Pediatric Surgery LATAM

Acceso abierto · CC BY 4.0
pediatricsurgerylatam.org
Vol. 1, Núm. 1 · 2026
ISSN 2838-5608
doi: https://doi.org/10.68838/psl.2026.00003

REVISIÓN NARRATIVA

Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada

Kerly Nayely Carreño Manzanillas[a,*], Karen Esthefanía Álvarez Jiménez[b], Sthefy Carolina Jiménez Salcedo[c], Candida Vanesa Lanche Troya[c]

a Universidad Central del Ecuador
b Consultorio Médico Integral, Ecuador
c Loja, Ecuador
* Autor de correspondencia: Kerly Nayely Carreño Manzanillas (kerlica_14@hotmail.com)

DATOS DEL ARTÍCULO

Historial
Recibido 25 de agosto de 2026
Aceptado 29 de septiembre de 2026
Publicado en línea 28 de octubre de 2026

Palabras clave
recién nacido
isquemia intestinal
enterocolitis necrosante
viabilidad intestinal
verde de indocianina
perfusión intraoperatoria.

Keywords
newborn
intestinal ischemia
necrotizing enterocolitis
bowel viability
indocyanine green
intraoperative perfusion

Licencia
CC BY 4.0

RESUMEN

Objetivo: analizar el valor de la evaluación convencional y de las tecnologías de perfusión para determinar la viabilidad intestinal durante la cirugía neonatal, diferenciando factibilidad técnica, cambios de decisión y resultados clínicos.
Métodos: revisión narrativa crítica de exportaciones de PubMed, Scopus y LILACS, complementada con verificación de publicaciones primarias y rastreo de referencias. Se depuraron 17 678 registros mediante DOI, PMID y título normalizado, obteniéndose 13 230 registros únicos. Se priorizaron estudios de intestino isquémico y evaluación intraoperatoria; la evidencia pediátrica, preclínica y de monitorización transabdominal se analizó por separado. El límite de publicación fue el 25 de agosto de 2026. La selección fue temática y no constituyó un cribado sistemático exhaustivo del inventario.
Resultados: el núcleo clínico identificado comprende cuatro publicaciones sobre fluoresceína, angiografía con verde de indocianina y contraste de moteado láser en el contexto de enterocolitis necrosante. Predominan casos y series pequeñas, algunas con edades superiores a 28 días. La fluorescencia puede revelar discordancias con la inspección visual y ayudar a delimitar segmentos hipoperfundidos. El moteado láser mostró factibilidad en un caso, con análisis posterior a la cirugía. La cuantificación automatizada de fluorescencia y las imágenes multiespectrales siguen en desarrollo. La espectroscopia abdominal de infrarrojo cercano y el Doppler transabdominal aportan información diferente de la evaluación directa de márgenes quirúrgicos.
Conclusión: las tecnologías de perfusión ofrecen información complementaria al juicio quirúrgico, pero la evidencia neonatal disponible no demuestra que reduzcan mortalidad, resección intestinal, dehiscencia o síndrome de intestino corto. Se necesitan estudios prospectivos que validen la interpretación de la señal y midan resultados clínicos con seguimiento suficiente.

ABSTRACT

Intraoperative Bowel Viability in Neonates with Intestinal Ischemia: Conventional Assessment Versus Perfusion Technologies. A Critical Narrative Review with Structured Search

Objective: to examine conventional assessment and perfusion technologies for intraoperative bowel viability in neonates, distinguishing technical feasibility, decision changes and clinical outcomes.
Methods: a critical narrative review of PubMed, Scopus and LILACS exports, supplemented by primary-publication verification and reference tracing. Deduplication by DOI, PMID and normalized title reduced 17,678 records to 13,230 unique records. Priority was given to ischemic bowel and intraoperative assessment. Pediatric, preclinical and transabdominal monitoring evidence was considered separately. The publication cutoff was August 25, 2026. Selection was thematic rather than an exhaustive systematic screening of the inventory.
Results: the identified clinical core consists of four publications on fluorescein, indocyanine green angiography and laser speckle contrast imaging in necrotizing enterocolitis. Case reports and small series predominate, and some populations include infants older than 28 days. Fluorescence can reveal discrepancies with visual assessment and help delineate poorly perfused segments. Laser speckle imaging was feasible in one case, but the images were analyzed after surgery. Automated fluorescence quantification and multispectral imaging remain developmental. Abdominal near-infrared spectroscopy and transabdominal Doppler provide information distinct from direct assessment of operative margins.
Conclusion: perfusion technologies provide information that complements surgical judgment. Available neonatal evidence does not establish reductions in mortality, bowel resection, anastomotic failure or short bowel syndrome. Prospective studies should validate signal interpretation and assess clinical outcomes with adequate follow-up.

