



## **Actas de la Asociación Argentina de Cirugía**

Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 687.145

# **95° Congreso Argentino de Cirugía**

**68° Congreso Argentino de Cirugía Torácica**

**49° Congreso Argentino de Coloproctología**

**33° Jornadas Nacionales de Instrumentadores Quirúrgicos**

**25° Jornadas Nacionales de Médicos Residentes de Cirugía General**

**12° Jornadas de Cirugía Plástica y Reparadora**

**10° Jornadas de Cirugía del Trauma**

**10° Encuentro del Capítulo Argentino del ACS**

**02° Jornada De Cirugía Mamaria**

**Suplemento 1 - Volumen 117**

**Relatos 2025 - Buenos Aires**

**ISSN 2525-1716**

Publicado bajo la dirección del  
Comité de Publicaciones de la  
Asociación Argentina de Cirugía  
Marcelo T. de Alvear 2415 (1122),  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires



# Autoridades

## ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CIRUGÍA

---

### **Presidente**

Pablo E. Sonzini Astudillo

### **Vicepresidente 1°**

Oscar M. Mazza

### **Vicepresidente 2°**

Martín A. Duhalde

### **Secretario general**

Pablo Cingolani

### **Secretaria de actas**

Julietta Paleari

### **Tesorero**

Alejandro D. Moreira Grecco

### **Protesorera**

Victoria Ardiles

### **Vocales Titulares**

Rosa A. Pace

Gisela S. Aquije Matta

Mauricio J. Linzey

Paula D. Perurena

### **Vocales Suplentes**

Guillermina P. Eidenson

Noemí D. Hanania

Carina M. Chwat

Elena A. Fernández

Pablo G. Bolea

Arturo E. Cartagena

### **Director general**

José L. Tortosa

## COMITÉ CONGRESO

---

### **Presidente**

Martín A. Duhalde

### **Vicepresidente**

Federico A. Brahín

### **Secretarios**

Sebastián Alba Posse

Francisco Barragán

Camila Chara

Martín Drago

### **Colaboradores**

Magalí Chahdí Beltrame

Martín Celsi

E. Ezequiel Sadava

## CONSEJO EDITORIAL

---

### **Director**

Mario L. Iovaldi

### **Editor jefe**

Manuel R. Montesinos

### **Editores ejecutivos**

Rodrigo A. Gasque

Pablo E. Huespe

Leonardo Landi

Gabriel Navarta

María E. Peña

Lucas N. Pina

Victoria Santa María

### **Coordinadora editorial**

Natalia Ingani

### **Correctora de estilo**

María Isabel Siracusa

### **Traductora**

Rita Tepper

## EDITORES INTERNACIONALES DE LA REVISTA ARGENTINA DE CIRUGÍA

---

Mariana Berho

Markus W. Büchler

Guillermo M. Carriquiry

Antonio Caycedo-Marulanda

Claudio Cernea

Daniel I. Chu

Raúl Cutait

José de Vinatea de Cárdenas

Gonzalo Estapé Carriquiry

Steve Eubanks

Owen Korn Bruzzone

Luiz P. Kowalsky

Claudio Navarrete García

Gregg Nelson

Marco Patti

Carlos A. Pellegrini

Elina Quiroga

Eduardo M. Targarona Soler

Paula Ugalde

Steven D. Wexner

Nathan Zundel

## COMITÉ HONORARIO DE LA REVISTA ARGENTINA DE CIRUGÍA

---

H. Pablo Curutchet

Vicente Gutiérrez Maxwell

Enrique A. Sívori

68° CONGRESO ARGENTINO DE CIRUGÍA TORÁCICA

---

**Presidente**

Tamara Portas

49° CONGRESO ARGENTINO DE COLOPROCTOLOGÍA

---

**Presidente**

Adrián E. Mattacheo.

**Vicepresidente**

Julio L. Lococo

33° JORNADAS DE INSTRUMENTADORES QUIRÚRGICOS

---

**Presidentes**

Marcel Stolfa

**Secretaria**

Deborah Smith

25° JORNADAS NACIONALES DE MÉDICOS RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL

---

**Presidente**

Belén Leal

**Vicepresidente**

Lucas Donadeu

12° JORNADAS DE CIRUGÍA PLÁSTICA Y REPARADORA

---

**Presidente**

Alberto Rancati

10° JORNADAS DE CIRUGÍA DEL TRAUMA

---

**Presidente**

Rubén D. Algieri

**Vicepresidente**

Verónica De Tone

10° ENCUENTRO ARGENTINO DEL CAPÍTULO ARGENTINO DEL ACS

---

**Presidente**

Romina Bianchi

02° JORNADA DE CIRUGÍA MAMARIA

---

**Presidente**

Julio Dorr

## Presidentes de los Congresos de la Asociación Argentina de Cirugía

Primero	(1928) R. Armando Marotta	Cuadragésimo noveno	(1978) Angel N. Bracco
Segundo	(1930) Eduardo F. Beláustegui	Quincuagésimo	(1979) Clemente J. Morel
Tercero	(1931) Ernesto Romagosa	Quincuagésimo primero	(1980) Alberto E. Laurence
Cuarto	(1932) Arturo Zabala	Quincuagésimo segundo	(1981) Juan J. Boretti
Quinto	(1933) Enrique Finochietto	Quincuagésimo tercero	(1982) Wolfgang G. Lange
Sexto	(1934) José Arce	Quincuagésimo cuarto	(1983) Miguel A. Figueroa
Séptimo	(1935) Marcelo Viñas	Quincuagésimo quinto	(1984) Jorge Manrique
Octavo	(1936) Alejandro Ceballos	Quincuagésimo sexto	(1985) Arturo E. Wilks
Noveno	(1937) Luis A. Tamini	Quincuagésimo séptimo	(1986) Eduardo Schieppati
Décimo	(1938) José M. Jorge	Quincuagésimo octavo	(1987) H. P. P. J. Achával Ayerza
Undécimo	(1939) Roberto Solé	Quincuagésimo noveno	(1988) Enrique M. Beveraggi
Duodécimo	(1940) Alberto Baraldi	Sexagésimo	(1989) Vicente P. Gutiérrez
Décimo tercero	(1941) Arnaldo Caviglia	Sexagésimo primero	(1990) Jorge M. Moroni
Décimo cuarto	(1942) Carlos Robertson Lavalle	Sexagésimo segundo	(1991) Santiago G. Perera
Décimo quinto	(1943) Oscar Copello	Sexagésimo tercero	(1992) Héctor D. Santángelo
Décimo sexto	(1944) Pablo E. Mirizzi	Sexagésimo cuarto	(1993) Alfredo Martínez Marull
Décimo séptimo	(1945) Rodolfo E. Pasman	Sexagésimo quinto	(1994) Claudio Barredo
Décimo octavo	(1947) Manuel Ruiz Moreno	Sexagésimo sexto	(1995) Frutos E. Ortiz
Décimo noveno	(1948) Oscar J. Cames	Sexagésimo séptimo	(1996) Luis V. Gutiérrez
Vigésimo	(1949) Adolfo E. Landívar	Sexagésimo octavo	(1997) Leonardo H. Mc Lean
Vigésimo primero	(1950) Delfor del Valle	Sexagésimo noveno	(1998) Jorge R. Defelitto
Vigésimo segundo	(1951) Vicente Gutiérrez	Septuagésimo	(1999) H. Pablo Curutchet
Vigésimo tercero	(1952) Juan M. Allende	Septuagésimo primero	(2000) Eduardo N. Saad
Vigésimo cuarto	(1953) Carlos J. Allende	Septuagésimo segundo	(2001) Luis Gramática
Vigésimo quinto	(1954) Federico E. Christman	Septuagésimo tercer	(2002) Roberto N. Pradier
Vigésimo sexto	(1955) Alejandro J. Pavlovsky	Septuagésimo cuarto	(2003) Enrique A. Sívori
Vigésimo séptimo	(1956) José A. Caeiro	Septuagésimo quinto	(2004) Hugo R. Amarillo
Vigésimo octavo	(1957) Carlos E. Ottolenghi	Septuagésimo sexto	(2005) Pedro A. Ferraina
Vigésimo noveno	(1958) Carlos E. Velasco Suárez	Septuagésimo séptimo	(2006) Alejandro S. Oría
Trigésimo	(1959) Mario M. J. Brea	Septuagésimo octavo	(2007) Eduardo Cassone
Trigésimo primero	(1960) Wenceslao Tejerina Fotheringham	Septuagésimo noveno	(2008) Eduardo de Santibañes
Trigésimo segundo	(1961) Angel F. San Martín	Octogésimo	(2009) Claudio Iribarren
Trigésimo tercero	(1962) Juan R. Michans	Octogésimo primero	(2010) Octavio Gil
Trigésimo cuarto	(1963) Alfredo Llambías	Octogésimo segundo	(2011) Norberto A. Mezzadri
Trigésimo quinto	(1964) José E. Rivarola	Octogésimo tercero	(2012) Luis T. Chiappetta Porras
Trigésimo sexto	(1965) Alberto E. Baila	Octogésimo cuarto	(2013) Ricardo A. Torres
Trigésimo séptimo	(1966) Guillermo Belleville	Octogésimo quinto	(2014) Juan Pekolj
Trigésimo octavo	(1967) Aníbal J. Introzzi	Octogésimo sexto	(2015) Alejandro M. de la Torre
Trigésimo noveno	(1968) Iván Goñi Moreno	Octogésimo séptimo	(2016) Francisco Florez Nicolini
Cuadragésimo	(1969) Adolfo M. Rey	Octogésimo octavo	(2017) Juan E. Álvarez Rodríguez
Cuadragésimo primero	(1970) Andrés A. Santas	Octogésimo noveno	(2018) Roberto A. Cerutti
Cuadragésimo segundo	(1971) Juan V. Gurruchaga	Nonagésimo	(2019) Enrique Ortiz
Cuadragésimo tercero	(1972) Diego E. Zavaleta	Nonagésimo primero	(2021) Luis E. Sarotto
Cuadragésimo cuarto	(1973) Julio V. Uriburu	Nonagésimo segundo	(2022) Fernando M. Iudica
Cuadragésimo quinto	(1974) Jorge Sánchez Zinny	Nonagésimo tercero	(2023) Pablo E. Sonzini Astudillo
Cuadragésimo sexto	(1975) José M. Mainetti	Nonagésimo cuarto	(2024) Oscar M. Mazza
Cuadragésimo séptimo	(1976) José A. García Castellanos	Nonagésimo quinto	(2025) Martín A. Duhalde
Cuadragésimo octavo	(1977) Armando G. Russo		



**Relatos Oficiales del 95°  
Congreso Argentino de Cirugía 2025**

**Abdomen agudo en el anciano:  
controversias técnicas y éticas**

**Relator**

**Patrizio Petrone**

**Impacto de la cirugía guiada por  
fluorescencia en la práctica clínica:  
Avances y aplicaciones  
en cirugía contemporánea**

**Relatores**

**Fernando Dip**

**Alberto Rancati**

**Hernán Todeschini**



# Índice

## 11 Abdomen agudo en el anciano: controversias técnicas y éticas

- 13 Agradecimientos
- 14 Introducción
- 17 Fisiología del envejecimiento
  - 17 Estado funcional
  - 17 Nivel neuropsiquiátrico
  - 18 Nivel cardiovascular
  - 19 Nivel respiratorio
  - 20 Nivel gastrointestinal
  - 21 Nivel renal
  - 21 Nivel endocrino
- 23 Inmunología
  - 23 Senescencia e *inflammaging*
  - 24 Aceleración de la senescencia en el posoperatorio
  - 24 Prevención de la senescencia acelerada posquirúrgica
- 26 Fragilidad en cirugía general de emergencia en pacientes geriátricos
  - 26 Medición de la fragilidad
  - 26 Asociación entre fragilidad y resultados en pacientes geriátricos
  - 28 Optimización de pacientes frágiles con CGE
  - 28 Especialistas en geriatría y atención multidisciplinaria
- 30 Principios de la cirugía general de emergencia en población geriátrica
- 31 Causas quirúrgicas y médicas de abdomen agudo
  - 31 Apendicitis en el paciente geriátrico
  - 33 Patología hepato-pancreato-biliar (HPB) en el paciente geriátrico
  - 43 Diverticulitis en el paciente geriátrico
  - 46 Hemorragia digestiva en el paciente geriátrico
  - 52 Obstrucción intestinal en el paciente geriátrico
  - 60 Trauma en el paciente geriátrico
  - 61 Isquemia mesentérica en el paciente geriátrico
  - 63 Colitis isquémica en el paciente geriátrico
  - 63 Infecciones extraabdominales en el paciente geriátrico
  - 64 Alteraciones metabólicas en el paciente geriátrico
- 65 Evaluación del riesgo quirúrgico en el anciano
  - 66 Estratificación del riesgo
- 70 Recomendaciones para el preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio
  - 70 Preoperatorio
  - 71 Intraoperatorio
  - 72 Posoperatorio
- 75 Discusión de los objetivos de cirugía general de emergencia en el paciente geriátrico
  - 75 Toma de decisiones concordantes con los objetivos
  - 76 Determinación de la capacidad de toma de decisiones
  - 76 Preparando el escenario
- 77 Objetivos del cuidado
  - 78 Preguntar y evaluar la comprensión (*Ask and assess understanding*)
  - 78 Construir una buena relación (*Build rapport*)
  - 79 Comunicar pronósticos y resultados (*Communicate prognosis and outcomes*)
  - 80 Desarrollar un plan de tratamiento (*Develop a treatment plan*)
  - 80 Evaluar y finalizar (*Evaluate and End*)
- 82 Desafíos éticos: retención, interrupción y la no utilidad de medidas para mantener la vida
- 84 Estado actual de la cirugía general de emergencia en pacientes geriátricos: resultados de la encuesta nacional e internacional
- 85 Referencias bibliográficas
- 88 Apéndice

## **93 Impacto de la cirugía guiada por fluorescencia en la práctica clínica: Avances y aplicaciones en cirugía contemporánea**

<b>95</b>	Agradecimientos	
<b>96</b>	Generalidades	
<b>96</b>	Historia de la cirugía guiada por fluorescencia	
<b>97</b>	Principios básicos de la fluorescencia	
<b>97</b>	Agentes fluorescentes o fluoróforos	
<b>100</b>	Dispositivos ópticos: cámaras, filtros y sistemas de visualización	
<b>100</b>	Análisis FODA de la cirugía guiada por fluorescencia	
<b>102</b>	Adopción de la cirugía guiada por fluorescencia en el mundo	23
<b>111</b>	Aplicaciones en cirugía de cabeza y cuello	
<b>111</b>	Evaluación de márgenes quirúrgicos en tumores de cabeza y cuello	46
<b>112</b>	Estadificación y mapeo de ganglios linfáticos en HNC	49
<b>113</b>	Tiroidectomía. Protección de Glándulas Paratiroides mediante autofluorescencia y perfusión con verde de indocianina	
<b>115</b>	Visualización de nervios periféricos durante cirugía tiroidea y de cabeza y cuello	
<b>117</b>	Reconstrucción en cirugías comando y extremidades	
<b>120</b>	Aplicaciones en cirugía torácica	
<b>120</b>	Identificación de tumores pulmonares y metástasis	
<b>120</b>	Evaluación de la perfusión pulmonar	
<b>120</b>	Localización de ganglios linfáticos	
<b>121</b>	Identificación de estructuras anatómicas críticas	
<b>121</b>	Visualización del conducto torácico	
<b>122</b>	Nuevas sustancias fluorescentes para la detección de tumores	
<b>124</b>	Aplicaciones en cirugía digestiva	
<b>124</b>	Esófago y estómago	
<b>126</b>	Hígado	
<b>128</b>	Vía biliar y páncreas	
<b>131</b>	Colon y recto	
<b>135</b>	Aplicaciones en cirugía oncológica de mama	
<b>135</b>	Evaluación de la perfusión tisular en cirugía de mama	
<b>136</b>	Mapeo del ganglio centinela en el cáncer de mama	
<b>137</b>	Identificación de márgenes tumorales y preservación de tejido sano en mama	
<b>139</b>	Preservación nerviosa y sensibilidad en mastectomías con reconstrucción	
<b>142</b>	Aplicación en reconstrucción mamaria autóloga con colgajos DIEP y TRAM	
<b>143</b>	Monitorización posoperatoria y reducción de complicaciones	
<b>146</b>	Futuro de la Cirugía guiada por Fluorescencia	
<b>147</b>	Desarrollo de nuevos agentes fluorescentes específicos	
<b>148</b>	Avances en dispositivos de visualización portátiles	
<b>149</b>	Integración con inteligencia artificial y realidad aumentada	
<b>150</b>	Uso de IA para análisis en tiempo real de imágenes fluorescentes	
<b>151</b>	Visualización aumentada de estructuras anatómicas críticas	
<b>152</b>	Expansión de indicaciones clínicas	
<b>152</b>	Uso en procedimientos no quirúrgicos	
<b>153</b>	Retos pendientes	
<b>154</b>	Costos y accesibilidad de la tecnología	
<b>155</b>	Necesidad de formación y capacitación de equipos quirúrgicos	
<b>156</b>	Impacto de la fluorescencia en el mundo	
<b>156</b>	Distribución geográfica del interés	

## Relato Oficial

Año 2025 | Suplemento

### 95° Congreso Argentino de Cirugía

# Abdomen agudo en el anciano: controversias técnicas y éticas

Patrizio Petrone<sup>1</sup>

- 1 Médico, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina  
Especialista en Cirugía General, Cirugía de Trauma y Emergencias  
Doctor en Medicina, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España  
Máster en Salud Pública, Università di Bologna, Italia  
Magíster en Economía de la Salud y Administración de Organizaciones de Salud, UNLP, Argentina  
Director of Academic Surgical Affairs, NYU Langone Hospitals. New York, USA  
Director of Surgical Research, NYU Langone Hospital–Long Island. New York, USA  
Director, International Visiting Scholars Program, NYU Langone Hospital–Long Island. New York, USA  
Associate Professor of Surgery, NYU Grossman Long Island School of Medicine. New York, USA  
Profesor de Cirugía, Universidad CEU Cardenal Herrera. Valencia, España  
Profesor Distinguido, Asociación Colombiana de Cirugía. Bogotá, Colombia  
Fellow de Cirugía de Trauma y Cuidados Críticos Quirúrgicos. Los Angeles County+University of Southern California (LAC+USC) Medical Center. Los Angeles, USA  
Fellow de Mastología y Cirugía Reconstructiva. Istituto Nazionale Tumori di Milano, Università di Milano. Milán, Italia  
Diplomado en Gestión de Riesgo de Emergencias y Desastre, Consejo Provincial de Emergencias. La Plata, Argentina  
Diplomado en Historia Sanmartiniana, Instituto Nacional Sanmartiniano. Buenos Aires, Argentina  
Miembro de la Asociación Argentina de Cirugía – MAAC  
Fellow del American College of Surgeons – FACS  
Miembro del Academy of Master Surgeon Educators del American College of Surgeons– MAMSE  
Miembro de la Academia Argentina de Cirugía  
Miembro Honorario de la Sociedad Argentina de Medicina y Cirugía del Trauma  
Miembro Honorario de la Sociedad de Cirujanos Generales del Perú – SCGP (Hon)  
Miembro de la Asociación Colombiana de Cirugía – MACC  
Miembro de la Sociedad Panamericana de Trauma  
Miembro de la European Society for Trauma and Emergency Surgery  
Presidente del Comité de Investigación de la Sociedad Panamericana de Trauma  
Miembro del American College of Surgeons Scholarships Committee  
Miembro de la World Association of Medical Editors – WAME  
Co-Editor, Revista Colombiana de Cirugía. Bogotá, Colombia  
Editor de Sección, European Journal of Trauma and Emergency Surgery. Frankfurt, Alemania  
Editor de Sección, Panamerican Journal of Trauma. Virginia, USA  
Comité Editorial, Scandinavian Journal of Surgery. Helsinki, Finlandia  
Comité Editorial, Journal of Surgical Case Reports. Oxford University, Reino Unido  
Comité Editorial, Revista Cirugía Andaluza. Málaga, España  
Comité Editorial, Revista Paraguaya de Cirugía. Asunción, Paraguay



## Agradecimientos

Desde el año 1928 ha sido una tradición ininterrumpida realizar el Relato Oficial del Congreso Argentino de Cirugía. Se trata de la puesta al día de un tema de interés para los cirujanos del país, presentando el estado del arte de la temática en cuestión. Uno de los mayores honores que un cirujano puede recibir durante su carrera profesional es la de ser designado para preparar el Relato Oficial. Por ello, agradezco profundamente a la Comisión Directiva de la Asociación Argentina de Cirugía por mi designación como Relator Oficial del 95º Congreso Argentino de Cirugía en el tema “Abdomen agudo en el anciano: controversias técnicas y éticas”.

Hace un tiempo escuché una frase que decía que el nombre del hospital donde uno se había formado debería ser usado como nuestro segundo apellido, expresión que me pareció muy profunda y verdadera. Por eso, el primer lugar en mi lista de agradecimientos es para el Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) Prof. Dr. Luis Güemes, de Haedo (Provincia de Buenos Aires), conocido históricamente como Instituto de Cirugía de Haedo, lugar donde realicé mi residencia de Cirugía General e hice mis primeras experiencias en el campo de la Cirugía de Trauma y Emergencias, adquiriendo las bases para poder especializarme y ejercer en otros centros hospitalarios.

Con el temor de cometer la injusticia de olvidarme de quienes han contribuido en mi formación médica, académica y científica, es que prefiero mencionar cronológicamente solo los nombres de los hospitales y universidades por los que he tenido la gran fortuna de transcurrir durante mi vida profesional y expresar mi enorme agradecimiento a mis Profesores, Maestros, Mentores, Educadores y Colegas. Luego de graduarme como Médico en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, y de realizar mi residencia en Clínica Quirúrgica en el HIGA

Güemes de Haedo, desarrollé mi vida formativa y profesional en el Istituto Nazionale dei Tumori, Milán, Italia; Los Angeles General Medical Center (ex-Los Angeles County+University of Southern California [LAC+USC] Medical Center), Los Angeles, California; Keck Hospital of University of Southern California (USC), Los Angeles, California; Huntington Medical Research Institutes (HMRI), Pasadena, California; Westchester University Hospital Medical Center, New York Medical College, Valhalla, New York; Stony Brook University School of Medicine, Stony Brook, New York; y NYU Langone Hospital—Long Island, NYU Grossman Long Island School of Medicine, New York.

Me gustaría expresar mi agradecimiento a la Dra. Patricia L. Turner, MD, MBA, FACS, Directora Ejecutiva y CEO del American College of Surgeons por su gran deferencia y excelente predisposición como Comentadora Oficial de este Relato.

Quisiera brindar un especial homenaje a la memoria de mis padres, Giovanni Petrone y Micheline Stella, quienes junto con mi hermana y quien les habla, llegamos a Argentina desde Italia, buscando alcanzar el sueño argentino y haber logrado convertirme, no solo en el primer médico de mi familia, sino también en el primero en asistir a la Universidad. Tal vez la obra que mejor nos haya representado a mí y a mi familia es *M'hijo el doctor* de Florencio Sánchez. Ellos me enseñaron el significado del sacrificio y el espíritu del trabajo honesto. Sus sabios consejos siempre guían mis pasos en mi carrera profesional y mi vida personal.

Me gustaría expresar mi profundo y eterno agradecimiento a Marcela, compañera incondicional, ejemplo de vida y fuente de alegría y entereza en los momentos más difíciles.

A todos y a cada uno, muchas gracias.

## Introducción

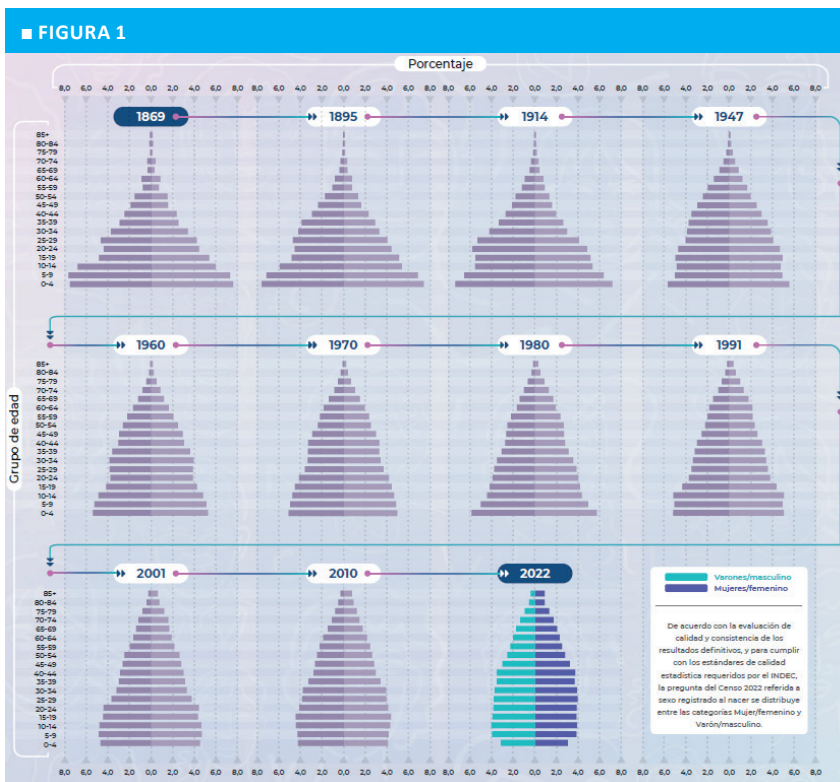
La esperanza de vida ha aumentado drásticamente durante el último siglo. La población geriátrica, definida como aquella de 65 años de edad o mayor, está creciendo a un ritmo incesante. Según datos del último censo de Estados Unidos, el porcentaje de la población mayor de 65 años se incrementó de 9,2% en 1960 a 16,9% en 2020<sup>1</sup>, y se estima que crecerá hasta el 21% en 2030. En la categoría de personas de 80 años o mayores, el porcentaje de la población ha aumentado de 1,4% en 1960 a 4% de la población total en 2020. Según el censo 2022<sup>2</sup>, en la Argentina el porcentaje de personas mayores de 65 años ha aumentado de 5,7% en 1960 a 11,9% en 2022 (9,7% por encima del 2,0% del censo de 1869) (Fig. 1). Del mismo modo, la población de 80 años o mayores en la Argentina alcanzó el millón (2,5% de la población), siendo el grupo que más creció. A su vez, el índice de envejecimiento, definido como la cantidad de personas de 65 años y más por cada 100 que tienen hasta 14 años, ha evolucionado de 24 en 1970 a 53 en 2022, como resultado del aumento de la esperanza de vida y, simultáneamente, de la disminución de la natalidad (Fig. 2). Por último, la tasa de sobreenviejamiento de personas de la llamada ‘cuarta edad’, definido como la cantidad de personas de 85

años y más por cada 100 de 65 años y más, incrementó su valor de 5,0 en 1970 a 10,4 en 2022 (Fig. 3).

Por lo tanto, los cirujanos se enfrentan cada vez más a operaciones en poblaciones a menudo con múltiples condiciones comórbidas, lo que afectará todas las áreas de la medicina. Si bien la población anciana tiene cuatro veces más probabilidades de someterse a una cirugía, se estima una cantidad mayor que el costo de atender afecciones de otros pacientes geriátricos con diagnóstico de infarto de miocardio, neumonía, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y diabetes<sup>3</sup>.

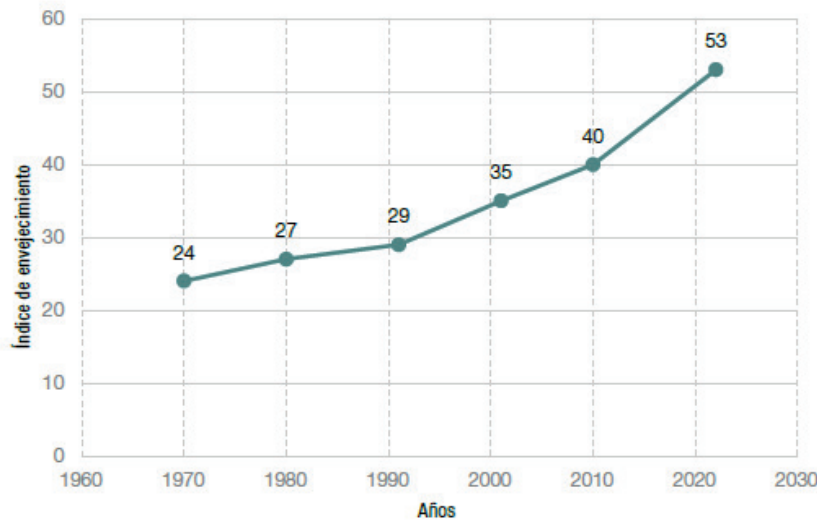
El envejecimiento avanzado va acompañado de un deterioro funcional en múltiples sistemas que culmina en una mayor susceptibilidad, riesgo de hospitalización y mortalidad por infecciones como la influenza, un riesgo aumentado de enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide y otras enfermedades crónicas; juntos hacen de los adultos mayores una población vulnerable. Por lo tanto, desarrollar una comprensión de los procesos biogerontológicos subyacentes es vital para mantener una buena salud al reducir el riesgo de multimorbilidad en la vejez<sup>4</sup>.

