en las decisiones terapéuticas.

Mediante **IA aplicada** se conciben modelos de reconocimiento automático de fases quirúrgicas (Por ej. durante la gastrectomía laparoscópica) que alcanzan más del 90 % de precisión y pueden ser muy valorados y útiles para la docencia.

Esto significa que el sistema puede identificar en tiempo casi real en qué fase del procedimiento se encuentra, con alta fiabilidad; este enfoque permite no solo detectar fases, sino también evaluar el rendimiento del cirujano y su curva de apren-

dizaje; también podrían servir como plataforma no invasiva para enseñanza, vigilancia y apoyo intraoperatorio.

La investigación actual en este campo se centra en el **análisis masivo de vídeos** para optimizar técnicas quirúrgicas. Mediante el empleo de redes visuales avanzadas se pretende igualar o superar los resultados obtenidos en gastrectomías específicas. El panorama actualizado sobre plataformas avanzadas de realidad aumentada (RA) se está empleando en cirugía intraoperatoria para cáncer gástrico y otros tumores abdominales.

En cirugía abdominal se empiezan a utilizar prototipos que combinan escáneres de imagen (CT, PET, MRI) y rastreo en tiempo real para proyectar directamente sobre el campo quirúrgico estructuras ocultas (tumor, vasos, márgenes). En modelos preclínicos obtienen precisión de <1 mm, con la ventaja de hacer la proyección sin gafas, controlada e ideal para precisión en resección gástrica.

3. Para la enfermedad precoz se están expandiendo y desarrollando numerosas **técnicas endoscópicas de disección submucosa** para el cáncer incipiente que permiten su resección en bloque de grosor completo con escasas complicaciones añadidas.

Proyectos como ESD CYCLOPS implementan brazos robóticos bimanuales acoplables a endoscopios flexibles para técnicas avanzadas de disección submucosa (ESD), con precisión submilimétrica.

Es importante mencionar que las técnicas endoscópicas combinadas con quimio-radioterapia neoadyuvante mejoran la reseabilidad tumoral y la supervivencia general.

Para la enfermedad avanzada el empleo de la **fotodinámica** y de las terapias adyuvantes con el empleo de nuevos **fotosensibilizadores y nanopartículas** en combinación con la **inmunoterapia** mejoraran el tratamiento y la eficacia en tumores avanzados, aumentando el espectro de su utilización y no sólo como como terapia paliativa y complementaria gracias a las investigaciones para superar limitaciones de penetración lumínica .



4. En referencia a la mejora en las *técnicas de imagen intraoperatoria* destacar la **fluorescencia con verde de indocianina (ICG)**, que nos permite valorar la perfusión arterial y así mejorar nuestras técnicas anastomóticas intestinales para poder disminuir la dehiscencia de las suturas. En caso de detectarse perfusión inadecuada, en pacientes que habían sido bien evaluados visualmente, nos permite hacer reajustes intraoperatorios con efectividad patente en la reducción de fugas anastomóticas. Además, permite realizar un mapeo linfático en tiempo real, optimizando la seguridad del procedimiento<sup>4,5,6</sup>.

La utilización de verde de indocianina (ICG) en cirugía esofagogástrica mejora la visualización y detección de ganglios linfáticos afectados, optimizando la linfadenectomía y la precisión quirúrgica. Esta técnica ya está incorporada en la práctica clínica en algunos centros avanzados<sup>7,8,9</sup>.

Se comienza a emplear **sistemas híbridos de fluorescencia con realidad aumentada (RA)** que se integran para resaltar márgenes, ganglios metastásicos o perfusión de bordes intestinales en tiempo real, con el objetivo de proporcionar con ambas proyecciones (RA/señal fluorescente) un mapeo preciso del tumor y su drenaje linfático.

La progresiva introducción de las **imágenes hiperespectrales /multiespectrales (HSI/MSI)** permitirán captar imágenes diferentes e invisibles al ojo humano, que nos ayudarán a distinguir tejido tumoral del tejido sano y evaluar su perfusión sin contraste.

5. Por otra parte, la **navegación quirúrgica guiada por imagen** también nos permite visualizar la topografía de los tumores en el campo quirúrgico y las referencias anatómicas por las que el cirujano debe guiarse de una manera más segura.

Se están empezando a utilizar **sistemas de navegación 3D** específica en gastrectomía robótica, con modelos personalizados del paciente que utilizan marcadores predefinidos en puntos críticos vasculares del estómago, permitiendo una imagen virtual superpuesta in situ sobre visión endoscópica con una planificación virtual 3D y visualización de diferentes “áreas clave anatómicas” gástricas que permiten obtener una guía visual precisa para disección vascular.