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

Introducción

La cirugía de un neonato con isquemia intestinal exige equilibrar dos riesgos: conservar tejido que evolucionará a necrosis o resecar intestino potencialmente recuperable. El primero puede conducir a perforación, sepsis, estenosis o fracaso de una anastomosis; el segundo reduce la superficie absortiva y puede contribuir a insuficiencia intestinal. En la enterocolitis necrosante (ECN), las lesiones pueden ser discontinuas y su evolución depender de la inflamación, el compromiso microvascular y el estado sistémico. En el vólvulo, la recuperación después de la destorsión introduce una incertidumbre temporal adicional[1].

La evaluación convencional integra el color de la pared, el peristaltismo, la pulsación mesentérica, el sangrado en un borde de sección y la impresión del cirujano. Estos signos son accesibles, pero no equivalen entre sí ni miden directamente la integridad de todas las capas intestinales. Una serosa con apariencia favorable puede coexistir con lesión mucosa, mientras que un intestino inicialmente congestivo puede recuperar circulación después de corregir la causa de la isquemia[2].

Las tecnologías de perfusión buscan hacer visible o cuantificar información vascular y de oxigenación. Su utilidad debe juzgarse en varios niveles: capacidad de adquirir una señal, concordancia con el tejido lesionado, influencia real en la conducta y beneficio para el paciente. El objetivo de esta revisión es comparar esos niveles de evidencia en neonatos, evitando trasladar directamente resultados de adultos, niños mayores o modelos animales a la resección intestinal neonatal.

Métodos

Diseño y alcance

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. La pregunta orientadora fue: en neonatos con intestino isquémico sometidos a cirugía, ¿qué información añaden las tecnologías de perfusión a la evaluación convencional y qué evidencia existe sobre resultados clínicos? Se consideraron centrales los trabajos que evaluaron directamente el intestino durante una intervención por isquemia o ECN. Se utilizó una edad posnatal 28 días como criterio operativo de población neonatal; las edades mayores o no desglosadas se señalaron expresamente.

Se admitieron estudios observacionales y reportes de casos, dada la limitada evidencia clínica localizada. Las revisiones y consensos se utilizaron como contexto. Los modelos animales, la cirugía electiva de secuelas de ECN y la monitorización abdominal preoperatoria se conservaron para explicar mecanismos y límites de aplicabilidad, sin tratarlos como pruebas directas de eficacia neonatal intraoperatoria.

Fuentes y depuración

Se analizaron tres exportaciones bibliográficas: PubMed, con 4 991 registros; Scopus, con 12 419; y LILACS, con 268. Los 17 678 registros se agruparon por coincidencia exacta de DOI normalizado, PMID o título normalizado; las coincidencias se integraron de manera transitiva. La depuración retiró 4 448 registros redundantes y generó un inventario de 13 230 registros únicos. Se conservaron la procedencia y las filas originales de cada agrupación. Dos filas de LILACS presentaban campos desplazados y se reconstruyeron durante la lectura, sin modificar los archivos originales.

Los archivos no documentan las ecuaciones exactas ejecutadas ni la fecha de cada búsqueda. Los anexos contienen estrategias propuestas para reproducir o actualizar la búsqueda. El análisis y la verificación documental se realizaron en octubre de 2026, con un límite de publicación distinto: el 25 de agosto de 2026.

Selección y verificación

Se efectuó una preselección temática mediante combinaciones de términos intestinales y de viabilidad o perfusión, seguida de revisión dirigida de los candidatos más pertinentes y rastreo de sus referencias. Un conjunto de 129 registros candidatos con términos tecnológicos en el título sirvió para revisar especialmente fluorescencia, indocianina, moteado láser, Doppler láser, oximetría y técnicas espectrales. Este procedimiento no equivale a un cribado clínico exhaustivo de los 13 230 títulos, ni a una selección por dos revisores independientes.

Se verificaron identidad bibliográfica, población, unidad de análisis, método, desenlaces y fecha de publicación mediante artículos completos accesibles, registros PubMed y resúmenes editoriales. La matriz adjunta identifica cuándo la extracción se apoya en texto completo y cuándo se limita al resumen. Para el límite temporal se tomó la primera publicación electrónica verificable, cuando estaba disponible, y no la fecha de exportación o indexación. Un estudio comparativo sobre estenosis pos-ECN publicado electrónicamente el 18 de septiembre de 2026 se excluyó del análisis por ser posterior al corte.

Síntesis y valoración crítica

La síntesis cualitativa consideró tecnología, aplicabilidad, selección de pacientes, comparador, cegamiento, histología, seguimiento e independencia de las observaciones. No se realizó metaanálisis ni evaluación GRADE. Los recuentos de depuración describen el inventario documental; no constituyen un flujo PRISMA de estudios elegibles. No se sumaron pacientes de revisiones previas y estudios primarios potencialmente superpuestos.

Resultados

Distribución y aplicabilidad de la evidencia

El núcleo clínico comprende cuatro publicaciones sobre ECN: una serie con fluoresceína, un caso con contraste de moteado láser y dos series con verde de indocianina (ICG). Sus poblaciones incluyen edades mixtas o edades operatorias no desglosadas; por ello, este conjunto no constituye evidencia exclusivamente neonatal[3 6].