Continúa siendo tema de debate el logro de



Estructura de la población, por sexo y grupos quinquenales de edad a través de los censos nacionales (1869-2022).  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la República Argentina. Año de consulta: 2025

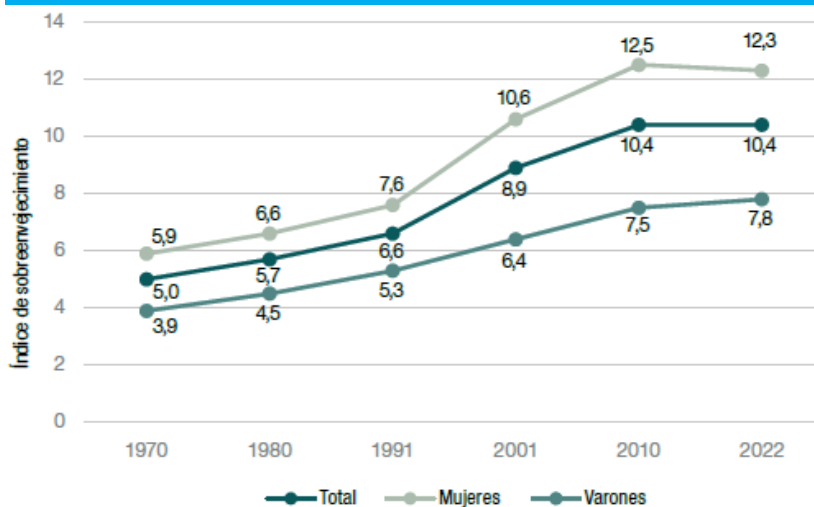
FIGURA 2



Incremento del índice de envejecimiento como resultado del aumento de la esperanza de vida y de la disminución de la natalidad (1970-2022).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la República Argentina. Año de consulta: 2025

FIGURA 3



Aumento del índice de sobre-envejecimiento, definido como la cantidad de personas de 85 años y más por cada 100 de 65 años y más (1970-2022).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) de la República Argentina. Año de consulta: 2025

un consenso sobre la edad umbral que debe utilizarse para identificar a los pacientes de edad avanzada. En la actualidad se considera la edad de 65 años como el valor de corte para identificar a los pacientes quirúrgicos con riesgo de obtener peores resultados. Sin embargo, según los datos de rendimiento a partir de 2020, y debido a una disminución de las tasas de mortalidad, la esperanza de vida de 79,0 y 84,6 años para hombres y mujeres, respectivamente, se debería ampliar a uno que contemple 65 a 80 años para identificar a los “mayores jóvenes”, y aquellos pacientes geriátricos de más de 80 años como “mayores ancianos”, tal como sugiere la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>5</sup>.

La población que envejece corre un riesgo de mortalidad mucho mayor que el resto de la población. La razón de la mayor mortalidad entre los pacientes geriátricos puede atribuirse en parte a sus comorbili-

dades, pero también a la fisiología normal del anciano. El envejecimiento se puede definir como “un deterioro celular progresivo que deriva en una afectación gradual de la función de los órganos; los cambios fisiológicos son inevitables e irreversibles y pueden provocar una pérdida de viabilidad y un aumento de la vulnerabilidad a las enfermedades y, finalmente, la muerte”. Las personas mayores tienen menos capacidad para permanecer homeostáticas frente a los factores estresantes que afectan a su cuerpo. Comprender la fisiología del paciente anciano es importante para poder tratarlo adecuadamente y compensar la incapacidad de su fisiología para enfrentar los factores estresantes<sup>6</sup>.

Actualmente, el 41% de todas las cirugías hospitalarias anuales en los Estados Unidos ya se realizan en el subconjunto de la población de mayor edad. El trauma geriátrico ha aumentado proporcionalmente

respecto del total de pacientes de trauma y se supone que está subestimado debido a la atención brindada en centros de nivel inferior u hospitales de la comunidad que no cuentan con la verificación respectiva como Centro de Trauma. Las personas geriátricas informan una prevalencia cada vez mayor de enfermedades crónicas; por lo tanto, los cirujanos de trauma y emergencias con frecuencia se enfrentarán a la atención de pacientes mayores que, a menudo, presentan desafíos diagnósticos y terapéuticos únicos<sup>4</sup>.

Generalmente se considera que el trauma afecta principalmente a la población joven, mientras que la población de mayor edad es percibida como sedentaria y menos activa. Sin embargo, la norma tradicional está cambiando y los adultos mayores están mejorando en el mantenimiento de su salud, lo que los expone al riesgo de sufrir algún tipo de trauma debido a un estilo de vida más activo. Estas tendencias, además de las caídas, quemaduras y los incidentes de tránsito que afectan a los ancianos frágiles, hacen que los traumatismos se conviertan en una de las principales causas de morbilidad y mortalidad<sup>4</sup>.

Las personas de 65 años o más tienen tasas de cirugía más altas en comparación con otras personas. En consecuencia, el riesgo inherente de someterse a un procedimiento de emergencia combinado con una edad avanzada da peores resultados y la utilización de más recursos. La Cirugía General de Emergencia (CGE) geriátrica incluye una amplia gama de trastornos con distintos procesos patológicos, presentaciones y problemas de manejo. Las afecciones más comunes incluyen diverticulitis aguda, isquemia mesentérica, colecistitis aguda y apendicitis aguda<sup>4</sup>.

El envejecimiento se asocia con cambios anatómicos y fisiológicos que complican aún más el manejo de la CGE. Los adultos mayores también tienen vulnerabilidades físicas y sociales distintas, así como objetivos únicos para su atención, que justifican un enfoque de la cirugía más completo e individualizado. Sin embargo, es necesario considerar otros factores además de la edad al atender a pacientes geriátricos sometidos a CGE.

Hay estudios que han demostrado que la fragilidad es un mejor predictor de mortalidad y morbilidad en comparación con la edad cronológica en esta población. La fragilidad se define como un estado de vulnerabilidad a malos resultados, y es una combinación de factores asociados con la edad, que incluyen comorbilidades múltiples, deterioro cognitivo, aislamiento social, deterioro funcional, conducta sedentaria, sarcopenia y pérdida de peso, que conduce a un envejecimiento acelerado y una disminución de la salud y de la reserva fisiológica. Por lo tanto, los cirujanos debemos identificar mejor el síndrome de fragilidad y luego adaptar estrategias de tratamiento específicas para disminuir los posibles efectos adversos y mejorar la atención brindada a los pacientes mayores. Sin embargo, a medida que la población envejece, surge un contraste entre la edades biológica y cronológica. Los cirujanos se encuentran con frecuencia con pacientes de setenta o incluso ochenta años muy vibrantes y con pacientes de cincuenta años muy frágiles. Por lo tanto, la necesidad de una evaluación de los riesgos y una optimización adecuada se vuelve crítica para determinar el riesgo de los procedimientos y distinguir a los pacientes ancianos sanos de los frágiles de alto riesgo<sup>7</sup>.

## Fisiología del envejecimiento

### Estado funcional

El estado funcional se define como los componentes necesarios para realizar las actividades de la vida diaria, y se lo puede clasificar en independiente, parcialmente dependiente y totalmente dependiente. Incluye componentes cognitivos y físicos. Una prueba sencilla que se utiliza para ayudar a la función física es la prueba *Timed Up and Go* (TUG)<sup>8</sup>. Esto implica cronometrar el tiempo que le toma a un paciente levantarse de una silla, alejarse tres metros, retroceder y sentarse. Si esta actividad le lleva más de 15 segundos, el paciente tiene un mayor riesgo de sufrir un deterioro funcional en el futuro. La función deteriorada es un predictor de malos resultados posoperatorios. Algunos autores creen que puede correlacionarse con tasas más altas de morbilidad y mortalidad que sus equivalentes metabólicos cardíacos. La función, al igual que la fragilidad, es útil para identificar pacientes que se beneficiarían de la rehabilitación. Si bien no es una opción para pacientes que requieren CGE, es útil para discutir posibles resultados y planes de alta con los pacientes y sus familiares. Es importante saber que hasta el 30% de los adultos mayores desarrollan un nuevo deterioro funcional durante una hospitalización aguda, e incluso un año después de la cirugía menos del 50% de los pacientes regresan a su estado funcional preoperatorio. Un estudio publicado recientemente por Sharoky<sup>9</sup> evaluó el estado funcional de los ancianos después del ingreso hospitalario de urgencia por cirugía general. Incluyó a más de 70 000 pacientes y descubrieron que el estado funcional de las personas fluctuaba después del alta médica. Dentro de los primeros cinco años, el 32% requirió una segunda atención crónica en el hogar, mientras que la mitad de los pacientes que necesitaron atención domiciliaria recuperaron su independencia total dentro de los 5 años posteriores al alta médica.

### Nivel neuropsiquiátrico

#### Fisiología

La estructura, función y metabolismo del cerebro cambian con el tiempo. El volumen del cerebro comienza a disminuir a partir de los 40 años y aumenta la velocidad de disminución luego de los 70 años. La pérdida de su volumen comienza antes en los hombres, pero los cambios son más rápidos en las mujeres una vez que comienzan. Las áreas del cerebro más afectadas incluyen la corteza prefrontal, el lóbulo temporal

medial, el cerebelo y el hipocampo. La corteza prefrontal afecta el control cognitivo y, por lo tanto, influye en la atención, la inhibición de los impulsos y la memoria. El lóbulo temporal medial contiene el hipocampo, la amígdala y las regiones parahipocampales, que son importantes para la memoria episódica y espacial. El cerebelo es muy importante para el equilibrio y los cambios posturales. Además de los cambios estructurales, también se producen cambios cognitivos que comienzan entre la cuarta y quinta década de la vida. La memoria es uno de los principales cambios cognitivos que disminuye con el tiempo. La memoria episódica es la más comúnmente afectada, lo que implica recordar cómo, cuándo y dónde se obtuvo la información. La barrera hematoencefálica sirve para proteger el sistema nervioso de agresiones mediante una permeabilidad selectiva. Sin embargo, a medida que las personas envejecen, la barrera hematoencefálica se vuelve más permeable. La distribución vascular en el cerebro también cambia con el tiempo. Los capilares son más densos en áreas de mayor procesamiento; sin embargo, esto disminuye con la edad. Además, la íntima de las arterias comienza a engrosarse y estos cambios conducen a la aterosclerosis, aumentando así la resistencia vascular y disminuyendo la perfusión. Estos cambios conducen a un mayor riesgo de delirio en situaciones agudas y disfunción cognitiva a largo plazo.

#### Contexto clínico

La evaluación preoperatoria desde una perspectiva neuropsiquiátrica es importante, ya que el delirio es la complicación posoperatoria más común en pacientes de edad avanzada y afecta hasta al 50% de ellos<sup>10</sup>. El factor de riesgo más importante para desarrollar delirio es la demencia. El delirio se asocia con una mayor duración de la estancia hospitalaria, presencia de complicaciones, recuperación deficiente, mayor mortalidad y mayores costos. Existen numerosos factores de riesgo para el delirio, incluida la edad avanzada, el abuso de alcohol y la función física deficiente. El tipo de cirugía también puede ser un factor contribuyente, ya que algunas de ellas provocan más estrés fisiológico. La evaluación Mini-Cog<sup>11</sup> ha sido identificada como una buena herramienta de detección del deterioro cognitivo, ya que es fácil de administrar y ha demostrado evidencia de validez. Algunos medicamentos como las benzodiazepinas y los antihistamínicos se asocian a un mayor riesgo de delirio, por lo que deben evitarse en la población de edad avanzada.

La disfunción cognitiva incluye déficits en áreas como la atención, el aprendizaje, la memoria a corto plazo, el procesamiento visual y auditivo, y el funcionamiento motor. La duración puede ser de semanas a meses y no siempre es fácil de identificar. Se asocia con más complicaciones, aumento de las tasas de mortalidad, discapacidad a largo plazo, jubilación anticipada y un nivel educativo más bajo. Los factores de riesgo incluyen problemas metabólicos y accidentes cerebrovasculares previos<sup>12</sup>.

La depresión es otro componente importante con respecto a la recuperación posoperatoria. Se asocia con un peor pronóstico, mayor tiempo de recuperación y delirio posoperatorio. La depresión es más frecuente en las mujeres de edad avanzada que en los hombres y, a menudo, pasa inadvertida. Una herramienta de detección útil es el *Patient Health Questionnaire* (PHQ-2). En ocasiones, la depresión puede presentarse como delirio en la fase posoperatoria aguda, por lo que se recomienda tener un conocimiento del estado del paciente previo a la cirugía<sup>13</sup>.

Es más eficaz identificar una gran parte de los componentes neuropsiquiátricos preoperatoriamente, lo que no siempre es posible en el ámbito de la CGE. Sin embargo, no todos los casos son verdaderamente emergentes y es importante poder al menos reconocer aquellos en riesgo de deterioro desde una perspectiva neuropsicológica. Es recomendable contar con un especialista en salud mental para ayudar a disminuir el riesgo de delirio antes de la operación, y así mejorar el pronóstico general del paciente. También es esencial reconocer a quienes corren riesgo de sufrir depresión, ya que esto puede empeorar después de la cirugía, y podría requerir comenzar el tratamiento mientras el paciente esté aún hospitalizado<sup>13</sup>.

## Nivel cardiovascular

### Fisiología

Los cambios fisiológicos en el sistema cardiovascular comienzan con alteraciones en el tejido conectivo al aumentar la rigidez de los vasos y el miocardio, lo que disminuye la distensibilidad del tejido. Ello se debe a una menor producción de elastina, que luego se reemplaza por fibras de colágeno menos flexibles. Dichos cambios finalmente conducen a hipertensión, frecuencia cardíaca y fracciones de eyección similares con disminución del volumen diastólico final del ventrículo izquierdo, del volumen sistólico y, por lo tanto, del gasto cardíaco. El endurecimiento de la aorta provoca un aumento de la presión arterial sistólica y una disminución de la presión arterial diastólica, hecho este último que conduce a una reducción del flujo sanguíneo coronario. La mayor parte del volumen sistólico permanece dentro de la aorta torácica. Una vez que la

aorta comienza a endurecerse, aumenta la presión para mover este volumen, que es equivalente a la poscarga. Un aumento de la poscarga provoca un engrosamiento del ventrículo izquierdo. La poscarga elevada y la hipertrofia de los miocitos provocan un aumento del tiempo de contracción. Este período prolongado de tiempo necesario para la contracción conduce a un retraso en la relajación ventricular. Esta relajación retardada disminuye las tasas de llenado diastólico temprano. Sin embargo, el volumen telediastólico se conserva a medida que se vuelve más dependiente de las presiones de llenado auricular. Esto conduce a insuficiencia cardíaca diastólica<sup>4</sup>.

Hasta el 80% de la sangre se puede almacenar en la red venosa al mismo tiempo, lo cual es importante para mantener una precarga constante. La rigidez venosa conduce a la incapacidad de mantener constante la precarga.

El envejecimiento también aumenta la actividad nerviosa simpática con niveles elevados de noradrenalina como resultado de su mayor liberación desde las terminales nerviosas y una disminución de su metabolismo y recaptación. En última instancia, conduce a un aumento de la constricción de los vasos sanguíneos y de la resistencia vascular sistémica. Los receptores beta del corazón también cambian con la edad. La respuesta provocada por la estimulación del receptor disminuye. Esto conduce, en definitiva, a una disminución de la frecuencia cardíaca y de la respuesta contráctil a la hipotensión y las catecolaminas. El corazón se vuelve más dependiente de la relación Frank-Starling para mantener el gasto cardíaco.

Estos cambios fisiológicos generales del envejecimiento en el sistema cardiovascular conducen a una mayor hipotensión durante la anestesia. Esto altera la profundidad de la anestesia necesaria, lo que deriva en un aumento de la respuesta simpática al estímulo quirúrgico.

### Contexto clínico

La población anciana debe ser evaluada desde el punto de vista cardíaco antes de la cirugía. Para ello existen varias calculadoras de riesgo<sup>14</sup>. Los eventos cardíacos mayores se clasifican en: infarto de miocardio, edema pulmonar, fibrilación ventricular y bloqueo cardíaco completo. Dos modelos que se utilizan con frecuencia para calcular la tasa de riesgo de eventos cardíacos importantes son el *Revised Cardiac Risk Index* (RCRI) (Tabla 1) y el *National Surgical Quality Improvement Program* (NSQIP) (Tablas 2 y 3). El RCRI es más rápido y fácil de usar y está centrado únicamente en los resultados cardiovasculares. Contiene seis componentes, cada uno de los cuales recibe un punto. Los seis componentes son: cirugía de riesgo elevado, antecedentes de cardiopatía isquémica, antecedentes de

■ TABLA 1

Índice de riesgo cardíaco revisado (*Revised Cardiac Risk Index, RCRI*)

Factores de riesgo
Antecedentes de cardiopatía isquémica
Antecedentes de insuficiencia cardíaca congestiva
Antecedentes de enfermedad cerebrovascular (accidente cerebrovascular o accidente isquémico transitorio)
Antecedentes de diabetes que requirieron el uso preoperatorio de insulina
Enfermedad renal crónica (creatinina > 2 mg/dL)
Cirugía mayor (vascular, intraperitoneal o intratorácica)

insuficiencia cardíaca congestiva, antecedentes de enfermedad vascular cerebral, tratamiento preoperatorio con insulina y niveles de creatinina preoperatorios > 2 mg/dL. El NSQIP utiliza códigos de terminología procesal actual y 21 puntos de datos adicionales. Determina el riesgo de un evento cardíaco además de la mortalidad, la tasa de trombosis venosa profunda y otros resultados.

Una gran parte de las personas mayores toman medicación que afecta al sistema cardiovascular<sup>6</sup>. Los betabloqueantes no deben suspenderse durante el período perioperatorio, ya que suspenderlos aumenta la posibilidad de sufrir un evento cardíaco. Curiosamente, algunos estudios han demostrado que los betabloqueantes profilácticos en el período perioperatorio disminuyen el riesgo de mortalidad en pacientes con una puntuación RCRI de 3 o más. También es importante recordar que enmascaran cambios en los signos vitales cuando el paciente está en shock. Es imperativo evaluar la hipoperfusión utilizando otros marcadores, incluidos el exceso de bases, los niveles de lactato y la producción de orina. Estos ayudarán a guiar las medidas de reanimación. Los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina y los bloqueadores de los receptores de angiotensina antes de la cirugía reducen el riesgo de morbilidad y mortalidad.

## Nivel respiratorio

### Fisiología

Los pulmones alcanzan su estado funcional máximo durante la primera parte de la tercera década de vida antes de que su función comience a disminuir. Los pulmones cambian estructuralmente con una reducción en el número de enlaces cruzados entre las fibras de elastina, lo que en última instancia disminuye la cantidad de retroceso elástico pulmonar. Hay una disminución en la distensibilidad del pulmón secundaria a cambios en los músculos intercostales y en las articulaciones

■ TABLA 2

Variables ACS-NSQIP utilizadas en los factores de riesgo quirúrgico universal (*National Surgical Quality Improvement Program, NSQIP*)

Variable	Categoría
Código CPT	
Grupo etario	< 65/65-74/75-84/> 85
Sexo	Hombre/Mujer
Estado funcional	Independiente/ Parcialmente dependiente/ Totalmente dependiente
Emergencia	Sí/No
Clasificación ASA	I o II/III/IV/V
Uso de esteroides para condiciones crónicas	Sí/No
Ascitis dentro de los 30 días preoperatorios	Sí/No
Sepsis sistémica dentro de las 48 horas preoperatorias	No/SIRS/Sepsis /Shock séptico
Dependiente del ventilador	Sí/No
Cáncer diseminado	Sí/No
Diabetes	No/Oral/Insulina
Hipertensión que requiere medicación	Sí/No
Insuficiencia cardíaca congestiva dentro de los 30 días preoperatorios	Sí/No
Disnea	Sí/No
Fumador dentro del último año	Sí/No
Antecedentes de EPOC	Sí/No
Díálisis	Sí/No
Insuficiencia renal aguda	Sí/No
Índice de masa corporal	Bajo peso/Normal/ Sobrepeso/ Obesidad 1/ Obesidad 2/Obesidad 3

CPT: (*current procedural terminology*); terminología actual del procedimiento; ASA: *American Society of Anesthesiologists*; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.  
SIRS: *Systemic Inflammatory Response Syndrome*

costovertebrales. La masa muscular de la pared torácica disminuye con el tiempo y puede provocar una disminución de la fuerza producida por los músculos respiratorios. Sin embargo, la capacidad pulmonar total permanece prácticamente sin cambios, ya que la disminución de la función muscular de la pared torácica disminuye los requisitos de fuerza espiratoria. Aunque la capacidad pulmonar total no cambia con el tiempo, aumenta la capacidad residual funcional y disminuye la capacidad vital. Esto hace que la población geriátrica sea más vulnerable a infecciones. El envejecimiento también afecta el intercambio de gases. La oxigenación

■ TABLA 3

Resultados de ACS-NSQIP (*National Surgical Quality Improvement Program*, NSQIP)

Complicaciones graves (paro cardíaco, infarto de miocardio, neumonía, insuficiencia renal progresiva, insuficiencia renal aguda, EP, TVP, regreso al quirófano, ISQ incisional profunda, ISQ en el espacio de los órganos, sepsis sistémica, intubación no planificada, ITU, disrupción de la herida)
Cualquier complicación (ISQ incisional superficial, ISQ incisional profunda, ISQ en el espacio de los órganos, disrupción de la herida, neumonía, intubación no planificada, EP, respira > 48 horas, insuficiencia renal progresiva, insuficiencia renal aguda, ITU, accidente cerebrovascular, paro cardíaco, infarto de miocardio, TVP, regreso al quirófano, sepsis sistémica)
Neumonía
Complicación cardíaca (paro cardíaco, infarto de miocardio)
Infección de sitio quirúrgico
Infección del tracto urinario
Trombosis venosa
Insuficiencia renal (insuficiencia renal progresiva, insuficiencia renal aguda)
Íleo colónico (en función del procedimiento seleccionado)
Fuga anastomótica de colon (en función del procedimiento seleccionado)
Readmisión
Regreso al quirófano

EP: embolia pulmonar; TVP: trombosis venosa profunda; ISQ: infección de sitio quirúrgico; ITU: infección del tracto urinario

arterial disminuye con el tiempo, probablemente debido a la disminución del área de la superficie alveolar y al cierre prematuro de las vías respiratorias pequeñas. A menudo se requiere una mayor ventilación para compensar la menor eficiencia del intercambio gaseoso<sup>6,15</sup>.

Además de los cambios en la estructura y mecánica de los pulmones, también se producen alteraciones en las vías respiratorias superiores. Hay una pérdida de soporte muscular faríngeo que hace que los ancianos sean más propensos a tener obstrucción de las vías respiratorias superiores, lo que puede provocar un mayor riesgo de aspiración secundario a la disminución de sus mecanismos protectores de tos y deglución.

### Contexto clínico

Las complicaciones pulmonares son más frecuentes que las cardíacas y se asocian con mayor morbilidad, mayor duración de la estancia hospitalaria y aumento de los costos. Las complicaciones pulmonares posoperatorias ocasionan 40% de las muertes en la población de edad avanzada. Las complicaciones pulmonares posoperatorias incluyen neumonía, insuficiencia respiratoria (ventilación mecánica más de 48 horas después de la cirugía), atelectasia y exacerbación de la enfermedad pulmonar crónica. Hay varios factores de riesgo que contribuyen a las complicaciones pulmonares, entre ellos dependencia funcional, pérdida de peso superior al 10% en los seis meses anteriores y albúmina inferior a 3,5 g/dL. EPOC, apnea obstructiva del sueño e insu-

ficiencia cardíaca congestiva son procesos patológicos que también aumentan el riesgo de complicaciones pulmonares. Los factores de riesgo quirúrgico incluyen cirugías mayores de tres horas, cirugías de urgencia, aquellas que requieren anestesia general y ubicación del sitio quirúrgico cerca del sistema respiratorio. El tipo de cirugía podría ser el que más contribuye; aunque podamos identificar a los pacientes con riesgo de sufrir complicaciones pulmonares, se requiere mayor tiempo para optimizar su estado funcional y/o nutricional. Sin embargo, tener la capacidad de reconocer el riesgo de sufrirlas, especialmente la insuficiencia respiratoria, puede ayudar a guiar a los pacientes y sus familias sobre la recuperación posoperatoria y los planes de alta. En última instancia, podría ayudar en las discusiones sobre los objetivos de la atención<sup>6,15</sup>.

### Nivel gastrointestinal

#### Fisiología

La población de edad avanzada es más susceptible a un vaciado gástrico más lento, incluso puede tardar el doble después de una comida estándar. La secreción de ácido gástrico también disminuye como resultado de la gastritis atrófica, si bien no lo suficientemente como para causar una malabsorción de vitamina B<sub>12</sub>. La función pancreática no disminuye con la edad. Hay una disminución del volumen del hígado a medida que envejecemos, lo que se traduce en una disminución

del flujo sanguíneo hepático. Esto disminuye la cantidad de retículo endoplásmico, lo que puede afectar el metabolismo de los fármacos, con un mayor riesgo de sufrir reacciones adversas. También hay una disminución de la función sintética del hígado, lo que puede alterar los niveles de albúmina y factores de coagulación<sup>6,15</sup>.

### Contexto clínico

Todo el tracto gastrointestinal, desde el estómago hasta el colon, tiene una motilidad reducida en la población de edad avanzada. Un vaciado gástrico más lento produce un mayor riesgo de aspiración. El uso de sondas nasogástricas es frecuentemente necesario en cirugía general; sin embargo, ese uso puede aumentar el riesgo de aspiración al mantener abierto el esfínter esofágico inferior; por lo tanto, es importante no mantenerlas en su lugar más tiempo del necesario, especialmente en este tipo de población. La disminución de la motilidad del colon hace que los ancianos experimenten más constipación. Es fundamental mantenerlos con un buen régimen intestinal; la disminución de la acidez gástrica y del flujo sanguíneo intestinal da como resultado una disminución de la absorción de medicamentos. La función hepática disminuida también puede provocar un aumento del tiempo de recuperación debido a la actividad prolongada de los anestésicos. La reducción del flujo sanguíneo hepático equivale a una disminución en el aclaramiento (*clearance*) de medicamentos con alta extracción hepática como el fentanilo, la ketamina y la morfina. Es importante realizar un seguimiento de laboratorio del tiempo de protrombina, tiempo parcial de tromboplastina y niveles de fibrinógeno en los pacientes en los que exista preocupación por el sangrado debido a la disminución de la función sintética hepática<sup>6,15</sup>.

## Nivel renal

### Fisiología

Los hombres se ven más afectados que las mujeres con respecto a la disfunción renal, y esto se debe a los cambios vasculares y la producción de andrógenos. El envejecimiento afecta tanto al *clearance* de creatinina como a la tasa de filtración glomerular, lo que hace que los ancianos no solo sean propensos a sufrir cambios crónicos renales, sino también más susceptibilidad a una lesión renal aguda. Estos cambios ocurren debido a alteraciones en la vasculatura renal, que se deben a la hipertrofia de las capas íntima y media, los mismos que provocan una disminución del flujo sanguíneo renal y de la proporción que llega a los riñones, dando como resultado una reducción en la capacidad para autorregular el volumen. La creatinina sérica sola no debe usarse para evaluar la función renal, ya que puede ver-

se influenciada por factores no renales como la masa muscular total, la edad, el sexo y la raza. La enfermedad renal puede pasar inadvertida en los pacientes mayores debido a que el *clearance* de creatinina puede disminuir sin afectar los niveles de esta<sup>6,15</sup>.

La población de edad avanzada también tiene una respuesta más lenta a los cambios de sodio, lo que deriva en una incapacidad para diluir o concentrar la orina, lo que en última instancia afecta su estado de volumen. Otros iones y electrolitos también se ven afectados de manera similar. Hay cambios farmacocinéticos que involucran la absorción, distribución, metabolismo y excreción de medicamentos. Hay una disminución general en el *clearance* sistémico de los medicamentos que se eliminan sin cambios por el riñón<sup>6,15</sup>.

### Contexto clínico

En pacientes mayores de 70 años se ha demostrado que la insuficiencia renal preoperatoria es un factor de riesgo independiente de mortalidad a los 6 meses. Las complicaciones renales posoperatorias también son un predictor de supervivencia a largo plazo. Los factores de riesgo de lesión renal aguda posoperatoria incluyen edad mayor de 59 años, cirugía de emergencia, enfermedad hepática, índice de masa corporal de 32 o mayor, cirugía de alto riesgo, enfermedad arterial periférica y EPOC que requiera broncodilatadores. El tratamiento preoperatorio incluye evitar la hipotensión y la hipovolemia, corregir los desequilibrios electrolíticos y evitar los medicamentos nefrotóxicos. Es importante ajustar la dosis de los medicamentos que se eliminan o metabolizan por vía renal. También es fundamental registrar mediciones estrictas de entrada y salida de líquidos, tanto antes como después de la cirugía, para controlar su balance con cuidado<sup>6,15</sup>.

## Nivel endocrino

### Fisiología

Más de la mitad de la población mayor de 80 años tiene intolerancia a la glucosa, secundaria a una disminución en la producción de insulina por parte de las células beta, y un aumento de la resistencia a la insulina. Esta última es el resultado de una mala alimentación, una mayor cantidad de grasa intraabdominal y una disminución de la masa muscular. La caída de los niveles de estrógeno en las mujeres durante la menopausia y después de ella deriva en un mayor riesgo de eventos cardíacos, pérdida de masa muscular magra y síntomas psicológicos. En los hombres, hay una disminución en los niveles de testosterona libre como resultado de un aumento en los niveles de globulina transportadora de hormonas sexuales<sup>6,15</sup>.

**Contexto clínico**

La diabetes puede afectar múltiples sistemas, por lo tanto, debe tomarse seriamente en la población de edad avanzada, ya que no poseen muchas reservas. La diabetes no controlada puede causar problemas potencialmente mortales, como trastornos electrolíticos, deshidratación e infecciones de heridas. La hiperglucemia debe controlarse bien en el entorno perioperatorio, pero en niveles alcanzados

de forma segura sin causar hipoglucemia significativa. Un buen objetivo es mantener los niveles de glucosa entre 80 y 180 mg/dL durante el período perioperatorio. La población de edad avanzada es más susceptible a la alteración del estado mental y al delirio, como se analizó anteriormente, y esto la hace menos propensa a detectar síntomas de hipoglucemia. Es importante reconocer que la diabetes mellitus es un factor de riesgo de insuficiencia cardíaca congestiva posoperatoria<sup>6,15</sup>.

