

Applications of indocyanine green fluorescence in colorectal surgery anastomoses: a literature review.

Aplicaciones de la fluorescencia con verde de indocianina en anastomosis de cirugía colorrectal: una revisión bibliográfica.

Autores:

Ordoñez-Hidalgo, Emily Ximena
Universidad Católica de Cuenca
Egresado de Medicina
Cuenca-Ecuador



exordonezh86@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0008-5237-3489>

Verdugo-Tapia, Juan Carlos
Universidad Católica de Cuenca
Dr. En Cirugía
Cuenca -Ecuador



juan.verdugot@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

Citación/como citar este artículo: Ordoñez-Hidalgo, Emily Ximena., y Verdugo-Tapia, Juan Carlos. (2023). Aplicaciones de la fluorescencia con verde de indocianina en anastomosis de cirugía colorrectal: una revisión bibliográfica. MQRInvestigar, 7(3), 2997-3027.

<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2997-3027>

Fechas de recepción: 29-JUL-2023 aceptación: 29-AGO-2023 publicación: 15-SEP-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigiar.com/>



Resumen

Introducción: Durante una cirugía intestinal uno de los desafíos más importantes es mantener la vitalidad intestinal determinando su viabilidad para evitar complicaciones como resección intestinal (1). La fuga anastomótica (LA) sigue siendo la complicación más temida, con una frecuencia de hasta el 30% en centros de no gran volumen (2). La angiografía con fluorescencia ICG podría ser un método objetivo y no invasivo para evaluar la viabilidad intestinal y determinar correctamente la extensión de la isquemia (3). **Objetivo general:** Analizar la eficacia de la aplicación de la fluorescencia verde de indocianina en la cirugía de colon y recto mediante una revisión bibliográfica. **Metodología:** Revisión bibliográfica tipo narrativa en estudios, metaanálisis, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos controlados, estudios de cohortes, revisiones bibliográficas que reporten el papel de la fluorescencia verde de indocianina en la cirugía colorrectal desde 2018 a 2023, en los idiomas inglés y español. **Resultados esperados:** Se espera eficaz la aplicación de la fluorescencia verde de indocianina en la cirugía de colon y recto.

Palabras clave: Inmunofluorescencia, verde de indocianina, cirugía colorrectal robótica, ICG, Cirugía laparoscópica.

Abstract

Introduction: During intestinal surgery, one of the most significant challenges is ensuring intestinal vitality by determining its viability to prevent complications such as intestinal resection (1). Anastomotic leakage (LA) remains the most dreaded complication, with a frequency of up to 30% in non-high-volume centers (2). ICG (indocyanine green) fluorescence angiography might be an objective and non-invasive method to assess intestinal viability and accurately determine the extent of ischemia (3). **Main Objective:** To analyze the effectiveness of indocyanine green fluorescence application in colon and rectal surgery through a bibliographic review. **Methodology:** Narrative bibliographic review of studies, meta-analyses, systematic reviews, controlled clinical trials, cohort studies, bibliographic reviews reporting the role of indocyanine green fluorescence in colorectal surgery from 2018 to 2023, in both English and Spanish. **Expected Results:** The application of indocyanine green fluorescence in colon and rectal surgery is expected to be effective.

Keywords: Immunofluorescence, indocyanine green, robotic colorectal surgery, ICG, Laparoscopic surgery.

Introducción

La cirugía de colon mínimamente invasiva ha experimentado importantes avances y ha cambiado la forma de realizar las operaciones, gracias a tecnologías avanzadas que permiten la producción de herramientas quirúrgicas de menor tamaño y mayor calidad, lo que hace posible realizar mejores cirugías con poco sangrado y mayor precisión incluso en áreas muy vascularizadas (1).

La resección de colon es necesaria para manejar una variedad de lesiones de colon malignas y benignas, incluido el trauma. La planificación de la resección de colon debe tener en cuenta la naturaleza de la lesión y su ubicación dentro del colon (2). La preparación preoperatoria tal como, el uso de antibióticos, el procedimiento quirúrgico y el manejo posterior a la cirugía han permitido realizar cirugías colorrectales con mejores resultados, proporcionando seguridad al paciente (3).

En las últimas dos décadas ha habido un papel y un impacto crecientes de los procedimientos mínimamente invasivos para las enfermedades del colon y el recto (4). Para el cáncer colorrectal en particular, los resultados a largo plazo han mejorado como resultado de los avances en la técnica quirúrgica y las terapias multimodales perioperatorias (5). Los avances tecnológicos novedosos y las habilidades quirúrgicas mejoradas han permitido a los cirujanos realizar anastomosis colorrectales bajas y ultrabajas en lugar de una colostomía permanente (4).

Hoy en día, el tratamiento quirúrgico es el foco de un programa cada vez más multidisciplinar y multiespecialista, fundamental para obtener resultados positivos en cuanto a supervivencia y recurrencias locales (6). Al mismo tiempo, la terapia neoadyuvante y la radioterapia aumentan el riesgo de complicaciones postoperatorias quirúrgicas y debilitan al paciente, lo que hace que las resecciones rectales sean aún más desafiantes, incluso para los cirujanos expertos (7).

A pesar de los avances quirúrgicos, la fuga anastomótica (AF) colorrectal continúa reportándose en 3 a 20% de los casos y se asocia con estancias hospitalarias prolongadas, aumento de la morbimortalidad posoperatoria, tasas de reoperación, costo y, en pacientes con cáncer de recto, tasas de recurrencia local (8,9). Un consenso reciente definió el término fistula colorrectal y lo clasificó en tres grados de gravedad según el tratamiento

posterior (10). Los factores de riesgo independientes para la fuga de la anastomosis colorrectal incluyen el género masculino, el nivel de la anastomosis (<5 cm), la radioterapia preoperatoria y la presencia de eventos adversos intraoperatorios (11).

Muchos estudios se han centrado en el análisis de factores predictivos de AF, destacando que es un proceso multifactorial. En las distintas series, los factores más destacados fueron el nivel de la anastomosis, la radioterapia preparatoria, el puntaje ASA del paciente, la pérdida de sangre y las transfusiones, la vascularización inadecuada, el estado nutricional, la movilización insuficiente del muñón cólico proximal y el número de disparos de la grapadora (12).

Ciertamente, la preservación de la vascularización adecuada es un factor clave para una anastomosis exitosa. Por este motivo, el uso de verde de indocianina (ICG) como método intraoperatorio para verificar la perfusión óptima se está convirtiendo en una herramienta útil en la cirugía rectal. Muchos estudios han demostrado la eficacia y seguridad de este método fácilmente reproducible y de bajo costo, mostrando una buena especificidad en el reconocimiento de la isquemia visceral y la zona de demarcación isquémica (6). Por esta razón, se han descrito varios cambios en la estrategia de realizar una anastomosis colorrectal, lo que permite a los cirujanos realizar anastomosis más seguras (13).

El verde de indocianina (ICG) es una molécula colorante de yoduro de tricarbocianina que es anfifílica, relativamente no tóxica. ICG es el único agente de fluorescencia seguro aprobado por la Administración de Drogas y Alimentos de los EE. UU. (FDA) para su uso en aplicaciones clínicas, la misma que se puede utilizar con inyecciones intravenosas o dirigidas al tejido (14). El ICG inyectado por vía endovenosa se une rápidamente a proteínas como las albúminas, las globulinas y las lipoproteínas, por lo que aproximadamente del 95 % al 98 % del ICG permanece en el torrente sanguíneo (15).

En la cirugía colorrectal, ICG podría aplicarse para múltiples situaciones, como la ubicación de tumores fluorescentes, el mapeo de ganglios linfáticos fluorescentes (FLNM) y la angiografía para cirugía guiada por imágenes (16). Con los sistemas de imágenes de infrarrojo cercano (NIR), el ICG se puede utilizar para localizar el sitio de cáncer colorrectal temprano que no se puede distinguir fácilmente en la serosa (17). Las vías linfáticas también

se pueden visualizar con el sistema NIR al inyectar ICG por la capa submucosa o subserosa alrededor de la masa (18).

Se podría aplicar una angiografía ICG intraoperatoria para encontrar un segmento de perfusión favorable antes de la sección del colon. Al facilitar la perfusión en la anastomosis, se podrían prevenir las complicaciones anastomóticas relacionadas con la isquemia (19).

Debido a que el verde de indocianina (ICG) es barato, fácilmente disponible y seguro, es el fluoróforo más empleado en el entorno clínico de la cirugía general (20). Esta revisión examina el estado actual de la fluorescencia ICG para la evaluación de la perfusión intestinal, el mapeo linfático y la localización del uréter a la luz de la literatura académica publicada.

justificación

En los últimos años, con el crecimiento y la difusión progresiva de las técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, se han desarrollado varias herramientas e instrumentos para mejorar el rendimiento de los cirujanos y la seguridad del paciente y, potencialmente, disminuir el riesgo de errores humanos (21).