Los estudios de vólvulo y cirugía de secuelas de ECN aportan información técnica cuya aplicabilidad depende de edad, urgencia y fase clínica. Las revisiones pediátricas ofrecen evidencia heterogénea, sin una estimación específica del efecto en neonatos con isquemia aguda[7 9].

Evaluación convencional

La inspección sigue siendo el punto de partida porque permite integrar distribución de las lesiones, perforación, espesor apa-

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

Tabla 1. Evidencia clínica central en el contexto de ECN

Publicación y método	Población	Hallazgo principal	Límite de interpretación
Numanoglu 2011 Fluoresceína [3]	13 pacientes 3–38 días	3 casos adicionales de gangrena identificados	Grupos cronológicos; edades mixtas; sin efecto causal sobre supervivencia
Knudsen 2017 LSCI [4]	1 prematuro ECN en día 28	Heterogeneidad de flujo próxima a límites de resección	Edad operatoria no indicada; análisis posterior; no guio la cirugía
Chung 2023 ICG [5]	3 prematuros ECN inicio días 7–10	Información adicional para conservar o delimitar tejido	Edad operatoria no desglosada; serie sin control
Pfennigs 2025 ICG [6]	6 prematuros Primera cirugía 8–44 días	2/6 discordancias con inspección; necrosis confirmada en resección	Ambas discordancias en pacientes >28 días; ICG en second look; verificación parcial

rente de la pared, congestión y condiciones generales. Sin embargo, el color depende también de oxigenación, iluminación y estasis venosa; la pulsación arterial mesentérica no garantiza una microcirculación suficiente, y el peristaltismo no excluye lesión irreversible. El sangrado del borde aporta información local, pero es invasivo y depende del estado hemodinámico. No se localizaron datos clínicos neonatales que permitan asignar a cada signo una exactitud diagnóstica reproducible[2].

Cuando persiste incertidumbre, la reevaluación tras corregir factores reversibles y la exploración diferida o second look permiten valorar la evolución. Estas estrategias también tienen costos y riesgos, por lo que la utilidad de una tecnología debería expresarse como información adicional capaz de mejorar decisiones concretas, no únicamente como una imagen de mejor calidad. En ECN, la evaluación debe incluir el carácter evolutivo de la enfermedad y la longitud intestinal que quedaría después de la resección[1].

Fluoresceína

Numanoglu y Millar estudiaron 13 pacientes con sospecha de ECN, con mediana de edad de 17 días y rango de 3 a 38 días. Los primeros cinco fueron evaluados con laparoscopia convencional y los ocho siguientes incorporaron fluoresceína. La evaluación convencional identificó perforación en cinco y gangrena en dos; la fluoresceína identificó gangrena en tres pacientes adicionales. Se practicó laparotomía en los diez casos con hallazgos positivos. Once pacientes sobrevivieron durante el seguimiento comunicado[3].

El trabajo respalda la posibilidad de detectar segmentos comprometidos que resultan difíciles de reconocer visualmente. Su secuencia cronológica, el tamaño reducido y la ausencia de un comparador simultáneo impiden separar el efecto del colorante de la experiencia adquirida o de diferencias de gravedad. La supervivencia observada no demuestra un beneficio causal de la fluoresceína, y el artículo no proporciona una validación diagnóstica neonatal independiente con la que calcular sensibilidad o especificidad[3].

Angiografía con verde de indocianina

La ICG permite observar fluorescencia después de la llegada del colorante a la circulación intestinal utilizando una cámara sensible al infrarrojo cercano. Puede aportar información sobre la distribución y la dinámica de perfusión, pero la intensidad aislada también depende del equipo, la distancia, la dosis, el momento de adquisición y las condiciones circulatorias. Además, la señal observada en la superficie no prueba por sí misma integridad mucosa o capacidad funcional futura[2,8].

Chung y colaboradores comunicaron tres pacientes prematuros con ECN, nacidos a las 32 semanas de gestación o antes, con pesos de 1,14 a 1,5 kg en la cirugía. La ECN comenzó entre los días 7 y 10; el resumen no precisa la edad exacta de cada operación. Con ICG a 0,1 mg/kg, los autores describieron identificación de 25 cm de yeyuno proximal perfundido que parecían necróticos, delimitación de segmentos inflamados e isquémicos y apoyo a una decisión de anastomosis. No comunicaron reacciones adversas. Los tres casos muestran utilidad potencial para decisiones individuales, sin estimar reducción de resección, intestino corto o mortalidad[5].

Pfennigs y colaboradores evaluaron seis prematuros con ECN extensa durante una segunda exploración. En dos de seis se observó intestino considerado visualmente viable que no mostró perfusión con ICG; la histología confirmó necrosis en el tejido resecado. Cuatro pacientes tuvieron resección de segmentos no perfundidos y en dos se identificó necrosis intestinal extensa que condujo a manejo paliativo. El resultado demuestra discordancia entre dos formas de evaluación, no una exactitud diagnóstica de la ICG del 100 %[6].