## Inmunología

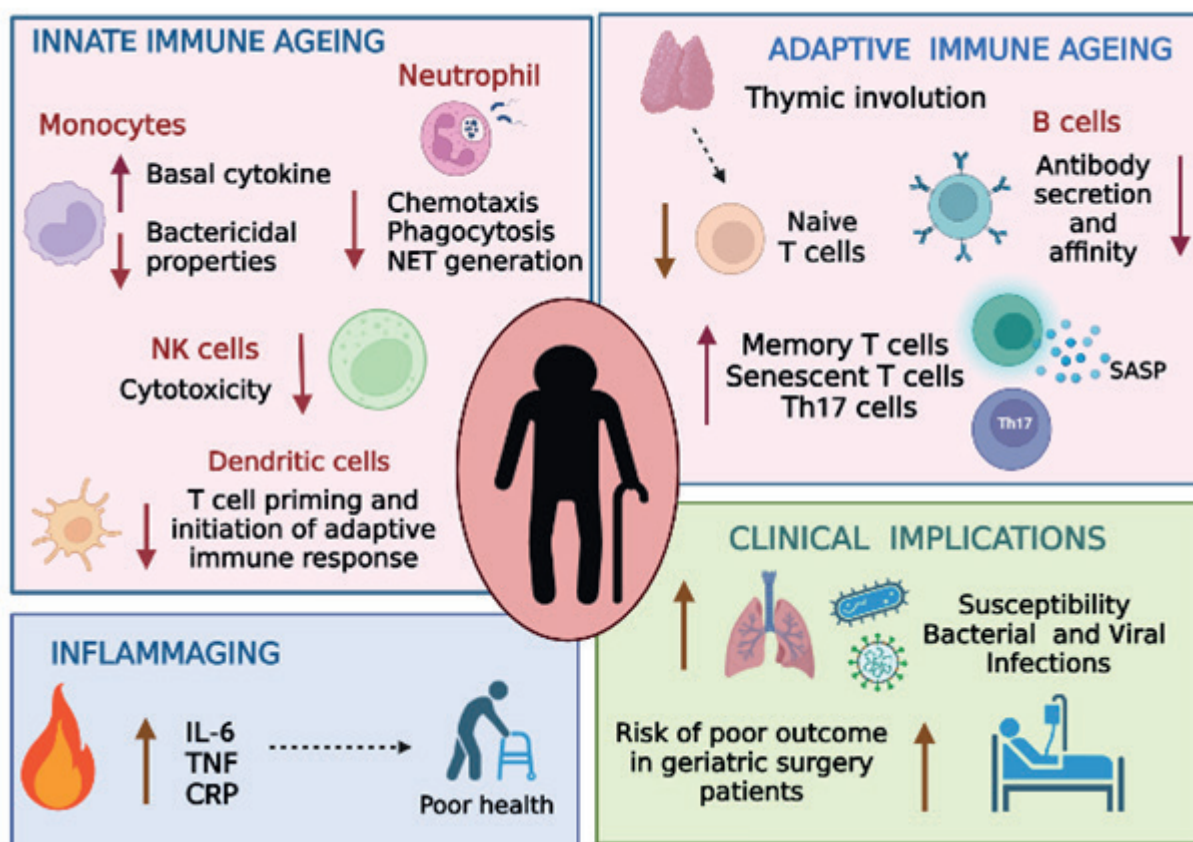
### Senescencia e *inflammaging*

La edad avanzada se acompaña de una profunda remodelación tanto de la inmunidad innata como de la adaptativa del sistema inmunológico, acompañada de una respuesta funcional deteriorada a un desafío antigénico, denominada inmunosenescencia. Se ha considerado un factor importante que contribuye a la mayor susceptibilidad de los adultos mayores a las infecciones virales y bacterianas, malas respuestas a la vacunación, mayor riesgo de enfermedades inflamatorias crónicas, como artritis reumatoide, y multimorbilidad (Fig. 4)<sup>16</sup>.

Otra característica distintiva del envejecimiento es un estado de elevación basal de citoquinas proinflamatorias circulantes (IL-6, TNF- $\alpha$ ), denominado *inflammaging*<sup>17</sup>. Es importante destacar que un estudio reciente ha creado una métrica para la inflamación

sistémica (iAge), que se reconoce como un predictor sólido de la trayectoria del envejecimiento. La creciente evidencia destaca cómo la inflamación se reconoce cada vez más como un factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares, pérdida de masa y fuerza muscular, y rendimiento físico deficiente, lo que en conjunto impulsa la fragilidad relacionada con la edad y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas, defectos cognitivos y deterioro de la memoria<sup>18</sup>. Además, recientemente se ha reconocido que la inflamación es un factor de riesgo predisponente de malos resultados en infecciones por COVID-19 y otras infecciones virales en adultos mayores. En conjunto, estos estudios proporcionan pruebas sólidas del papel de la inflamación en el desarrollo de múltiples afecciones relacionadas con la edad, lo que la convierte en un poderoso predictor de mortalidad y morbilidad a medida que avanza.

■ FIGURA 4



Inmunosenescencia e inflamación con el avance de la edad. El avance de la edad se acompaña de una remodelación del sistema inmunológico adaptativo, conocida como inmunosenescencia, y de un aumento leve en los niveles sistémicos de citoquinas proinflamatorias, denominado *inflammaging*, lo que contribuye a la elevada mortalidad en los adultos mayores<sup>16</sup>.

Múltiples factores han llamado la atención como posibles impulsores de la inflamación, incluida la exposición permanente a antígenos estresantes, inmunosenescencia, estrés oxidativo, acumulación de células senescentes, disfunción de la barrera intestinal, dieta desequilibrada, aumento de la adiposidad central e inactividad física. Juntos, dejando claro que el sistema inmunológico no funciona de forma aislada y puede ser modificado por una amplia gama de señales, se debe considerar cómo potenciar las respuestas inmunitarias reducidas de los adultos mayores<sup>19</sup>.

### Aceleración de la senescencia en el posoperatorio

Las enfermedades críticas y el estrés quirúrgico pueden provocar una respuesta inflamatoria y una redistribución de la inmunidad sistémica. Un ejemplo de ello es la fractura de cadera, que es una afección devastadora y un importante problema de salud en la vejez, aunque es tratable; el procedimiento quirúrgico actúa como un grave factor de estrés físico para las personas mayores, acompañado de una mayor discapacidad física, un deterioro de la calidad de vida y una mayor mortalidad. Un estudio de Duggal y cols.<sup>20</sup>, que incluyó pacientes mayores con fractura de cadera, mostró que el 30% desarrolló depresión posoperatoria. Se observó una elevación persistente de los niveles de inflamación sistémica (IL-6) en pacientes mayores con fractura de cadera incluso seis meses después de la cirugía, que fue aún mayor en aquellos pacientes que desarrollaron síntomas depresivos. Se ha observado una mayor aceleración de las características clave de la inmunosenescencia que incluyen alteraciones en el funcionamiento bactericida de neutrófilos y monocitos, citotoxicidad de las células NK (*natural killer*) y acumulación de células T senescentes, particularmente en aquellos que desarrollan depresión en comparación con los adultos mayores sanos. Un mecanismo potencial que mide la inmunosenescencia acelerada en pacientes deprimidos con fractura de cadera podría ser la actividad alterada de las hormonas suprarrenales, específicamente el cortisol elevado (inmunosupresor) y la pérdida de los niveles de dehidroepiandrosterona DHEA (estimulante inmunitario). Es importante destacar que los hallazgos sugieren que una aceleración de la inmunosenescencia podría ser un factor potencial de resultados posquirúrgicos pobres, como un mayor riesgo de infecciones, apoyando la necesidad de desarrollar estrategias que mejoren la salud inmunológica en personas vulnerables. En la última década ha habido un número cada vez mayor de estudios destinados a la identificación de biomarcadores clínicamente relevantes para la estratificación de pacientes geriátricos para un resultado deseable (bajo riesgo de infección y mortalidad) y se planteó la hipótesis de que las características de la inmunosenescencia tienen el potencial de servir clínicamente como

biomarcadores significativos<sup>21</sup>. Un trabajo realizado en pacientes críticamente enfermos y pacientes con lesiones traumáticas ha informado de un estado de inmunosenescencia acelerada tan pronto como unos días después de la lesión en individuos biológicamente jóvenes y, lo que es más importante, estas características de inmunosenescencia predicen el riesgo de desarrollar sepsis. La primera evidencia en adultos mayores que respalda esta hipótesis proviene de un estudio<sup>22</sup> que analiza la distribución del subconjunto de monocitos antes de la cirugía de implantación de un dispositivo de soporte circulatorio mecánico, que muestra una superposición entre las características de inflamación y envejecimiento de los monocitos y la predicción de resultados adversos después de la cirugía, como el desarrollo desfavorable de insuficiencia orgánica múltiple, destacando el potencial de la evaluación inmunológica como una posible prueba no invasiva para predecir resultados en otras cohortes de pacientes geriátricos con cirugía electiva.

### Prevención de la senescencia acelerada posquirúrgica

La recuperación después de la cirugía es un proceso largo y lo es aún más en la población geriátrica. Esta sección explorará estrategias de intervención antiinflamatorias y de refuerzo inmunológico que podrían mejorar los resultados clínicos posquirúrgicos en una población geriátrica.

**Estatinas:** las estatinas son compuestos hipolipemiantes que han ganado considerable atención por sus propiedades antiateroescleróticas y se prescriben ampliamente en pacientes con enfermedades cardiovasculares. Se han reconocido varias propiedades biológicas de las estatinas, incluida la respuesta antiinflamatoria mediada por reducciones en las células T senescentes CD28-ve. Es importante destacar que los estudios *in vitro* han informado que las estatinas inducen una inclinación de las células T hacia un fenotipo de células T reguladoras antiinflamatorias y la supresión de la polarización de las células Th17. Aunque las propiedades antiinflamatorias y antiinmunosenescentes no han sido probadas en pacientes de cirugía geriátrica, un estudio previo ha informado una reducción de la mortalidad en pacientes que consumen estatinas cuando ingresan en el hospital con neumonía<sup>23</sup>.

**Senolíticos:** se ha demostrado que dirigirse terapéuticamente a las células senescentes que expresan un fenotipo secretor asociado a la senescencia (*senescence-associated secretory phenotype*, SASP) utilizando senolíticos (dasatinab y quercetina) reduce la producción de citoquinas proinflamatorias como la IL-6 y otras citoquinas relacionadas con SASP como la IL-8, GM-CSF y MCP-1 en tejido adiposo humano. Un estudio<sup>24</sup> reciente en ratones de edad avanzada informó por primera vez un efecto beneficioso de los senolíticos

sobre la diferenciación de las células T CD4, lo que a su vez aumenta la eliminación viral durante una infección de influenza. Estos datos sugieren que los senolíticos poseen la capacidad de mejorar la inflamación y estimular las respuestas inmunitarias en huéspedes de edad avanzada, eliminando un efecto beneficioso general sobre la salud del huésped. Sin embargo, no está claro si producirían un impacto beneficioso después de la cirugía en huéspedes de edad avanzada mediante la modulación del microambiente.

Miméticos de restricción calórica: ejercen un efecto beneficioso en el huésped anciano sobre la actividad bioquímica y funcional similares a la restricción calórica, que se reconoce como una estrategia geroprotectora. La metformina, un fármaco antidiabético que regula la autofagia celular y la dinámica mitocondrial, provoca la inhibición de la vía mTOR<sup>25</sup>, mecanismos conocidos de bloqueo de las vías de señalización de las citoquinas inflamatorias, y, por lo tanto, no es sorprendente que se hayan observado efectos antiinflamatorios de la metformina en pacientes con enfermedades inmunomediadas, y también lo es su capacidad para aumentar la inmunidad en los adultos mayores. La rapamicina es otro inhibidor de mTOR con propiedades antiinflamatorias.

Inhibidores de p38 MAPK: las vías de la proteína-quinasa activada por mitógenos (*mitogen-activated protein kinase*, MAPK) regulan una variedad de procesos biológicos, como la senescencia celular y la inflamación. Múltiples estudios<sup>26</sup> han informado de un

potencial inmunomodulador mediado por la supresión de los inhibidores de p38 MAPK, como la reducción del fenotipo SASP en células T CD8 senescentes y la capacidad de rejuvenecer los macrófagos envejecidos para eliminar los cuerpos apoptóticos juntos, posiblemente impulsando sus propiedades antiinflamatorias.

Probióticos: el avance de la edad se acompaña de cambios en la composición de la microbiota (disbiosis microbiana) impulsados por una pérdida de comensales centrales junto con un aumento de la permeabilidad de la barrera intestinal y la translocación de productos bacterianos a la circulación con el envejecimiento. Ha sido recientemente reconocido como un factor que contribuye a la inflamación y al envejecimiento de los macrófagos, y hacen de las terapias que restablecen la homeostasis del microbioma una estrategia de intervención prometedora para revertir el envejecimiento inmunológico<sup>27</sup>. Los probióticos que consisten en comensales bacterianos vivos (p. ej., *Lactobacilli casei*, *Bifidobacterium*) confieren múltiples beneficios que promueven la salud inmunológica al aumentar la producción de niveles beneficiosos de ácidos grasos de cadena corta, que a su vez inducen la expansión de las células T reguladoras secretoras de IL-10, regulando a la baja las respuestas Th17 y la producción de citoquinas proinflamatorias. Debido a ello, los probióticos están ganando reconocimiento como una opción de tratamiento segura para las afecciones inflamatorias crónicas más allá del tracto gastrointestinal.

## Fragilidad en cirugía general de emergencia en pacientes geriátricos

En las últimas décadas, múltiples disciplinas de la salud, incluido el campo de la cirugía, se han centrado en el concepto de fragilidad para identificar el subconjunto de la población geriátrica con alto riesgo después de una enfermedad. La fragilidad, un indicador de senescencia, es clínicamente distinta de la edad, la comorbilidad y la discapacidad funcional. El síndrome de fragilidad se considera en términos generales como una disminución de la reserva fisiológica en múltiples sistemas y órganos, que conduce a una capacidad deteriorada para resistir el estrés fisiológico. La prevalencia de la fragilidad en la población geriátrica es alta, y comprenderla es relevante para los cirujanos ya que se asocia con lesiones después de caídas, con más probabilidades de desarrollar complicaciones hospitalarias y una disposición adversa más alta que en los pacientes no frágiles.

Los cirujanos nos enfrentamos con mayor frecuencia a la atención de pacientes mayores, que a menudo presentan desafíos diagnósticos y terapéuticos únicos. Los pacientes sometidos a CGE tienen más probabilidades de fallecer y tener complicaciones posoperatorias en comparación con aquellos sometidos a cirugía electiva. En consecuencia, el riesgo inherente de someterse a un procedimiento de emergencia combinado con una edad avanzada da como resultado peores resultados y la utilización de más recursos. Sin embargo, es necesario considerar otros factores además de la edad. Diversas investigaciones han demostrado que la fragilidad es un mejor predictor de mortalidad y morbilidad en comparación solo con la edad cronológica en esta población. El nivel de riesgo del procedimiento se asocia con fragilidad y mortalidad en pacientes de CGE, y la evaluación de fragilidad preoperatoria debe considerarse seriamente incluso dentro de procedimientos de bajo riesgo, como apendicectomía y colecistectomía.

### Medición de la fragilidad

La calidad de la atención sanitaria se ha convertido en un foco importante de investigación. La asociación entre la edad y los resultados adversos está bien establecida y validada, y varias calculadoras de riesgo quirúrgico tienen en cuenta la edad al asignar el riesgo operatorio a los pacientes. Sin embargo, el enfoque ha pasado de la edad al estado funcional y, por lo tanto, a la fragilidad, como predictor de los resultados posoperatorios en pacientes sometidos a cirugía general. Los estudios también han demostrado que, para los pacientes sometidos a CGE, el índice de fragilidad predice mejor las complicaciones, y la adición de estas variables a

dichas calculadoras de riesgo quirúrgico puede mejorar significativamente su previsibilidad.

Existen varios modelos para el cálculo del índice de fragilidad. El cuestionario de fragilidad más completo es el modelo de fragilidad de Rockwood, basado en 70 variables que evalúan el bienestar cognitivo, fisiológico, físico y social del individuo, y ha sido validado en pacientes sometidos a cirugía electiva. Más recientemente, se ha demostrado que el índice de fragilidad de Rockwood modificado de 50 variables predice de manera fiable la morbilidad en pacientes sometidos a CGE. El uso de este índice de fragilidad específico de 15 variables permite una evaluación más rápida pero precisa del estado de fragilidad de estos pacientes (Tabla 4)<sup>28</sup>. Para cada pregunta del índice de fragilidad, un paciente recibe una puntuación que varía de 0 a 1; la puntuación final se divide por 15. Los pacientes con un índice de fragilidad > 0,325 se consideran frágiles y tienen alto riesgo de morbilidad después de una CGE. Este nuevo índice de fragilidad específico de CGE de 15 variables (Emergency General Surgery Specific Frailty Index, EGS-FI) es un predictor sólido y fiable de complicaciones posoperatorias y mortalidad en pacientes frágiles, lo que demuestra que es una herramienta de cabecera simple y fiable para determinar el estado de fragilidad de los pacientes sometidos a CGE. Al comparar la validez predictiva de este con otros índices de fragilidad se encontró que tenía una mayor practicidad y una validez predictiva superior para la disposición adversa al alta.

### Asociación entre fragilidad y resultados en pacientes geriátricos

La fragilidad se ha estudiado ampliamente en la población de pacientes geriátricos sometidos a CGE<sup>29-31</sup>. Se descubrió que el síndrome de fragilidad se asocia significativamente con tasas más altas de peores resultados hospitalarios, incluidas complicaciones posoperatorias, fracaso en el rescate (definido como la muerte de un paciente después de sufrir una complicación) y mortalidad hospitalaria. También se ha descubierto que los pacientes frágiles tienen un mayor riesgo de recibir el alta fuera del hogar, como el alta hacia un centro de enfermería especializada o de rehabilitación hospitalaria. Curiosamente, la fragilidad también se asoció de forma independiente con el desarrollo de delirio posoperatorio incluso en la población de pacientes con CGE, un hallazgo alarmante considerando la prevalencia, la morbilidad y el deterioro general de la salud asociados con el delirio.

■ TABLA 4

Índice de fragilidad específico de CGE de 15 variables (*Emergency General Surgery Specific Frailty Index, EGSFI*)

Comorbilidades			
Historia de cáncer	Sí (1)	No (0)	
Hipertensión	Sí (1)	No (0)	
Enfermedad coronaria	IAM (1)	Bypass coronario (0,75)	Interv. coronaria perc. (0,5)
	Medicación (0,25)	No (0)	
Demencia	Grave (1)	Moderada (0,5)	Leve (0,25)
	No (0)		
Actividades diarias			
Ayuda con el aseo	Sí (1)	No (0)	
Ayuda para administrar el dinero	Sí (1)	No (0)	
Ayuda para hacer las tareas del hogar	Sí (1)	No (0)	
Ayuda para ir al baño	Sí (1)	No (0)	
Ayuda para caminar	Silla de ruedas (1)	Andador (0,75)	Bastón (0,5)
	No (0)		
Actitud sanitaria			
Sentirse menos útil	Mayoría de las veces (1)	A veces (0,5)	Nunca (0)
Sentirse triste	Mayoría de las veces (1)	A veces (0,5)	Nunca (0)
Sentir esfuerzo por hacer todo	Mayoría de las veces (1)	A veces (0,5)	Nunca (0)
Sentirse solo/a	Mayoría de las veces (1)	A veces (0,5)	Nunca (0)
Función			
Sexual activo/a	Sí (0)	No (1)	
Nutrición			
Albúmina	< 3 (1)	> 3 (0)	

Los pacientes frágiles con CGE tuvieron también una mayor mortalidad general a los 30 días después del alta, con una asociación aún mayor en los procedimientos de bajo riesgo. Los pacientes con fragilidad leve experimentaron un mayor riesgo de mortalidad a un año en comparación con los pacientes no frágiles (cociente de riesgo 1,97). En el año posterior al alta, los pacientes con fragilidad leve y moderada a grave tuvieron más visitas hospitalarias en comparación con los pacientes no frágiles (7,8 y 11,5 frente a 2,0 por persona/año; índice de tasas de incidencia [incidence rate ratio, IRR] 4,01 frente a 5,89). Los pacientes con fragilidad leve y moderada a grave también pasaron menos días en su domicilio durante el año posterior al alta en comparación con los pacientes no frágiles. Teniendo en cuenta los peores resultados preoperatorios, perioperatorios y posoperatorios atribuidos al síndrome de fragilidad, es vital identificar y abordar la fragilidad en todos los puntos de intervención posibles.

Vale la pena señalar que la fragilidad también puede tener implicaciones para la toma de decisiones operativas. Se encontró que los pacientes geriátricos frágiles con apendicitis aguda no complicada tenían tasas significativamente más altas de mortalidad, complicaciones, infecciones por *Clostridium difficile* y de costos hospitalarios totales cuando fueron tratados por apendicectomía tardía en comparación con aquellos tratados quirúrgicamente en el ingreso inicial. De manera similar, se encontró que los pacientes geriátricos frágiles con colecistitis aguda litiasica que fueron tratados de forma conservadora en el ingreso inicial tuvieron peores resultados a los 6 meses en comparación con aquellos que fueron tratados con colecistectomía temprana en el ingreso inicial, incluyendo estadías más prolongadas, mayor mortalidad, 19% de tasa de fracaso del tratamiento no quirúrgico y tasas más altas de operaciones de emergencia y complicaciones posoperatorias.

## Optimización de pacientes frágiles con CGE

De ser posible, se deben optimizar los factores modificables si se identifica fragilidad antes de la cirugía electiva para mejorar la viabilidad de resultados favorables. La optimización preoperatoria puede incluir atención a la rehabilitación, nutrición, factores psicosociales y terapia farmacológica<sup>32</sup>.

El reacondicionamiento, que consiste en suplementos nutricionales, regímenes de ejercicios basados en retroalimentación y optimización pulmonar, podría mejorar la fragilidad y ser particularmente importante para pacientes frágiles con trastornos cardíacos. Es importante mejorar las deficiencias nutricionales, incluida la atención al reemplazo de vitaminas, y la suplementación de proteínas y de hierro cuando esté indicado. También se debe abordar la detección con un instrumento de depresión como el PHQ-9 y el tratamiento de otros factores psicosociales, incluido el apoyo social y la "voluntad de mejorar". Además, aunque la seguridad, los beneficios y el mecanismo de las "drogas para mejorar el rendimiento" (p. ej., los esteroides anabólicos) no están claros, se cree que son útiles.

Una vía de identificación y atención de la fragilidad implementada en un hospital puede ser el método ideal tanto para identificar a los pacientes en riesgo como para revertir y optimizar su estado de fragilidad antes de la cirugía. La vía de identificación de fragilidad es utilizar el índice de fragilidad validado, el EGSFI, como herramienta de detección para todos los pacientes ancianos con CGE. La vía de atención de la fragilidad emplearía, entonces, una combinación de consultas con un médico de cabecera o geriatra, con terapeutas nutricionales, del habla, físicos y ocupacionales, así como participación temprana de apoyo familiar, de un trabajador social para identificar las necesidades y los objetivos de la atención, un consultorio geriátrico especializado, y planes de seguimiento exhaustivos posteriores al alta para atender de manera integral todos los desafíos únicos que enfrenta un paciente geriátrico frágil con CGE. Se han implementado vías de detección y atención de este tipo y se descubrió que conducen a reducción de la estancia hospitalaria, de los reingresos de emergencia a los 30 días y de la pérdida de independencia funcional. De manera similar, las vías especializadas de recuperación mejorada después de la cirugía (*Enhanced Recovery After Surgery*, ERAS) para pacientes geriátricos con CGE, que consisten en recomendaciones sobre el manejo perioperatorio de la glucemia y los líquidos, el control de la temperatura, el tratamiento del dolor, las náuseas y los vómitos, la movilización y la dieta, reducen la duración de estancia hospitalaria, así como también reducen las complicaciones posoperatorias. Asimismo, la implementación prospectiva de un proyecto de mejora de la calidad denominado *Frailty Screening Initiative* en pacientes sometidos a cirugía disminuyó significativamente la mortalidad

posoperatoria a los 30, 180 y 365 días<sup>33</sup>. Los pacientes frágiles eran identificados para una revisión administrativa por parte del jefe de cirugía (o su designado) antes de la operación programada. De acuerdo con esta revisión se notificó a los médicos de cirugía, anestesia, cuidados intensivos y cuidados paliativos sobre la fragilidad del paciente y los riesgos quirúrgicos asociados; si estaba indicado, los planes perioperatorios se modificaban según los aportes del equipo.

## Especialistas en geriatría y atención multidisciplinaria

El gran volumen de pacientes geriátricos exige que quienes los cuidan, incluidos los cirujanos de trauma y emergencias, se familiaricen con sus necesidades y requisitos especiales para brindarles una atención óptima. En la literatura geriátrica se ha demostrado que un enfoque de equipo multidisciplinario (geriatras, trabajadores sociales, farmacéuticos, enfermeros, etc.) para el cuidado del paciente anciano hospitalizado funciona mejor. El enfoque holístico mejora la calidad de la atención porque aborda las comorbilidades asociadas, mejora los procesos y resultados de los síndromes geriátricos y aporta valor al sistema de atención sanitario (Tabla 5).

La geriatría ha madurado como especialidad y ahora se reconoce a la población de pacientes geriátricos como una población particular que debe recibir atención en manos de especialistas capacitados y en centros geriátricos dedicados a su atención. Hay evidencia emergente que sugiere que los centros que manejan mayores volúmenes y proporción de pacientes geriátricos tienen mejores resultados. La consulta geriátrica mejora la atención al identificar diagnósticos adicionales que el Servicio de Cirugía o de Cuidados Intensivos no evalúan fácilmente, ayudar con la planificación avanzada de la atención, gestionar los cambios de medicación, mejorar el manejo del dolor y disminuir la duración de la estancia hospitalaria. Cualquier paciente con lesión significativa debe ser admitido por el cirujano de emergencia para una consulta adecuada y un enfoque multidisciplinario, ya que el inicio de consultas geriátricas obligatorias se asocia con una mejor planificación anticipada de la atención, una estancia hospitalaria más corta y una mayor atención multidisciplinaria. Garantizar la participación de geriatras ayuda a reducir los resultados adversos entre los pacientes de cirugía geriátrica de emergencia. Además, la enfermería geriátrica, que utiliza un modelo de unidad de cuidados intensivos para personas mayores, también ha permitido mejorar la atención<sup>28</sup>.

Las unidades de cuidados intensivos para adultos mayores incorporan un ambiente familiar y centrado en el paciente que incluye planes para prevenir discapacidades y enfermedades iatrogénicas, además de brindar planificación y gestión integrales del alta.

Algunos centros cuentan con unidades geriátricas dedicadas a brindar atención a pacientes de edad avanzada transferidos desde otros servicios. Junto con la atención hospitalaria de pacientes de edad avanzada, estos programas geriátricos también enfatizan y brindan servicios de rehabilitación temprana. La eficacia de estos programas geriátricos se ha evaluado en varios ensayos controlados aleatorios. El ensayo más grande asignó al azar a más de 1300 pacientes frágiles para recibir

atención hospitalaria geriátrica o atención hospitalaria habitual. Si bien la mortalidad general a un año y los costos totales fueron similares entre los dos grupos, los pacientes que recibieron atención hospitalaria geriátrica tuvieron una morbilidad significativamente reducida y una mejor calidad de vida de recuperación funcional en el momento del alta en comparación con los pacientes que recibieron atención hospitalaria habitual.

■ TABLA 5

Posible modelo de atención de fragilidad

Intervención	Plan de acción
Servicios de fisioterapia y terapia ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Educación para la prevención de caídas</li> <li>▪ Deambulación temprana</li> <li>▪ Comidas fuera de la cama</li> </ul>
Nutrición; patología del habla y del lenguaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nutrición temprana</li> <li>▪ Detección de vitamina D</li> <li>▪ Precauciones de aspiración (elevación de la cabecera de la cama, comidas fuera de la cama e hisopado bucal de peróxido de hidrógeno)</li> <li>▪ Régimen intestinal para evitar el estreñimiento (evaluaciones de heces por parte de la enfermera en cada turno y evitar los ablandadores de heces)</li> </ul>
Uso de un conjunto de órdenes de admisión estandarizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar la polifarmacia</li> <li>▪ Evitar los tratamientos que puedan provocar confusión y delirio</li> </ul>
Manejo multimodal del dolor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proporcionar un control adecuado del dolor</li> <li>▪ Usar agentes ahorradores de opioides</li> <li>▪ Mejorar el estado funcional</li> </ul>
Uso prudente de líquidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Iniciar la reanimación oportuna</li> <li>▪ Evitar la sobrecarga de líquidos</li> </ul>
Participación temprana de los trabajadores sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar un apoderado de atención médica (dentro de las 24 horas)</li> <li>▪ Establecer el estado del código (dentro de las 24 horas)</li> <li>▪ Analizar las posibles opciones de admisión después de la cirugía</li> <li>▪ Reunión familiar</li> </ul>
Consulta geriátrica proactiva/ valoración geriátrica integral	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valoración geriátrica integral</li> <li>▪ Involucrar a los equipos de atención multidisciplinaria para pacientes hospitalizados</li> <li>▪ Abordar las enfermedades crónicas concurrentes</li> <li>▪ Manejo de medicamentos/evaluación pronóstica</li> <li>▪ Mejorar la documentación del delirio</li> <li>▪ Tratamiento no farmacológico del delirio</li> <li>▪ Realizar el ajuste de la medicación</li> <li>▪ Abordar los objetivos de la atención</li> <li>▪ Desencadenar consultas tempranas de cuidados paliativos</li> </ul>
Cuidados de enfermería geriátricos verificados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tener una enfermera de cirugía geriátrica a cargo</li> <li>▪ Promover las mejores prácticas basadas en la evidencia para el cuidado de enfermería de pacientes quirúrgicos mayores</li> <li>▪ Mejorar la adherencia y el cumplimiento de las mejores prácticas geriátricas basadas en la evidencia</li> <li>▪ Pantalla de habla y deglución de la enfermera</li> <li>▪ Evitar tomar los signos vitales durante la noche</li> </ul>
Prehabilitación multimodal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nutrición suplementaria</li> <li>▪ Regímenes de ejercicio basados en la retroalimentación</li> <li>▪ Optimización pulmonar</li> </ul>
Seguimiento riguroso tras el alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejorar la comunicación del cirujano con el médico de atención primaria para pacientes electivos de alto riesgo</li> <li>▪ Ayudar a facilitar la transición tanto dentro como fuera del hospital</li> </ul>

## Principios de la cirugía general de emergencia en población geriátrica

Se estima que dos de cada tres pacientes geriátricos padecen múltiples enfermedades crónicas. Casi la mitad de la población geriátrica tiene hipertensión, alrededor de una cuarta parte tiene enfermedad de las arterias coronarias y más del 8 % informa antecedentes de accidente cerebrovascular. El crecimiento de las tasas de pacientes de edad avanzada con mayor complejidad médica ciertamente complica el logro de resultados de calidad en escenarios de emergencia<sup>34</sup>.

El principio general de la cirugía de emergencia es la intervención médica/quirúrgica temprana. El diagnóstico oportuno y la intervención rápida constituyen la piedra angular de un tratamiento óptimo. Estos principios generales son aplicables a todas las poblaciones de pacientes con posibles emergencias quirúrgicas y subrayan el importante papel del criterio quirúrgico y la priorización del tratamiento del paciente. El acceso a una atención quirúrgica urgente, rápida y de calidad es fundamental a fin de lograr los resultados deseados para los pacientes de edad avanzada que carecen de reservas fisiológicas. Los principios básicos de manejo de la CGE son los siguientes<sup>34</sup>:

- Evaluación inicial expedita.
- Reanimación guiada por resultado final.
- Intervención temprana y manejo definitivo.
- Monitorización fisiológica esencial.