Existen plataformas como Apple Vision Pro – empleo de gafas AR/MR (HMDs) — Vision Pro, HoloLens...) que ya se prueban en cirugía mínimamente invasiva para mostrar imágenes preoperatorias y laparoscópicas de forma simultánea que permiten integrar visión laparoscópica 3D, perfusión y abordaje robótico sin cambiar la postura del cirujano.

6. Empleando **realidad aumentada (RA) y navegación quirúrgica** con la **utilización de modelos 3D de CT/MRI**, que se superponen durante la cirugía, para la localización de estructuras anatómicas críticas y así minimizar los errores. Se han empleado casos que combinan Apple Vision Pro con robot da Vinci para visión mixta, ofreciendo mejor orientación espacial y marcación de márgenes tumorales. Plataformas de realidad aumentada y reconstrucción 3D, como LAIA XR, permiten visualizar con precisión la anatomía del paciente y planificar intervenciones complejas para reducir el riesgo de errores.

Se investiga en sistemas markerless RA que pueden alertar al cirujano sobre proximidad a vasos importantes, reduciendo riesgos de sangrado.

La utilización de imágenes de alta resolución y navegación quirúrgica asistida por inteligencia artificial, además de facilitar la identificación temprana de posibles complicaciones nos permite también adaptar el procedimiento quirúrgico en tiempo real.

7. Por otra parte, las tendencias actuales en la fase perioperatoria, selección de pacientes y esquemas terapéuticos mediante **estrategias multimodales** para optimizar la recuperación postoperatoria (Protocolos ERAS), que incluyen el control del dolor sin opioides, la nutrición temprana, movilización precoz, etc. están mejorando satisfactoriamente la recuperación de los pacientes.

Ya existen modelos de IA que pueden predecir el riesgo postoperatorio usando datos morfométricos y clínicos; esto mejorará la selección de pacientes para la realización de programaciones quirúrgicas más personalizadas.

El perfeccionamiento de los sistemas de imagen ha facilitado también la posibilidad de realizar un **seguimiento postoperatorio remoto** con

el empleo de técnicas de monitorización mediante dispositivos portátiles y otras aplicaciones móviles que nos permiten detectar signos precoces de efectos adversos y complicaciones como la dehiscencia anastomótica y los consiguientes signos de la infección.

Esta optimización perioperatoria, que se consigue con el seguimiento digital del paciente, nos está permitiendo implementar aplicaciones para el seguimiento domiciliario tras la cirugía, contribuyendo a una recuperación más segura y eficiente.

## Conclusiones

Las innovaciones han transformado la estrategia quirúrgica, permitiendo procedimientos menos invasivos, con menos dolor, menor estancia hospitalaria y recuperación más rápida, sin comprometer la seguridad ni la radicalidad oncológica.

La cirugía del cáncer esofagogástrico avanza hacia enfoques menos invasivos, más precisos, seguros y personalizados, La robótica consolida su papel ya que mejora claramente la accesibilidad. La RA e ICG refinan la visualización y la IA brinda apoyo técnico, operativo y predictivo Las técnicas endoscópicas y terapias complementarias aportan alternativas menos agresivas.

La integración de estas tecnologías conllevará una disminución de las complicaciones, resecciones más radicales y completas y una recuperación más rápida y menos invasiva.

La eficacia de estas innovaciones requieren estudios clínicos robustos, formación especializada,

y un enfoque centrado en el paciente, integrando biología tumoral, IA y protocolos avanzados para optimizar los resultados oncológicos y funcionales, avalados por seguimientos a largo plazo y estudios controlados; se precisan complejas y costosas curvas de aprendizaje que requieren entrenamiento especializado por su complejidad técnica. Es difícil la accesibilidad global a toda esta nueva innovación, lo que conllevará a una distribución desigual de las tecnologías disponibles que limitará su aplicación y conducirá a la inequidad entre los distintos sistemas sanitarios mundiales.

Las innovaciones en cirugía del cáncer de esófago mejoran significativamente la seguridad, recuperación y potencialmente la supervivencia. La cirugía mínimamente invasiva, especialmente RAMIE, se perfila como la vía futura. La ICG aporta valor clínico y personalizado. Para consolidar estos avances, se requieren estudios multicéntricos aleatorizados, estandarización de técnicas cuantitativas, formación especializada y una integración efectiva de IA en la toma de decisiones quirúrgicas.

En resumen, la cirugía robótica, la cirugía remota habilitada por 5G y la fluorescencia con ICG representan las principales innovaciones actuales en la cirugía del cáncer esofagogástrico, mejorando la precisión, la seguridad y el acceso a tratamientos avanzados.