La tabla demográfica registra edades de primera cirugía de 8 a 44 días, con tres pacientes de 28 días o menos; la ICG se utilizó posteriormente. Las dos discordancias correspondieron a pacientes cuya primera cirugía ocurrió a los 35 y 34 días. Este hallazgo no puede atribuirse a una cohorte estrictamente neonatal. El mismo cirujano conocía ambas valoraciones y la histología verificó principalmente segmentos retirados, dejando incertidumbre sobre el tejido conservado[6].

Hashizume y colaboradores describieron tres lactantes operados a los 29, 32 y 30 días, dos por ECN y uno por vólvulo. Los segmentos conservados pese a fluorescencia débil presentaron posteriormente alteraciones mucosas o estenosis. El estudio advierte que una señal débil no debe interpretarse automáticamente como viabilidad suficiente, pero tampoco permite establecer un umbral universal de resección. Los autores describieron interferencias por fluorescencia residual de una administración previa y por contenido biliar luminal, relevantes para interpretar una segunda exploración[7].

Cambios de percepción frente a beneficio clínico

En un estudio prospectivo pediátrico de Le-Nguyen y colaboradores se analizaron 28 de 30 pacientes reclutados, con mediana de edad de 15 semanas. Se comunicó discordancia entre

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

ICG e inspección convencional de los posibles sitios de resección en el 62 % de los casos, con intervalo de confianza del 95 % de 41 a 82 %. La cifra describe diferencias de valoración y no estima beneficio clínico. No se comunicaron eventos adversos relacionados con la administración[10].

Die y colaboradores estudiaron 13 lactantes con estenosis colónica posterior a ECN, con mediana de edad de 60 días e intervalo intercuartílico de 36 a 90. La ICG modificó el margen en un paciente y no hubo fugas anastomóticas. El texto completo sí registró una infección de herida y una readmisión por obstrucción adhesiva. Se trata de cirugía de secuelas en lactantes, sin grupo control, por lo que no demuestra prevención de complicaciones en ECN aguda neonatal[11].

Castrillo y colaboradores comunicaron 23 procedimientos de cirugía neonatal, de los que cinco correspondían a anastomosis intestinales. Se describió utilidad en 21 procedimientos y dos fallos técnicos. El denominador corresponde a procedimientos de indicaciones diversas, no a 23 neonatos independientes con isquemia intestinal. Este trabajo apoya factibilidad en cirugía neonatal, pero su ámbito es más amplio que la pregunta de viabilidad del intestino isquémico[12].

Neville y colaboradores mostraron videos de cuatro cierres electivos de estomas a 24 cirujanos. Doce cirujanos cambiaron al menos una decisión hipotética después de observar ICG; hubo cambios en 15 de 96 valoraciones, derivadas de los mismos cuatro pacientes. En las cirugías reales no cambió el plan operatorio y no se comunicaron complicaciones anastomóticas durante seis meses. El aporte del estudio corresponde a percepción y decisiones simuladas, sin una comparación que demuestre eficacia clínica[13].

Contraste de moteado láser y cuantificación de fluorescencia

El contraste de moteado láser, o LSCI, estima cambios de flujo mediante un patrón óptico producido por el movimiento de células sanguíneas y genera mapas superficiales sin colorante. En el caso de Knudsen y colaboradores, un prematuro nacido a las 26 semanas y 3 días desarrolló ECN en el día 28; no se especifica la edad exacta de la operación. Los límites se marcaron antes de adquirir imágenes y el cirujano no conoció los resultados. El análisis posterior mostró perfusión heterogénea cerca de los márgenes. Se requirió nueva resección por estenosis isquémica 14 días después[4].

Este caso permite examinar la relación entre perfusión superficial, apariencia y lesión histológica, pero no prueba que LSCI haya mejorado la resección: la tecnología no dirigió la intervención. Tampoco permite trasladar sus unidades de perfusión a un punto de corte clínico. El movimiento, la geometría de adquisición y las diferencias entre equipos afectan la lectura y requieren estandarización[4].

Mao y colaboradores aplicaron seguimiento automatizado de puntos a videos de ICG de seis pacientes neonatales. La comparación cuantitativa con el software comercial se realizó en tres pacientes y 21 regiones de interés, tras excluir otros tres de esa comparación por fallos de seguimiento comercial. Las regiones no son pacientes independientes. El trabajo aborda cómo seguir tejido en movimiento y medir parámetros temporales; no valida umbrales de necrosis ni demuestra beneficios en supervivencia o conservación intestinal[14].

En lechones prematuros, la angiografía cuantitativa con ICG se relacionó con la gravedad macroscópica de ECN. En crías de ratón se estudiaron cambios microvasculares mediante imagen óptica multicontraste, y un estudio en conejos combinó LSCI e imagen multiespectral con evaluación de lesión por isquemia y reperfusión. Estas investigaciones sustentan plausibilidad fisiológica y desarrollo técnico, pero sus valores y clasificadores no constituyen límites de viabilidad validados para el neonato humano[15 17].