Con una amplia gama de patologías, la cirugía de emergencia es una disciplina urgente que requiere un proceso de evaluación rápido, metódico y preciso. Cuando sea apropiado, se debe obtener una historia relevante del paciente y, de no ser posible, de los familiares y/o proveedores de atención médica que atienden al paciente. Los detalles importantes de las afecciones crónicas o agudas, los medicamentos y los deseos expresados en una directiva anticipada son vitales para garantizar que el paciente reciba una atención de calidad. Si bien existe una variedad de presentaciones posibles en la CGE, los principios básicos de manejo siguen siendo los mismos.

La reanimación óptima es imperativa en el tratamiento de cualquier paciente en el entorno de cuidados agudos. Es un proceso dinámico que requiere evaluación, acción y reevaluación continuas para garantizar que se alcancen los objetivos. Independientemente de los criterios de valoración elegidos, el objetivo general de los esfuerzos de reanimación es proporcionar una perfusión y oxigenación tisular adecuadas. Se ha demostrado que los marcadores convencionales como la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la producción de orina existen en un estado normal, incluso cuando prevalece una perfusión tisular inadecuada. Los niveles de lactato, el déficit de bases y el pH intramucoso gástrico son marcadores propuestos para los criterios de valoración de la reanimación, aunque aún se debate cuál es el marcador ideal. También es prudente reconocer que las condiciones preexistentes, la fisiología alterada y el uso crónico de medicamentos pueden alterar la precisión de estos criterios de valoración en la población geriátrica<sup>34</sup>.

El acceso a una atención rápida y eficaz, la intervención temprana y el manejo definitivo son la base del modelo de cirugía de emergencia. El tiempo es esencial y limitar los retrasos en la atención resulta primordial cuando se trata del paciente geriátrico frágil. La monitorización fisiológica adecuada y la pronta identificación y resolución de las complicaciones son extremadamente importantes para garantizar resultados de calidad. Varios parámetros fisiológicos se alteran en el paciente geriátrico, lo que puede complicar el tratamiento.

Los pacientes geriátricos sometidos a CGE tienen tasas desproporcionadamente más altas de complicaciones, mortalidad, fracaso del rescate quirúrgico y mayor duración de la estancia hospitalaria. Luego de consultar una base de datos nacional de Estados Unidos se detectó que son siete los casos que representaban todas las CGE: colectomía parcial, resección de intestino delgado, colecistectomía, apendicectomía, lisis de adherencias, tratamiento quirúrgico de la úlcera péptica y laparotomía. Estos casos representaron también el 80,3% del total de mortalidad y el 78,9% de las complicaciones<sup>34</sup>.

## Causas quirúrgicas y médicas de abdomen agudo

### Apendicitis en el paciente geriátrico

La apendicitis es una de las afecciones abdominales agudas más comunes en todos los grupos de edad, incluidos los ancianos (5-10%). La tasa de rotura, la morbilidad y la mortalidad son mayores en pacientes de mayor edad debido a la dificultad de diagnóstico y al aumento de comorbilidades. Con los avances de la medicina moderna que han derivado en una mayor esperanza de vida, es probable que la apendicitis aguda en los ancianos sea más común. El diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno son de suma importancia para lograr resultados favorables en estos pacientes.

### Manifestaciones clínicas

Aunque el dolor abdominal migratorio (desde el área periumbilical hasta el cuadrante inferior derecho), con sensibilidad, anorexia y fiebre son presentaciones comunes reconocidas en otros grupos de edad, estos signos y síntomas pueden ser menos obvios en pacientes geriátricos. El dolor abdominal bajo (hasta el 90%) y la anorexia (hasta el 60%) son los dos síntomas más comunes que se encuentran en pacientes ancianos con apendicitis. Además, en quienes no pueden comunicarse (p. ej., en aquellos con accidente cerebrovascular o demencia), la presentación de apendicitis aguda puede ser más sutil (intolerancia alimentaria, distensión abdominal y fiebre o sepsis inexplicables). El diagnóstico temprano basado únicamente en signos y síntomas puede resultar difícil en este grupo de pacientes, lo que deriva en una mayor tasa de rotura y mortalidad. Por lo tanto, generalmente se necesita un alto índice de sospecha, pruebas de laboratorio y estudios de imágenes para el diagnóstico oportuno de apendicitis aguda en pacientes que no pueden comunicarse<sup>35</sup>.

### Patología

La apendicitis no complicada es una forma temprana de presentación, que comprende apendicitis aguda edematosa y aguda supurativa. La apendicitis complicada suele ser una forma tardía de apendicitis aguda, especialmente aquella con apendicolito que conduce a obstrucción luminal persistente, apendicitis gangrenosa y perforación con flemón, formación

de abscesos o peritonitis difusa. Los pacientes de edad avanzada tienen más probabilidades de tener apendicitis complicada (60-70% en personas mayores de 65 años) en comparación con los grupos de edad más jóvenes (13-40%). Los pacientes de edad avanzada que presentan dolor abdominal de más de 24 horas de evolución, peritonitis y signos de sepsis (taquicardia y taquipnea) tienen más probabilidades de presentar apendicitis complicada<sup>36</sup>.

### Diagnóstico

Al igual que en otros grupos de edad, el diagnóstico de apendicitis aguda se puede realizar basándose en los síntomas, signos y valores de laboratorio. Sin embargo, estos hallazgos pueden ser más sutiles en los ancianos debido a la respuesta deficiente del huésped a la infección/inflamación y a las comorbilidades. Se han propuesto varias puntuaciones que utilizan estos parámetros clínicos simples para ayudar a diagnosticar la apendicitis aguda (puntuación de Alvarado<sup>37</sup>, puntuación de Lintula<sup>38</sup> y *Diagnostic score*<sup>39</sup> [puntuación diagnóstica]). La aplicación de estas puntuaciones en personas mayores mostró una precisión aceptable (hasta 90%) con puntos de corte adecuados. Sin embargo, no existe una puntuación estándar dedicada específicamente a los pacientes de edad avanzada y estas puntuaciones clínicas no pueden diferenciar entre apendicitis complicada y no complicada. La ecografía abdominal se ha utilizado para el diagnóstico de apendicitis aguda, especialmente en niños y embarazadas, con una precisión superior al 80%; sin embargo, depende del operador, y los datos sobre ancianos con apendicitis son limitados. La tomografía computarizada (TC) sin contraste se ha utilizado más ampliamente en pacientes de edad avanzada con afecciones abdominales agudas, y la precisión para diagnosticar apendicitis es excelente (90-100%). La TC puede ayudar a diferenciar la apendicitis complicada (presencia de apendicolito, aire libre, líquido libre, absceso e íleo) de una no complicada. Además, la TC puede ayudar a diagnosticar otras patologías que imitan la apendicitis en ancianos (p. ej., diverticulitis, cáncer de colon y enterocolitis). Los estudios por imágenes pueden utilizarse cuando la manifestación clínica de la apendicitis no es evidente o cuando existen otros diagnósticos diferenciales que descartar<sup>40</sup>.

## Manejo no operatorio

### *Apendicitis no complicada*

El tratamiento no quirúrgico de la apendicitis aguda no complicada se puede realizar de forma segura en pacientes seleccionados. Con dos ensayos controlados aleatorios recientes de tratamiento no quirúrgico (terapia con antibióticos) versus tratamiento quirúrgico, la mayoría del grupo de tratamiento no quirúrgico presentó un resultado exitoso y solo el 27-29% de los pacientes requirieron apendicectomía posterior<sup>41</sup>. Un estudio de seguimiento de cinco años demostró que el 39% de los pacientes del grupo no quirúrgico desarrollaron apendicitis recurrente y el 89% de ellos tuvieron apendicitis complicada<sup>42</sup>. Dado que la morbimortalidad de la apendicitis es mayor en los ancianos, no se recomienda de forma rutinaria la aplicación de un tratamiento no quirúrgico.

### *Flemón y absceso apendicular*

En los pacientes que se presentan después de 24 horas del inicio de los síntomas, la perforación es más probable. Puede provocar una infección no controlada (peritonitis y sepsis), una masa inflamatoria localizada (flemón apendicular) o un absceso apendicular. Dado que la morbilidad de la apendicectomía de emergencia es alta en pacientes que presentan una masa apendicular<sup>43</sup> (incapacidad para identificar el apéndice, lesiones inadvertidas del intestino e infección del sitio quirúrgico), pueden someterse de forma segura a un tratamiento no quirúrgico con un ciclo de antibióticos de amplio espectro, siempre que no haya signos de peritonitis o septicemia. Se puede agregar drenaje percutáneo en caso de un absceso demostrado en el estudio de imágenes si los pacientes no responden rápidamente a los antibióticos. Las desventajas del tratamiento no quirúrgico incluyen una mayor duración de la estadía hospitalaria, un mayor costo del tratamiento y riesgo aumentado de apendicitis recurrente. La apendicectomía a intervalos después de un tratamiento conservador exitoso de un flemón o absceso apendicular es controvertida<sup>44</sup>. Los defensores sugieren una apendicectomía de intervalo de rutina entre 6 y 8 semanas después del inicio debido al riesgo de recurrencia (hasta 8,8%) y al riesgo de neoplasia (hasta 20% en ancianos). Sin embargo, la observación es una opción viable especialmente en pacientes que tienen alto riesgo de cirugía y baja probabilidad de cáncer (considerando la información obtenida del estudio de imagen y/o colonoscopia).

## Manejo operatorio

Hasta la fecha, la apendicectomía se considera el tratamiento estándar para la apendicitis aguda. La cirugía temprana (menos de 12 horas después del inicio) da como resultado una menor tasa de rotura y menos morbilidad. La apendicectomía se puede realizar de forma abierta o por vía laparoscópica, según la experiencia del cirujano y la preferencia del paciente<sup>45</sup>. Si bien la apendicectomía laparoscópica tiene ventajas al disminuir el dolor posoperatorio, menor duración de la estadía hospitalaria y de infección de la herida, la apendicectomía abierta conlleva un tiempo operatorio más corto y una menor infección intraabdominal. Además, la laparoscopia puede ayudar al cirujano a explorar el abdomen más a fondo en un caso de diagnóstico incierto. Sin embargo, la tasa de conversión de apendicectomía laparoscópica a abierta es mayor en pacientes de edad avanzada (hasta 17%). La conversión es una señal de "buen juicio" cuando la situación no se puede manejar por vía laparoscópica (p. ej., control de hemorragia, necesidad de reparación/resección intestinal y sospecha de neoplasia), dependiendo de la experiencia del cirujano en cirugía laparoscópica. Si bien la apendicectomía negativa se puede encontrar hasta en un 15% de los pacientes sometidos a apendicectomía, esta tasa es menor en los ancianos (10%) debido a un uso cada vez mayor de estudios de imágenes preoperatorios. El apéndice de aspecto normal debe extirparse para realizar un examen patológico y prevenir futuros dilemas diagnósticos. También deben buscarse exhaustivamente otras patologías que remedan una apendicitis aguda (p. ej., diverticulitis de Meckel, ileitis, colitis y afecciones ginecológicas). La morbilidad posoperatoria de apendicectomía aumenta en los ancianos (19-46%) en comparación con los pacientes más jóvenes (5-9%). La morbilidad más común es la infección del sitio quirúrgico (9-15%). Además de la edad avanzada, los otros factores de riesgo de morbilidad posoperatoria incluyen una puntuación ASA más elevada (ASA > 3), cirugía abierta, apendicitis complicada y comorbilidades (anemia, enfermedad cardíaca e insuficiencia renal crónica).

En conclusión, se debe evaluar cuidadosamente a los pacientes de edad avanzada con dolor abdominal agudo, ya que los signos y síntomas de la apendicitis aguda pueden ser más sutiles en las personas mayores. Se requiere un alto índice de sospecha y se recomienda el uso selectivo de estudios por imágenes para realizar un diagnóstico temprano. La morbilidad y mortalidad de la apendicitis son mayores en pacientes de edad avanzada, especialmente en aquellos con apendicitis complicada. Aunque el tratamiento no quirúrgico para la apendicitis aguda se aplique más frecuentemente, la

apendicectomía todavía se considera el tratamiento estándar y debe realizarse de manera oportuna para prevenir la perforación y otras morbilidades.

## Patología hepato-pancreato-biliar (HPB) en el paciente geriátrico

### Historia clínica y examen físico

Los hallazgos del examen físico de patología biliar tradicionalmente incluyen dolor posprandial en el cuadrante superior derecho, náuseas, fiebre e ictericia. El dolor es a menudo un rasgo distintivo en los pacientes con ictericia. La ictericia secundaria a una neoplasia maligna suele ser indolora, mientras que los pacientes con ictericia y dolor suelen tener un proceso benigno que causa obstrucción del árbol biliar. Los pacientes con colangitis ascendente obstructiva también pueden presentar hipotensión, taquicardia y alteración del estado mental. Los pacientes geriátricos que presentan patología biliar son un desafío, porque sus síntomas pueden no ser tan pronunciados como los de un paciente no geriátrico que se presenta en un entorno de cuidados agudos. Es posible que algunos pacientes no puedan verbalizar eficazmente sus síntomas, mientras que otros pueden tener una percepción limitada del dolor debido a alguna neuropatía concomitante. Otros signos sutiles de disfunción biliar pueden incluir excoriaciones de la piel secundarias a prurito crónico, equimosis y/o petequias secundarias a disfunción sintética del hígado, biliuria o heces acólicas, o piel flácida por pérdida de peso prolongada debido al dolor posprandial crónico. Si se observa pérdida de peso durante un período agudo de dos o tres meses, en un paciente geriátrico en el contexto de una enfermedad biliar, el cirujano debe considerar malignidad como parte del diagnóstico diferencial.

### Evaluación de laboratorio e imágenes

La evaluación de laboratorio de los pacientes geriátricos es similar a la de otros pacientes con enfermedad biliar en el ámbito de cuidados agudos. En la colelitiasis no complicada, es decir, cólico asintomático o biliar, los resultados de laboratorio suelen ser normales. La evaluación de laboratorio debe incluir una química sanguínea completa con diferencial para evaluar leucocitosis, anemia, trombocitosis o trombocitopenia. La leucocitosis sugiere un proceso inflamatorio y frecuentemente se asocia con colecistitis aguda. La evaluación diferencial puede mostrar un desplazamiento hacia la izquierda con respecto al recuento de neutrófilos para respaldar aún más la evidencia de un

proceso inflamatorio o puede mostrar evidencia de discrasias sanguíneas subyacentes que pueden justificar una evaluación adicional antes de la intervención, si el tiempo lo permite. Un paciente geriátrico en un entorno de cuidados agudos también debe someterse a una evaluación con una gasometría arterial para evaluar trastornos ácido-base, y un panel metabólico básico para evaluar anomalías electrolíticas. Para los pacientes que tienen enfermedad de las arterias coronarias o disfunción electrofisiológica cardíaca, es imperativo corregir el potasio, el magnesio y el calcio antes del procedimiento o de la intervención quirúrgica. Es prudente considerar la prueba de hemoglobina A1C (HbA1C), ya que se ha demostrado que mejora los resultados perioperatorios en la población geriátrica. Además, se debe evaluar la función endocrina en pacientes geriátricos que no responden a las medidas de reanimación iniciales. Para los pacientes que tienen bradicardia persistente, disminución de la turgencia de la piel, aumento de peso inexplicable o letargo antes del ingreso, es razonable evaluar la función tiroidea mediante pruebas de hormona estimulante de la tiroides (*thyroid-stimulating hormone*, TSH) en suero, así como una medición de T3 y T4 libre. A su vez, en pacientes con taquicardia persistente que no responden a fluidos, se debe evaluar la TSH para detectar una sobreproducción subyacente de hormona tiroidea. Para los pacientes que están siendo tratados por sepsis que no responden a la reanimación con vasopresores, se debe considerar la evaluación del eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal mediante la evaluación del nivel de cortisol del paciente. La anomalía de laboratorio más común observada en las complicaciones asociadas con la colelitiasis es la elevación de la bilirrubina. La evaluación de la hiperbilirrubinemia debe evaluar las formas de bilirrubina total, conjugada y no conjugada. Es importante señalar que la bilirrubina total y conjugada estará elevada en la ictericia asociada con obstrucción biliar, mientras que se observa un aumento de la bilirrubina no conjugada en la hemólisis o la enfermedad de Gilbert. La fosfatasa alcalina se secreta desde los conductos biliares y también se asocia con obstrucción biliar. La medición de aspartato transaminasa (*aspartate aminotransferase*, AST) y alanino transaminasa (*alanine aminotransferase*, ALT) es un marcador de la función de los hepatocitos. La AST se eleva 2:1 en la enfermedad hepática alcohólica, mientras que la ALT se eleva en el daño intrínseco de los hepatocitos. La gamma glutamil transpeptidasa (*gamma-glutamyl transpeptidase*, GGT) suele estar elevada en pacientes con enfermedad hepática alcohólica. La albúmina sérica es un marcador nutricional importante en la población geriátrica y suele encontrarse disminuida en pacientes con insuficiencia hepática crónica y en pacientes con reserva nutricional deficiente. Esto puede afectar la toma de decisiones quirúrgicas si

existe la preocupación de que el paciente no se recupere adecuadamente después de la operación. El tiempo de protrombina (PT) es el marcador más sensible de la función hepática sintética y, en ocasiones, está elevado en la insuficiencia hepática crónica. Este marcador también puede estar elevado en la obstrucción biliar prolongada<sup>46,47</sup>.

Los pacientes con pancreatitis biliar aguda normalmente tendrán un nivel elevado de lipasa sérica. Un nivel sérico de lipasa o amilasa tres veces mayor que el límite superior del suero normal en el caso de dolor abdominal es diagnóstico de pancreatitis aguda. No es necesario que haya ningún cambio en el recuento de glóbulos blancos, aunque comúnmente se observe leucocitosis. También se observan a menudo elevaciones de la bilirrubina total, fosfatasa alcalina, AST y ALT. Los factores de riesgo independientes para la gravedad de la pancreatitis aguda incluyen edad avanzada, obesidad, hematocrito, PCR y BUN. Un hematocrito elevado mayor del 44% al ingreso predice una enfermedad más grave, ya que refleja mayor hemoconcentración por pérdidas del tercer espacio. De manera similar, los aumentos del BUN en mediciones seriadas se asocian con peores resultados y, cuando es mayor de 20 en el momento del ingreso, se asocia con un mayor riesgo de muerte. También se ha demostrado que una PCR elevada (> 150), que aumenta más lentamente que el BUN u otros reactivos de fase aguda, como el hematocrito, se correlaciona con pancreatitis aguda grave 24 a 48 horas después del ingreso. El valor de laboratorio más importante a menudo se considera el BUN y no la lipasa para determinar la gravedad de la pancreatitis aguda. La procalcitonina es la prueba de laboratorio más sensible y fuertemente específica para la detección de infección pancreática. Muchos de estos valores se utilizan en una variedad de sistemas de puntuación utilizados para evaluar gravedad<sup>46,47</sup>.

Al evaluar a un paciente con sospecha de pancreatitis aguda, es importante evaluar adecuadamente la gravedad de su enfermedad. La pancreatitis aguda grave se asocia con disfunción orgánica persistente y mayor mortalidad. Existen varios sistemas de puntuación para ayudar a clasificar la gravedad de la enfermedad. Algunos de estos son la Clasificación Revisada de Atlanta; la clasificación de Imrie; los criterios de Ranson tomados al ingreso y a las 48 horas; la puntuación APACHE III ayuda al pronóstico y la mortalidad hospitalaria; la puntuación de gravedad de la pancreatitis por TC (examina el nivel de edema, el nivel de necrosis y una puntuación de 5 o más asociada con una mayor duración de la estadía hospitalaria y un riesgo 15 veces mayor de mortalidad); la puntuación de Balthazar estratificó la pancreatitis en leve (intersticial), intermedia (exudativa) y grave (necrotizante); índice de puntuación BISAP (*Bedside Index for Severity in Acute Pancreatitis*)

para la gravedad de la pancreatitis aguda. Cada puntuación tiene sus aspectos positivos y negativos y no hay una sola que se recomiende como único predictor del resultado. Al utilizar una puntuación de clasificación de gravedad, se debe tener en cuenta la facilidad de uso y si la puntuación examina datos cualitativos o cuantitativos. La World Society of Emergency Surgery (WSES) recomienda el BISAP como una de las herramientas de puntuación más precisas y aplicables para calcular la gravedad, la mortalidad y la insuficiencia orgánica junto con la puntuación APACHE, pero señala que no existe un sistema de puntuación estándar. El mayor riesgo de muerte entre los pacientes con pancreatitis aguda es aquel que tiene insuficiencia orgánica persistente con necrosis pancreática infectada. Cuanto antes se pueda evaluar la gravedad de la enfermedad, antes se podrá organizar una disposición para el paciente. La pancreatitis grave con insuficiencia orgánica probablemente requiera un mayor nivel de atención, como una unidad de cuidados intensivos, en comparación con una pancreatitis aguda leve<sup>48</sup>.

La ecografía es generalmente la primera opción de diagnóstico por imágenes ya que tiene una alta especificidad, es de bajo costo, sin radiación y puede identificar fácilmente los cálculos biliares. Los hallazgos de líquido pericolecístico o engrosamiento de la pared de la vesícula biliar sugieren colecistitis aguda, mientras que la dilatación del colédoco sugiere coledocolitiasis. A menudo se puede obtener un signo de Murphy ecográfico en pacientes con colecistitis aguda. Sin embargo, la ecografía depende del operador y puede estar limitada por el hábito corporal del paciente. La TC es más cara que la ecografía y expone al paciente a radiación, pero puede ofrecer información adicional y depende menos del operador. La modalidad de imagen más utilizada es la TC con contraste intravenoso. Esto se realiza de manera óptima como una TC de protocolo de fase dual que incluye fases de contraste arterial y venoso portal. El contraste ayuda a delinear etiologías potenciales en el contexto de una enfermedad obstructiva, así como a identificar colecciones de líquido peripancreático y evidencia de necrosis. Por lo general, invariablemente se observarán cambios en la densidad del parénquima pancreático debido al edema local y a la acumulación de grasa en el retroperitoneo circundante. La ausencia de realce del páncreas en la TC o la presencia de gas es indicativa de necrosis. Los signos de pancreatitis hemorrágica incluyen líquido muy atenuado en el área peripancreática. El momento óptimo para la primera TC es entre las 72 y 96 horas después del inicio de los síntomas. Otras opciones para la obtención de imágenes incluyen la resonancia magnética nuclear (RMN) y la ecografía endoscópica (USE). El momento de las imágenes de seguimiento se basa en la gravedad de la enfermedad y el curso clínico del paciente<sup>48</sup>.

Los hallazgos de la TC asociados con la enfermedad biliar incluyen líquido pericolecístico, colelitiasis, engrosamiento de la pared de la vesícula biliar, dilatación del colédoco y/o coledocolitiasis. La TC también brinda el beneficio de evaluar patología intraabdominal separada que puede explicar los síntomas del paciente. Se pueden utilizar imágenes por TC, si los hallazgos de la ecografía son equívocos o si hay sospecha de un proceso patológico más insidioso, como una neoplasia maligna biliar, que no se visualiza completamente con la ecografía. Las imágenes por TC deben utilizarse con prudencia en la población geriátrica. Muchos de estos pacientes tienen una enfermedad renal crónica subyacente y un bolo de contraste puede provocar una lesión renal aguda. Esto es particularmente importante porque –si el paciente requirió colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) para tratar la obstrucción biliar, que requiere medio de contraste, como parte de su enfoque multidisciplinario para tratar su enfermedad biliar– el desarrollo de una lesión renal aguda podría retrasar la implementación de un procedimiento crítico y posible empeoramiento de su colangitis. En un paciente geriátrico frágil, tal demora en la atención podría derivar en el fallo del rescate y, en última instancia, crear una morbilidad significativa, o incluso la muerte en estos pacientes<sup>48</sup>.

La gammagrafía con ácido iminodiacético hepatobiliar (*Hepatobiliary Iminodiacetic Acid*, HIDA) es un examen de medicina nuclear que se considera el más específico y sensible para la colecistitis aguda. Un cálculo que obstruye el conducto cístico y que impide la visualización de la vesícula biliar es diagnóstico de colecistitis aguda. Un estudio que muestra la falta de marcador en el conducto biliar común es diagnóstico de coledocolitiasis. La HIDA también se puede utilizar para la detección de discinesia biliar. La fracción de eyección se puede determinar mediante la administración de colecistoquinina (CCK) durante el examen. Una fracción de eyección biliar < 35% se considera anormal. La HIDA se utiliza con poca frecuencia en el ámbito de la cirugía aguda, pero es útil en la evaluación ambulatoria de la discinesia biliar y la evaluación posoperatoria de la fuga de bilis después de la colecistectomía<sup>48</sup>.

También se puede realizar una evaluación adicional del árbol biliar mediante RMN o colangiopancreatografía por resonancia magnética (CPRM). Esto permite una excelente evaluación de los tejidos blandos de la zona, así como una buena definición del árbol biliar y del páncreas. A menudo es la mejor imagen para el diagnóstico de coledocolitiasis y tumores malignos. Al igual que la exploración HIDA, la CPRM también es útil en la evaluación de una fuga de bilis posterior a la colecistectomía. En los casos en los que se sospecha coledocolitiasis u otra obstrucción biliar con bilirrubina elevada, pero la CPRM es negativa, se puede considerar un estudio adicional con USE para evaluar directamente el

árbol biliar mediante ecografía. Si la USE identifica una lesión obstructiva, se puede realizar una CPRE en este momento para eliminar o aliviar la obstrucción. Particularmente en la población geriátrica donde existe un mayor riesgo de malignidad, un gastroenterólogo intervencionista experimentado puede obtener cepillados biliares y posiblemente biopsias si existe preocupación por una malignidad subyacente<sup>48</sup>.

### **Indicaciones de intervención quirúrgica de emergencia**

La inflamación grave o crónica de la vesícula biliar o los episodios recurrentes de colecistitis ponen a los pacientes en mayor riesgo de sufrir patologías más complicadas, especialmente en la población de edad avanzada. Se consideran emergencias quirúrgicas la presencia de sangrado, perforación y obstrucción. Las emergencias quirúrgicas que requieren una optimización rápida y una intervención quirúrgica inmediata incluyen colecistitis enfisematosa, colecistitis gangrenosa, perforación de la vesícula biliar, fístula colecistoentérica e íleo biliar.

La colecistitis enfisematosa es más común en los ancianos debido a una mayor incidencia de bacterias formadoras de gases, particularmente especies de *Clostridium*. Los pacientes con diabetes tienen un mayor riesgo de sepsis. La neuropatía en ellos puede conducir a una disminución de la percepción del dolor y una presentación más tardía en el curso clínico. El control glucémico enérgico es imperativo después de obtener el control de la fuente, lo que se logra con colecistectomía de emergencia. Idealmente, se realiza de forma mínimamente invasiva, pero las consideraciones relativas a la capacidad del paciente geriátrico para tolerar el neumoperitoneo, la gravedad de la inflamación y la propagación de la contaminación y el tiempo bajo anestesia son puntos importantes para la toma de decisiones. Si el paciente no puede tolerar el neumoperitoneo o hay contaminación peritoneal significativa, entonces la colecistectomía abierta es el abordaje ideal<sup>48</sup>.

La colecistitis crónica suele ser causada por episodios recurrentes de obstrucción del conducto cístico. Esto conduce a una inflamación crónica de la vesícula biliar, cicatrices y, en última instancia, disfunción de la vesícula biliar. La población de edad avanzada también sufre enfermedades vasculares y estados de flujo sanguíneo bajo que pueden causar isquemia. Esta, a su vez, puede provocar colecistitis gangrenosa, que también justifica una colecistectomía urgente y debe abordarse de manera similar a la colecistitis enfisematosa. Los casos más graves de colecistitis gangrenosa pueden provocar perforación de la vesícula biliar con derrame del contenido hacia el espacio intraabdominal. La perforación de la vesícula biliar se clasifica en cuatro tipos según Niemeier: tipo 1, perforación libre;

tipo 2, perforación con absceso; tipo 3, perforación crónica con fístula colecistoentérica, y tipo 4, perforación del árbol biliar que da lugar a la formación de fístulas colecistobiliares. En este contexto, el paciente geriátrico tiene un riesgo particularmente elevado de sufrir el síndrome de Mirizzi y un mayor riesgo de lesión del conducto biliar durante la operación inicial. Se debe tener mucha precaución para delinear la visión crítica de seguridad y se deben considerar maniobras de rescate como la colecistectomía subtotal, ya que esta población de pacientes tiene un mayor riesgo de fallo en el rescate en caso de un error técnico operatorio. El cirujano de emergencias debe emplear la asistencia de especialistas hepatobiliares tempranamente, si se anticipan estos desafíos anatómicos<sup>48</sup>.

La colecistitis recurrente y crónica también aumenta el riesgo de fístula bilioentérica cuando los cálculos crónicos erosionan la pared biliar, provocando así la formación de íleo biliar. Esta presentación se observa con mayor frecuencia en la población de edad avanzada, usualmente residentes de hogares de ancianos, y es responsable del 25% de las obstrucciones del intestino delgado. El objetivo principal es aliviar la obstrucción intestinal, lo que a menudo requiere una enterotomía para extraer el cálculo, que en su mayoría mide más de dos centímetros y no puede atravesar la válvula ileocecal. La colecistectomía puede realizarse o no durante el procedimiento índice<sup>48</sup>.

La fístula a menudo crea una inflamación importante, lo que pone al paciente en mayor riesgo de sufrir una lesión del conducto biliar común. Es razonable dejar un drenaje en el cuadrante superior derecho y permitir que el tracto cicatrice, ya que esto generalmente se tolera mejor que las secuelas de una lesión importante del conducto biliar que requiere una intervención más sustancial. En el caso de perforación y contaminación intestinal, el cirujano de emergencias debe sopesar los riesgos y beneficios de realizar una anastomosis primaria en un campo previamente contaminado versus ofrecer al paciente una ileostomía de derivación. En general, las ileostomías no suelen ser bien toleradas en la población de pacientes geriátricos, ya que se asocian con pérdidas de volumen, deshidratación y anomalías electrolíticas. La discusión preoperatoria debe resaltar estas preocupaciones con el paciente, y, si requiere derivación fecal, se debe optimizar el estado de nutrición y volumen y, si es posible, se debe planificar la reversión de la ileostomía dentro de las 8 a 12 semanas posteriores al procedimiento inicial.