Entre estas herramientas, como sistemas visuales de alta definición como imágenes 4K o 3D, se encuentra la cirugía guiada por fluorescencia con ICG, que es una quirúrgica con aplicaciones cada vez mayores en cirugía de colon y recto que ha recibido una aceptación creciente en varias disciplinas quirúrgicas como un método potencialmente válido para mejorar la visualización del campo quirúrgico, mejorar la recuperación de los ganglios linfáticos y disminuir la fuga anastomótica (22).

Una de las complicaciones que aumenta la mortalidad posoperatoria en cirugías colorrectales es la fuga anastomótica. Por ello, esta revisión está enfocada en identificar si la ICG disminuye la dehiscencia de anastomosis, analizar el impacto de las nuevas tecnologías en cirugía colorrectal, así como en los resultados quirúrgicos a corto plazo y analizar el protocolo actual de aplicación de la ICG.

Pequeños ensayos prospectivos no comparativos han demostrado que las imágenes de fluorescencia intraoperatorias son un método seguro y factible para evaluar la perfusión anastomótica y que su uso puede afectar las tasas de fuga anastomótica. Sin embargo, se requieren estudios prospectivos y aleatorizados más amplios para validar su función e impacto en la cirugía colorrectal.

El propósito de este artículo es revisar el estado actual del uso de la

inmunofluorescencia en cirugía de colon y recto, así como nuevas aplicaciones en resecciones de colon y recto.

Marco teórico

El desafío clave es determinar si el intestino está viable o no en cirugía por isquemia intestinal al momento de la evaluación intraoperatoria, y establecer un límite de resección, en caso de ser necesario, hay ciertos pacientes que pueden ser sujetos a esta resección intestinal como los que sobreviven a una cirugía grande de urgencia o múltiples cirugías, es por esto que casi el 30% de estos pacientes desarrollan síndrome de intestino corto y como resultado de este síndrome requieren nutrición parenteral de manera indefinida; es por esta razón que es importante establecer los márgenes exactos de resección ya que disminuye la necesidad de realizar resecciones intestinales grandes (23).

La fuga anastomótica (LA) sigue siendo la complicación más temida, con una frecuencia de hasta el 30% en centros de no gran volumen. Muchos estudios se han centrado en el análisis de factores predictivos de AL, destacando que es un proceso multifactorial (6). En las distintas series, los factores más destacados fueron el nivel de la anastomosis, la radioterapia preparatoria, el puntaje ASA del paciente, la pérdida de sangre y las transfusiones, la vascularización inadecuada, el estado nutricional, la movilización insuficiente del muñón cólico proximal y el número de disparos de la grapadora (12).

Las causas de las fugas anastomóticas (LA) son multifactoriales, sin embargo, la perfusión de los segmentos intestinales a unir juega un papel fundamental; el flujo sanguíneo inadecuado da como resultado el fracaso de la cicatrización de la anastomosis y la fuga subsiguiente (24). LA aumenta no solo la morbilidad y la mortalidad, sino que también se encontró que aumenta el riesgo de recurrencia local del cáncer (25).

Existe un riesgo particular de LA cuando las anastomosis se realizan en las partes más proximal y distal del tracto gastrointestinal. Sin embargo, grandes estudios retrospectivos de cohortes muestran que aproximadamente el 20 % de las anastomosis colorrectales tienen fugas (26).

Los cirujanos evalúan la perfusión intestinal durante la operación sobre la base del color de la pared intestinal, la presencia de peristaltismo intestinal, el sangrado de los bordes del intestino y tratando de palpar las pulsaciones de las arterias mesentéricas (20). Sin embargo, la sensibilidad de aproximadamente el 60 % y la especificidad de casi el 90 % de

dicha evaluación macroscópica muestran que predecir la LA es una tarea difícil incluso para cirujanos experimentados, como lo demostraron Karliczek et al (27). Además, en la cirugía mínimamente invasiva el color intestinal es más difícil de evaluar y no es posible la palpación directa de los vasos sanguíneos a la anastomosis. Muchos estudios han demostrado que la angiografía con fluorescencia ICG puede demostrar efectivamente la perfusión intestinal cuando se inyecta por vía intravenosa, tanto antes como después de realizar la anastomosis. Sin embargo, el verdadero impacto de tal demostración de perfusión "en tiempo real" aún no se conoce con certeza (20).

La isquemia mesentérica aguda sigue estando asociada a una alta morbilidad y un mal pronóstico (28). La evaluación de la vitalidad intestinal sigue siendo subjetiva, se basa principalmente en la experiencia quirúrgica y puede conducir a la resección de segmentos que potencialmente podrían recuperarse. La angiografía con fluorescencia ICG podría ser un método objetivo y no invasivo para evaluar la viabilidad intestinal y determinar correctamente la extensión de la isquemia (29). En un estudio porcino, la evaluación en tiempo real de la viabilidad intestinal mediante la intensidad de la fluorescencia ICG se evaluó cuantitativamente calculando el tiempo hasta el pico en los segmentos intestinales isquémicos y no isquémicos (30). En otro estudio experimental que evalúa la perfusión intestinal, el grupo de Diana et al (30). concluyeron que una perfusión reducida del 25% ciertamente perjudica la cicatrización de la anastomosis sin generar complicaciones quirúrgicas (29).

Se han publicado numerosos informes de viabilidad y pequeñas series de casos sobre la mala perfusión mesentérica y la aplicación de fluorescencia ICG para la evaluación de la vitalidad intestinal (29). En una serie de 54 pacientes pudimos demostrar que la angiografía ICG intraoperatoria influye en la toma de decisiones quirúrgicas en el 30% de los casos (31). Se encontró que la fluorescencia ICG es superior a la evaluación visual sola y tiene un impacto en la toma de decisiones quirúrgicas, especialmente con respecto a la decisión de realizar operaciones de revisión, resección o incluso revascularización (29). Hallazgos comparables fueron publicados por el grupo de Ginebra simultáneamente (32).

Ciertamente, la preservación de la vascularización adecuada es un factor clave para una anastomosis exitosa. Por este motivo, el uso de la ICG como método intraoperatorio para verificar la perfusión óptima se está convirtiendo en una herramienta útil en la cirugía rectal

(6). Muchos estudios han demostrado la eficacia y seguridad de este método fácilmente reproducible y de bajo costo, mostrando una buena especificidad en el reconocimiento de la isquemia visceral y la zona de demarcación isquémica (6). Por esta razón, se han descrito varios cambios en la estrategia de realizar una anastomosis colorrectal, lo que permite a los cirujanos realizar anastomosis más seguras (13) (33). Junto con la fluorescencia, el uso de la tecnología robótica, que ahora está aumentando en varios departamentos quirúrgicos, parece permitir mejores disecciones quirúrgicas con una mejor visión y una mayor precisión, especialmente para la cirugía de conservación de esfínteres o de nervios (34).

Se han probado varias estrategias a lo largo del tiempo para identificar y prevenir una posible LA, como la prueba hidroneumática, el control endoscópico y la prueba de azul de metileno, que son métodos importantes que no han logrado un impacto significativo en la LA. Hoy en día, la cirugía robótica, junto con el uso de la evaluación intraoperatoria de la perfusión con verde de indocianina, podría ser una estrategia real para enfrentar la LA, permitiendo una técnica quirúrgica más delicada y menos traumática. Esta estrategia apunta más a una cirugía conservadora, y un óptimo control de la adecuada vascularización del recto. Ciertamente, a la fecha, las principales limitaciones están representadas por los costos de la cirugía robótica y la consecuente necesidad de seleccionar su uso (6).

A pesar de los múltiples aspectos técnicos que se siguen para construir una anastomosis, la adecuada perfusión intestinal es el principal factor que asegura su integridad (35) (36). La perfusión adecuada de la anastomosis, comúnmente evaluada por la apariencia del tejido y el flujo sanguíneo arterial pulsátil, es un hallazgo clave cuando se construye una anastomosis. Sin embargo, este método de evaluación puede ser subjetivo y difícil de cuantificar (4).

La perfusión intestinal en el momento de la anastomosis intestinal puede evaluarse con verde de indocianina (ICG) y un sistema de infrarrojo cercano (NIR) capaz de visualizar fluorescencia inducible. El verde de indocianina es un fluoróforo aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) con la capacidad de aparecer verde cuando se excita con luz en el espectro NIR. No es tóxico, no es radiactivo, tiene una penetración tisular de hasta 5 mm y una vida media de 3 a 5 minutos (4).