Doppler, oximetría y técnicas espectrales

El Doppler láser se ha comparado con fluoresceína y métodos de aclaramiento en un modelo animal de isquemia intestinal neonatal. El registro focal puede ayudar a estudiar flujo, pero introduce sensibilidad al movimiento y al lugar de muestreo; una medición aislada puede omitir áreas parcheadas. El artículo no es un ensayo en neonatos humanos[18].

La ecografía Doppler color transabdominal ha sido estudiada para identificar ausencia de flujo en la pared de neonatos con sospecha de ECN. Esta evidencia se refiere a evaluación diagnóstica abdominal, aunque algunos pacientes hayan tenido confirmación quirúrgica; no valida un sistema intraoperatorio para elegir márgenes de resección. De igual forma, un reporte de oximetría intestinal en un niño y un modelo laparoscópico de apendicectomía pediátrica con cámaras de tres sensores ofrecen pruebas de concepto, sin establecer rendimiento en ECN neonatal[19 21].

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) aplicada sobre la piel abdominal estima oxigenación regional a través de un volumen de tejido. Depende de consumo, aporte de oxígeno, posición del sensor y contribución de tejidos distintos del asa intestinal. Estudios de ECN han explorado su relación con evolución y gravedad, pero esa monitorización no localiza por sí misma un margen de resección ni debe confundirse con la visualización de ICG, aunque ambas utilicen infrarrojo cercano[22,23].

Las imágenes multiespectrales e hiperespectrales exploran parámetros ópticos del tejido sin requerir necesariamente contraste intravenoso. Zhang y colaboradores estudiaron ocho conejos y aplicaron seis clasificadores supervisados para distinguir áreas intestinales normales y necróticas. Este desarrollo preclínico no valida decisiones de resección en humanos. En el conjunto examinado no se identificó validación clínica suficiente de imagen espectral para viabilidad intraoperatoria en neonatos con isquemia aguda[17,24].

Discusión

Qué permite afirmar la evidencia

La principal contribución clínica de estas tecnologías es hacer visible una diferencia de perfusión que puede pasar inadvertida a la inspección. La evidencia más cercana a la práctica neonatal corresponde a fluoresceína e ICG en ECN; LSCI y la cuantificación automatizada aportan sobre todo pruebas de factibilidad. La información adicional puede ser relevante en segmentos dudosos, pero la documentación de una discrepancia no demuestra que la nueva decisión sea superior ni que conserve más intestino viable[3 6,14].

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

Tabla 2. Comparación de las formas de evaluación

Método	Información aportada	Evidencia aplicable	Limitación principal
Inspección convencional	Aspecto macroscópico, motilidad y signos circulatorios	Práctica clínica y revisiones [1,2]	Subjetividad; signos indirectos; no integra toda la pared
Fluoresceína	Distribución de perfusión con contraste	Serie de 13 pacientes con ECN [3]	Sin comparador concurrente ni exactitud neonatal validada
ICG	Llegada y distribución de fluorescencia vascular	Series pequeñas con ECN; evidencia pediátrica adicional [5,6]	Sin umbral universal; señal superficial y dependiente de adquisición
LSCI	Mapa superficial de cambios de flujo sin colorante	1 prematuro; modelos experimentales [4,16]	Edad operatoria no indicada; análisis posterior; movimiento y calibración
Doppler láser	Flujo local por desplazamiento óptico	Modelo animal de isquemia neonatal [18]	Muestreo focal; sin validación clínica neonatal suficiente
NIRS abdominal	Balance regional de oxigenación	Monitorización de ECN [22,23]	No localiza directamente el margen; contribución de otros tejidos
Oximetría e imagen espectral	Oxigenación o parámetros ópticos de tejido	Pruebas pediátricas y modelos animales [17,20,21,24]	No se identificó validación clínica suficiente en isquemia neonatal

Las revisiones de ICG muestran una base pediátrica pequeña y heterogénea. Breuking y colaboradores identificaron cuatro estudios de perfusión con 45 pacientes y ocho estudios de seguridad con 46 lactantes; solo 18 de estos últimos eran neonatos y las indicaciones no eran exclusivamente isquemia intestinal. La revisión de Delgado-Miguel y colaboradores reunió 11 artículos y 94 pacientes pediátricos, principalmente de estudios pequeños. Estos conjuntos no deben sumarse entre sí, porque pueden compartir publicaciones y pacientes[8,9].

El consenso pediátrico internacional sobre ICG reconoce aplicaciones prometedoras y la necesidad de evidencia prospectiva de mayor calidad. Un consenso orienta estandarización, pero no reemplaza la comparación clínica de resultados. En los trabajos centrales de esta revisión no se identificó un ensayo aleatorizado ni una comparación controlada suficiente para estimar el efecto en mortalidad, síndrome de intestino corto, dehiscencia o estenosis posterior[25].