En estos escenarios, el equipo de CGE debe analizar los cuidados posoperatorios, incluida la anticipación de una estadía prolongada en la Unidad de

Cuidados Intensivos (UCI), ya que tienen un riesgo particularmente alto de desarrollar abscesos posoperatorios y requerir procedimientos de drenaje posteriores. Los desafíos relacionados con la nutrición, la movilidad del paciente, la prevención de otras infecciones posoperatorias y el lugar de derivación a largo plazo después de la hospitalización deben anticiparse y revisarse diariamente con el equipo multidisciplinario.

### **Enfoque multidisciplinario para el manejo de enfermedades HPB**

#### *Colelitiasis aguda*

La incidencia de colelitiasis aumenta con la edad, probablemente debido a una interrupción en el flujo de bilis o estasis y al cambio en la composición de la bilis producida. A medida que envejecemos, hay un aumento en la actividad de la 3-hidroxi-3-metilglutaril coenzima A, que es crucial en la síntesis de colesterol, y una disminución de la 7  $\alpha$ -hidroxilasa, que es la enzima limitante en la producción de sales biliares a partir del colesterol. Estos dos cambios permiten una saturación de la bilis con colesterol y un aumento en la proporción de sales biliares secundarias a sales biliares primarias. Esta alteración en la proporción promueve la síntesis de colesterol, aumenta las proteínas en la bilis, disminuye el tiempo de nucleación y aumenta la producción de fosfolípidos que afectan la producción de mucina. Algunos han sugerido que la tríada de Virchow para la trombosis (estasis, hipercoagulabilidad y lesión endotelial) se puede aplicar de manera similar a la producción de cálculos biliares. El último punto de la tríada sería la lesión endotelial, que podría extrapolarse a una inflamación crónica de la vesícula biliar por tener sedimentos o cálculos durante varios años. Las bacterias más comunes que se encuentran en la colecistitis aguda son *Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Clostridium*, que son las mismas que se observan en personas más jóvenes.

La colelitiasis suele ser asintomática y se diagnostica de manera incidental mediante imágenes. Es más probable que la colelitiasis se vuelva sintomática en la población de edad avanzada. El 10% de los pacientes con colelitiasis asintomática desarrollarán signos o síntomas en un plazo de cinco años. Esta cifra aumenta a alrededor de 26% a los 10 años. El cólico biliar es una colelitiasis sintomática y típicamente se asocia con dolor posprandial en el cuadrante superior derecho o náuseas, causada por la contracción de la vesícula biliar contra un cálculo que bloquea el conducto cístico de manera transitoria. Si bien gran parte del diagnóstico

y la intervención de la enfermedad no cambian en la población de edad avanzada, el manejo perioperatorio puede variar significativamente debido a las mayores demandas de atención médica de los pacientes geriátricos. Las modalidades de diagnóstico y tratamiento permanecen relativamente sin cambios, ya que la endoscopia, la cirugía y el drenaje percutáneo son relativamente seguros en la población geriátrica, aunque persiste una brecha de conocimiento para evaluar adecuadamente a la población de pacientes geriátricos dada su reducida reserva fisiológica y optimizar sus múltiples comorbilidades que pueden contribuir a un aumento de la morbilidad y la mortalidad.

Para la colelitiasis asintomática o incidental, el tratamiento consiste en cirugía profiláctica, tratamiento expectante o, con menor frecuencia, tratamiento médico. La indicación de intervención en la colelitiasis asintomática depende en gran medida de los hallazgos clínicos y la discusión con el paciente sobre los riesgos y beneficios. El principal beneficio de la intervención quirúrgica profiláctica en esta población es evitar que se desarrolle una enfermedad de la vesícula biliar complicada sin la previsión de optimizar las múltiples comorbilidades médicas que esta población suele tener.

El tratamiento quirúrgico de elección de la colelitiasis es la colecistectomía. El abordaje mínimamente invasivo se ha convertido en el procedimiento de referencia (estándar de oro) y la colecistectomía abierta se reserva como alternativa para cuando no se puede realizar el abordaje laparoscópico o durante una complicación intraoperatoria en el transcurso de la colecistectomía laparoscópica, como sangrado significativo, daño a una estructura o incapacidad del paciente para tolerar el neumoperitoneo. La población de pacientes geriátricos tiene una tasa más alta de conversión de colecistectomía laparoscópica a abierta. Es probable que esto se deba a las múltiples comorbilidades médicas en esta población de pacientes, incluido un historial más prolongado de cálculos biliares, más episodios de colecistitis y la fibrosis resultante. Estos, combinados con una mayor incidencia de enfermedades cardíacas, pulmonares y renales, contribuyen al aumento de la tasa de conversión de la colecistectomía laparoscópica a abierta en pacientes geriátricos.

### *Colecistitis aguda*

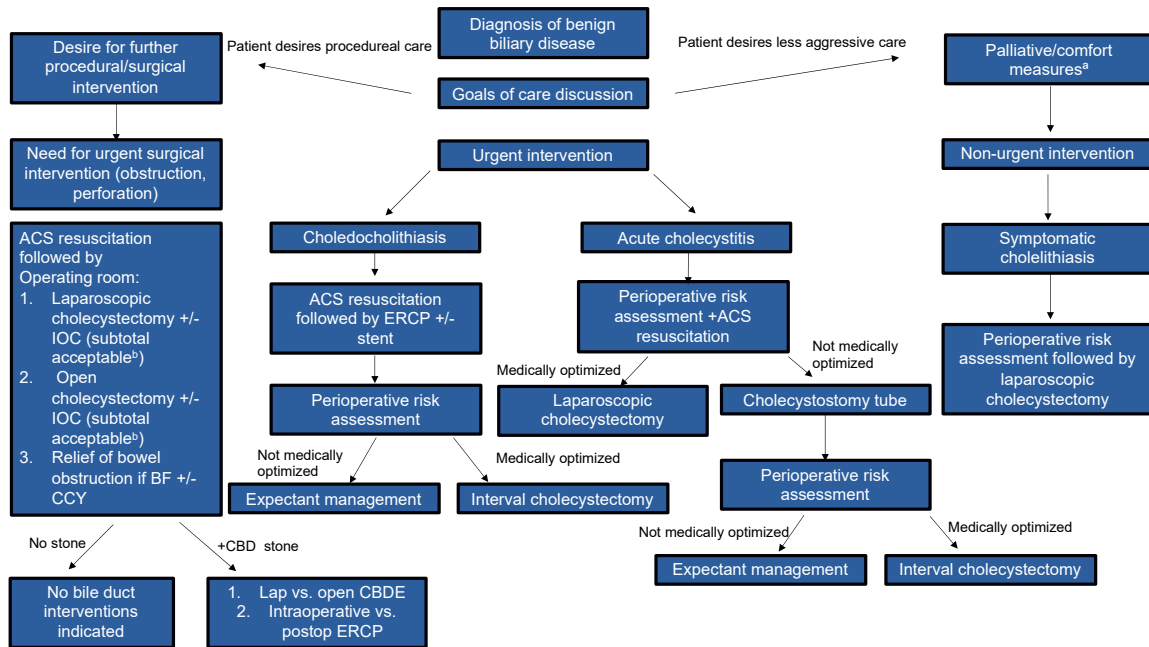
El cólico biliar a menudo precede a la presentación de un paciente que desarrolla colecistitis aguda, donde la obstrucción del conducto cístico se vuelve permanente. En esta obstrucción irreversible hay un cese en el flujo de bilis desde la vesícula biliar; además, su distensión puede comprometer el flujo sanguíneo a la pared de la vesícula biliar y provocar isquemia, inflamación e infección.

El tratamiento de la colecistitis aguda incluye reanimación con líquidos, antibióticos y colecistectomía o colocación de un tubo de colecistostomía. Sin intervención quirúrgica, existe una tasa muy alta de recurrencia que expone al paciente en riesgo de sufrir complicaciones más graves, como colangitis, pancreatitis, colecistitis enfisematosa, colecistitis gangrenosa, perforación de la vesícula biliar y colecistitis crónica. El dolor de la colecistitis aguda debe tratarse, pero se recomienda evitar la morfina ya que provoca la contracción del esfínter de Oddi. Existe una tasa extremadamente alta de recurrencia de colecistitis aguda en aquellos que no se someten a colecistectomía, y los episodios recurrentes se asocian con una mayor morbilidad y mortalidad. Las estimaciones de la tasa de recurrencia de la colecistitis aguda después del tratamiento no quirúrgico con colecistostomía percutánea y/o antibióticos varían, pero es seguro concluir que, si se pueden optimizar las comorbilidades del paciente, se debe realizar la colecistectomía<sup>49</sup> (Fig. 5).

La decisión de realizar una colecistectomía o la colocación de un tubo de colecistostomía a menudo se basa en la gravedad de la inflamación, los recursos del sistema de atención médica, la fragilidad y las comorbilidades médicas del paciente. De ahí que la estratificación del riesgo se vuelva muy importante en el paciente geriátrico. Algunos pacientes con enfermedades cardíacas o pulmonares graves no tolerarían la anestesia general prolongada ni el neumoperitoneo y se beneficiarían con la colocación de un tubo de colecistostomía percutánea. Se puede considerar el manejo no quirúrgico en pacientes seleccionados, pero un estudio realizado por Wiggins y cols.<sup>50</sup> mostraron una tasa de reingreso del 50% con este manejo. Para los pacientes a los que se les coloca una sonda de colecistostomía en situaciones agudas, el momento de la colecistectomía de intervalo es importante en la población de pacientes geriátricos. Para pacientes con ASA clase IV o V, o para pacientes con menos de seis meses de esperanza de vida, el manejo expectante con un tubo de colecistostomía por el resto de la vida del paciente es razonable, ya que ofrece menos riesgo de morbilidad y/o mortalidad que someterse a un manejo definitivo<sup>51</sup>. Para pacientes con ASA clase II o III, está indicada la evaluación geriátrica ambulatoria con los consultores necesarios. Estos pacientes son candidatos para la colecistectomía de intervalo, ya que esto mejora la morbilidad y la calidad de vida general en esta población.

Un período propuesto de 72 horas, considerado la ventana de oro, se considera estándar de atención para el momento óptimo de la intervención quirúrgica en pacientes que presentan colecistitis aguda. Ambe y cols.<sup>52</sup> sugieren que la colecistectomía laparoscópica inmediata para la colecistitis aguda dentro de las 24 horas posteriores al inicio de los síntomas no es superior a la cirugía entre 25 y 72 horas después. Por lo tanto,

FIGURA 5



Algoritmo de tratamiento de pacientes geriátricos con enfermedad biliar benigna. Una conversación detallada entre la atención de apoyo, el paciente, el apoderado de atención médica y todos los miembros del equipo de atención deben adaptar la atención del paciente a sus objetivos. Esto podría incluir antibióticos sin un plan para la intervención del procedimiento<sup>48</sup>.  
 CBDE (common bile duct exploration): exploración de la vía biliar común; IOC (intraoperative cholangiogram): colangiograma intraoperatorio; ERCP (Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography): Colangiopancreatografía retrógrada endoscópica; BF (biliary fistula): fístula biliar; CCY (cholecystectomy): colecistectomía; ACS (Acute Care Surgery): Cirugía General de Emergencia (CGE)

la colecistectomía laparoscópica se puede realizar de forma segura dentro de las 72 horas. Esto es particularmente importante para la población de pacientes geriátricos, ya que muchos requieren una evaluación y optimización del riesgo perioperatorio antes de la intervención quirúrgica.

Existen varios sistemas de estratificación de riesgos para ayudar con esta decisión, entre ellas las *Tokyo guidelines*, *American Association for the Surgery of Trauma (AAST)*, *Parkland grading scale*, y la *American Society of Anesthesiology (ASA)*. Las *Tokyo guidelines* se publicaron por primera vez en 2007, se revisaron en 2013 y nuevamente en 2018 y recomiendan tratamientos para pacientes con colecistitis aguda y colangitis aguda clasificando la gravedad. Esta herramienta de estratificación del riesgo clasifica la colecistitis aguda como grado I (leve), grado II (moderada) y grado III (grave). La colecistitis aguda de grado I se caracteriza por aparición en un paciente sano sin disfunción orgánica y cambios inflamatorios leves en la vesícula biliar, lo que hace que la colecistectomía sea un procedimiento quirúrgico seguro y de bajo riesgo. La colecistitis aguda de grado II se asocia con una duración de los síntomas mayor de 72 horas, inflamación local marcada (colecistitis gangrenosa, absceso pericolecístico, absceso hepático, peritonitis biliar, colecistitis

enfisematosa), recuento de glóbulos blancos mayor de 18 000 y dolor palpable en el cuadrante superior derecho. Nuevamente, el dolor como hallazgo en el examen puede ser sutil en la población geriátrica debido a otras comorbilidades como la diabetes con su consiguiente neuropatía. Además, el dolor puede persistir durante mucho más tiempo que 72 horas debido a esta última o bien a la incapacidad del paciente geriátrico para comunicar eficazmente sus síntomas. La colecistitis aguda de grado III se caracteriza por disfunción cardiovascular (hipotensión que requiere tratamiento con dopamina  $\geq 5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ , o cualquier dosis de norepinefrina); disfunción neurológica (disminución del nivel de conciencia); disfunción respiratoria (relación  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ ); disfunción renal (oliguria, creatinina  $>2,0 \text{ mg}/\text{dL}$ ); disfunción hepática (PT-INR  $> 1,5$ ); disfunción hematológica (recuento de plaquetas  $< 100\,000/\text{mm}^3$ ). Estos pacientes requieren medidas de reanimación urgentes para revertir las secuelas de los efectos hemodinámicos de la sepsis y prevenir una mayor insuficiencia de órganos terminales. La administración oportuna de antibióticos, además de medidas de reanimación guiadas, puede afectar la morbilidad y la mortalidad tempranas en pacientes geriátricos que tienen poca reserva fisiológica para tolerar tal daño hemodinámico.

### Coledocolitiasis primaria

La coledocolitiasis primaria se debe más a menudo a cálculos pigmentados que de colesterol. Aquellos se forman por obstrucción o infección del árbol biliar o por enfermedad hematológica y recurren con frecuencia. La coledocolitiasis secundaria es mucho más común y se produce por el paso de cálculos de la vesícula biliar. Los pacientes con coledocolitiasis, incluso asintomática, tienen riesgo de desarrollar colangitis y pancreatitis biliar. La coledocolitiasis sintomática a menudo se presenta con dolor epigástrico o en el cuadrante superior derecho, así como signos y síntomas compatibles con colangitis. La obstrucción del árbol biliar debido a coledocolitiasis puede causar colangitis aguda secundaria a bacterias en el árbol biliar y aumento de la presión intraductal, lo que permite la translocación de bacterias o endotoxinas al sistema vascular conocido como reflujo colangiovenoso.

Existe un debate en torno al tratamiento de la colecistitis complicada, como los pacientes con enzimas hepáticas elevadas, sospecha de coledocolitiasis o coledocolitiasis comprobada. Cuando hay cálculos dentro del árbol biliar, el paciente tiene mayor riesgo de sufrir colangitis y pancreatitis biliar. Por lo tanto, es importante no solo extirpar la fuente, la vesícula biliar, sino también limpiar el sistema de conductos de cálculos que pueden causar obstrucciones. La CPRM se utiliza inicialmente para identificar pacientes con coledocolitiasis; sin embargo, algunos consideran que las enzimas hepáticas elevadas son suficientes para indicar coledocolitiasis. La limpieza definitiva del árbol biliar se puede realizar por vía endoscópica mediante colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) o intraoperatoriamente mediante exploración del colédoco, que se puede realizar por vía laparoscópica o abierta. La elección del abordaje está determinada por la disponibilidad de recursos y el conjunto de habilidades quirúrgicas. Si el cirujano realiza una colecistectomía y hay hallazgos intraoperatorios compatibles con coledocolitiasis (ensanchamiento del conducto biliar común, inflamación alrededor del infundíbulo y el conducto biliar común, preocupación por el síndrome de Mirizzi), es prudente realizar una colangiografía intraoperatoria como delimitación anatómica del árbol hepatobiliar para poder prevenir la lesión del conducto biliar. Se puede realizar una exploración laparoscópica o abierta del conducto biliar común, si las habilidades laparoscópicas del cirujano de emergencia lo permiten; sin embargo, esto debe considerarse con precaución ya que el área a menudo está muy inflamada y preparada para lesiones iatrogénicas. Una medida intraoperatoria más cautelosa en la población geriátrica incluiría colecistectomía con consulta urgente de gastroenterología intervencionista para realizar CPRE intraoperatoriamente o de urgencia en el posoperatorio. Tener precaución con aquellos pacientes geriátricos a los que se les coloca un

stent (endoprótesis), cuya importancia radica en que estos pacientes no se pierdan durante el seguimiento, y que eventualmente puedan someterse a su extracción cuando esté indicado.

La resonancia magnética nuclear (RMN) puede verse limitada debido a que la falta de disponibilidad retrasa los tiempos de las pruebas. La CPRE debe coordinarse con el Servicio de Gastroenterología o un cirujano endoscópico capacitado. Utilizando un modelo de Markov, Epelboym y cols.<sup>53</sup> demostraron que la colecistectomía inicial con colangiografía intraoperatoria de rutina como estrategia es el enfoque más rentable para el tratamiento de pacientes que presentan sospecha de coledocolitiasis.

La CPRE tiene sus propios riesgos inherentes, que incluyen pancreatitis, sangrado, perforación y problemas asociados con los stents biliares y el tratamiento de cálculos biliares. Se demostró una incidencia de pancreatitis posterior a una CPRE de 3,5%. El sangrado y la perforación suelen estar relacionados con la esfinterotomía. Después de la limpieza del conducto biliar común, el equipo de cirugía de emergencias debe considerar si el paciente geriátrico es candidato para la colecistectomía laparoscópica durante el intervalo de admisión, o si el paciente debe someterse a una evaluación geriátrica ambulatoria y optimización médica de forma multidisciplinaria antes de la colecistectomía de intervalo.

### Pancreatitis aguda

La pancreatitis es una reacción inflamatoria del parénquima pancreático debido a una activación inadecuada de las enzimas pancreáticas y la posterior autodigestión de los tejidos circundantes. La activación del tripsinógeno, la infiltración de células inflamatorias y la destrucción de las células secretoras están mediadas por la sobrecarga de calcio, la disfunción mitocondrial, la autofagia alterada y el estrés del retículo endoplásmico, todos los cuales desempeñan un papel en la fisiopatología de la pancreatitis aguda.

Las dos etiologías más comunes son los cálculos biliares y el alcohol, y juntas representan el 90-95% de los casos, mientras que las causas menos comunes incluyen hipertrigliceridemia, traumatismos, malformaciones congénitas, lesiones iatrogénicas, fibrosis quística, disfunción del esfínter de Oddi y toxinas (veneno de escorpión). En los ancianos, el diferencial de etiologías difiere del de la población general. El origen biliar sigue siendo el más común y la segunda causa es la idiopática, que difiere mucho de la causa de la población general, que sería el alcohol. Las drogas como etiología aumentan en comparación con la población más joven. La polifarmacia no es infrecuente en la población de edad avanzada y tomar seis o más medicamentos los coloca en mayor riesgo. Muchos medicamentos pueden

inducir pancreatitis aguda, algunos de los más comunes incluyen estatinas, hidroclorotiazida, furosemida, oxicodona, hidrocodona, trimetoprim/sulfametoxazol, azatioprina, mercaptopurina, tetraciclinas, macrólidos, fluoroquinolonas, rifampicina, esteroides, lisinopril, estradiol y metformina<sup>48</sup>.

Hay una serie de cambios que tienen lugar en el páncreas en la población de pacientes geriátricos que el cirujano y el radiólogo deben conocer. Hay una disminución de la cantidad y función de las células beta del páncreas que secretan insulina, lo que conduce a la resistencia a esta. También puede observarse calcificación de los vasos circundantes, aumento de la distribución adiposa visceral, disminución de la masa muscular y posición más baja del páncreas que puede presentarse en las imágenes alrededor del nivel L3 para la inserción de la ampolla de Vater. A menudo hay calcificaciones aumentadas y quistes benignos del páncreas, y el conducto pancreático aumenta de tamaño con la edad de 1 a 3 mm hasta 1 a 2 cm sin obstrucción o estenosis, al igual que el conducto biliar común. La ectasia de los conductos aumenta con la edad y puede ocurrir que los conductillos interlobulillares se dilaten y aparezcan como quistes. Los numerosos cambios que experimentan los pacientes geriátricos afectan la forma en que se presentan las patologías pancreaticobiliares y pueden alterar su manejo<sup>48</sup>.

La International Association of Pancreatology (IAP) y la American Pancreatic Association (APA) crearon directrices en 2013 para el tratamiento de la pancreatitis aguda e incluyeron recomendaciones; entre ellas: diagnóstico de pancreatitis aguda y etiología, predicción de la gravedad, imágenes, fluidoterapia, manejo en la UCI y prevención de complicaciones infecciosas y soporte nutricional. Por su parte, la WSES publicó sus propias directrices en 2019 y ofreció diversos temas de discusión, incluyendo clasificación de gravedad, imágenes, parámetros de laboratorio, puntajes de riesgo, imágenes de seguimiento, tratamiento con antibióticos, nivel de atención de monitorización, control del dolor, ventilación mecánica, indicaciones de CPRE y de drenaje percutáneo y endoscópico de colecciones, así como también estrategias quirúrgicas. Si bien existe una importante superposición entre estas directrices, ofrecen información sobre algunas de las consideraciones que luego pueden adaptarse a un paciente individual<sup>48</sup>.

La gravedad de la pancreatitis es generalmente más grave en la población de pacientes geriátricos. Se ha informado que la mortalidad en pacientes mayores de 80 años de edad supera el 25%. Cuando la pancreatitis se asocia con insuficiencia orgánica, necrosis, pseudoquiste/colección de líquido peripancreático, absceso o hemorragia, ese número puede aumentar a 50% en esta población. Una de las causas más comunes de muerte después de los primeros 7 días de pancreatitis aguda es la insuficiencia respiratoria por edema pulmonar. Se debe establecer un umbral bajo para el ingreso

en la UCI, dados los grandes cambios de líquidos y las múltiples comorbilidades asociadas con esta población de pacientes, así como el riesgo de una descompensación rápida. El aumento de la enfermedad pulmonar en esta población también debería contar con un umbral más bajo para la intubación temprana. Otro pilar del tratamiento es el control del dolor, que en la población de edad avanzada tiene el riesgo de agravar el delirio. Cuando sea posible, se deben intentar fármacos no narcóticos. La tercera consideración importante durante el tratamiento es el énfasis en la nutrición enteral. Anteriormente era común mantener a los pacientes estrictamente sin vía oral (NPO), pero ahora se indica la nutrición enteral a menos que empeoren los análisis de laboratorio, las imágenes o el examen clínico del paciente. Esto se puede lograr por vía oral, sonda nasogástrica o sonda de alimentación nasoyeyunal. Esta última se intenta si no se tolera una dieta oral dentro de los 3 a 7 días posteriores a la presentación, y la nutrición parenteral debe limitarse a aquellos casos en los que la nutrición enteral no sea posible<sup>48</sup>.

Inicialmente no se recomiendan antibióticos para prevenir infecciones, ya que la pancreatitis generalmente se considera aséptica. Existe una mayor incidencia de translocación bacteriana que activa la respuesta inflamatoria sistémica en la pancreatitis inducida por cálculos biliares. Hay cierto debate sobre el tratamiento con uso profiláctico de antibióticos en la población de pacientes geriátricos. Estos pacientes a menudo se presentan más tarde en el curso de la enfermedad y se asocian con mayor frecuencia con la etiología de cálculos biliares, así como con una reserva fisiológica reducida y con un mayor riesgo de descompensación aguda. El uso temprano de antibióticos en pacientes geriátricos podría potencialmente reducir la incidencia o el efecto de la translocación bacteriana y el grado de respuesta inflamatoria sistémica, lo que disminuiría la morbilidad y la mortalidad en esta población. Sin embargo, el consenso general aún mantiene recomendaciones contra el uso profiláctico de antibióticos en el paciente anciano<sup>48</sup>.

### **Manejo de la necrosis pancreática infectada**

Se requieren antibióticos cuando el paciente desarrolla signos, síntomas o necrosis pancreática infectada comprobada por biopsia. Es importante utilizar antibióticos que penetren en la zona infectada e incluyan cobertura tanto aeróbica como anaeróbica para gramnegativos y grampositivos. Actualmente no se recomienda el uso rutinario de antifúngicos, a pesar de que las especies de *Candida* son comunes en estos pacientes y un indicador de alto riesgo de mortalidad.

La decisión sobre cuándo iniciar intervenciones invasivas es difícil. Es importante obtener cultivos de necrosis pancreática infectada, pero la introducción

de bacterias en colecciones asépticas de líquido pancreático puede empeorar significativamente el pronóstico. El enfoque progresivo para el tratamiento de la pancreatitis aguda se ha adaptado bien y es apropiado tanto para la población geriátrica como para los pacientes más jóvenes (Fig. 6)<sup>54</sup>. Tiene como objetivo reducir las intervenciones como la necrosectomía pancreática abierta. Los objetivos son maximizar la terapia médica con reanimación con líquidos, antibióticos y cuidados de apoyo. Si hay sepsis en curso, se debe intentar el drenaje percutáneo o endoscópico. Luego se puede aumentar el tamaño y se pueden colocar drenajes adicionales para maximizar la utilidad de este paso. Si todavía hay sepsis en curso, se debe intentar el desbridamiento endoscópico a continuación, si la proximidad al tracto gastrointestinal es accesible de manera segura. A veces, esto no es suficiente o no es accesible mediante cirugía de desbridamiento retroperitoneal videoasistida (*Video-Assisted Retroperitoneal Debridement Surgery, VARDS*), que implica utilizar el recorrido de un drenaje de gran calibre para ingresar por vía laparoscópica en el espacio retroperitoneal y desbridar el tejido necrótico. Cuando esto no es suficiente y el paciente continúa descompensado, se debe comenzar a considerar una necrosectomía pancreática abierta o mínimamente invasiva. Otras indicaciones para la necrosectomía son la necrosis pancreática hemorrágica con sangrado incontrolable mediante medidas menos invasivas, descompensación clínica aguda que no se puede contemporizar y síndrome compartimental abdominal.

Una vez iniciado el tratamiento, es necesario considerar la etiología de la pancreatitis. Si la patología biliar es la etiología subyacente, esto debe tratarse en el ingreso hospitalario inicial, si es posible. La CPRE está

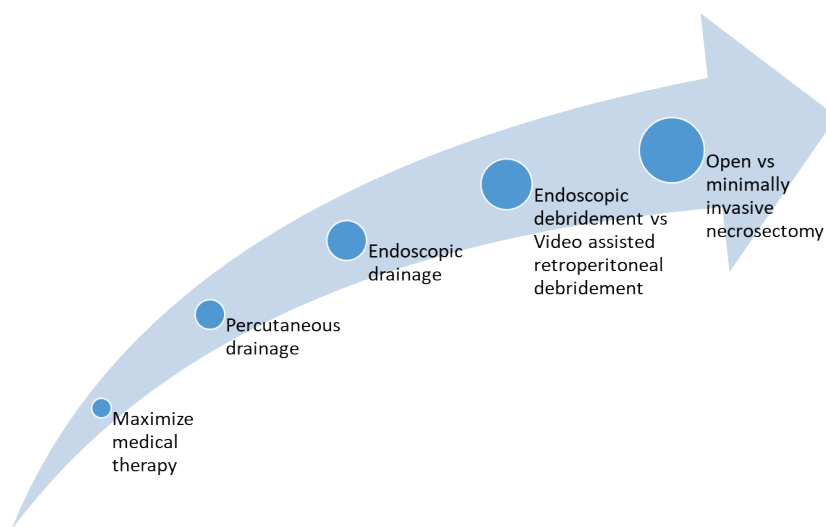
indicada en pacientes con pancreatitis aguda por cálculos biliares o colangitis con obstrucción constante del conducto biliar común. Para prevenir episodios adicionales de pancreatitis, la colecistectomía debe realizarse antes del alta después de la resolución de la pancreatitis aguda por el alto riesgo de reingreso y recurrencia de los síntomas. En pacientes que no son buenos candidatos para la cirugía y tienen un riesgo significativo asociado con ella, la CPRE con esfinterotomía puede reducir el riesgo de pancreatitis recurrente<sup>55</sup>.

### Enfermedad HPB maligna

El tratamiento de pacientes mayores con cáncer de páncreas y de vías biliares es particularmente desafiante debido a los datos prospectivos limitados en esta población. El tratamiento incluye una consideración especial a la probabilidad anatómica de la resección, la biología del tumor y la disponibilidad de modalidades de tratamiento no quirúrgico, y la condición general del paciente y el índice de fragilidad. El riesgo de colangiocarcinoma y adenocarcinoma de vesícula biliar aumenta con la edad y la mayoría de las personas a las que se les diagnostica estas afecciones tiene entre 60 y 70 años. Dado que la edad avanzada es común en esta población, los cirujanos que tratan tales afecciones deben ser conscientes de los cambios fisiológicos asociados y tenerlos en cuenta al determinar un plan de tratamiento<sup>56</sup>.

Los pacientes geriátricos que presentan cáncer de páncreas pueden manifestar síntomas que incluyen ictericia, pérdida de peso, prurito, esteatorrea y debilitamiento de la piel, el cabello y las uñas debido a

■ FIGURA 6



Tratamiento con enfoque *step-up* de la pancreatitis aguda tanto para la población geriátrica como para los pacientes más jóvenes<sup>48</sup>

deficiencias nutricionales crónicas. Algunos pacientes pueden presentar ictericia indolora; sin embargo, en neoplasias malignas pancreáticas avanzadas, algunos pueden presentar dolor que se irradia a la espalda si el tumor afecta el plexo celíaco. El estudio inicial de estos pacientes debe incluir anamnesis y examen físico, hemograma, lipasa y CA 19-9. Este último debe interpretarse con precaución, ya que su elevación en el contexto de hiperbilirrubinemia (bilirrubina total > 2,0 mg/dL) puede no ser exacto para evaluar si el paciente geriátrico realmente tiene obstrucción del árbol hepatobiliar secundario a una neoplasia pancreática. Las imágenes iniciales deben incluir una tomografía computarizada (TC) de abdomen y pelvis de triple fase. Se debe tener precaución y garantizar que el paciente geriátrico sea reanimado de manera adecuada antes de una carga de contraste, para evitar que se desarrolle una lesión renal aguda y que retrase otras medidas diagnósticas y terapéuticas, como la CPRE y la colocación de un stent en el conducto biliar común. Además, una lesión renal grave y prolongada podría retrasar potencialmente la quimioterapia sistémica para pacientes que no son candidatos a cirugía o a terapia neoadyuvante para pacientes geriátricos con cáncer de páncreas resecables<sup>48,56</sup>.