El verde de indocianina (ICG) es una molécula colorante de yoduro de tricarbocianina que es anfifílica, relativamente no tóxica. ICG es el único agente de fluorescencia seguro

aprobado por la Administración de Drogas y Alimentos de los EE. UU. (FDA) para su uso en aplicaciones clínicas (14). El ICG se puede utilizar con inyecciones intravenosas o dirigidas al tejido (14). El ICG inyectado por vía IV se une rápidamente a las proteínas del plasma, como las albúminas, las globulinas y las lipoproteínas, por lo que aproximadamente del 95 % al 98 % del ICG permanece en el torrente sanguíneo (15).

La captación vascular de ICG permite a los cirujanos la capacidad de realizar angiografías en tiempo real intraoperatoriamente. Después de la inyección intravenosa, las arterias y las venas son las primeras estructuras que se visualizan, generalmente en 1 minuto (4). La eliminación completa por el hígado ocurre en 15 a 20 minutos (37) (38). Esta evaluación permite la visualización de la microcirculación después de una división vascular importante y antes de la formación de una anastomosis, lo que permite al cirujano elegir el punto ideal de sección intestinal y posiblemente optimizar la perfusión del tejido a la anastomosis (4).

La fluorescencia se incorporó al sistema Da Vinci HD (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA) en 2010 y las aplicaciones clínicas incluyen la identificación de la anatomía vascular y biliar, la evaluación de la perfusión de órganos y tejidos y el mapeo de ganglios linfáticos. El sistema robótico Firefly está actualmente aprobado para imágenes vasculares y biliares, pero también se ha utilizado para aplicaciones adicionales, como la visualización intraoperatoria de uréteres y la identificación de lesiones gastrointestinales mediante tatuajes con ICG (4).

Son et al., comenta que los pacientes son admitidos en su centro 2 días antes de la cirugía para el tatuaje ICG colonoscópico preoperatorio; el tatuaje submucoso endoscópico se realiza de 16 a 18 horas antes de la cirugía, en donde la solución de ICG diluida (0,25 mg/mL) se inyecta directamente en la capa submucosa del colon o recto que estaba ligeramente distal al tumor. Un endoscopista administra la inyección submucosa de ICG (0,25 mg/mL, 1 mL) en 2 o más sitios diferentes cerca del lado distal del cáncer, después de la inserción del trócar, se evalúa la localización del tumor en la vista de luz blanca de la cámara laparoscópica, y primero se explora la localización macroscópica de la lesión de tatuaje de color azul (14).

Usando el mismo aspecto, la cámara NIR se cambia al modo de imagen ICG para identificar la localización del tumor fluorescente, y hay 3 tipos diferentes de sistemas de imágenes de fluorescencia laparoscópica: Stryker (sistema de cámara 1588 AIM, Stryker,

Kalamazoo, MI, EE. UU.), Storz (IMAGE1 S, Karl Storz, Tuttlingen, Alemania) y Olympus (CLV-S200-IR, Olympus, Tokio, Japón). Estos sistemas de cámara NIR utilizan diferentes fuentes de emisión de fluorescencia. Stryker usa un láser como fuente de luz, mientras que los otros 2 sistemas de imágenes usan lámparas de xenón. La selección de los sistemas de cámara NIR dependió de las condiciones del instrumento disponible el día de la cirugía (14).

La hiperintensidad debida a la fuga capilar y la acumulación consecutiva de ICG en el tejido puede dar lugar a una interpretación errónea, ya sea en el caso de la evaluación visual únicamente, existe el riesgo de evaluar áreas previamente dañadas como adecuadamente profundidas debido a la fluorescencia continua dentro del tejido. Normalmente, esta fluorescencia acumulada dura más debido a la pérdida de integridad epitelial. Un tejido bien profundido muestra una entrada rápida de ICG y una salida más lenta, pero visible, y debido a la insuficiencia hepática y la sepsis, el ICG también puede persistir mucho más tiempo en la circulación, por lo que la fluorescencia restante en el hígado y el intestino podría afectar la interpretación de las evaluaciones repetidas de la perfusión del ICG durante las laparotomías de revisión (29).

Además, las alteraciones hemodinámicas durante la operación o durante la evolución del paciente pueden conducir a la detección de diferentes intensidades de fluorescencia del ICG. La hemodinámica, como el gasto cardíaco, la presión arterial, la resistencia vascular, la carga de volumen y la terapia con catecolaminas pueden influir en los resultados. Hasta ahora, estos importantes factores de confusión parecen estar subestimados en la literatura (29).

Aunque todas las funciones de fluorescencia del ICG, incluida la localización del tumor, el mapeo de los ganglios linfáticos y la angiografía intraoperatoria, pueden considerarse pasos esenciales en la cirugía guiada por imágenes, es difícil realizar aplicaciones multifuncionales del ICG en un solo procedimiento quirúrgico a la vez debido a la complejidad y los protocolos ICG no estandarizados pueden interferir entre sí, y el protocolo de tatuaje ICG convencional es útil para la localización del tumor a través de la exploración a simple vista, pero no es adecuado para la cirugía guiada por fluorescencia porque la dosis de ICG convencional suele ser superior a 25 mg y emite fluorescencia en toda la cavidad intraperitoneal bajo la imagen de la cámara NIR. En esta situación, ICG no podría usarse para angiografía intraoperatoria o FLNM (14).

Además de reducir la tasa de AL, la angiografía ICG también podría ser un complemento importante en el concepto de derivación altamente selectiva de la anastomosis después de la escisión mesorrectal total para el cáncer de recto, ya sea mediante la escisión mesorrectal total (TME) laparoscópica "tradicional" o TME transanal (20). El desvío de rutina se está debatiendo cada vez más, ya que los beneficios a menudo no superan las desventajas.

Metodología

Diseño del estudio:

Revisión bibliográfica **tipo narrativa**.

Criterios de inclusión del estudio:

Los artículos incluidos en la revisión debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

- Artículo escrito en inglés o español
- Texto completo disponible
- Presentar un diseño de estudio retrospectivo o prospectivo
- Pacientes sometidos a cirugía rectal
- Informar el uso de ICG, especificando la dosis y el momento
- metaanálisis, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos controlados, estudios de cohortes, revisiones bibliográficas relevantes que reporten el papel de la ICG en la cirugía colorrectal.

Criterios de exclusión del estudio:

- Informes de casos.
- Pacientes sometidos a resección por enfermedades benignas.
- Estudios duplicados o desfasados por estudios posteriores de la misma institución.
- Editoriales, resúmenes y comunicaciones a congresos, cartas al director, artículos de opinión y artículos no publicados.

Adquisición de evidencia:



Búsqueda bibliográfica:

La bibliografía se obtuvo mediante la búsqueda sistematizada en bases de datos como PubMed, National Institutes of Health, Science direct, UpToDate, Google académico, se obtuvieron artículos relevantes publicados con 5 años de antigüedad en los idiomas inglés y español.

Términos de búsqueda:

Los términos correspondieron con: Cáncer de recto, cirugía de fluorescencia, tintes fluorescentes, verde de indocianina, laparoscopia, neoplasias colorrectales.

Selección de estudios:

Para la selección de los artículos nos basamos en los términos de búsqueda mencionados anteriormente, además nos guiamos en los criterios de inclusión y exclusión y los de acceso a todo el contenido gratis, rigiéndonos también en los objetivos propuestos. Además, para la selección nos basamos en la metodología PICO y en los criterios definidos por PRISMA para el análisis.

La búsqueda inicial produjo 102 resultados, de los cuales se excluyeron 15 por duplicados, 18 por parcialmente relevantes, 14 por cribado de título o abstract, 25 por revisión del texto completo, y por último después de eliminar 10 que no cumplieron con los criterios de inclusión quedando un total de 17 artículos que se analizaron.

Conflicto de intereses:

El autor no mantiene ningún conflicto de interés.

Financiamiento:

Financiado por el autor.

Resultados

Mediante los términos MESH o palabras clave desarrollamos la búsqueda de información, en donde tuvimos como resultado de 102 publicaciones, de las cuales 71



procedían de Pubmed, 15 de Science Direct, 7 de Google académico, 5 de Scielo, y 4 de UpToDate. De este proceso se procedió a una lectura en donde se excluyeron 15 por duplicados, 18 por parcialmente relevantes, 14 por cribado de título o abstract, 25 por revisión del texto completo, y por último después de eliminar 10 que no cumplieron con los criterios de inclusión quedando un total de 17 artículos que se analizaron. **(Anexo 1)**

La selección de los artículos se llevó a cabo basándonos en la importancia, relevancia, criterios de inclusión y en la pertinencia de cada uno. Se filtró la información por autor, año de publicación, tipo de investigación, objetivos y resultados relevantes. La información fue organizada en un cuadro de contenidos. **(Anexo 2)**

Discusión

Aproximadamente 600,000 cirugías colorrectales se realizan anualmente en los Estados Unidos para tratar diversos trastornos colorrectales, más comúnmente malignidad, enfermedad inflamatoria intestinal y diverticulitis (41). Desafortunadamente, las complicaciones perioperatorias son comunes y ocurren en el 25% de los pacientes o más, según la indicación de la cirugía y el nivel de salud preexistente del paciente, entre estas complicaciones, las fugas anastomóticas(AL) son las complicaciones potencialmente catastróficas más comunes, que aumentan significativamente la morbilidad y la mortalidad de los pacientes, prolongan las estancias hospitalarias y dan como resultado una reducción de la calidad de vida a largo plazo y más complicaciones (42).