Perfusión y viabilidad no son equivalentes

La perfusión describe llegada o movimiento de sangre; la oxigenación refleja además extracción y consumo; la viabilidad supone capacidad del tejido para sobrevivir y mantener función. Una señal superficial favorable puede coexistir con daño mucoso previo, y la lesión puede progresar después de una adquisición aparentemente aceptable. A la inversa, una señal desfavorable puede depender de condiciones sistémicas o técnicas reversibles. La fisiología circulatoria del prematuro y la heterogeneidad de ECN hacen especialmente importante esa distinción[2,7,26].

La interpretación debe relacionar la imagen con el momento de la enfermedad, la respuesta a la corrección de la isquemia y la situación hemodinámica. Registrar únicamente presencia o ausencia de fluorescencia pierde información sobre llegada, distribución y eliminación del colorante. Sin embargo, añadir curvas cuantitativas no resuelve automáticamente la incertidumbre: primero debe demostrarse qué variable predice lesión irreversible y con qué reproducibilidad[14,15].

Sesgos que limitan la comparación

Los casos publicados suelen seleccionarse por complejidad o por un resultado llamativo, lo que dificulta estimar utilidad en todos los pacientes. En series sin control, las decisiones también dependen de experiencia, gravedad y disponibilidad de segunda exploración. Cuando el mismo cirujano interpreta inspección e imagen, ambas valoraciones pueden influirse. Si solo se estudia histológicamente lo resecado, la clasificación del intestino conservado queda pendiente del seguimiento; este sesgo de verificación puede sobreestimar la confianza en la técnica[6,8].

La unidad de análisis es otra fuente de confusión. Un paciente puede aportar varias asas, regiones, procedimientos o evaluaciones por distintos cirujanos. Tratar esas observaciones como pacientes independientes aumenta artificialmente la precisión. También es necesario separar ECN activa, estenosis pos-ECN y cierre electivo de estomas, porque no comparten probabilidad de necrosis ni la misma decisión quirúrgica[11 14].

Seguridad y condiciones de implementación

Los trabajos revisados comunican pocas reacciones relacionadas con ICG, pero sus tamaños no permiten excluir eventos infrecuentes. Las dosis publicadas y los sistemas de adquisición son variables; esta revisión no establece una dosis neonatal ni un protocolo terapéutico. La implementación requiere un equipo compatible, interpretación entrenada y registro de las condiciones de adquisición. En segunda exploración, la persistencia de señal de una dosis previa o la fluorescencia luminal pueden alterar la lectura[7,8,25].

Para métodos sin contraste, la ausencia de inyección reduce una carga operativa, pero persisten problemas de movimiento, muestreo superficial, exposición del intestino y calibración. La utilidad depende también de que la imagen esté disponible a tiempo para una decisión. El análisis posterior puede explicar un resultado o desarrollar un método; no debe presentarse como beneficio de navegación durante aquella cirugía[4,14].

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

Prioridades de investigación

Se necesitan cohortes prospectivas multicéntricas que registren edad posnatal, edad gestacional, peso, diagnóstico y fase quirúrgica por separado. Antes de visualizar la tecnología conviene documentar la impresión convencional y el margen propuesto; después, registrar si cambió la conducta, cuánto intestino se conservó o resecó y cuál fue la razón del cambio. Las condiciones hemodinámicas y los parámetros del equipo deben quedar disponibles para interpretar resultados entre centros.

La validación debería relacionar segmentos resecados con histología y segmentos conservados con evolución clínica, incluyendo estenosis, nueva resección, fracaso anastomótico, duración de nutrición parenteral e insuficiencia intestinal. El análisis estadístico debe considerar múltiples regiones por paciente. Una reducción de resección inmediata solo sería beneficiosa si el tejido conservado permanece funcional y no incrementa complicaciones posteriores. Después de validar interpretación y reproducibilidad, las comparaciones controladas podrán valorar beneficio clínico.

Limitaciones de la revisión

La selección temática permite una síntesis crítica, pero no garantiza identificación exhaustiva de todos los estudios. No se documentó cribado independiente por dos revisores y las ecuaciones efectivamente ejecutadas no constan en las exportaciones. Algunos artículos solo pudieron verificarse mediante resumen, lo que limita la evaluación de métodos y seguimiento. Las muestras pequeñas, las poblaciones mixtas, la heterogeneidad técnica y la posible publicación preferente de casos favorables restringen las conclusiones. Los resultados tampoco permiten extrapolar un rendimiento diagnóstico único para todas las causas de isquemia neonatal.

Conclusiones

La evaluación convencional continúa siendo la base de la valoración intraoperatoria. La fluoresceína y la ICG pueden aportar información adicional sobre segmentos dudosos en ECN, pero la evidencia clínica es pequeña, frecuentemente no controlada y parcialmente extrapolada de lactantes mayores. LSCI, la cuantificación automatizada y las imágenes espectrales son prometedoras, con validación neonatal aún insuficiente para definir umbrales de viabilidad.