Si se sospecha una neoplasia maligna de páncreas es importante formar un equipo que incluya un oncólogo, cirujano oncológico, radioterapeuta, radiólogos intervencionistas, geriatras y médicos de cuidados paliativos que guíen el tratamiento de los pacientes geriátricos con neoplasias malignas recién diagnosticadas. La edad por sí sola no impide que un paciente se someta a cirugía, pero se deben tener en cuenta múltiples factores, incluida la anatomía involucrada, la biología del tumor y el estado general del paciente. La intervención quirúrgica podría incluir una enucleación pancreática para tumores neuroendocrinos seleccionados; sin embargo, la intervención podría incluir una pancreaticoduodenectomía, pancreatoclectomía central o pancreatoclectomía distal, y estos factores deben considerarse cuidadosamente al determinar el plan de tratamiento adecuado para el paciente geriátrico. El cirujano puede iniciar la discusión sobre las vacunas posteriores a la esplenectomía. Se deben ofrecer estas vacunas 14 días antes, ya que los pacientes geriátricos, en particular aquellos que están inmunocomprometidos debido a la quimioterapia, tienen un mayor riesgo de sufrir una infección luego de la esplenectomía<sup>48,56</sup>.

Los pacientes que presentan adenocarcinoma de vesícula biliar pueden tener ictericia indolora, una vesícula biliar de porcelana palpable o pérdida de peso. Los pacientes geriátricos a menudo presentan enfermedad localmente avanzada o metastásica, debido a la naturaleza insidiosa de esta enfermedad y a los signos y síntomas frecuentemente sutiles en ellos. La evaluación preoperatoria es similar a la de la enfermedad biliar benigna e incluye análisis de laboratorio de función hepática, de coagulación y nutricionales. Se pueden evaluar

marcadores tumorales, incluidos CA 19-9 y CEA. La TC y la CPRM se pueden considerar para determinar la anatomía hepatobiliar. A todos los pacientes evaluados por cáncer se les deben realizar imágenes de estadificación con TC de tórax, abdomen y pelvis. Si existe una preocupación importante por una posible malignidad de la vesícula biliar y el paciente no requiere una intervención quirúrgica urgente, se debe derivarlo a un cirujano oncológico para una evaluación adicional<sup>48,56</sup>.

El carcinoma incidental de vesícula biliar se diagnostica en 0,3-1,5% de todas las colecistectomías, pero la frecuencia es mayor en pacientes de edad avanzada con una tasa del 9%. Los cirujanos deben realizar un seguimiento de la patología de todas las colecistectomías. Si hay evidencia de displasia o incluso adenocarcinoma T1, debe discutirse en una junta multidisciplinaria de tumores y derivarse para un seguimiento a largo plazo. Aquellos pacientes de edad avanzada con numerosas comorbilidades o un mayor índice de fragilidad deben tener una estratificación de riesgo quirúrgico adecuada si se analiza la resección hepática formal con el equipo de atención multidisciplinario en el contexto de una neoplasia maligna de la vesícula biliar. Para pacientes que no son candidatos a cirugía, se puede considerar la quimioterapia sistémica. Es razonable considerarla seguida de imágenes de intervalo en el contexto de cánceres incidentales de vesícula biliar con derrame biliar en la operación inicial. Es importante incluir cualquier inflamación observada, anomalías anatómicas y si hubo derrame de bilis durante el procedimiento índice. Esta es información importante ya que puede cambiar la secuencia de tratamiento con respecto a cirugía, quimioterapia, radiación y otras modalidades de tratamiento regional.

El colangiocarcinoma está representado por adenocarcinomas extrahepáticos, hiliares e intrahepáticos. Al igual que otras neoplasias malignas del tracto biliar, estas neoplasias a menudo se presentan de forma tardía en la población geriátrica y requieren un enfoque multidisciplinario para un tratamiento óptimo. Estos pacientes a veces pueden presentar colangitis debido a una obstrucción extrínseca o intrínseca del árbol biliar. El tratamiento debe incluir equipos de Gastroenterología, Radiología intervencionista y Cirugía oncológica en las primeras etapas del tratamiento. Es importante sopesar cuidadosamente los riesgos y beneficios de la descompresión biliar externa versus interna, ya que la colocación de un *stent* biliar puede aumentar la probabilidad de que el paciente desarrolle infecciones posoperatorias si eventualmente es candidato a resección quirúrgica. El tratamiento del colangiocarcinoma, particularmente el intrahepático e hilar, es anatómicamente complejo y a menudo requiere múltiples consideraciones, como resecciones por etapas, embolización venosa portal, quimioterapia neoadyuvante y terapias regionales. La evaluación perioperatoria de los pacientes geriátricos se vuelve aún más compleja cuando se

tienen en cuenta sus otras comorbilidades, la esperanza de vida y la evaluación de riesgos y beneficios de una intervención oncológica agresiva. Los principales objetivos para estos pacientes son la reanimación fisiológica rápida, la descompresión del árbol hepatobiliar y la derivación a un equipo oncológico multidisciplinario<sup>48,56</sup>.

### Diverticulitis en el paciente geriátrico

La diverticulosis y la diverticulitis se observan con una frecuencia cada vez mayor entre los adultos mayores en comparación con los más jóvenes, con tasas informadas de hasta el 60% en adultos mayores de 65 años<sup>57</sup>. La diverticulitis aguda también es más común en pacientes masculinos hasta la sexta década de la vida, momento en el que muestra preponderancia femenina. Si bien en el pasado se pensaba que la proporción de pacientes con enfermedad diverticular que desarrollan diverticulitis aguda era mayor y se afirmaba que era aproximadamente del 10 al 25%, el mayor uso de imágenes por TC y hallazgos colonoscópicos han llevado a la determinación de que menos del 5% de los pacientes con diverticulosis desarrollarán diverticulitis aguda. Durante mucho tiempo se ha pensado que la dieta era el principal determinante ambiental de la diverticulosis y diverticulitis colónica, y se cree que las dietas bajas en fibra conducen a la generación de altas presiones intraluminales necesarias para la patogénesis de los divertículos colónicos. También se ha considerado que esta es la razón por la que la enfermedad diverticular es más común en los países occidentales, donde la dieta suele ser baja en fibra<sup>58</sup>. En regiones geográficas con dietas ricas en fibra, como África, diversos estudios mostraron tasas mucho más bajas de enfermedad diverticular, y algunos citaron tasas de prevalencia tan bajas como 1,8%. Incluso en estas poblaciones con tasas de prevalencia comparativamente más bajas, se ha descubierto que la incidencia de la enfermedad diverticular está aumentando y su aparición sigue siendo más común en los ancianos,

como en una cohorte estudiada por Alatise y cols.<sup>59</sup> en una población nigeriana con una edad media de 64 años. Imaeda y cols.<sup>60</sup> estudiaron la carga de la enfermedad diverticular en los japoneses y otras poblaciones de Asia oriental, e informaron que la diverticulosis del colon derecho era mucho más común que la del lado izquierdo en comparación con la población occidental. La frecuencia de la enfermedad está aumentando entre los pacientes más jóvenes, pero sigue siendo más común en los ancianos. Los estudios de diferentes poblaciones llegan a conclusiones similares con tasas crecientes tanto en pacientes ancianos como en pacientes más jóvenes, pero los individuos mayores son los más comúnmente afectados. Imaeda<sup>60</sup> cita que la edad media de ingreso por diverticulitis aguda es de 63 años.

### Características clínicas

#### Clasificación de Hinchey y clasificación de Hinchey modificada

En 1978, Hinchey y cols.<sup>61</sup> escribieron un artículo histórico que describe el tratamiento y la evolución de la diverticulitis colónica aguda. La describieron como una inflamación que generalmente involucra un divertículo único con una perforación que conduce a un absceso pélvico o pericólico. Cuando la comunicación con la luz del colon no se oblitera, se produce una perforación libre con derrame persistente que, si no disminuye, produce peritonitis purulenta y luego fecal. El estadio de Hinchey (Tabla 6) indica gravedad clínica, con signos y síntomas que progresan desde malestar hasta fiebre y escalofríos, dolor abdominal localizado generalmente en el cuadrante inferior izquierdo o en la región suprapúbica, hasta signos más mórbidos y síntomas asociados con peritonitis generalizada (dolor de rebote y defensa), hipotensión e insuficiencia orgánica. Si bien la clasificación de Hinchey fue ampliamente aceptada, solo describía enfermedad perforada. El uso

■ TABLA 6

Clasificación original y modificada de Hinchey, y de la AAST de la diverticulitis aguda

Clase	Hinchey original	Clase	Hinchey modificada	Grado	AAST
I	Absceso pericólico o flemón	0	Diverticulitis clínica leve	I	Inflamación del colon
II	Absceso pélvico, intraabdominal o retroperitoneal	Ia	Inflamación pericólica confinada o flemón	II	Microperforación de colon o flemón pericólico sin absceso
III	Peritonitis purulenta generalizada	Ib	Absceso pericólico o mesocólico	III	Absceso pericólico localizado
IV	Peritonitis fecal generalizada	II	Absceso pélvico, intraabdominal a distancia o retroperitoneal	IV	Abscesos a distancia
		III	Peritonitis purulenta generalizada	V	Perforación colónica libre con peritonitis generalizada
		IV	Peritonitis fecal generalizada		

AAST: American Association for the Surgery of Trauma

de imágenes de TC y la necesidad de un mayor refinamiento en la estratificación clínica llevaron a la modificación de la clasificación de Hinchey (véase Tabla 6) ampliamente adoptada. La AAST desarrolló un sistema de clasificación uniforme para medir la gravedad anatómica de la enfermedad en ocho afecciones gastrointestinales seleccionadas de CGE, incluida la diverticulitis aguda (véase Tabla 6). Los grados AAST, como los grados Hinchey, aumentan con la gravedad de la enfermedad, demostraron una correlación con la gravedad de las complicaciones y son mejores para predecir la necesidad de intervención quirúrgica en comparación con la clasificación Hinchey modificada. Lo que todos los sistemas de clasificación antes mencionados tienen en común es la correlación del grado con la gravedad de la enfermedad y la necesidad de intervención<sup>62</sup>.

### *Manifestaciones clínicas*

Su presentación es muy variable entre individuos y depende del estado de salud inicial, los efectos de la inmunidad decreciente y la gravedad de la enfermedad en el momento de la presentación. En los pacientes de edad avanzada, la fiebre es menos común y pueden ocurrir presentaciones más atípicas como el sangrado digestivo bajo. Estas presentaciones atípicas han sido descritas como "matizadas". El 50% de los pacientes mayores de 65 años presentan dolor abdominal en cualquier cuadrante inferior y mucho menos comúnmente fiebre; por el contrario, una mayor proporción de pacientes de mayor edad presentan sangrado diverticular. Una característica singularmente positiva de la diverticulitis aguda en los ancianos que ha sido descrita por varios autores son las bajas tasas de recurrencia observadas en comparación con los pacientes más jóvenes<sup>62</sup>.

### *Características radiológicas*

La modalidad de imagen de elección para el diagnóstico de diverticulitis aguda en ancianos es la TC de abdomen y pelvis con contraste intravenoso. No solo tiene la ventaja de diagnosticar la diverticulitis aguda, sino también es capaz de distinguir la enfermedad complicada de la no complicada. Los hallazgos de imagen en la TC podrían incluir diverticulitis aguda con microperforación, con flemón asociado, absceso pericólico o pélvico, o bien neumoperitoneo significativo en pacientes con perforación libre. En pacientes de edad avanzada que no pueden someterse a una TC con contraste intravenoso, las modalidades de imágenes alternativas incluyen TC sin contraste, ultrasonido o RMN.

### *Características de laboratorio*

Los trastornos de laboratorio se observan con bastante frecuencia en afecciones inflamatorias agudas, pero se debe tener cuidado de no confirmar o excluir el diagnóstico basándose únicamente en ellos. En la población general, la leucocitosis con predominio de neutrófilos es bastante común, pero no siempre es así en los ancianos. Otros trastornos de laboratorio esperados pueden incluir marcadores proinflamatorios elevados como la PCR. Se considera un valor límite de 175 mg/L para distinguir entre diverticulitis complicada y no complicada. Otros trastornos de laboratorio pueden ser indicativos de enfermedad grave, shock, insuficiencia orgánica o trastorno fisiológico general como acidosis láctica, hiponatremia, azotemia o creatinina elevada.

### *Tratamiento*

#### *Manejo médico/conservador*

La decisión de operar a pacientes ancianos con diverticulitis aguda depende de una serie de factores que incluyen el modo de presentación, la calidad y esperanza de vida, el episodio inicial versus recurrente y la presencia de complicaciones en el momento de la presentación. En pacientes sin una indicación clara de cirugía, el manejo no quirúrgico es una opción razonable. La evidencia reciente ha demostrado que, en pacientes seleccionados con diverticulitis no complicada, el uso rutinario de antibióticos no conduce a mejores resultados en comparación con ningún antibiótico. Este desarrollo surge de que la diverticulitis es principalmente un proceso inflamatorio que puede derivar en una microperforación más que en una complicación de ella. Es importante señalar que los estudios que propusieron el enfoque de ahorro de antibióticos solo incluyeron pacientes con enfermedad no complicada (Hinchey I y Ia), y que, para todas las demás etapas de la enfermedad, el uso de antibióticos sigue siendo parte del estándar de atención. El uso de antibióticos también sigue siendo apropiado para pacientes de alto riesgo con comorbilidades importantes, signos de infección sistémica o inmunosupresión<sup>62</sup>.

#### *Drenaje percutáneo*

De acuerdo con la WSES y la American Society for Colon and Rectal Surgeons (ASCRS), a los pacientes hemodinámicamente estables con abscesos debidos a diverticulitis colónica, que son susceptibles de drenaje percutáneo (de más de 3 cm para ASCRS y 4 cm para

WSES) se les debe ofrecer drenaje percutáneo además de terapia con antibióticos de amplio espectro. El drenaje del absceso no solo logra controlar el origen, sino también proporciona muestras de líquido para cultivos y estudios de sensibilidad que pueden ayudar a guiar la futura terapia con antibióticos. Los abscesos de menos de 3 cm se pueden tratar con éxito solo con antibióticos en la mayoría de las ocasiones, incluso en el ámbito ambulatorio.

### *Drenaje quirúrgico*

En pacientes hemodinámicamente estables con abscesos diverticulares que requieren drenaje sin una “ventana segura” para un abordaje percutáneo, existe utilidad para la colocación de drenaje laparoscópico sin resección colónica. El uso cada vez mayor de la plataforma robótica en cirugía brinda la oportunidad de una mayor adopción del drenaje de abscesos asistido por robot y la colocación de drenajes en el tratamiento de los abscesos diverticulares<sup>62</sup>.

### *Cirugía*

La decisión de operar durante un episodio agudo de diverticulitis debe tomarse de forma individual. Como se mencionó anteriormente, una característica única de la diverticulitis en los ancianos es el menor riesgo de episodios recurrentes en comparación con los pacientes más jóvenes. Teniendo en cuenta esta peculiaridad clínica, la indicación de cirugía en función del número de episodios parecería menos preocupante en los ancianos que en los pacientes más jóvenes. La presencia de aire libre intraperitoneal generalmente se considera una indicación quirúrgica, ya que sugiere una perforación libre con contaminación intraabdominal no controlada. Los pacientes hemodinámicamente inestables o que presentan signos de peritonitis generalizada deben someterse a cirugía de emergencia, y se debe considerar la cirugía en pacientes en los que fracasa el tratamiento no quirúrgico evidenciado por deterioro clínico con corroboración de laboratorio o sin ella. Las directrices de la WSES recomiendan la resección sigmoidea electiva en ancianos, si la diverticulitis aguda se asocia con fístulas, estenosis, hemorragia recurrente, o si los síntomas son lo suficientemente importantes como para comprometer la calidad de vida. La resección del colon enfermo es la base del tratamiento quirúrgico de la diverticulitis aguda. Cuando hay experiencia disponible, se debe ofrecer una colectomía

mínimamente invasiva en lugar de un abordaje abierto, y la evidencia demuestra que no hay diferencias en los resultados entre los abordajes robótico y laparoscópico. Según la WSES, la técnica de Hartmann todavía se recomienda para pacientes con peritonitis difusa que se encuentran en estado crítico o tienen numerosas comorbilidades. La resección primaria con anastomosis con estoma de derivación o sin él se puede realizar en pacientes clínicamente estables sin comorbilidades y en pacientes clínicamente inestables con peritonitis (septicemia grave o shock séptico) y cirugía de control de daños (laparotomía de urgencia, control de la fuente, abdomen abierto y el cierre abdominal asistido por vacío [*vacuum-assisted closure, VAC*])<sup>62</sup>.

### **Seguimiento**

Después de un episodio agudo de diverticulitis se recomienda una evaluación endoscópica completa del colon para confirmar el diagnóstico y excluir una enfermedad maligna. El riesgo de una neoplasia maligna oculta es del 11% en pacientes con diverticulitis complicada y del 0,7% en pacientes con diverticulitis no complicada. Esto sugiere que el riesgo de una neoplasia maligna oculta es bajo en pacientes con enfermedad no complicada y que la evaluación colonoscópica puede no ser necesaria después del episodio agudo. Se recomienda la colonoscopia al menos 6 semanas después de un episodio agudo de diverticulitis complicada. En pacientes con diverticulitis aguda que recibieron tratamiento no quirúrgico puede ser útil la vigilancia radiológica con imágenes por TC. En pacientes con diverticulitis complicada por un absceso que se sometieron a drenaje percutáneo, la práctica es obtener una nueva TC aproximadamente de 4 a 6 semanas después del tratamiento con antibióticos y colocación de drenaje percutáneo para evaluar su resolución<sup>62</sup>.

La diverticulitis aguda es una afección relativamente común en los ancianos, cuya gravedad varía en el momento de la presentación, lo que lleva a una variedad de opciones de tratamiento, desde no quirúrgico sin antibióticos hasta la cirugía de control de daños. Los cambios inmunológicos que ocurren con el envejecimiento hacen que la presentación de la diverticulitis aguda sea más atípica y matizada en comparación con los pacientes más jóvenes. Si se diagnostica y trata rápidamente, teniendo en cuenta las complejidades únicas del paciente anciano, el tratamiento de esta afección en esa cohorte de pacientes producirá resultados apreciablemente buenos.

## Hemorragia digestiva en el paciente geriátrico

Si bien la hemorragia gastrointestinal (HGI) no es una causa de abdomen agudo, ya que el síntoma principal aquí es la hemorragia y no el dolor, se trata de una afección importante de morbilidad y mortalidad en los ancianos. El sangrado del tracto gastrointestinal es la causa más común de hospitalización por enfermedad gastrointestinal en los Estados Unidos. Se estima que el 1% de los pacientes mayores de 80 años requieren hospitalización debido a una HGI. Se presenta de múltiples formas, como hematemesis (vómitos de sangre franca), hematoquecia (heces rojas) o melena (heces negras o alquitranadas). Clásicamente, la melena se asocia con un origen de sangrado del tubo digestivo superior, mientras que la hematoquecia se correlaciona con un origen de sangrado del tubo digestivo inferior. Sin embargo, la HGI superior masiva puede provocar hematoquecia y la HGI inferior puede presentarse con melena. El sangrado gastrointestinal superior generalmente se define como sangrado proximal al ligamento de Treitz y el sangrado gastrointestinal inferior, distal a él. La incidencia de HGI tanto superior como inferior aumenta con la edad, ya que las afecciones que causan HGI son más comunes en los ancianos. Los pacientes de 80 años o más tienen una tasa de hospitalización por hemorragia gastrointestinal tres veces mayor en comparación con los pacientes de 65 a 69 años. Los factores de riesgo adicionales de hospitalización incluyen sexo masculino, uso de múltiples medicamentos y de anticoagulantes orales, presencia de enfermedades cardiovasculares, dificultades con las actividades diarias y estado civil soltero. Las tasas de mortalidad por HGI superior e inferior han ido disminuyendo desde principios de la década de 2000, con una mortalidad actual del 2-3 % para ambas entidades. Sin embargo, en el caso de HGI inestable, la mortalidad es significativamente mayor<sup>63,64</sup>.

El tratamiento es complejo. Muchos casos requieren anticoagulación o antiagregantes. Dado que la mayoría de las HGI se detienen espontáneamente, identificar la lesión sangrante es un desafío clínico. Hay varias opciones de diagnóstico disponibles, cada una con sus propias tasas de éxito y fracaso. Determinar qué prueba o procedimiento es mejor para cada situación requiere la atención coordinada de un equipo multidisciplinario.

### Evaluación inicial

La evaluación inicial del paciente incluye historia clínica, examen físico y de laboratorio. Se debe preguntar sobre la duración, cantidad y color del sangrado. Es importante la evaluación de enfermedades comórbidas, incluidas enfermedades cardiovasculares, pulmonares, renales y hepáticas. Es importante tener en cuenta antecedentes de úlcera péptica, enfermedad

inflamatoria intestinal, neoplasia o radiación. Se debe obtener la lista de medicamentos del paciente, con atención a los antiinflamatorios no esteroides (AINE), anticoagulantes y antiagregantes que pueden contribuir al sangrado. Se debe indagar sobre antecedentes de colocación de *stent* cardíaco o válvulas cardíacas protésicas. Los pacientes de edad avanzada tienen una mayor incidencia de pérdida de memoria y demencia, lo que puede complicar la tarea de realizar la anamnesis. Los trastornos cognitivos afectan la capacidad de tomar decisiones y es posible que los pacientes de edad avanzada no puedan tomar decisiones racionales por sí mismos. La información debe recopilarse de los familiares y del médico de atención primaria. Una evaluación enfocada debe incluir un examen abdominal y un tacto rectal. La anoscopia debe realizarse como parte del examen inicial del paciente para descartar hemorragia hemorroidal activa. Las hemorroides contribuyen hasta en un 20% de las HGI inferiores.

### Tratamiento inicial

#### Reanimación

Es fundamental iniciar medidas de apoyo inmediatas en caso de hemorragia aguda. Se colocan dos catéteres intravenosos periféricos de gran calibre y se conecta a un monitor cardíaco. Si es necesario, se administra oxígeno suplementario. Los pacientes no deben recibir nada por vía oral (NPO). La reanimación inicial se realiza mediante una infusión intravenosa de cristaloides. Las transfusiones de sangre generalmente comienzan cuando la hemoglobina (Hb) es menor de 7 g/dL. Los protocolos de transfusión restrictivos, en comparación con protocolos más liberales, demuestran un riesgo igual o menor de mortalidad y resangrado. En pacientes con enfermedad cardiovascular subyacente, las transfusiones deben administrarse con el objetivo de mantener la Hb igual a 8 g/dL o mayor. Se debe realizar una transfusión de plaquetas después de 4 unidades de concentrado de glóbulos rojos. Cuando hay una hemorragia intensa e incesante, se deben transfundir productos sanguíneos en una proporción de 1:1:1 entre concentrados de glóbulos rojos, plaquetas y plasma (como en la reanimación en los pacientes de trauma).

#### Manejo de agentes antiplaquetarios y anticoagulantes

El uso de anticoagulantes y antiplaquetarios es común en pacientes de edad avanzada ingresados por HGI. Se debe suspender un anticoagulante como la warfarina en la presentación inicial. En caso de hemorragia inestable, el efecto anticoagulante de la warfarina se revierte con un concentrado de complejo de protrombina y/o vitamina K. La warfarina

debe reiniciarse siete días después del cese de la hemorragia. En pacientes con alto riesgo de tromboembolismo, como aquellos con una válvula cardíaca protésica o tromboembolismo venoso reciente (< 3 meses), se debe iniciar heparina de bajo peso molecular 48 horas después del cese de la hemorragia. Se debe suspender la aspirina para prevención primaria en pacientes con bajo riesgo de tromboembolismo. Sin embargo, los pacientes que toman aspirina como profilaxis secundaria (después de un *stent* cardíaco) tienen un riesgo tres veces mayor de sufrir eventos cardiovasculares o cerebrovasculares cuando se la suspende. En estos pacientes se debe continuar con dosis bajas de aspirina (81 g al día). La terapia antiplaquetaria dual con un antagonista del receptor P2Y12 y aspirina no debe suspenderse sin consultar a un cardiólogo. La interrupción de ambos medicamentos es especialmente riesgosa en pacientes con síndrome coronario agudo en los últimos 90 días o con *stent* coronario reciente (*stent* metálico simple colocado en las 6 semanas anteriores o *stent* liberador de fármaco colocado en los 6 a 12 meses previos). En caso de hemorragia potencialmente mortal, se debe suspender el antagonista del receptor P2Y12, pero continuar con la aspirina. Después del cese del sangrado, se debe reiniciar el tratamiento con antagonistas del receptor P2Y12 en 5 días.

### Estratificación del riesgo

En el momento de la presentación, se debe realizar una estratificación del riesgo para cada paciente con hemorragia<sup>65</sup>. La estratificación ayudará a identificar a los pacientes que tienen mayor riesgo. Además, ayudará a clasificar el lugar de admisión de los pacientes (a una Unidad de Cuidados Intensivos, a sala o a una evaluación ambulatoria) y ayudará a determinar

qué servicios clínicos se consultarán. Los factores de riesgo incluyen hipotensión, taquicardia, HGI continua, edad avanzada, disfunción renal y condiciones coexistentes inestables o clínicamente significativas. Según estos criterios, los pacientes se clasifican por la agudeza (baja/media/alta), y por el sangrado (estable o inestable). Existen varios modelos de riesgo para predecir si los pacientes necesitarán transfusiones o terapia hemostática, o si pueden ser dados de alta de manera segura de la sala de emergencias. La escala de Glasgow-Blatchford modificada y los criterios de estratificación del riesgo son útiles para identificar qué pacientes tienen riesgo de sufrir resultados adversos (nuevas hemorragias, necesidad de transfusiones de sangre y mortalidad hospitalaria) y la gravedad del sangrado en pacientes hospitalizados (Tablas 7 y 8). Así, los pacientes se clasifican según la estratificación de riesgo y se obtienen las consultas adecuadas.