Para evaluar la perfusión anastomótica intraoperatoria se cree que el suministro de sangre inadecuado es un factor de riesgo importante para las complicaciones de la anastomosis intestinal, la perfusión para anastomótica a menudo solo es evaluada subjetivamente por el cirujano, por lo que la angiografía con verde de indocianina (ICG) utilizando imágenes de infrarrojo cercano (NIR) ha surgido como una nueva tecnología que permite la evaluación en tiempo real de la microvascularización intestinal (2).

El verde de indocianina (ICG) es el único agente de imagen de fluorescencia que ha sido aprobado para uso humano, se puede inyectar por vía intravenosa o alrededor de una lesión de interés, la administración intravenosa de ICG permite el estudio de la perfusión tisular durante la cirugía colorrectal, en donde el ICG circulante finalmente se excreta en la

bilis por el hígado, y para el mapeo de ganglios linfáticos centinela, seinyecta ICG alrededor del tumor en lugar de por vía intravenosa (1).

Debido a que el verde de indocianina es barato, fácilmente disponible y seguro, es el fluoróforo más empleado en el entorno clínico de la cirugía general. ICG es un colorante compuesto de tricarbocianina soluble en agua que absorbe la luz del infrarrojo cercano (NIR) a 800-810 nm y la emite a longitudes de onda más largas, 830 nm. Ha sido aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos y la Agencia Europea de Medicamentos para aplicación tanto intravascular como intersticial (20).

Además, en la cirugía mínimamente invasiva el color intestinal es más difícil de evaluar y no es posible la palpación directa de los vasos sanguíneos a la anastomosis. Muchos estudios han demostrado que la angiografía con fluorescencia ICG puede demostrar efectivamente la perfusión intestinal cuando se inyecta por vía intravenosa, tanto antes como después de realizar la anastomosis (20).

Las imágenes NIR con ICG se han asociado con tasas reducidas de complicaciones anastomóticas en estudios observacionales pero no en ensayos aleatorizados (43). En un metanálisis de 25 estudios comparativos, el uso de angiografía con fluorescencia ICG intraoperatoria se asoció con una reducción de las fugas anastomóticas 0,39 (IC del 95 %: 0,31-0,49), es decir, es factor protector y una reducción en la duración de la estancia hospitalaria (44). Para la anastomosis rectal baja o ultrabaja, el riesgo de desarrollar una fuga anastomótica fue de 0,32 (IC del 95 %: 0,23 a 0,45). La inyección fluorescente de ICG no se asoció con ningún efecto secundario o prolongación del tiempo operatorio (2).

Karliczek *et al.* argumenta que los cirujanos evalúan la perfusión intestinal durante la operación sobre la base del color de la pared intestinal, la presencia de peristaltismo intestinal, el sangrado de los bordes del intestino y tratando de palpar las pulsaciones de las arterias mesentéricas, aunque la sensibilidad de aproximadamente el 60% y la especificidad de casi el 90% de dicha evaluación macroscópica muestran que predecir la FA es una tarea difícil incluso para cirujanos experimentados (27).

Los factores de riesgo que predisponen a los pacientes a las complicaciones de la anastomosis colorrectal incluyen una combinación de parámetros relacionados con el paciente y la cirugía (4). La perfusión intestinal es uno de los factores más importantes para asegurar una anastomosis sana y evitar la fuga anastomótica (45). La evaluación

intraoperatoria precisa de la microperfusión puede tener un impacto en el manejo intraoperatorio de los cirujanos y la tasa de fuga anastomótica (4).

Seguridad de ICG para fuga anastomótica y nivel de utilidad:

Durante las resecciones colorrectales, especialmente después de una división importante del pedículo vascular, la identificación en tiempo real de la anatomía microvascular con angiografía de fluorescencia puede ayudar a tranquilizar a los cirujanos sobre su elección de transección intestinal (4). Además de la FA en tiempo real, la evaluación de inmunofluorescencia intraluminal permite interrogar la perfusión en la anastomosis después de su formación. La inmunofluorescencia endoscópica intraoperatoria de una anastomosis recién creada también permite la evaluación angiográfica inmediata de la mucosa de la anastomosis (46).

En estudios anteriores, no se ha demostrado que la fluorescencia ICG reduzca las complicaciones anastomóticas, pero la mayoría de los estudios se han basado en la evaluación cualitativa de la fluorescencia ICG en la pared o la mucosa del colon (47). La angiografía ICG no se ha verificado como predictor de complicaciones anastomóticas porque la evaluación cualitativa por sí sola es limitada para distinguir con precisión los cambios en la microcirculación del intestino grueso. El análisis cuantitativo del flujo sanguíneo es necesario para medir los cambios en la microcirculación colónica y predecir la viabilidad intestinal (47).

Si su eficacia para reducir las complicaciones de la anastomosis puede confirmarse mediante ensayos aleatorizados, la angiografía ICG con imágenes NIR puede convertirse en una herramienta útil para evaluar la perfusión antes y después de una anastomosis intestinal. Manen *et al.* revisó 21 estudios que utilizaron ICG para la evaluación de anastomosis colorrectales, y encontró una amplia variación en el cambio informado del plan quirúrgico (3,7 %–40 %), mientras que la tasa de FA con el uso de ICG fue evaluada solo por algunos autores (48).

Pryor, en un metaanálisis de 20 estudios, concluyó que el uso de angiografía con ICG se asoció con una disminución de más del 50% en las fugas anastomóticas (3,7 frente a 8,6 %), en donde, los sitios de anastomosis estaban alterados en casi el 10% de los pacientes según el resultado de la angiografía de ICG (49).

Degett analizó minuciosamente la tasa de FA en su trabajo, en el que examinaron casi 800 artículos y luego revisaron 14 de ellos, en donde en diez estudios con una muestra de 916 pacientes con anastomosis colorrectal, y la evaluación de la perfusión con ICG se asoció con una tasa significativamente reducida de FA (3,3 % frente a 8,5 %), sin embargo, debido a la heterogeneidad de los estudios, la comparación entre ellos fue limitada y no se pudo establecer una conclusión firme (50).

El estudio retrospectivo de casos emparejados, realizado por Kin *et al.*, no confirmó los resultados antes mencionados, su coincidencia de casos produjo 173 pares comparables, pacientes con y sin angiografía intraoperatoria, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en la tasa de FA desarrollada, a pesar de que la angiografía ICG intraoperatoria cambió el manejo quirúrgico en varios pacientes al cambiar el punto proximal de sección (51). También Trastulli *et al.*, en su análisis indica que una de las dificultades para diagnosticar y valorar la fuga anastomótica dependerá del grado de fuga y lugar de la anastomosis (44).

Algunos estudios evaluaron la posibilidad de cuantificar la evaluación de la perfusión intestinal mediante la revisión de imágenes de video grabadas y la creación de una curva de intensidad de fluorescencia de tiempo en el punto de sección intestinal. La diferencia en la fluorescencia entre el valor máximo y el inicial tuvo una sensibilidad del 100 % y una especificidad del 92,5% (52). Otro estudio fue realizado por Son *et al.* Intentaron evaluar cuantitativamente los patrones de perfusión usando ICG midiendo secuencialmente la intensidad de fluorescencia del flujo del colon, produciendo así gráficos de perfusión usando una herramienta de modelado y análisis de video. Usando la pendiente de fluorescencia y la relación de tiempo, dichos patrones de perfusión podrían aplicarse potencialmente para detectar segmentos de perfusión colónica deficiente (14).

En el último metaanálisis sobre la fluorescencia ICG en la cirugía colorrectal, se demostró que 1302 pacientes reclutados en 5 ensayos no aleatorios tenían una reducción significativa de las FA en la cirugía del cáncer colorrectal y la cirugía del cáncer rectal (53). El ensayo multicéntrico prospectivo europeo incluyó a 504 pacientes (65 % pacientes con cáncer colorrectal) de 3 centros colorrectales e informó una viabilidad del 100 % con un tiempo quirúrgico adicional de 4 min ICG condujo a un cambio en la estrategia operativa en el 6% de los casos (54).