Hasta el 25 de agosto de 2026, la evidencia analizada no permite afirmar que estas tecnologías reduzcan mortalidad, intestino corto, resección o complicaciones anastomóticas en neonatos con isquemia intestinal. Su función respaldada es complementaria al juicio quirúrgico. La prioridad es demostrar que la información de perfusión conduce a decisiones reproducibles y a mejores resultados clínicos.

Consideraciones éticas

No aplica aprobación de un comité de ética: es una revisión narrativa de literatura publicada, sin participación de pacientes ni acceso a datos individuales o historias clínicas.

Consentimiento informado. No aplica. No se incluyen pacientes, imágenes ni datos que permitan identificar a menores; el análisis se basa solo en publicaciones previas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Financiación

Este trabajo no recibió financiación externa.

Contribución de los autores (CRediT)

Conceptualización: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Metodología y búsqueda bibliográfica: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Análisis formal: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Redacción del borrador original: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Revisión y edición: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Supervisión: KNCM, KEAJ, SCJS, CVLT. Todas las autoras aprobaron la versión final del manuscrito y asumen la responsabilidad de su contenido.

Uso de inteligencia artificial generativa

No se usó inteligencia artificial generativa en la preparación de este manuscrito.

Disponibilidad de datos

No se generaron datos primarios. Todos los estudios analizados están publicados y citados en las referencias. Las exportaciones de las bases PubMed, Scopus y LILACS y el registro de depuración (17 678 registros iniciales, 13 230 únicos) están disponibles a solicitud razonable a la autora de correspondencia.

Referencias

1. Robinson JR, Rellinger EJ, Hatch LD, Weitkamp JH, Speck KE, Danko M, et al. Surgical necrotizing enterocolitis. Semin Perinatol. 2017;41(1):70-79. doi: 10.1053/j.semperi.2016.09.020.
2. Urbanavičius L, Pattyn P, de Putte DV, Venskutonis D. How to assess intestinal viability during surgery: A review of techniques. World J Gastrointest Surg. 2011;3(5):59-69. doi: 10.4240/wjgs.v3.i5.59.
3. Numanoglu A, Millar AJ. Necrotizing enterocolitis: early conventional and fluorescein laparoscopic assessment. J Pediatr Surg. 2011;46(2):348-51. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2010.11.021.
4. Knudsen KBK, Thorup J, Strandby RB, Ambrus R, Ring LL, Ifaoui I. Laser Speckle Contrast Imaging to Evaluate Bowel Lesions in Neonates with NEC. European J Pediatr Surg Rep. 2017;5(1):e43-e46. doi: 10.1055/s-0037-1606196.
5. Chung PHY, Fung ACH, Yeung F, Yu MON, Wong KKY. ICG fluorescence angiography is useful in guiding intra-operative surgical decision making in necrotizing enterocolitis. J Pediatr Surg Open. 2023;3:100005. doi: 10.1016/j.yjpso.2023.100005.
6. Pfennigs AM, Besendörfer M, Diez S, Reingruber B. Indocyanine green fluorescence in second-look surgery for necrotizing enterocolitis: enhancing the surgeon's perception. Front Pediatr. 2025;13:1641794. doi: 10.3389/fped.2025.1641794.
7. Hashizume N, Yoneda A, Ozeki G, Saito T, Fujiogi M, Kano M, et al. Outcomes of nonrejection in weakly fluorescent intestine detected by indocyanine green fluorescence angiography: a case series of infants. Surg Case Rep. 2024;10(1):97. doi: 10.1186/s40792-024-01885-y.
8. Breuking EA, van Varsseveld OC, Harms M, Tytgat SHAJ, Hulscher JBF, Ruiterkamp J. Safety and Feasibility of Indocyanine Green Fluorescence Angiography in Pediatric Gastrointestinal Surgery: A Systematic Review. J Pediatr Surg. 2023;58(8):1534-1542. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.10.045.
9. Delgado-Miguel C, Camps J, Hernandez Oliveros F. The Role of Indocyanine Green in Pediatric Gastrointestinal Surgery: Systematic Review. Eur J Pediatr Surg. 2024;34(1):2-8. doi: 10.1055/a-2123-5433.