■ TABLA 7

Escala de Glasgow-Blatchford modificada

Variable	Valor	Puntuación
BUN	> 30 mg/dL	1
Hemostasis	Hb < 10 g/dL	1
	Melena	1
	Hematemesis	1
	Hematoquecia	1
Shock	Cualquier inestabilidad hemodinámica	1
	Hipotensión ortostática	1

BUN (Blood Urea Nitrogen): nitrógeno ureico en sangre

■ TABLA 8

Criterios de estratificación del riesgo

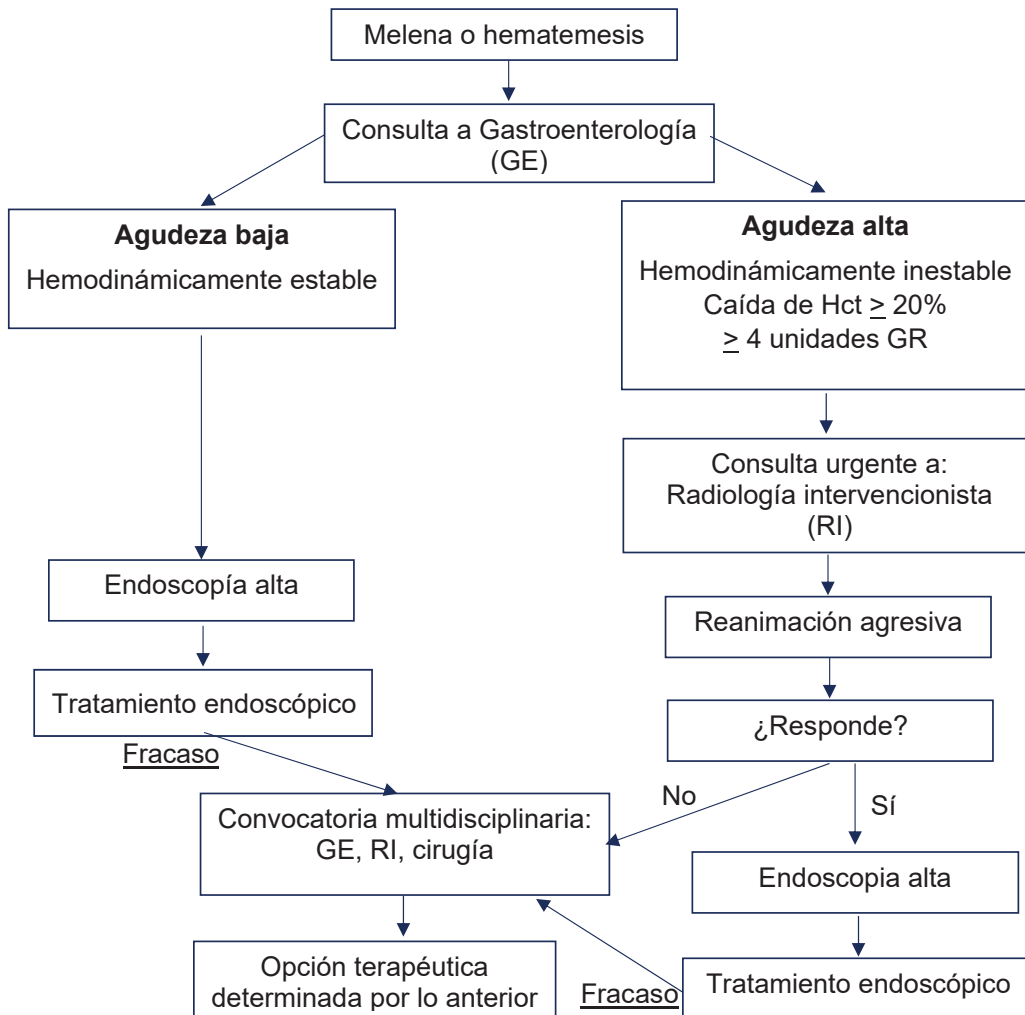
Agudeza baja (todo debe estar presente)	Agudeza media (≥ 1 criterio presente)	Agudeza alta (≥ 1 criterio presente)
Estabilidad hemodinámica	Edad > 50	Inestabilidad hemodinámica
Hb >12 g/dL	BUN 20-30	Evidencia de sangrado activo: hematemesis de gran volumen, hematoquecia o melena
BUN < 20	INR 1,5-2	Hipotensión ortostática
Escala Glasgow-Blatchford modificada (GBS) < 2	GBS = 2	GBS > 2
No hay criterios de riesgo inmediato presentes	No hay criterios de alto riesgo presentes	
↓	↓	↓
Consultar a Gastroenterología Disposición: piso o casa	Consultar a Gastroenterología Reevaluar en 4 horas: - A baja agudeza si está estable - A alta agudeza si empeora	Consultar a Gastroenterología y UCI Consultar a Cirugía radiología intervencionista Disposición: piso o UCI

### Algoritmos multidisciplinares de atención y tratamiento Hemorragia estable o inestable

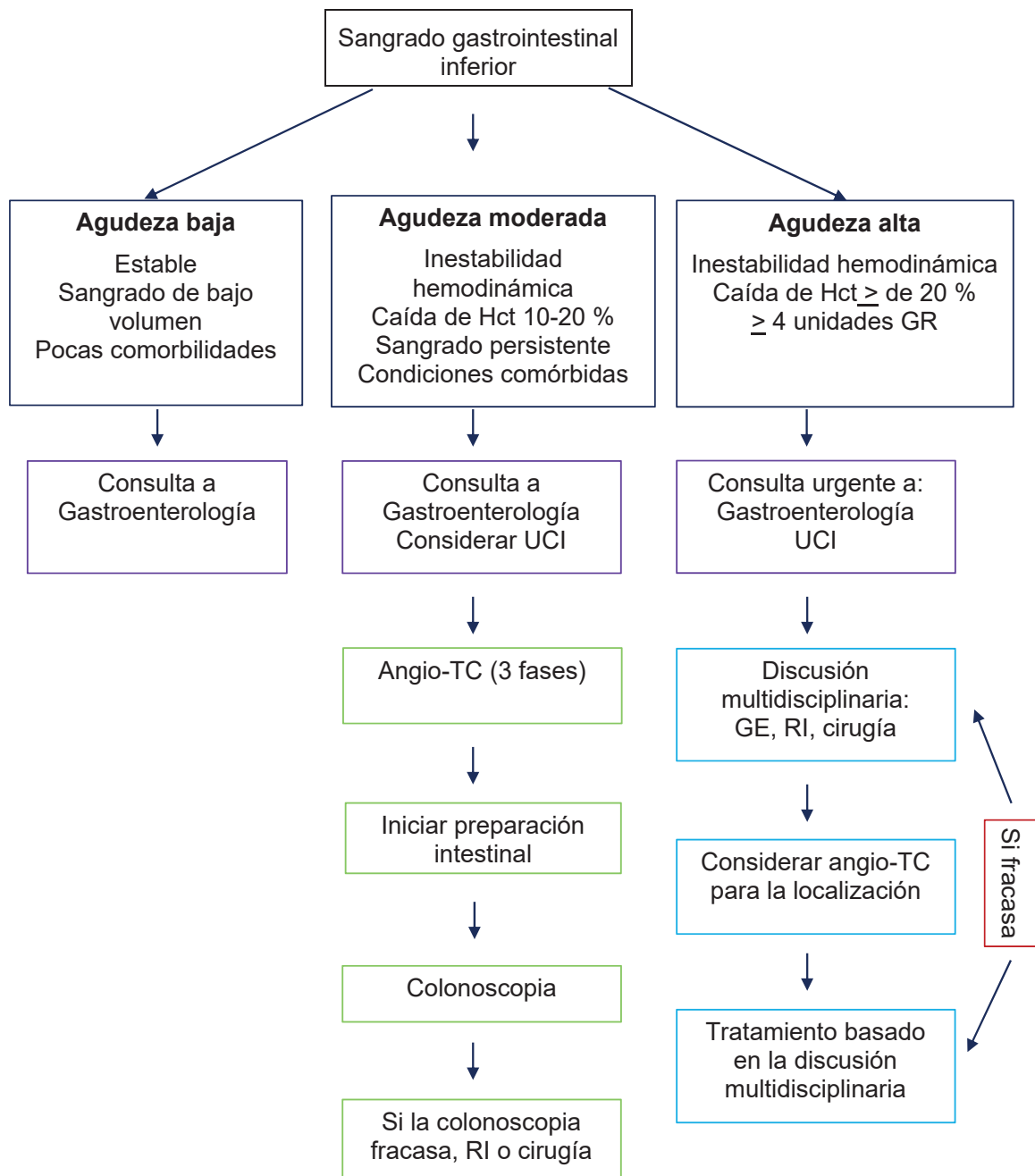
El tratamiento de la HGI es un esfuerzo interdisciplinario. Aunque hay diferentes recursos disponibles en cada hospital, la creación de un protocolo institucional y el cumplimiento de algoritmos de gestión estandarizarán la atención y mejorarán los resultados. Un equipo multidisciplinario con acceso las 24 horas del día, los 7 días de la semana a endoscopia, radiología, radiología intervencionista, cuidados intensivos, anestesia y cirugía es fundamental para el tratamiento de la HGI aguda. El acceso rápido a los procedimientos endoscópicos y a las imágenes es fundamental debido a la naturaleza de inicio y detención del sangrado gastrointestinal (Figuras 7 y 8).

En pacientes con HGI estable, el procedimiento de elección para evaluación y tratamiento es la endoscopia. Sin embargo, los pacientes con hemorragia inestable deben someterse a una angio-TC después de la reanimación inicial. Una TC helicoidal con detectores múltiples puede establecer rápidamente si hay sangrado activo y su proveniencia. La angio-TC detecta sangrado a una velocidad de 0,3 a 0,5 mL/minuto. Su sensibilidad y especificidad es de 79 a 95% y de 95 a 100%, respectivamente, con una tasa de localización cercana al 50%. La desventaja de la angio-TC es la nefrotoxicidad del contraste intravenoso, especialmente preocupante en pacientes de edad avanzada con

■ FIGURA 7



■ FIGURA 8



Algoritmo de tratamiento para la hemorragia digestiva baja<sup>71</sup>

una mayor incidencia de enfermedad renal crónica. Cuando la angio-TC diagnostica hemorragia activa, se debe discutir la mejor opción terapéutica de manera multidisciplinaria. La decisión de proceder con endoscopia, cirugía o angiografía percutánea depende de los factores del paciente, el volumen de sangrado y los recursos disponibles. Sin embargo, la angiografía

mesentérica transcáteter con embolización del vaso sangrante está ganando popularidad como el siguiente mejor paso en el sangrado de alta gravedad. En casos de hemorragia significativa en los que la angio-TC no logra localizar el sangrado, se realiza inmediatamente una endoscopia superior, seguida de una endoscopia gastrointestinal inferior si es negativa.

## Hemorragia digestiva alta

La causa más común de HGI alta en los ancianos es la úlcera péptica (42-73%), seguido por esofagitis (7-18%) y gastropatía (7-28%). Las várices gástricas y esofágicas representan el 2 al 11% del sangrado del tubo digestivo superior (Tabla 9).

### Endoscopia

Para pacientes hospitalizados con HGI superior estable se debe realizar una endoscopia alta dentro de las 24 horas posteriores a la presentación. Un sangrado de gravedad media o alta justifica una endoscopia dentro de las 12 horas, según la condición clínica del paciente. Se deben realizar maniobras endoscópicas terapéuticas cuando se identifica un sitio de sangrado. Para las úlceras, las técnicas térmicas (electrocoagulación bipolar) o una inyección de un esclerosante (p. ej., etanol) son eficaces para controlar. Otros métodos, como la aplicación de clips, coagulación con argón o monopolar parecen tener una eficacia similar, pero la evidencia no es tan sólida. La inyección de epinefrina diluida (1:10 000) es útil para detener el sangrado, pero es menos eficaz si se utiliza como única modalidad; por lo tanto, otra tecnología hemostática debe acompañarla<sup>66</sup>.

La hemostasia endoscópica inicial tiene éxito aproximadamente en el 90% de las úlceras pépticas sangrantes y la tasa de resangrado oscila entre el 12 y el 25%. Se observan más episodios de resangrado en pacientes con inestabilidad hemodinámica, sangrado activo en la endoscopia inicial, úlceras de  $\geq 2$  cm, úlceras duodenales posteriores y úlceras gástricas en la

curvatura menor. Se debe colocar un clip endoscópico adyacente al sitio del sangrado, lo que puede ser útil para el radiólogo intervencionista en caso de una angiografía futura.

Los polvos hemostáticos han demostrado ser prometedores y tienen tasas de eficacia similares a las de la terapia convencional. Es difícil justificar los aerosoles hemostáticos como terapia de primera línea debido a su alto costo. Sin embargo, esta tecnología puede ser especialmente valiosa cuando la aplicación de energía térmica o clips no es técnicamente factible debido a limitaciones anatómicas, o cuando el sangrado es difuso o masivo.

Después de la hemostasia endoscópica exitosa de una úlcera, se recomienda el tratamiento con inhibidores de la bomba de protones (IBP) en dosis altas ( $\geq 80$  mg al día, de forma continua o intermitente) durante tres días, ya que reduce significativamente la tasa de resangrado. Después de una endoscopia terapéutica inicial, estos pacientes deben someterse a una nueva endoscopia. Alrededor del 75% de los pacientes con resangrado pueden lograr la hemostasia de esta manera. Dos modalidades térmicas consecutivas podrían aumentar el riesgo de perforación y, por lo tanto, se prefiere una opción mecánica como la aplicación de un clip endoscópico. Al comparar el tratamiento endoscópico repetido con la cirugía en pacientes con HGI superior recurrente, estos pueden experimentar resangrado después del segundo tratamiento endoscópico, pero las tasas de morbilidad y mortalidad son más elevadas con la cirugía.

Para las várices esofágicas y gástricas se inicia tratamiento farmacológico con un análogo de la somatostatina a fin de reducir la circulación esplácnica como el octreotide (en bolo de 50  $\mu$ g, seguido de una infusión de 50  $\mu$ g/hora). Los betabloqueantes no selectivos también pueden ser una profilaxis eficaz para la hemorragia por várices. Ambos medicamentos deben controlarse para detectar efectos cardiovasculares adversos. El tratamiento endoscópico mediante ligadura con banda es el procedimiento de elección para las várices.

### Tratamiento endovascular

El fracaso del tratamiento endoscópico debería justificar una discusión multidisciplinaria. Las opciones para los pacientes tratados sin éxito con endoscopia superior son cirugía o angiografía mesentérica y embolización transcater. La embolización se realiza utilizando espirales (platino), partículas (cianoacrilato de -butilo) o agentes líquidos (alcohol polivinílico). Al comparar la embolización transarterial con la cirugía, existe un mayor riesgo de resangrado en el grupo de tratamiento endovascular. Sin embargo, la embolización tiene una tasa de complicaciones significativamente menor y una

■ TABLA 9

Causas de la hemorragia digestiva alta y baja

Hemorragia digestiva alta	Hemorragia digestiva baja
Úlcera péptica	Diverticulosis
Esofagitis	Hemorroides
Gastritis y duodenitis	Ectasias vasculares
Várices	Colitis isquémica
Desgarro de Mallory-Weiss	Neoplasias colorrectales
Ectasias vasculares	Sangrado pospolipectomía
Neoplasias	Enfermedad inflamatoria intestinal
Lesión de Dieulafoy	Ulceración estercorácea
Fístula aortoentérica	Várices colorrectales
Cuerpo extraño	

estancia hospitalaria más corta, con tasas de mortalidad similares, por lo que se recomienda la angiografía con embolización transcatheter como paso previo a la intervención quirúrgica<sup>67</sup>.

## Cirugía

En las últimas décadas, las mejoras en el tratamiento endoscópico y endovascular han disminuido la necesidad de intervención quirúrgica para la HGI superior. Como se analizó anteriormente, incluso los episodios recurrentes pueden tratarse con procedimientos endoscópicos repetidos o angiografía percutánea. Sin embargo, la cirugía de emergencia sigue siendo necesaria hasta en el 10% de los pacientes con úlceras sangrantes, con una tasa de mortalidad asociada entre 2 y 36 %<sup>68</sup>.

- 1) Cirugía para la úlcera duodenal: su ubicación más común es en el bulbo duodenal, realizándose una duodenotomía longitudinal, con extensión a una duodenopiloromiotomía, si es necesario, para su exposición. Las úlceras ubicadas en la cara posterior del duodeno pueden tener erosión hacia la arteria gastroduodenal; por lo tanto, se realiza una ligadura con sutura de la arteria proximal y distal a la úlcera, y se coloca un punto en U debajo de la úlcera para controlar la rama pancreática transversal. Las úlceras duodenales que no se localizan posteriormente se tratan mediante una ligadura con sutura de cuatro cuadrantes. Con el uso generalizado de IBP, los procedimientos simultáneos para reducir la producción de ácido se han vuelto innecesarios. Sin embargo, se debe considerar una vagotomía troncal cuando los pacientes han sangrado mientras estaban en tratamiento con IBP activos o son alérgicos a ellos. Otras indicaciones relativas incluyen pacientes alcohólicos y aquellos que deben continuar usando AINE. Cuando se realiza una vagotomía troncal, el cierre debe realizarse mediante piloroplastia. No se puede recomendar una vagotomía altamente selectiva en un paciente inestable.
- 2) Cirugía para la úlcera gástrica: aquellas tratadas con ligadura con sutura tienen un riesgo de volver a sangrar hasta en un 30%. Dado que las úlceras gástricas no suelen estar relacionadas con la producción de ácido, es poco probable que los fármacos reductores de ácido sean útiles. Por lo tanto, el tratamiento de elección de las úlceras gástricas es la resección. Se recomienda una gastrectomía distal para las úlceras en la mitad inferior del estómago, mientras que aquellas en la parte superior deben tratarse con una resección en cuña.
- 3) Cirugía para el desgarro de Mallory-Weiss: suelen ser el resultado de vómitos vigorosos. El tratamiento no quirúrgico tiene éxito en más del 90% de los

casos. Cuando es necesario, la cirugía implica abrir el cardias del estómago con exploración de la unión gastroesofágica y ligadura con sutura directa del desgarro sangrante.

## Hemorragia digestiva baja

Las diversas etiologías de HGI baja se enumeran en la tabla 9. La causa más común es la diverticulosis, que representa el 30 al 65% de los casos. Las hemorroides y la colitis isquémica representan cada una el 5 al 20%.

## Colonoscopia

Es el procedimiento de elección para la HGI baja estable<sup>69</sup>. Para pacientes hospitalizados, el procedimiento debe realizarse dentro de las primeras 24 horas de la presentación, precedido de una preparación intestinal. No hay evidencia clara de que la colonoscopia realizada con mayor urgencia (< 12 horas) produzca algún beneficio en términos de rendimiento diagnóstico, necesidad de transfusión, estadía hospitalaria o mortalidad. Tener en cuenta que la colonoscopia sin preparación intestinal mecánica puede derivar en un procedimiento incompleto debido a una mala visualización. Sin embargo, no se debe descartar el valor de una sigmoidoscopia flexible urgente (precedida por un enema) si se sospecha un sangrado intenso en el colon izquierdo distal<sup>70,71</sup>.

## Manejo endoscópico

Cuando se identifica una hemorragia activa en el tracto gastrointestinal inferior, existen varias opciones endoscópicas para la hemostasia. Al igual que en la hemorragia del tubo digestivo superior, estos incluyen terapias con inyecciones (solución diluida de epinefrina), abordajes térmicos (coagulación bipolar, argón), técnicas mecánicas (clips endoscópicos, ligadura con banda) y aerosoles hemostáticos. La inyección con solución de epinefrina (dilución 1:10 000) debe ir acompañada de terapia mecánica o térmica para un control más definitivo del sangrado. El tratamiento endoscópico puede lograr la hemostasia en más del 90% de los casos, pero el resangrado temprano y tardío ocurre con una tasa del 8 al 12%, respectivamente. Incluso si no hay sangrado activo, un estigma de sangrado reciente que incluya un vaso grande visible o un coágulo adherido justifica el tratamiento endoscópico. Se prefieren los métodos mecánicos a las técnicas térmicas para el sangrado diverticular, ya que la aplicación térmica agresiva puede provocar una perforación. Después de la

localización del sangrado y las maniobras terapéuticas, se debe marcar la zona del sangrado con un tatuaje, tanto para referencia futura en caso de resangrado como en caso de que se requiera cirugía<sup>70,71</sup>.

#### Tratamiento endovascular

En pacientes con sangrado inestable en quienes la angiografía por TC demuestra sangrado activo, se debe tomar una decisión de manera multidisciplinaria con respecto a la mejor opción terapéutica. Al igual que en el caso de la HGI alta, esta decisión debe basarse en los factores del paciente, la gravedad de la hemorragia y los recursos disponibles. Sin embargo, una angiografía mesentérica transcáteter se considera una opción, y si se visualiza un vaso sangrante, se puede realizar la embolización. Aún se desconoce si esta es superior a la endoscopia en la hemorragia digestiva baja, ya que estas modalidades no se han comparado directamente. La embolización tiene una alta tasa de éxito técnico del 93 al 100%, con una tasa de resangrado del 10 al 50%. Sin embargo, este procedimiento conlleva un riesgo de isquemia intestinal de hasta un 24%. La embolización superselectiva utiliza microcatéteres que pueden embolizar arterias mesentéricas de hasta 1 mm de diámetro. La embolización superselectiva limita la tasa de isquemia intestinal a un rango de 1 a 4% y se prefiere siempre que sea posible<sup>70,71</sup>.

#### Cirugía

Las mejoras en el tratamiento endoscópico y transcáteter han reducido la necesidad de cirugía de emergencia en la hemorragia digestiva baja. Sin embargo, la intervención quirúrgica sigue siendo necesaria en el 6% de todas las HGI bajas y hasta en el 25% de los casos que requieren transfusiones. Se indica la cirugía cuando los procedimientos endoscópicos y de radiología intervencionista no logran diagnosticar o estabilizar a los pacientes, en casos de isquemia o perforación intestinal, o en neoplasias sangrantes. Una indicación relativa es la necesidad de transfusión de sangre de 6 o más unidades de concentrado de glóbulos rojos en 24 horas. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de localizar el sitio del sangrado antes de la cirugía<sup>69-71</sup>.

Las opciones quirúrgicas son una resección segmentaria o una colectomía abdominal total. Solo se debe realizar una resección segmentaria si el lugar del sangrado se ha localizado definitivamente. Si un paciente hemodinámicamente inestable requiere cirugía urgente sin una localización clara del sangrado, se debe considerar una colonoscopia o enteroscopia intraoperatoria o ambas. En última instancia, en un paciente inestable con alta sospecha de hemorragia colónica, puede ser necesaria una colectomía abdominal total

“ciega”. Las tasas de resangrado después de este método son más altas que con la resección segmentaria, ya que el sangrado puede haber ocurrido a partir de una fuente omitida, sea de origen anorrectal o del intestino delgado. La tasa de mortalidad por intervención quirúrgica por HGI inferior es del 12 al 17%<sup>69-71</sup>.

La realización de una anastomosis después de una colectomía segmentaria o total debe basarse en la condición clínica del paciente. La inestabilidad hemodinámica continua, el mal estado nutricional, las comorbilidades significativas y la necesidad de transfusión masiva deberían disuadir al cirujano de realizar una anastomosis primaria a favor de un estoma terminal. Se debe realizar una exploración minuciosa en el momento de la cirugía, con examen de todo el tracto gastrointestinal en busca de neoplasias y posibles fuentes de sangrado, incluido el divertículo de Meckel. La cirugía laparoscópica se ha utilizado para el tratamiento de la HGI aguda; sin embargo, las técnicas mínimamente invasivas solo deben considerarse cuando existe experiencia técnica y se trate de un paciente hemodinámicamente estable<sup>69-71</sup>.

### Obstrucción intestinal en el paciente geriátrico

#### Obstrucción del intestino delgado

Los pacientes de edad avanzada presentan obstrucción del intestino delgado (OID) más tardíamente y con síntomas menos acentuados en comparación con los pacientes más jóvenes, lo que se traduce en una mayor incidencia de diagnósticos erróneos. Específicamente, se ha demostrado que tienen menos dolor y es menos probable que desarrollen peritonitis incluso en presencia de intestino isquémico. La deshidratación es una característica común de la presentación de pacientes ancianos con OID que tiene el potencial de causar numerosos trastornos, entre ellos hemoglobina concentrada, trastorno del sodio, hipocloremia, alcalosis, acidosis metabólica, aumento de la osmolalidad sérica y aumento de la proporción de nitrógeno ureico en sangre. A medida que los pacientes envejecen, sus riñones son menos capaces de retener líquido al concentrar la orina y son más propensos a sufrir lesiones renales debido a etiologías prerrenales como la deshidratación<sup>72</sup>.

La presentación difiere entre OID parciales y completos. Los pacientes con obstrucciones parciales continúan con la capacidad de defecar o expulsar flatos después de la aparición de los síntomas. Sin embargo, la diferencia entre ambos es importante, ya que las obstrucciones intestinales completas tienen tasas más altas de encarceración intestinal y estrangulación que requieren intervención quirúrgica.

La evaluación debe comenzar con una anamnesis y un examen físico completos. Se debe determinar la última evacuación intestinal y de flatos, antecedentes

de obstrucciones intestinales previas y cirugía abdominal y pélvica anterior, radioterapia previa, antecedentes de cáncer y fechas y hallazgos de colonoscopias anteriores. El examen físico puede ser poco fiable, pero la evaluación minuciosa de incisiones previas, distensión, abultamiento que indique hernias y la evaluación de la sensibilidad son estándar. Los pacientes con isquemia, particularmente aquellos en la población geriátrica, pueden presentar exámenes abdominales atípicos y sin evidencia de dolor incluso en el contexto de isquemia intestinal, por lo que se requiere un alto nivel de sospecha. Además, se debe evaluar el historial de medicación en busca de fármacos que promuevan la dismotilidad, como los opioides y los antipsicóticos<sup>73</sup>.

Los estudios de laboratorio deben incluir hemograma completo, panel químico, ácido láctico y lipasa. La leucocitosis podría indicar sepsis y una mayor preocupación por la isquemia intestinal, y una hemoglobina concentrada también puede indicar deshidratación. Sin embargo, en pacientes ancianos frágiles con mala nutrición o comorbilidades, es posible que los pacientes no generen una respuesta inmunitaria adecuada en presencia de isquemia o pueden tener una hemoglobina inicial más baja. La acidosis metabólica o láctica también puede indicar isquemia intestinal; sin embargo, el ácido láctico también puede estar elevado en caso de deshidratación. Un ácido láctico elevado después de la reanimación con volumen debería generar preocupación por un empeoramiento del compromiso visceral.

Los estudios de imagen son herramientas importantes para caracterizar mejor la etiología de la obstrucción. Se puede utilizar una serie abdominal simple para una evaluación rápida, examinando la dilatación del intestino delgado (> 2,5 cm), los niveles hidroaéreos o un estómago grande y dilatado. La TC es más útil para delimitar la etiología de la obstrucción cuando se obtiene antes de la colocación de la sonda nasogástrica. La obstrucción se puede evaluar determinando los puntos de transición del intestino delgado dilatado al descomprimido. El contraste intravenoso, cuando no está contraindicado, es importante para ayudar en la evaluación de isquemia intestinal con engrosamiento de la pared intestinal, edema mesentérico, remolinos mesentéricos, líquido libre o, en casos más extremos, neumatosis o neumbilia. Sin embargo, la ausencia de estos hallazgos en las imágenes transversales no descarta la presencia de isquemia, especialmente en estudios sin contraste. Además, se pueden visualizar masas o hernias. Se debe tener cuidado al administrar contraste intravenoso a pacientes de edad avanzada, ya que suelen estar hipovolémicos en el momento de la presentación y tienen un mayor riesgo de nefropatía inducida por el contraste.

Las causas más comunes de OID en la población de edad avanzada son similares a las de la población no geriátrica, siendo las adherencias, las hernias y

las neoplasias las causas más comunes<sup>74</sup>. Sin embargo, la incidencia de enfermedades como la enfermedad inflamatoria intestinal sin diagnóstico previo es mucho menor en la población de edad avanzada. Además, la incidencia de íleo biliar y obstrucción intestinal maligna aumenta con la edad.

### *Obstrucción adhesiva*

La obstrucción adhesiva del intestino delgado es la causa más común de OID tanto en la población general como en la geriátrica. Los antecedentes son particularmente importantes, ya que las cirugías abdominales o pélvicas, o ambas, previas predicen fuertemente la enfermedad adhesiva del intestino delgado. Puede ser difícil obtener antecedentes en un paciente anciano con déficit cognitivo, por lo que es importante un examen exhaustivo para evaluar cicatrices de incisiones previas. Aunque los pacientes suelen presentar antecedentes, una pequeña porción puede tener un abdomen virgen. En este último escenario, las adherencias se deben a procesos inflamatorios abdominales o pélvicos pasados o concurrentes. Las adherencias pueden ocurrir como una sola banda que causa constricción o hernia interna del intestino delgado o, más comúnmente, intestinos enmarañados debido a un tejido cicatrizal más extenso. El tratamiento puede ser quirúrgico o no operatorio, dependiendo de la presentación inicial. Como ocurre con cualquier otro proceso patológico, si hay evidencia de compromiso intestinal, el paciente debe ser reanimado adecuadamente y llevado a una intervención quirúrgica inmediata. Tales circunstancias incluyen obstrucciones intestinales cerradas o completas. La base del tratamiento médico incluye reposo intestinal con descompresión por sonda nasogástrica y reanimación con líquidos. Después de la descompresión, se puede considerar la obtención de imágenes con contraste hidrosoluble, ya que evaluar el tiempo de tránsito del contraste hacia el colon puede ser beneficioso para determinar qué pacientes tienen probabilidades de resolverse con un tratamiento no quirúrgico. También existe un beneficio terapéutico para el contraste soluble en agua debido a su capacidad para reducir el edema de la pared intestinal y promover la motilidad intestinal. Abbas y cols.<sup>75</sup> sugieren que el contraste en el colon a las 4 a 6 horas es un indicador fiable, mientras que otros sugieren que se requiere cirugía en el 96% de los pacientes que necesitan más de 24 horas para que el contraste llegue al colon. Los pacientes con medios de contraste orales hidrosolubles tienen un curso hospitalario breve en general y un tiempo más corto hasta la resolución de sus síntomas. Si estos no se resuelven con reposo intestinal y descompresión, generalmente se recomienda la cirugía dentro de las 48 horas en poblaciones de mayor edad en lugar de las 72 horas estándar.

## Hernias

Las hernias pueden ocurrir en una variedad de lugares. Los pacientes deben ser examinados en busca de cicatrices quirúrgicas previas para evaluar hernias incisionales y otros sitios comunes de hernias de la pared abdominal (umbilicales y de Spiegel) y de la zona inguinal, incluidas las hernias inguinales, femorales u obturadoras<sup>76</sup>. Los sitios de puertos laparoscópicos y/o robóticos anteriores pueden ser difíciles de identificar, pero también deben examinarse para detectar hernias. Con una hernia encarcerada, el contenido no se puede reducir nuevamente dentro de la cavidad peritoneal y la estrangulación indica compromiso isquémico del contenido de la hernia. En el examen físico, los cambios en la piel, el contenido tenso de la hernia, dolor fuera de proporción con el examen físico, dolor persistente después de la reducción del contenido de la hernia y la apariencia tóxica (fiebre, inestabilidad hemodinámica) indican una hernia estrangulada y requieren intervención quirúrgica inmediata. La TC puede ser útil para evaluar no solo el tamaño y la ubicación precisos de la hernia sino también la viabilidad del intestino delgado encarcerado. Los abordajes pueden ser abierto, laparoscópico o robótico, dependiendo de la experiencia y el criterio del cirujano, así como de los recursos institucionales. Independientemente del abordaje, se debe evaluar el intestino reducido para detectar evidencia de viabilidad y compromiso. Los segmentos isquémicos o necróticos deben researse y reconstruirse con anastomosis primaria. El defecto de la hernia debe cerrarse primariamente o con el uso de una malla no sintética (biológica). Por lo general, no se recomienda el uso de malla sintética debido al mayor riesgo de infección del sitio quirúrgico. Las hernias internas causadas por el paso y atrapamiento de vísceras a través de defectos congénitos o adquiridos en el mesenterio no se detectan fácilmente en el examen físico. El diagnóstico generalmente requiere imágenes con TC, que generalmente evalúan los remolinos mesentéricos o la visualización específica de la herniación del contenido a través de defectos mesentéricos. Los defectos adquiridos generalmente se deben a antecedentes quirúrgicos previos con reconstrucción en Y-de-Roux (*bypass* gástrico, pancreaticoduodenectomía, hepaticoyeyunostomía). Las hernias internas son obstrucciones intestinales de asa cerrada y requieren intervención quirúrgica con reducción del contenido herniado, evaluación y resección del intestino irreversiblemente comprometido y cierre de los defectos mesentéricos para prevenir la recurrencia.

## Neoplasias

Las neoplasias malignas primarias del intestino delgado son poco comunes y representan aproximadamente el 2-3% de los cánceres gastrointestinales<sup>77</sup>.

Si bien el linfoma se diagnostica con mayor frecuencia en pacientes más jóvenes, la incidencia de otros tumores como el adenocarcinoma, los tumores del estroma gastrointestinal (GIST) y los carcinoides aumenta con la edad y debe considerarse como una causa subyacente de OID no adhesiva. Los tumores del intestino delgado son más comunes proximalmente, incluidos el duodeno y el yeyuno, donde el adenocarcinoma es más común. Alternativamente, los tumores carcinoides ocurren con mayor frecuencia en el íleon, suelen presentarse entre la 6ª y 7ª década de la vida, y la obstrucción puede deberse a intususcepción, bloqueo intraluminal o torsión mesentérica por invasión tumoral, linfadenopatía o respuesta desmoplásica. La isquemia intestinal puede ocurrir en el contexto de una enfermedad voluminosa que causa compresión, o por invasión vascular mesentérica. Los tumores primarios abdominales y pélvicos que no se originan en el intestino delgado, como los de estómago, páncreas, colon y ovario, pueden provocar carcinomatosis peritoneal, lo que crea desafíos de tratamiento adicionales. También se deben considerar los cánceres de mama y otros cánceres extraabdominales avanzados, especialmente cuando hay ascitis en las imágenes por TC. Las opciones de tratamiento incluyen manejo médico con fármacos antisecretores (p. ej., octreotida), resección, derivación, ileostomía o colocación de sonda de gastrostomía. Si el tumor que causa la obstrucción se puede extirpar con márgenes negativos, se prefiere la resección. La cirugía paliativa para evitar o resear obstrucciones puede beneficiar a los pacientes; sin embargo, se asocia con una alta mortalidad y hospitalizaciones prolongadas.