Papel del ICG en el cáncer:

El concepto original de los “ganglios centinelas (GC)” son los ganglios linfáticos hipotéticos a los que inicialmente drena el cáncer primario, dado que en muchos campos del cáncer, el ICG se utiliza como una de las herramientas para detectarlos a fin de minimizar los procedimientos quirúrgicos y prevenir complicaciones posoperatorias (55). El mapeo GC tiene resultados prometedores en cáncer gastrointestinal (56). Hasta ahora, se ha intentado el mapeo de GC usando colorante azul o radioisótopo, sin embargo, la tasa de éxito del mapeo de ganglios linfáticos no cumplió con las expectativas con el uso de colorante azul, con el uso de radioisótopos, se requirió exposición a la radiación y asistencia adicional de médicos nucleares, ahora, con el desarrollo del sistema de cámara NIR quirúrgica, se ha probado el mapeo de ganglios linfáticos ICG para la detección de GC (57).

La resección quirúrgica es el tratamiento principal del cáncer de colon, en donde la resección radical confiere la mayor posibilidad de supervivencia a largo plazo de los pacientes; por lo tanto, se debe resecar el tumor primario con los ganglios asociados; al extirpar el tumor, todos los márgenes de resección deben estar libres de enfermedad (resección R0) (20). *La resección en bloque* de la cuenca linfática que drena el tumor es un pilar para lograr el control local de la enfermedad, pero también es una base para la estadificación del cáncer que impulsa la decisión de planificar el tratamiento adyuvante adecuado (58).

Esto fue claramente demostrado por Chand *et al.* en su estudio piloto prospectivo de pacientes con cáncer de colon sometidos a resección laparoscópica curativa en donde evaluaron la linfangiografía fluorescente ICG en diez pacientes consecutivos, se observaron canales linfáticos al menos en cierta medida y, además, ocho tenían drenaje a ganglio centinela, en estos dos casos se amplió la resección por el hallazgo de ganglios adicionales, en ambos casos estos resultaron positivos en la patología final (59).

El mapeo de GC con ICG puede ser inexacto porque los ganglios linfáticos se reemplazan con tumores y, por lo tanto, el flujo linfático drena menos en los pacientes con ganglios linfáticos positivos. Desde el ICG, se muestra la vía de los ganglios linfáticos que se conectan con el tumor primario, sin embargo, dentro de los ganglios linfáticos metastásicos, el flujo linfático podría estar bloqueado por células cancerosas infiltradas, este

fenómeno se muestra visualmente por ganglios linfáticos metastásicos con captación insuficiente de ICG, que no forma fluorescencia, y en el cáncer temprano, la inyección de ICG submucosa se puede realizar cerca del tumor sin alterar el flujo linfático, el mapeo de ganglios linfáticos teñidos con ICG podría interpretarse como un mapeo GC (14).

Villegas en su metaanálisis, menciona que la tinción de los ganglios linfáticos de ICG y el tinte azul inyectado en la capa submucosa y la capa subserosa, respectivamente, no coincidían. Dado que las vías linfáticas de la capa submucosa y la capa subserosa son diferentes, la inyección submucosa sería apropiada para detectar GC en el cáncer de colon temprano (57).

Cahill *et al.* encontró que 4 de los 18 pacientes analizados tenían ganglio centinela con fluoresceína fuera del área de resección planificada previamente (18). Nishigori *et al.* informaron resultados similares, realizaron visualizaciones fluorescentes ICG en 21 pacientes, también del flujo sanguíneo y linfático y se tuvo que cambiar el plan quirúrgico de la linfadenectomía en el 23,5%, según sus resultados, la tasa de metástasis de ganglios positivos para ICG fue del 10 % y la tasa de metástasis de ganglios negativos para ICG fue del 5,3 % (60).

En el estudio de Nagata *et al.*, 24 pacientes con cáncer de colon se sometieron a inyecciones de ICG y tinta china en sitios separados con resección laparoscópica posterior, todos los pacientes fueron sometidos a inyección colonoscópica de ICG <96 horas antes de la resección, la fluorescencia NIR mostró la ubicación del tumor de forma clara y precisa en los 24 pacientes, 10 pacientes tuvieron tinción negativa con tinta china; además, la evaluación histopatológica de las muestras quirúrgicas reveló penetración de la tinta china en la pared del colon con vasculitis, así como necrosis, edema e infiltración neutrofílica de la submucosa y la muscular propia, y el sitio de inyección de ICG no reveló fibrosis, inflamación aguda o crónica, necrosis o microabscesos (61).

Alius *et al.* analizaron un total de 337 pacientes inscritos para explorar la eficacia y sensibilidad de ICG NIR en GC en cirugía de cáncer de colon, los resultados mostraron que la tasa de detección de ICG fue de hasta 90%–95%; por lo que lo consideraron útil en la linfografía y la localización de GC en el cáncer colorrectal (62). Huang *et al.* informaron una tasa de detección, precisión y sensibilidad combinadas del GC del 99 % (95 % IC: 97 %–99 %), sin embargo, los estudios clínicos también han demostrado que la sensibilidad (que oscila

entre el 0 % y el 85,6 %) del ICG para identificar metástasis ganglionares varía debido a los métodos variables utilizados y la heterogeneidad de los grupos de estudio (63).

Seis estudios, realizados por Marano, han evaluado el impacto del mapeo de ganglios linfáticos por inmunofluorescencia en la cirugía colorrectal y han mostrado tasas de detección de ganglios linfáticos que van del 89 al 98 % y una tasa de falsos negativos del 18 al 67 % (64). Un estudio prospectivo reciente que incluyó a 21 pacientes sometidos a resección oncológica colorrectal laparoscópica con mapeo de ganglios linfáticos por inmunofluorescencia intraoperatorio mostró que el 23,5% de los pacientes requirieron modificaciones en la extensión de la linfadenectomía, y la tasa de metástasis de los ganglios linfáticos positivos para ICG fue de 10 y del 5 % para los ganglios linfáticos negativos para ICG (60).

Estos resultados preliminares indican que el mapeo de ganglios linfáticos mediante inmunofluorescencia ICG puede convertirse en una herramienta valiosa para los cirujanos que realizan resecciones colorrectales oncológicas. Sin embargo, se necesitan más estudios con un mayor número de casos para validar su eficiencia, rentabilidad y verdadero impacto en la estadificación y los resultados oncológicos.

Conclusiones

- La imagen de fluorescencia ICG NIR es una herramienta prometedora para tomar decisiones intraoperatorias durante diferentes procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos.
- Existe evidencia suficiente de que la fluorescencia con verde de indocianina es un recurso seguro, de uso fácil y sencillo, útil para identificar la anatomía, vascularización de tejidos, tumores y ganglios linfáticos.
- La posología y forma de empleo varía de un grupo a otro, y sigue existiendo poco consenso sobre si se deben utilizar dosis fijas o según el peso del paciente, lo que lleva a ajustar la dosis sin influir en los resultados.

Recomendaciones

- Aunque los estudios y evidencia reunida hasta la fecha reflejan grandes avances y resultados alentadores, aún se necesitan más estudios prospectivos y aleatorizados, con muestras grandes de pacientes para sacar conclusiones definitivas sobre el uso del verde de indocianina.
- Se espera que los estudios en curso y futuros brinden evidencia firme con respecto a la rentabilidad clínica y económica de la tecnología ICG que tiene diferentes aplicaciones clínicas en cirugía.
- Se requieren más estudios sólidos para mejorar la estandarización de las técnicas y explorar diferentes aplicaciones posibles.

Referencias bibliográficas

1. Gould J. Instrumentos y dispositivos utilizados en cirugía laparoscópica [Internet]. UpToDate. 2023. [Consultado 30 Jun 2012]. Disponible en: https://0-www-uptodate-com.biblioteca-ils.tec.mx/contents/overview-of-colon-resection/print?search=CIRUGIA%20DE%20COLON&usage_type=default&source=search_result&selectedTitle=2~150&display_rank=2
2. Bednarski B. Descripción general de la resección de colon [Internet]. UpToDate. 2023. [Consultado 30 Jun 2012]. Disponible en: https://0-www-uptodate-com.biblioteca-ils.tec.mx/contents/overview-of-colon-resection/print?search=CIRUGIA%20DE%20COLON&usage_type=default&source=search_result&selectedTitle=2~150&display_rank=2
3. Paun B, Cassie S, MacLean A, Dixon E, Buie W. Postoperative complications following surgery for rectal cancer. *Ann Surg*. 2010;251(5):807-18.
4. Bobel M, Altman A, Gaertner W. Immunofluorescence in Robotic Colon and Rectal Surgery. *Clin Colon Rectal Surg*. 2021;34(05):338-44.
5. Heald R, Husband E, Ryall R. The mesorectum in rectal cancer surgery the clue to pelvic recurrence. *Br J Surg*. 2015;69(10):613-6.