Estas innovaciones adaptadas de manera multidisciplinaria, que integran los avances tecnológicos y científicos, consiguen sin duda procedimientos más seguros, personalizados y efectivos en cirugía esofagogástrica y constituyen una herramienta muy útil para el cirujano en su trabajo diario.

Eduardo FERRERO HERRERO

Editor Jefe AdC  
Jefe de Servicio Cirugía General, Aparato Digestivo  
y Trasplante de Órganos Abdominales.  
Hospital Universitario 12 de Octubre



1. Straatman, Jennifer, van der Wielen, Nicole, Cuesta, Miguel A., Daams, Freek, Roig Garcia, Josep, Bonavina, Luigi, Rosman, Camiel, van Berge Henegouwen, Mark I., Gisbertz, Suzanne S., van der Peet, Donald L. Minimally Invasive Versus Open Esophageal Resection Three-year Follow-up of the Previously Reported Randomized Controlled Trial the TIME Trial. *Annals of Surgery* 266(2):p232-236, 2017. | DOI: [10.1097/SLA.0000000000002171](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002171)
2. Chang Hyun Kang , Tae Young Yun , Ji Hyeon Park , Bubse Na , Kwon Joong Na , Samina Park , Hyun Joo Lee , In Kyu Park , Young Tae Kim. Long-term survival analysis of robotic esophagectomy for esophageal cancer Free *Diseases of the Esophagus*, Volume 37, Issue 11, November 2024, doae054, <https://doi.org/10.1093/dote/doae054>
3. Y Morimoto, S Matsuda, Y Hirata, Y Hoshi, M Takeuch, H Kawakubo, Y Kitagawa. Development in Esophagectomy for Esophageal Cancer: The Current Standing Point of Robotic Surgery. *Cancers* 2025, 17(11), 1878; <https://doi.org/10.3390/cancers17111878>
4. Andrea Sozzi, Davide Bona, Marcus Yeow, Tamer A. A. M. Habeeb, Gianluca Bonitta, Michele Manara, Giuseppe Sangiorgio, Antonio Biondi , Luigi Bonavina and Alberto Aiolfi. Does Indocyanine Green Utilization during Esophagectomy Prevent Anastomotic Leaks? Systematic Review and Meta-Analysis J. Clin. Med. 2024, 13, 4899. <https://doi.org/10.3390/jcm13164899> <https://www.mdpi.com/journal/jcm>
5. Nusrath, Syed; Kalluru, Prasanthi; Shukla, Srijan; Dharanikota, Anvesh; Basude, Madhunarayana; Jonnada, Pawan; Abualjadayel, Muayyad; Alabbad, Saleh; Mir, Tanveer Ahmad; Broering, Dieter C.; Raju, KVVN; Rao, Thammineedi Subramanyeshwar; Vashist, Yogesh Kumar. Current status of indocyanine green fluorescent angiography in assessing perfusion of gastric conduit and oesophago-gastric anastomosis. *International Journal of Surgery* 110(2):p 1079-1089, 2024. | DOI: [10.1097/JS9.0000000000000913](https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000000913)
6. Mohamed H. Khalaf, Husham Abdelrahman, Ayman El-Menyar, Ibrahim Afifi, Ahmad Kloub, Ammar Al-Hassani, Sandro Rizoli and Hassan Al-Thani. Utility of indocyanine green fluorescent dye in emergency general surgery: a review of the contemporary literatura. *Front. Surg.* 11:1345831. doi: [10.3389/fsurg.2024.1345831](https://doi.org/10.3389/fsurg.2024.1345831)
7. J. J. Joosten, M. D. Slooter, R. M. van den Elzen, P. R. Bloemen, S. S. Gisbertz, W. J. Eshuis, F. Daams, D. M. de Bruin, M. I. van Berge Henegouwen. Perfusion assessment by fuorescence time curves in esophagectomy with gastric conduit reconstruction: a prospective clinical study. *Surgical Endoscopy* (2023) 37:6343–6352 <https://doi.org/10.1007/s00464-023-10107-9>
8. Mahmoodzadeh H, Farahzadi A, Omranipour R, Harirchi I, Shirkhoda M, Jalayeefer AM and Miri R. Intraoperative Evaluation of the Gastric Conduit Perfusion with Indocyanine Green Fluorescein Imaging and Correlation with Anastomotic Leakage after Esophagectomy. *World J Surg Surgical Res.* 2023; 6: 1472.
9. Chun Zhuang, Han-Kwang Yang. Fluorescence Guided Surgery in Gastric Cancer: What Do We Have and What Can We Do? *Annals of Gastroenterological Surgery*, 2025; 0:1–7. <https://doi.org/10.1002/ags3.70053>