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003

10. Le-Nguyen A, Bourque CJ, Trudeau MO, Ducruet T, Faure C, Piché N. Indocyanine green fluorescence angiography in pediatric intestinal resections: A first prospective mixed methods clinical trial. J Pediatr Surg. 2023;58(1):82-88. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.09.020.
11. Die X, Cui M, Feng W, Hou J, Chen P, Liu W, et al. Applications of indocyanine green-enhanced fluorescence in the laparoscopic treatment of colonic stricture after necrotizing enterocolitis. BMC Pediatr. 2023;23(1):635. doi: 10.1186/s12887-023-04458-4.
12. Castrillo A, Molino JA, Lopez-Fernandez S, Martos M, López M, Guillén G. Clinical Utility of Indocyanine Green Fluorescence in Neonatal Surgery: A Single-Center Study and Systematic Review. Eur J Pediatr Surg. 2025;35(6):448-459. doi: 10.1055/a-2631-5779.
13. Neville JJ, Vincent E, Gazzaneo M, Marinaro M, Nair A, Cirelli C, et al. Assessment of intra-operative bowel perfusion in children using indocyanine green: an exploratory study investigating its effect on surgical management. Pediatr Surg Int. 2026;42(1):208. doi: 10.1007/s00383-026-06432-4.
14. Mao Z, Composto A, Neville J, Cirelli C, Stoyanov D, Giuliani S, et al. Robust quantification of ICG fluorescence perfusion in neonatal bowel surgery via deep point tracking. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2026;21(7):1677-1681. doi: 10.1007/s11548-026-03733-w.
15. Bach Korsholm Knudsen K, Nerup N, Thorup J, Thymann T, Sangild PT, Svendsen LB, et al. Intestinal perfusion assessed by quantitative fluorescence angiography in piglets with necrotizing enterocolitis. J Pediatr Surg. 2022;57(4):747-752. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.10.021.
16. Senarathna J, Kovler M, Prasad A, Bhargava A, Thakor NV, Sodhi CP, et al. In vivo phenotyping of the microvasculature in necrotizing enterocolitis with multicontrast optical imaging. Microcirculation. 2022;29(6-7):e12768. doi: 10.1111/micc.12768.
17. Xie Y, Huang D, Yan J, Zhu L, Weng T, Zhang L, et al. Integrated laser speckle contrast and multispectral imaging for in vivo multimodal assessment of small intestinal viability. J Photochem Photobiol B. 2025;272:113264. doi: 10.1016/j.jphotobiol.2025.113264.
18. DiResta GR, Corbally MT, Sigurdson ER, Haumschild D, Ridge R, Brennan MF. Infrared laser Doppler flowmeter in the determination of small bowel perfusion after ischemic injury: comparison with the clearance of locally generated hydrogen and fluorescein angiography. J Pediatr Surg. 1994;29(10):1352-5. doi: 10.1016/0022-3468(94)90114-7.
19. Faingold R, Daneman A, Tomlinson G, Babyn PS, Manson DE, Mohanta A, et al. Necrotizing enterocolitis: assessment of bowel viability with color doppler US. Radiology. 2005;235(2):587-94. doi: 10.1148/radiol.2352031718.
20. La Hei ER, Shun A. Intra-operative pulse oximetry can help determine intestinal viability. Pediatr Surg Int. 2001;17(2-3):120-1. doi: 10.1007/s003830000484.
21. Millendez MB, Crane NJ, Elster EA, Safford SD. Evaluation of intestinal viability using 3-charge coupled device image enhancement technology in a pediatric laparoscopic appendectomy model. J Pediatr Surg. 2012;47(1):142-7. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2011.10.033.
22. Schat TE, Schurink M, van der Laan ME, Hulscher JB, Hulzebos CV, Bos AF, et al. Near-Infrared Spectroscopy to Predict the Course of Necrotizing Enterocolitis. PLoS One. 2016;11(5):e0154710. doi: 10.1371/journal.pone.0154710.
23. Kooi EMW, Mintzer JP, Rhee CJ, Ergenekon E, Schwarz CE, Pichler G, et al. Neonatal somatic oxygenation and perfusion assessment using near-infrared spectroscopy: Part of the series on near-infrared spectroscopy by the European Society of Paediatric Research Special Interest Group "Near-Infrared Spectroscopy". Pediatr Res. 2024;96(5):1180-1194. doi: 10.1038/s41390-024-03226-z.
24. Zhang L, Huang D, Chen X, Zhu L, Chen X, Xie Z, et al. Visible near-infrared hyperspectral imaging and supervised classification for the detection of small intestinal necrosis tissue in vivo. Biomed Opt Express. 2022;13(11):6061-6080. doi: 10.1364/BOE.470202.
25. Szavay PO, Bondoc A, Esposito C, Goldstein SD, Harms M, Kowalewski G, et al. Clinical Consensus Statement on the Use of Indocyanine Green Fluorescence-guided Surgery in Pediatric Patients. J Pediatr Surg. 2024;59(11):161657. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2024.07.042.
26. Chia CY, Falcão MC. Peculiaridades da circulação mesentérica em recém-nascidos e suas implicações em doenças gastrintestinais do período neonatal. Rev Paul Pediatr. 2009;27(2):204-210. doi: 10.1590/S0103-05822009000200014.

Cómo citar: Carreño Manzanillas KN et al., Viabilidad intestinal intraoperatoria en neonatos con isquemia intestinal. Evaluación convencional frente a tecnologías de perfusión. Revisión bibliográfica narrativa crítica con búsqueda estructurada. Pediatr Surg Latam (2026) 1(1):1–7. doi:10.68838/psl.2026.00003