6. Belloni E, Muttillio E, Saverio S, Gasparrini M, Brescia A, Nigri G. The Role of Indocyanine Green Fluorescence in Rectal Cancer Robotic Surgery: A Narrative Review. *Cancers*. 2022;14(10):2411.
7. Gessler B, Eriksson O, Angenete E. Diagnosis, treatment, and consequences of anastomotic leakage in colorectal surgery. *Int J Colorectal Dis*. 2017;32(4):549-56.
8. Kang C, Halabi W, Chaudhry O, Nguyen V, Pigazzi A, Carmichael J, et al. Risk Factors for Anastomotic Leakage After Anterior Resection for Rectal Cancer. *JAMA Surg*. 2013;148(1):65.
9. Kingham P, Pachter L. Colonic Anastomotic Leak Risk Factors Diagnosis, and Treatment. *J Am Coll Surg*. 2019;208(2):269-78.
10. Spinelli A, Anania G, Arezzo A, Berti S, Bianco F, Bianchi P, et al. Italian multisociety modified Delphi consensus on the definition and management of anastomotic leakage in colorectal surgery. *Updat Surg*. 2020;72(3):781-92.
11. Choi H, Law W, Ho J. Leakage After Resection and Intrapertitoneal Anastomosis for Colorectal Malignancy Analysis of Risk Factors. *Dis Colon Rectum*. 2016;49(11):1719-25.
12. Lee W, Yun S, Roh Y, Yun H, Lee W, Cho Y, et al. Risk Factors and Clinical Outcome for Anastomotic Leakage After Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer. *World J Surg*. 2018;32(6):1124-9.
13. Baiocchi G, Diana M, Boni L. Indocyanine green based fluorescence imaging in visceral and hepatobiliary and pancreatic surgery State of the art and future directions. *World J Gastroenterol*. 2018;24(27):2921-30.
14. Son G, Ahn H, Lee I, Ha G. Multifunctional Indocyanine Green Applications for Fluorescence Guided Laparoscopic Colorectal Surgery. *Ann Coloproctology*. 2021;37(3):133-40.
15. Reinhart M, Huntington C, Blair L, Heniford B, Augenstein V. Indocyanine Green Historical Context, Current Applications, and Future Considerations. *Surg Innov*. 2016;23(2):166-75.
16. Watanabe M, Tsunoda A, Narita K, Kusano M, Miwa M. Colonic tattooing using fluorescence imaging with light emitting diode activated indocyanine green A feasibility study. *Surg Today*. 2009;39(3):214-8.

17. Trakarnsanga A. Endoscopic tattooing of colorectal lesions Is it a risk-free procedure? *World J Gastrointest Endosc.* 2011;3(12):256.
18. Cahill R, Anderson M, Wang L, Lindsey I, Cunningham C, Mortensen N. Near infrared laparoscopy for intraoperative lymphatic road mapping and sentinel node identification during definitive surgical resection of early stage colorectal neoplasia. *Surg Endosc.* 2012;26(1):197-204.
19. Ahn H, Son G, Lee I, Shin D, Kim T, Park S, et al. Optimal ICG dosage of preoperative colonoscopic tattooing for fluorescence guided laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc.* 2022;36(2):1152-63.
20. Grosek J, Tomažič A. Key clinical applications for indocyanine green fluorescence imaging in minimally invasive colorectal surgery. *J Minimal Access Surg.* 2020;16(4):308.
21. Vettoretto N, Foglia E, Ferrario L, Arezzo A, Cirocchi R, Cocorullo G, et al. Why laparoscopists may opt for three dimensional view a summary of the full HTA report on 3D versus 2D laparoscopy by Società Italiana di Chirurgia Endoscopica e Nuove Tecnologie. *Surg Endosc.* 2018;32(6):2986-93.
22. Cassinotti E, Taher M, Antoniou S, Arezzo A, Baldari L, Boni L, et al. European Association for Endoscopic Surgery consensus on Indocyanine Green fluorescence guided surgery. *Surg Endosc.* 2023;37(3):1629-48.
23. Pérez O, Pérez A, León D. Isquemia intestinal y fluorescencia con verde de indocianina: su función como herramienta terapéutica a propósito de un caso. *Rev Mex Cir Endoscópica.* 2021;22(3-4):150-7.
24. Thompson S, Chang E, Jobe B. Clinical review: Healing in gastrointestinal anastomoses, Part I. *Microsurgery.* 2006;26(3):131-6.
25. Ptok H, Marusch F, Meyer F, Schubert D, Gastinger I, Lippert H. Impact of anastomotic leakage on oncological outcome after rectal cancer resection. *Br J Surg.* 2007;94(12):1548-54.
26. McDermott F, Heeney A, Kelly M, Steele R, Carlson G, Winter D. Systematic review of preoperative, intraoperative and postoperative risk factors for colorectal anastomotic leaks. *Br J Surg.* 2015;102(5):462-79.

27. Karliczek A, Benaron DA, Baas P, Zeebregts C, Stoel A, Wiggers T, et al. Intraoperative Assessment of Microperfusion with Visible Light Spectroscopy in Esophageal and Colorectal Anastomoses. *Eur Surg Res.* 2008;41(3):303-11.
28. Meng X, Liu L, Jiang H. Indications and procedures for second look surgery in acute mesenteric ischemia. *Surg Today.* 2010;40(8):700-5.
29. Nowak K, Karampinis I, Gerken A. Application of Fluorescent Dyes in Visceral Surgery: State of the Art and Future Perspectives. *Visc Med.* 2020;36(2):80-7.
30. Diana M, Halvax P, Dallemagne B, Nagao Y, Diemunsch P, Charles A, et al. Real time navigation by fluorescence based enhanced reality for precise estimation of future anastomotic site in digestive surgery. *Surg Endosc.* 2014;28(11):3108-18.
31. Karampinis I, Keese M, Jakob J, Stasiunaitis V, Gerken A, Attenberger U, et al. Indocyanine Green Tissue Angiography Can Reduce Extended Bowel Resections in Acute Mesenteric Ischemia. *J Gastrointest Surg.* 2018;22(12):2117-24.
32. Liot E, Assalino M, Buchs N, Schiltz B, Douissard J, Morel P, et al. Does near infrared fluorescence angiography modify operative strategy during emergency procedures. *Surg Endosc.* 2018;32(10):4351-6.
33. Spota A, Taher M, Felli E, Morales S, DalDosso I, Moretto G, et al. Fluorescence based bowel anastomosis perfusion evaluation: results from the IHU IRCAD EAES EURO FIGS registry. *Surg Endosc.* 2021;35(12):7142-53.
34. Kowalewski K, Seifert L, Ali S, Schmidt M, Seide S, Haney C, et al. Functional outcomes after laparoscopic versus robotic-assisted rectal resection: a systematic review and meta analysis. *Surg Endosc.* 2021;35(1):81-95.
35. Sheridan W, Lowndes R, Young H. Tissue oxygen tension as a predictor of colonic anastomotic healing. *Dis Colon Rectum.* 1987;30(11):867-71.
36. Boyle H, Manifold D, Jordan H, Mason C. Intraoperative Assessment of Colonic Perfusion Using Scanning Laser Doppler Flowmetry During Colonic Resection. *J Am Coll Surg.* 2000;191(5):504-10.
37. Verbeek F, VanDerVorst J, Schaafsma B, Hutteman M, Bonsing B, VanLeeuwen F, et al. Image guided hepatopancreatobiliary surgery using near infrared fluorescent light. *J Hepato Biliary Pancreat Sci.* 2012;19(6):626-37.

38. Frangioni J. New Technologies for Human Cancer Imaging. *J Clin Oncol.* 2008;26(24):4012-21.
39. Kusano M, Tajima Y, Yamazaki K, Kato M, Watanabe M, Miwa M. Sentinel Node Mapping Guided by Indocyanine Green Fluorescence Imaging A New Method for Sentinel Node Navigation Surgery in Gastrointestinal Cancer. *Dig Surg.* 2008;25(2):103-8.
40. Ortiz J, Riojas A, Chapa A, Rangel H, García A, Quevedo E, et al. Angiografía por fluorescencia con verde de indocianina para cirugía de colon y recto. Primera serie reportada en México. *Rev Gastroenterol México.* 2022;87(1):29-34.
41. Wexner S, Abu M, Boni L, Buxey K, Cahill R, Carus T, et al. Use of fluorescence imaging and indocyanine green during colorectal surgery Results of an intercontinental Delphi survey. *Surgery.* 2022;172(6, Supplement):S38-45.
42. Armstrong G, Croft J, Corrigan N, Brown J, Goh V, Quirke P, et al. Intra operative fluorescence angiography to prevent anastomotic leak in rectal cancer surgery a randomized controlled trial. *Colorectal Dis.* 2018;20(8):O226-34.
43. Jafari M, Wexner S, Martz J, McLemore E, Margolin D, Sherwinter D, et al. Perfusion Assessment in Laparoscopic Left Sided Anterior Resection A Multi Institutional Study. *J Am Coll Surg.* 2015;220(1):82-92e1.
44. Trastulli S, Munzi G, Desiderio J, Ciocchi R, Rossi M, Parisi A. Indocyanine green fluorescence angiography *versus* standard intraoperative methods for prevention of anastomotic leak in colorectal surgery meta analysis. *Br J Surg.* 2021;108(4):359-72.
45. Vignali A, Gianotti L, Braga M, Radaelli G, Malvezzi L, Carlo V. Altered microperfusion at the rectal stump is predictive for rectal anastomotic leak. *Dis Colon Rectum.* 2000;43(1):76-82.
46. Sherwinter D. Transanal Near Infrared Imaging of Colorectal Anastomotic Perfusion. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2012;22(5):433-6.
47. Gröne J, Koch D, Kreis M. Impact of intraoperative microperfusion assessment with Pinpoint Perfusion Imaging on surgical management of laparoscopic low rectal and anorectal anastomoses. *Colorectal Dis.* 2015;17:22-8.

48. VanManen L, Handgraaf H, Diana M, Dijkstra J, Ishizawa T, Vahrmeijer A, et al. A practical guide for the use of indocyanine green and methylene blue in fluorescence guided abdominal surgery. *J Surg Oncol.* 2018;118(2):283-300.
49. Pryor A, Tushar J, DiBernardo L. Single port cholecystectomy with the TransEnterix SPIDER simple and safe. *Surg Endosc.* 2010;24(4):917-23.
50. Degett T, Andersen H, Gögenur I. Indocyanine green fluorescence angiography for intraoperative assessment of gastrointestinal anastomotic perfusion a systematic review of clinical trials. *Langenbecks Arch Surg.* 2016;401(6):767-75.
51. Kin C, Vo H, Welton L, Welton M. Equivocal Effect of Intraoperative Fluorescence Angiography on Colorectal Anastomotic Leaks. *Dis Colon Rectum.* 2015;58(6):582-7.
52. Wada T, Kawada K, Takahashi R, Yoshitomi M, Hida K, Hasegawa S, et al. ICG fluorescence imaging for quantitative evaluation of colonic perfusion in laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc.* 2017;31(10):4184-93.
53. Blanco R, Espin E. Intraoperative use of ICG fluorescence imaging to reduce the risk of anastomotic leakage in colorectal surgery a systematic review and meta analysis. *Tech Coloproctology.* 2018;22(1):15-23.
54. Ris F, Liot E, Buchs N, Kraus R, Ismael G, Belfontali V, et al. Multicentre phase II trial of near infrared imaging in elective colorectal surgery. *Br J Surg.* 2018;105(10):1359-67.
55. Liberale G, Bohlok A, Bormans A, Bouazza F, Galdon M, Nakadi I, et al. Indocyanine green fluorescence imaging for sentinel lymph node detection in colorectal cancer A systematic review. *Eur J Surg Oncol.* 2018;44(9):1301-6.
56. Bedyńska M, Szewczyk G, Klepacka T, Sachadel K, Maciejewski T, Szukiewicz D, et al. Sentinel lymph node mapping using indocyanine green in patients with uterine and cervical neoplasms: restrictions of the method. *Arch Gynecol Obstet.* 2019;299(5):1373-84.
57. Villegas E, Jimenez J, Jimenez V, Diaz A, Faes R, Otero A, et al. Performance of Indocyanine green for sentinel lymph node mapping and lymph node metastasis in colorectal cancer a diagnostic test accuracy meta-analysis. *Surg Endosc.* 2020;34(3):1035-47.

58. Amin M, Greene F, Edge S, Compton C, Gershenwald J, Brookland R, et al. The Eighth Edition AJCC Cancer Staging Manual Continuing to build a bridge from a population based to a more “personalized” approach to cancer staging The Eighth Edition AJCC Cancer Staging Manual. *CA Cancer J Clin.* 2017;67(2):93-9.
59. Chand M, Keller D, Joshi H, Devoto L, Rodriguez M, Cohen R. Feasibility of fluorescence lymph node imaging in colon cancer FLICC. *Tech Coloproctology.* 2018;22(4):271-7.
60. Nishigori N, Koyama F, Nakagawa T, Nakamura S, Ueda T, Inoue T, et al. Visualization of Lymph/Blood Flow in Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery by ICG Fluorescence Imaging. *Ann Surg Oncol.* f 2016;23(S2):266-74.
61. Nagata J, Fukunaga Y, Akiyoshi T, Konishi T, Fujimoto Y, Nagayama S, et al. Colonic Marking With Near Infrared, Light Emitting, Diode Activated Indocyanine Green for Laparoscopic Colorectal Surgery. *Dis Colon Rectum.* 2016;59(2):e14-8.
62. Alius C, Tudor C, Badiu CD, Dascalu A, Smarandache C, Sabau A, et al. Indocyanine Green Enhanced Colorectal Surgery between Being Superfluous and Being a Game Changer. *Diagnostics.* 2020;10(10):742.
63. Huang Y, Pan M, Chen B. A Systematic Review and Meta-Analysis of Sentinel Lymph Node Biopsy in Gastric Cancer an Optimization of Imaging Protocol for Tracer Mapping. *World J Surg.* 2021;45(4):1126-34.
64. Marano A, Priora F, Lenti LM, Ravazzoni F, Quarati R, Spinoglio G. Application of Fluorescence in Robotic General Surgeryx Review of the Literature and State of the Art. *World J Surg.* 2013;37(12):2800-11.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

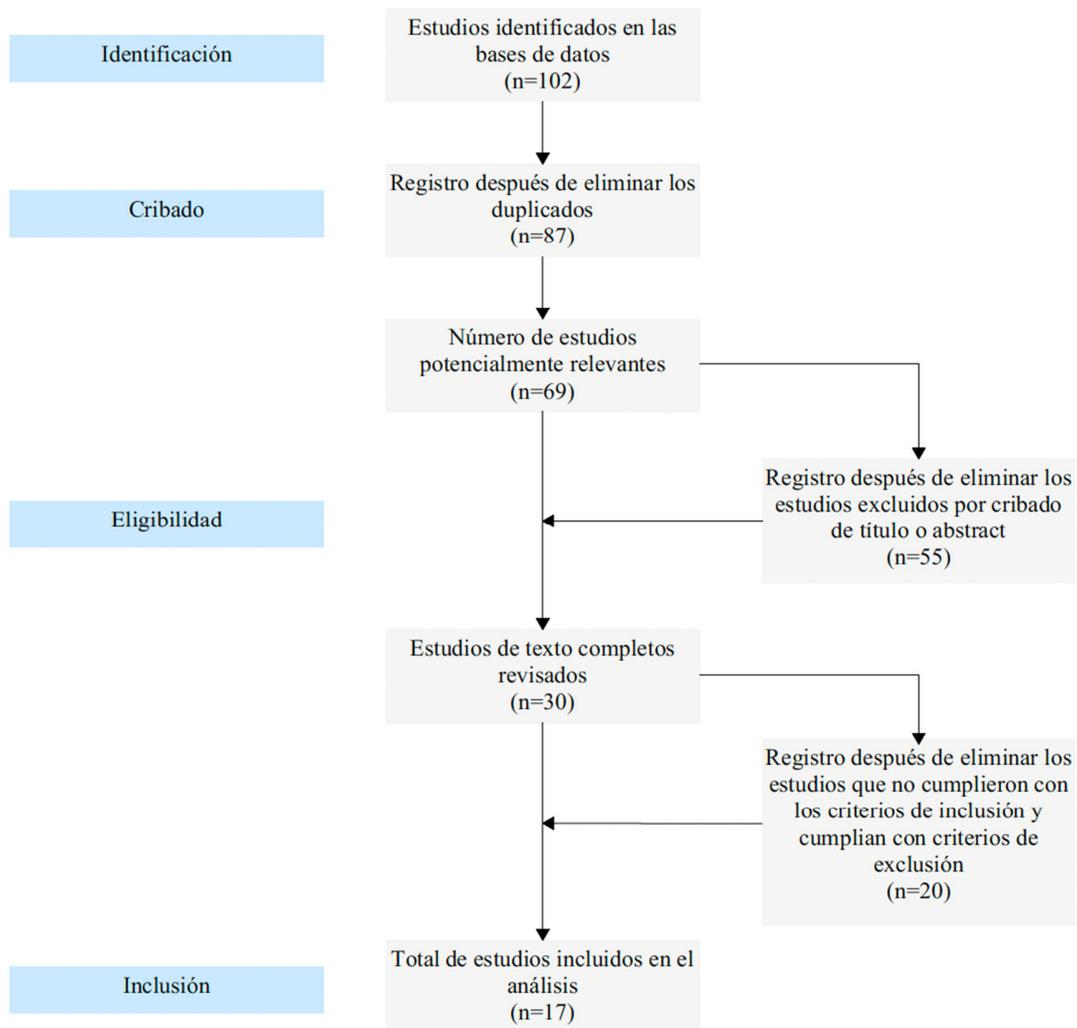
Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.



Anexos

Anexo 1: Flujograma



Anexo 2: Tabla de resultados

AUTOR Y AÑO	TÍTULO	OBJETIVOS	TIPO DE ESTUDIO	HALLAZGOS
Grosek Jan 2020	Key clinical applications for indocyanine green fluorescence imaging in minimally invasive colorectal surgery	Examinar el estado actual de la fluorescencia ICG para la evaluación de la perfusión intestinal, el mapeo linfático y la localización intraoperatoria del uréter	Revisión bibliográfica	Las imágenes de fluorescencia de verde de indocianina (ICG) en el infrarrojo cercano han ganado una sólida aceptación en los últimos años, y con razón, ya que esta tecnología tiene mucho que ofrecer, especialmente en el campo de la cirugía mínimamente invasiva.
Gyung-mo 2021	Multifunctional Indocyanine Green Applications for Fluorescence-Guided Laparoscopic Colorectal Surgery	Revisar las aplicaciones multifuncionales de ICG para la localización de tumores fluorescentes, FLNM y angiografía ICG.	Revisión bibliográfica	Las aplicaciones multifuncionales de ICG para la localización de tumores fluorescentes, FLNM exitoso y angiografía ICG se pueden realizar dentro de una sola cirugía bajo un sistema de imágenes NIR laparoscópico o robótico.
Bednarski 2023	Overview of colon resection		Revisión de literatura	La angiografía con verde de indocianina (ICG) utilizando imágenes de infrarrojo cercano (NIR) ha surgido como una nueva tecnología que permite la evaluación en tiempo real de la microvascularización intestinal.
Gould 2023	Instruments and devices used in laparoscopic surgery		Revisión de literatura	El verde de indocianina (ICG) es el único agente de imagen de fluorescencia que ha sido aprobado para uso humano.
Boushey 2023	Management of anastomotic complications of colorectal surgery	Revisar los riesgos, el manejo y los resultados de las complicaciones anastomóticas de la cirugía colorrectal.	Revisión de literatura	Una disminución en la perfusión del tejido colónico proximal al sitio de la anastomosis, en el sitio de la anastomosis y en el muñón rectal. La magnitud de la disminución del flujo sanguíneo se correlacionó con el desarrollo posterior de una fuga anastomótica.
Cárdaba 2021	Uso del verde de indocianina en cirugía colorrectal y hepatobiliopancreática	Estudiar la eficacia y seguridad de la utilización del VIC mediante SIF, tanto en pacientes oncológicos como no oncológicos, desde la perspectiva del Sistema Nacional de Salud (SNS) español.	Metaanálisis	No se ha encontrado evidencia de la seguridad y efectividad del VIC en escenarios clínicos como la identificación de tumores, la linfadenectomía, el ganglio centinela y el mapeo linfático en cirugía colorrectal y hepatobiliopancreática.
Bobel 2021	Immunofluorescence in Robotic Colon and Rectal Surgery	Revisar el estado actual del uso de la inmunofluorescencia en cirugía de colon y recto, así como nuevas aplicaciones en	Revisión de literatura	La fluorescencia verde de indocianina es una herramienta sencilla, segura y útil que se puede utilizar en varios aspectos de la cirugía colorrectal robótica, particularmente en las resecciones oncológicas.

		resecciones robóticas de colon y recto.		
Nowak 2020	Application of Fluorescent Dyes in Visceral Surgery: State of the Art and Future Perspectives	Describir la práctica clínica actual de la fluorescencia intraoperatoria y su evidencia.	Revisión de literatura	La evidencia de un beneficio potencial asociado con las imágenes de fluorescencia ICG para la detección del ganglio centinela gastrointestinal y la detección de tumores hepáticos y metástasis colorrectales del hígado también es limitada.
Belloni 2022	The Role of Indocyanine Green Fluorescence in Rectal Cancer Robotic Surgery: A Narrative Review	Analizar el impacto de la fluorescencia verde de indocianina cuando se aplica en cirugía robótica en los resultados quirúrgicos a corto plazo para el cáncer de recto, brindando una imagen de la literatura actual sobre el tema.	Metaanálisis	La fluorescencia ICG es un método económico y rápido para evaluar la perfusión intestinal, que brinda retroalimentación inmediata al cirujano, incluso si aún no se ha demostrado su función.
Cassinotti 2023	European Association for Endoscopic Surgery (EAES) consensus on Indocyanine Green (ICG) fluorescence-guided surgery	Crear declaraciones y recomendaciones basadas en evidencia para la comunidad quirúrgica.	Revisión sistemática	La cirugía guiada por fluorescencia ICG podría considerarse una tecnología segura y eficaz.
Zhang-Yi Dai 2023	The primary application of indocyanine green fluorescence imaging in surgical oncology	Estudiar las propiedades de fluorescencia de ICG	Revisión de literatura	ICG ha demostrado un potencial significativo en la detección y tratamiento de tumores en la práctica clínica actual, aunque muchas aplicaciones aún se encuentran en etapas preliminares y aún se requieren estudios multicéntricos para definir con mayor precisión sus indicaciones, efectividad y seguridad.
Wexner 2022	Use of fluorescence imaging and indocyanine green during colorectal surgery: Results of an intercontinental Delphi survey		Consenso	Las imágenes de fluorescencia parecen tener valor para evaluar la perfusión anastomótica, pero su valor para el mapeo de los ganglios linfáticos sigue siendo cuestionable.
Zhen 2023	Real-time indocyanine green fluorescence technique reduces anastomotic leakage in bilioenteric anastomosis: A case report and literature review		Informe de un caso	Se ha encontrado que la administración intravenosa de ICG a una dosis de 2,5 mg/kg, administrada 24 h antes de la cirugía, produce resultados de visualización óptimos.
Ortiz 2021	Indocyanine green fluorescence angiography in	Presentar la primera serie de casos mexicanos sobre cirugía colorrectal mediante angiografía con	Presentación de caso	La angiografía cambió nuestra decisión terapéutica en tres (14,2%) casos. Dos anastomosis se hicieron colorrectales a menos de 5

	colorectal surgery. First case series in Mexico	fluorescencia verde de indocianina para evaluar la perfusión antes de realizar la anastomosis.		cm del margen anal (14,2%), a menos de 5 cm del margen anal, 13 (61,9%) se hicieron a más de 5 cm, tres (14,2%) fueron ileo-colónicas, dos (9,5%) se hicieron colo-anales y una (4,7%) se hicieron ileo-anal. Tuvimos seis (28,5%) complicaciones, no existió dehiscencia de anastomosis ni complicación asociada con el uso de verde de indocianina. Mortalidad de 0%.
Morales 2022	Indocyanine green (ICG) fluorescence guide for the use and indications in general surgery: recommendations based on the descriptive review of the literature and the analysis of experience	Proporcionar una guía para el uso de la fluorescencia ICG en los procedimientos de cirugía general.	Revisión de literatura	La imagen por fluorescencia ICG es una tecnología muy útil en cirugía general. Existe suficiente evidencia que demuestra que la ICG es un recurso seguro, sencillo y fácil de manejar, muy útil en la identificación de estructuras anatómicas, vascularización de tejidos, tumores y ganglios linfáticos.
Liberales 2017	Indocyanine green fluorescence-guided surgery after IV injection in metastatic colorectal cancer: A systematic review	Revisar la literatura disponible en el entorno clínico de ICG-FGS para la detección tumoral en varios campos de la enfermedad colorrectal metastásica.	Revisión sistemática	La ICG-FI es una técnica de imagen prometedora en la detección de pequeños depósitos metastásicos peritoneales, hepáticos y de NL infra clínicos que pueden permitir una mejor estadificación y una resección quirúrgica más completa con un posible beneficio pronóstico para los pacientes.
Tueme 2023	Indocyanine green fluorescence angiography in colorectal surgery: A retrospective case-control analysis in Mexico	Identificar si la angiografía por fluorescencia con verde de indocianina (ICGFA) reducía la tasa de dehiscencia anastomótica en la cirugía colorrectal.	Retrospectivo. Casos y controles	La ICGFA como método para evaluar la perfusión sanguínea intraoperatoria mostró una tendencia hacia la reducción de la incidencia de fuga anastomótica en cirugía colorrectal.