## Íleo biliar

Si bien es una causa poco común de OID en todos los pacientes, el íleo biliar tiene una mayor incidencia en los ancianos. La presión de los cálculos biliares produce congestión venosa seguida de isquemia por alteración del flujo arterial que produce ulceraciones por presión. Esto luego progresa hacia el desarrollo de fístulas colecistoentéricas. Los cálculos biliares que dan lugar a la formación de fístulas suelen tener más de 2 cm de diámetro. La obstrucción ocurre con mayor frecuencia en el íleon terminal debido al estrechamiento de la válvula ileocecal; el yeyuno y el estómago son los siguientes sitios más comúnmente afectados<sup>78</sup>. Los síntomas suelen ser similares a los de los pacientes con enfermedad adhesiva. Sin embargo, la naturaleza móvil de los cálculos biliares grandes puede provocar síntomas más intermitentes y vagos. La TC de abdomen suele ser diagnóstica y los hallazgos incluyen dilatación del intestino delgado con niveles hidroaéreos, engrosamiento de la pared de la vesícula biliar, neumobilia y visualización del cálculo biliar obstructivo. En el momento de la presentación inicial se recomienda la inter-

vención quirúrgica. Se debe realizar una enterotomía longitudinal proximal al área de obstrucción y luego se debe ordeñar el cálculo en dirección proximal y extraerlo. Sin embargo, si hay evidencia de isquemia, perforación o incapacidad para extraer el cálculo biliar en el área de obstrucción, se debe considerar la resección intestinal. Se debe inspeccionar la totalidad del intestino en busca de cálculos adicionales, y la enterotomía debe cerrarse de forma transversal. Los pacientes ancianos de alto riesgo con múltiples comorbilidades no deben someterse a colecistectomía ni reparación de la fístula colecistoentérica en el momento de la intervención inicial. La cirugía mínimamente invasiva es una opción en pacientes adecuadamente seleccionados.

### **Obstrucción del colon**

La obstrucción del colon (OC) es menos común que las obstrucciones del intestino delgado, pero aún representan aproximadamente el 25% de las obstrucciones intestinales<sup>78</sup>. Es más frecuente en pacientes de edad avanzada en comparación con la población general, con una media de edad de presentación de 73 años, debido a una mayor incidencia de neoplasias malignas, polifarmacia, estreñimiento crónico y diverticulitis. Las causas más comunes de OC en pacientes geriátricos incluyen cáncer colorrectal (60-80%), vólvulo (10-15%) y diverticulitis (10%). La OC puede ser mecánica, por obstrucción luminal intrínseca o compresión externa, o funcional. Además, se pueden subdividir en parciales o completas. Cada uno de los subtipos anteriores de obstrucciones puede presentarse de manera ligeramente diferente. La OC completa aguda es una emergencia médica y se asocia con una alta morbilidad y mortalidad si no se trata o si se retrasa el tratamiento. El inicio de los síntomas suele ser agudo, pero puede ser más indolente según la etiología. Lo más común es que los pacientes presenten dolor, estreñimiento o constipación y distensión abdominal. Una historia completa puede ayudar a guiar las investigaciones y tratamientos de las etiologías subyacentes. En general, la emesis es un hallazgo tardío y se observa con menos frecuencia en la OC en comparación con la OID.

Si bien los pacientes con OC debido a cáncer pueden tener un inicio agudo de dolor, estreñimiento y distensión, también pueden revelar síntomas crónicos. Estos pacientes pueden informar semanas o meses de heces con sangre o pérdida de peso antes de los síntomas obstructivos. A menudo se informan diarrea o heces de calibre más estrecho antes del desarrollo del estreñimiento, a medida que las heces líquidas o finas y blandas pasan a través de una luz progresivamente estrecha. Por el contrario, las obstrucciones con síntomas que comienzan de manera muy aguda, especialmente dolor y estreñimiento completo, se deben más típicamente a vólvulo.

Una obstrucción distal combinada con una válvula ileocecal competente (que ocurre en la mayoría de los individuos) crea efectivamente una obstrucción de circuito cerrado, lo que aumenta la gravedad de los síntomas y la posibilidad de complicaciones como la perforación. Alternativamente, una válvula ileocecal incompetente puede permitir el reflujo del material colónico hacia el íleon y el intestino delgado más proximal, lo que puede reducir la gravedad de los síntomas y disminuir el riesgo de perforación. La TC diferenciará entre los dos escenarios.

Si se permite que progrese, la distensión del colon obstruido continúa hasta el punto de comprometer eventualmente el flujo sanguíneo a la pared intestinal. Primero se obstruirá el flujo venoso, seguido más tarde por la congestión vascular y, finalmente, la obstrucción del flujo arterial. La integridad de la mucosa se ve comprometida con la alteración de las uniones estrechas epiteliales que conducen a la translocación bacteriana y la sepsis. La hipoperfusión continua por sepsis y presión local sobre la pared del colon conduce a isquemia colónica de espesor total, que puede progresar a necrosis y perforación. Los pacientes pueden tener hallazgos peritoneales en cualquier punto de esta vía dependiendo del grado de compromiso colónico. Los pacientes parecerán gravemente enfermos y distendidos. Es probable que parezcan muy enfermos y presenten taquicardia, con distensión, timpanismo y dolor difuso a la palpación en el examen.

Si bien las radiografías simples de abdomen son más útiles en el diagnóstico de vólvulo, la TC es la modalidad de imagen de elección para diagnosticar una OC, identificar su posible causa y complicaciones y guiar el tratamiento. Los hallazgos pueden incluir un colon proximal dilatado y lleno de heces con un colon distal descomprimido, así como la identificación de un punto de transición. Otros hallazgos, como una masa, inflamación, vólvulo o colon lleno de heces con cambios estercoreos o sin ellos, pueden ser evidentes y conducir a una terapia adecuada. Cuando los hallazgos de la TC son equívocos, un enema de contraste soluble en agua puede ser útil para definir mejor el sitio de la OC y puede ser terapéutico en casos de estreñimiento grave e impactación fecal.

El uso de contraste intravenoso para la TC abdominal y pélvica no aumenta las tasas de diagnóstico de obstrucción del intestino grueso, pero puede mejorar la sensibilidad para detectar isquemia y la presencia de neumatosis intestinal. Por lo tanto, normalmente se recomienda el contraste con líquido intravenoso si la obstrucción está en el diferencial y si su uso no está contraindicado. Es más controvertido si está indicado el contraste oral o rectal. El contraste rectal puede ser útil cuando se trata de una obstrucción del intestino grueso versus un trastorno funcional, ya que el paso del contraste terminará abruptamente al nivel de una obstrucción mecánica versus su capacidad de fluir libremente

a porciones más proximales del colon en un trastorno funcional.

El diámetro de riesgo de perforación del colon varía y depende de factores históricos. La ley de Laplace cobra relevancia a la hora de revisar las imágenes y decidir la urgencia de la intervención. Esta ley relaciona la presión intraluminal necesaria para estirar la pared de un tubo hueco con la inversa del radio de ese tubo. Por lo tanto, el ciego, siendo su diámetro estándar el mayor de todos los segmentos del colon, es el más propenso a la perforación, ya que requiere la menor cantidad de fuerza para distender las paredes y eventualmente perforarse. El diámetro cecal en las imágenes con riesgo de perforación oscila entre 9 y 12 centímetros. Sin embargo, la tasa de distensión puede importar más que el diámetro máximo real encontrado en las imágenes. En la obstrucción crónica, la pared del colon tiene tiempo para dilatarse gradualmente, hipertrofiarse y tener menos probabilidades de perforarse en comparación con los trastornos que causan obstrucción aguda. La competencia de la válvula ileocecal también afectará el diámetro máximo del ciego, ya que el contenido luminal refluirá proximalmente hacia el intestino delgado. Se puede determinar la tendencia del diámetro del colon en las radiografías simples de abdomen cuando no está indicada la cirugía urgente o emergente.

### Cáncer colorrectal

El cáncer colorrectal obstructivo sigue siendo la causa más común de OC; sin embargo, se estima que solo entre el 7 y el 29% de todas las neoplasias malignas del colon se presentan de esta manera. Las ubicaciones más comunes para encontrar una masa obstructiva son el sigmoides y el ángulo esplénico, probablemente debido a los diámetros lumbales relativamente más pequeños. Al igual que con el tratamiento inicial de todas las causas de obstrucción intestinal, la estabilización y reanimación del paciente son primordiales. La hidratación agresiva con líquidos intravenosos y la corrección de las anomalías electrolíticas deben ser el primer enfoque junto con la determinación de la necesidad del paciente de una cirugía de emergencia. Una sonda nasogástrica es de mucha menos utilidad en la OC en comparación con la OID y no será eficaz para descomprimir el colon. Se deben medir estrictamente la ingesta y la excreción para guiar los esfuerzos de reanimación. Las decisiones terapéuticas dependen de la estabilidad del paciente, la ubicación de la masa obstructiva y si hay o no perforación. En un paciente inestable y en aquellos en los que se sospecha perforación, isquemia y/o peritonitis, existe una clara indicación de tratamiento quirúrgico inmediato con resección. En estas situaciones, se deben iniciar de inmediato antibióticos de amplio espectro que incluyan cobertura para bacterias gramnegativas

y anaeróbicas. Cuando los pacientes presentan una enfermedad menos grave, la falta de mejoría con el tratamiento conservador y un diámetro cecal en aumento progresivo también son indicaciones de cirugía urgente o colocación de un *stent* endoscópico cuando sea apropiado. Para masas obstructivas del lado izquierdo con perforación o en un paciente inestable, la resección con colostomía terminal es el procedimiento más apropiado. Al principio del curso, el manejo se vuelve más controvertido. La resección con anastomosis primaria se puede realizar en colon obstruidos no preparados, pero se asocia con tasas más altas de complicaciones, incluida la fuga. Las guías de práctica clínica para el tratamiento del cáncer de colon de la ASCRS<sup>79</sup> abordan las presentaciones de emergencia del cáncer de colon, incluida la obstrucción. Para los cánceres de colon obstructivos del lado izquierdo, las opciones de tratamiento incluyen la colocación de un *stent* o la resección, y las decisiones de tratamiento deben individualizarse según el paciente y la experiencia del centro tratante. La intervención urgente para evitar la perforación es primordial, ya que los pacientes con perforaciones libres tienen tasas más altas de ostomía permanente, morbilidad y mortalidad posoperatoria y carcinomatosis peritoneal con tasas significativamente más bajas de supervivencia general y libre de enfermedad.

Una opción de tratamiento bien estudiada es la colocación de un *stent* metálico autoexpandible (SEMS) a través de la lesión obstructiva. Si se puede pasar una guía a través de una masa rectal o del colon izquierdo casi obstructiva, se puede aliviar la obstrucción inmediata obteniendo más tiempo para que los pacientes estén optimizados para la cirugía antes de la resección, lo que en general permite mejores resultados y menores tasas de complicaciones. La colocación exitosa de SEMS se asocia con una mayor probabilidad de resección con anastomosis primaria en lugar de un procedimiento de Hartmann. También se ha comenzado a estudiar la colocación de *stent* en masas del colon derecho, pero con datos menos sólidos y probablemente con menos centros con la experiencia necesaria para realizar este procedimiento. La colocación de *stent* conlleva un riesgo de perforación con un aumento del riesgo posterior de recurrencia del cáncer locorregional y otros posibles riesgos, que incluyen sangrado, migración, impactación de heces o crecimiento tumoral hacia el interior. A pesar de los riesgos inherentes, cuando sea posible se debe considerar la utilización de un SEMS como puente hacia una cirugía que no sea de emergencia. Se ha demostrado que la colocación de un *stent* confiere una menor morbilidad y mortalidad posoperatoria a los 30 y 60 días, tasas más bajas de ostomía permanente y tasas similares de supervivencia general en comparación con la resección colónica de emergencia. La colocación de SEMS está contraindicada si ya se ha producido la perforación del colon.

Cuando la colocación de un *stent* no es factible, se debe intentar una resección oncológica del colon afectado siguiendo los principios estándar. Esto incluye márgenes proximales y distales de 5 a 7 centímetros y ligadura proximal de los vasos nutrientes primarios para completar una linfadenectomía adecuada. En el caso de masas sincrónicas en los lados derecho e izquierdo, está indicada una colectomía subtotal, que también puede ser necesaria si el colon está isquémico en gran medida.

### Vólvulo

El vólvulo ocurre cuando un segmento del intestino lleno de aire se torsiona alrededor de su mesenterio. Esta condición puede reducirse espontáneamente o progresar a una obstrucción luminal. Si no se trata, la torsión del mesenterio puede provocar estrangulación, necrosis y perforación del intestino. Los sitios más comunes de vólvulo en el intestino grueso son el colon sigmoide (60-75%) y el ciego (20-25%). La redundancia o el aumento de la movilidad de estos segmentos intestinales, ya sea congénito o adquirido, aumenta el riesgo de torsión. El vólvulo sigmoideo se presenta típicamente en adultos mayores (edad promedio de 70 años), especialmente aquellos que están institucionalizados o debilitados y tienen antecedentes de estreñimiento. Los sitios menos comunes de vólvulo colónico incluyen el colon transversal y el ángulo esplénico. La presentación del vólvulo puede variar desde dolor abdominal intermitente hasta síntomas obstructivos agudos (náuseas, vómitos, estreñimiento) y peritonitis con compromiso hemodinámico. Los síntomas del vólvulo cecal tienden a ocurrir más rápidamente, mientras que el vólvulo sigmoideo puede tener un curso más indolente. El tratamiento depende de la ubicación del vólvulo y del estado general del paciente.

A menos que haya signos evidentes de isquemia o perforación en el momento de la presentación, el tratamiento inicial del vólvulo sigmoideo es la reanimación seguida de una detorsión endoscópica rígida o flexible con colocación de un tubo rectal<sup>80</sup>. Las tasas de éxito oscilan entre el 60 y el 95%. Si se observa mucosa necrótica o ulceración en la endoscopia, esto sugiere que ya se ha producido compromiso intestinal y se debe llevar al paciente al quirófano. Dada la alta tasa de recurrencia después de la reducción endoscópica, la ASCRS<sup>81</sup> recomienda que se realice una sigmoidectomía electiva con eliminación de todo el colon sigmoide redundante después de estabilizar al paciente. Por lo general, no se requiere la creación de un estoma en un entorno que no sea de emergencia, pero se puede considerar para un paciente individual dependiendo de los hallazgos operatorios. Si hay megacolon asociado,

una colectomía subtotal tiene tasas de recurrencia más bajas que la colectomía sigmoidea con anastomosis primaria. En caso de isquemia, necrosis o perforación, se debe realizar la resección del segmento afectado antes de la detorsión del segmento comprometido para reducir la posibilidad de liberación de endotoxinas, potasio y bacterias a la circulación sistémica. Numerosos estudios retrospectivos han informado sobre la elección de la resección con anastomosis primaria versus el procedimiento de Hartmann, y los factores habituales relacionados con el paciente como las comorbilidades subyacentes, el estado fisiológico actual y la estabilidad, desempeñan un papel en esta decisión. Otras operaciones que no implican resección se consideran inferiores a la resección sigmoidea debido a un mayor riesgo de recurrencia. En el caso de un colon viable se han descrito series de casos publicadas con detorsión sola, sigmoidoplastia (con fijación intraperitoneal o extraperitoneal) y mesosigmoidoplastia. El objetivo de este último procedimiento es adaptar y ampliar la base del mesenterio sigmoideo para reducir la posibilidad de torsión repetida. Los pacientes de edad avanzada que no son buenos candidatos para la cirugía pueden ser tratados mediante sigmoidopexia endoscópica percutánea.

A diferencia del vólvulo sigmoideo, la ASCRS<sup>81</sup> recomienda no intentar la detorsión endoscópica del vólvulo cecal debido a las bajas tasas de éxito de series limitadas. El abordaje quirúrgico del vólvulo cecal varía según la estabilidad del paciente y los hallazgos intraoperatorios. La morbilidad y la mortalidad son 3 a 4 veces mayores en pacientes con vólvulo cecal que tienen intestino perforado o no viable que aquellos con intestino viable. Se puede considerar la resección y anastomosis en pacientes selectos con intestino no viable. Sin embargo, la resección con ileostomía (con fístula mucosa o sin ella) es apropiada en caso de perforación o necrosis intestinal más extensa. En pacientes estables sin compromiso intestinal, hay más procedimientos quirúrgicos entre los cuales elegir, y existe controversia sobre la necesidad de reseccionar intestino sano. Las opciones incluyen solo detorsión, detorsión con cecopexia, detorsión con cecostomía o detorsión con resección y anastomosis. Sin una resección segmentaria, las tasas de vólvulo recurrente son mayores. Sin embargo, la resección conduce a tasas más altas de otras complicaciones posoperatorias, incluidas infección de la herida y fuga anastomótica. Las operaciones estándar asociadas con las tasas más bajas de recurrencia del vólvulo incluyen resección ileocólica o colectomía derecha para incluir el segmento vólvulizado seguida de anastomosis ileocolónica primaria (con ileostomía en asa protectora o sin ella) si el paciente está estable. Sin embargo, dada la falta de datos sobre resultados superiores, es razonable incluir procedimientos no resectivos en las opciones de tratamiento.

### *Diverticulitis*

Después del vólvulo, la diverticulitis es la causa no neoplásica más frecuente de OC y representa hasta el 10% de los casos. Tanto la forma aguda como la crónica de la enfermedad pueden provocar obstrucción. Durante un episodio agudo, puede ocurrir OC parcial por estrechamiento de la luz causado por inflamación pericolónica o compresión por un absceso diverticular. Sin embargo, la obstrucción de alto grado se asocia más comúnmente con estenosis por inflamación diverticular crónica. La diverticulitis con obstrucción asociada se clasifica como diverticulitis complicada. El tratamiento de la OC diverticular en los ancianos difiere según el proceso obstructivo. Durante un episodio agudo, el tratamiento no quirúrgico puede incluir antibióticos intravenosos, rehidratación, descompresión con sonda nasogástrica y reposo intestinal. Estas modalidades suelen tener éxito para resolver la obstrucción. Si hay un absceso pericolónico, se puede drenar por vía percutánea para aliviar la compresión luminal. La cirugía debe realizarse de forma aguda solo cuando la enfermedad progresa, como en casos de peritonitis o empeoramiento del estado hemodinámico, y el procedimiento de Hartmann debe realizarse en pacientes de alto riesgo. El riesgo de malignidad es mayor en pacientes con diverticulitis complicada que en no complicada. Por lo tanto, después de recuperarse de un episodio de diverticulitis aguda complicada (con obstrucción o sin ella), el colon debe evaluarse endoscópicamente si el paciente no se ha sometido a una colonoscopia reciente. La ASCRS<sup>82</sup> generalmente recomienda una eventual resección electiva después de un episodio agudo de diverticulitis con obstrucción, dado el mayor riesgo de episodios posteriores de diverticulitis complicada. Se prefieren las técnicas mínimamente invasivas cuando se dispone de experiencia y los factores del paciente lo permiten.

### *Estenosis benigna*

La estenosis colónica benigna se puede observar en la enfermedad de Crohn, en pacientes con radiación pélvica previa y, con poca frecuencia, en aquellos con cirugía y anastomosis previas, especialmente si la recuperación se vio comprometida por una fuga. Se recomienda la colonoscopia para descartar una estenosis maligna antes del tratamiento quirúrgico o, en el caso de fibrosis inducida por radiación, para determinar el grado y la extensión de la estenosis. Se puede considerar la estricturoplastia, así como la resección segmentaria con anastomosis. Las estenosis anastomóticas pueden tratarse con dilatación con balón. Si el grado

de afectación del colon es extenso, especialmente con daño inducido por radiación, puede ser necesaria una colostomía si no se puede resear todo el segmento afectado o si no hay un intestino grueso distal adecuado para una anastomosis<sup>83</sup>.

### *Pseudoobstrucción colónica aguda (PCA)*

La PCA, o síndrome de Ogilvie, se caracteriza por una dilatación aguda del colon en ausencia de obstrucción mecánica. Generalmente se presenta en el contexto de una enfermedad grave o después de una cirugía o en personas institucionalizadas, y se asocia con medicamentos, traumatismos, enfermedades cardíacas, desequilibrios metabólicos e infecciones. Los hombres mayores de 60 años son los más afectados. El mecanismo preciso por el cual se produce no se comprende completamente, aunque se cree que está relacionado con una alteración en la inervación autónoma del colon distal. La dilatación del colon proximal se observa con mayor frecuencia. En ocasiones, la dilatación se extiende distalmente al recto. El tratamiento inicial se centra en descomprimir el colon para reducir los riesgos de isquemia y perforación. Descartar causas mecánicas de obstrucción, corregir anomalías electrolíticas, minimizar los medicamentos, descompresión nasogástrica y reposo intestinal son pasos iniciales importantes. La atención de apoyo puede continuarse durante 72 horas en ausencia de dolor intenso, peritonitis y distensión colónica extrema. En pacientes en los que fracasa el tratamiento conservador o que tienen un diámetro cecal mayor de 12 cm, se puede utilizar neostigmina intravenosa con tasas de éxito de aproximadamente 90%. Las contraindicaciones relativas de la neostigmina incluyen infarto de miocardio reciente, acidosis, asma, bradicardia, úlcera péptica y uso de betabloqueantes. Se debe administrar con monitorización cardíaca continua y con atropina al alcance en caso de bradicardia. En pacientes en los que falla una dosis inicial de neostigmina o que tienen una respuesta parcial, se puede administrar una segunda dosis después de 24 horas antes de proceder a la descompresión colonoscópica. Si la neostigmina está contraindicada, la siguiente medida es la descompresión colonoscópica con colocación de un tubo de descompresión<sup>80</sup>. Este procedimiento debe ser realizado por un endoscopista experimentado utilizando insuflación mínima. Después de una descompresión colónica exitosa, se debe administrar polietilenglicol oral diariamente durante siete días para prevenir la recurrencia. Aproximadamente el 10% de los pacientes no responderá al tratamiento de apoyo, farmacológico o endoscópico. Los factores de riesgo que conducen a isquemia y perforación incluyen

un diámetro cecal mayor de 12 cm y una duración de la dilatación superior a los 6 días; la cirugía está indicada en estos casos médicamente refractarios. Las opciones quirúrgicas incluyen cecostomía, resección con anastomosis o colectomía subtotal con ileostomía según el estado clínico del paciente y los hallazgos intraoperatorios. En la era previa a la neostigmina, el diámetro cecal mayor de 14 cm, edad avanzada, necesidad de cirugía y más de 4 días de dilatación prolongada se asociaban con un mayor riesgo de muerte.

### Constipación

Si bien la incidencia de estreñimiento es aproximadamente del 20% en la población general, es más común en los ancianos y se acerca al 50% en pacientes en centros de atención crónica. El estreñimiento grave es 2 a 3 veces más común en mujeres que en hombres. La etiología en pacientes mayores es frecuentemente multifactorial y puede incluir causas primarias (tránsito lento, defecación disinérgica, síndrome de intestino irritable) y secundarias (inducida por fármacos, morfológica, disfunción del suelo pélvico). El estreñimiento crónico puede provocar impactación fecal y obstrucción del colon. Es necesario abordar la obstrucción de este tipo, ya que puede progresar a ulceración estercorácea, hemorragia, isquemia colónica focal o difusa y perforación. El tratamiento inicial de la impactación fecal, en ausencia de signos de isquemia, perforación o hemorragia, debe centrarse en la desimpactación. Inicialmente se debe utilizar la fragmentación manual en combinación con enemas de agua tibia o aceite mineral para facilitar el paso de un bolo fecal grande. Después de la desimpactación inicial y los enemas, se debe evacuar completamente el colon. Esto se puede lograr con la administración oral de polietilenglicol o enemas diarios de agua tibia. Si las medidas anteriores no tienen éxito o solo tienen un éxito parcial, es posible que sea necesario realizar la desimpactación manual en el quirófano o en la sala de endoscopia bajo anestesia adecuada, especialmente en personas mayores o personas más frágiles. Se puede utilizar una sigmoidoscopia flexible o rígida para fragmentar y evacuar impactaciones más proximales y permitir al endoscopista evaluar la integridad de la mucosa. Si estas intervenciones fracasan o se sospecha una perforación o isquemia inminente, está indicada la cirugía. Después de una desimpactación exitosa, es importante identificar y eliminar las posibles causas de estreñimiento, así como iniciar un régimen laxante con el objetivo de producir al menos una evacuación intestinal por día. Si el paciente no está al día con la colonoscopia, se debe descartar una lesión obstructiva tras la recuperación de la obstrucción aguda y la evacuación del colon<sup>84</sup>.

### Bezoares en ancianos

Los bezoares son conglomerados de material no digerido que se acumulan en el tracto gastrointestinal, habitualmente en el estómago, aunque también pueden localizarse en el intestino delgado. Aunque su aparición es poco frecuente en la población general, los pacientes ancianos constituyen un grupo particularmente vulnerable debido a una serie de factores fisiológicos y patológicos asociados con el envejecimiento.

En las personas mayores, la disminución de la motilidad gastrointestinal desempeña un papel central en la génesis de bezoares. Esta ralentización puede ser consecuencia natural del envejecimiento o deberse a enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, donde la neuropatía autonómica afecta el vaciamiento gástrico. Asimismo, la alteración de la masticación ya sea por pérdida de piezas dentales o uso de prótesis inadecuadas, contribuye a que grandes fragmentos de alimentos sean deglutidos sin la adecuada trituración, favoreciendo así la formación de masas compactas en el tracto digestivo.

Otro elemento relevante en este grupo etario es la dieta. Muchos ancianos son alentados a consumir alimentos ricos en fibra para prevenir el estreñimiento; sin embargo, cuando esta fibra no es adecuadamente procesada, puede acumularse en el estómago y formar lo que se conoce como fitobezoar, compuesto principalmente por restos vegetales. A esto se suma el uso de ciertos medicamentos frecuentes en la geriatría, como anticolinérgicos, opioides y bloqueantes de canales de calcio, que disminuyen aún más la motilidad gástrica, elevando el riesgo de esta complicación.

El tipo de bezoar más común en los ancianos es el fitobezoar, aunque también pueden presentarse farmacobezoares, originados por la aglutinación de comprimidos o cápsulas ingeridas. Los tricobezoares, formados por la ingestión de cabello, son extremadamente raros en esta población y se observan más típicamente en adultos jóvenes con trastornos psiquiátricos.

Clínicamente, los bezoares pueden ser asintomáticos durante largos períodos, lo que dificulta su detección temprana. Cuando se manifiestan, suelen presentarse con síntomas vagos y progresivos como sensación de plenitud posprandial, distensión abdominal, náuseas, vómitos recurrentes y pérdida de peso. En casos más avanzados, pueden ocasionar complicaciones serias, como la obstrucción intestinal, la formación de úlceras por presión en la mucosa gástrica, o incluso perforaciones que ponen en riesgo la vida del paciente.

El diagnóstico de los bezoares en ancianos requiere un alto índice de sospecha clínica, sobre todo en aquellos pacientes con antecedentes de gastrectomías, cirugías gástricas previas, enfermedades metabólicas crónicas o alteraciones de la motilidad digestiva. Las

técnicas de imagen desempeñan un papel crucial en su identificación: las radiografías simples pueden sugerir una masa intragástrica, pero estudios como la TC permiten una mejor caracterización. La endoscopia digestiva alta es, sin duda, el método diagnóstico de elección, ya que no solo permite la visualización directa del bezoar, sino también su posible tratamiento.

En cuanto al abordaje terapéutico, este dependerá de las características del bezoar y del estado general del paciente. En algunos casos, es posible intentar un tratamiento conservador, utilizando agentes químicos capaces de fragmentar el bezoar, como enzimas digestivas o soluciones a base de bebidas carbonatadas de tipo Cola, cuyo efecto sobre ciertos fitobezoares ha sido documentado en la literatura médica. Si este enfoque falla o si el bezoar es grande, puede optarse por su extracción endoscópica, mediante fragmentación mecánica y retirada progresiva. En los casos más complicados, cuando existen obstrucciones graves o riesgo de perforación, la intervención quirúrgica se convierte en una necesidad.

La prevención de los bezoares en ancianos debe enfocarse en varios aspectos. Es fundamental promover una adecuada masticación de los alimentos, evaluar periódicamente el estado de las prótesis dentales, y supervisar cuidadosamente la dieta, evitando la sobrecarga de fibras insolubles sin control médico. Además, se debe prestar atención a la revisión periódica de los medicamentos que puedan afectar la motilidad gástrica, buscando alternativas menos riesgosas cuando sea posible.

En conclusión, aunque los bezoares son una causa infrecuente de síntomas gastrointestinales en la población anciana, su impacto clínico puede ser significativo si no se diagnostican y tratan a tiempo. La sospecha clínica, el diagnóstico temprano y un enfoque terapéutico adecuado son esenciales para mejorar el pronóstico y la calidad de vida de estos pacientes.

## Trauma en el paciente geriátrico

### Epidemiología

El trauma es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en este grupo de mayor edad. Los mecanismos de lesión más frecuentes son las caídas y las colisiones vehiculares. La mayor tasa de mortalidad ocurre entre los peatones atropellados por vehículos. Hay patrones de lesión específicos, exclusivos de esta cohorte de edad, así como un aumento en la morbilidad y mortalidad por las mismas lesiones en comparación con los adultos más jóvenes. Los cambios fisiológicos que acompañan al envejecimiento afectan a todos los sistemas y órganos<sup>15</sup>; por lo tanto, una evaluación del trauma entre los ancianos requiere un alto

nivel de sospecha de lesión grave. La lista de medicamentos de los pacientes geriátricos de trauma debe ser examinada minuciosamente, con especial atención a la presencia de antiagregantes plaquetarios y anticoagulantes. El equipo multidisciplinario es fundamental para la atención del paciente geriátrico traumatizado y garantizar un tratamiento seguro y un alta del hospital exitosa. Las lesiones traumáticas son cada vez más comunes en la población de edad avanzada: representan casi una cuarta parte de las hospitalizaciones cada año. El trauma es la quinta causa de muerte en este grupo de edad. La mortalidad aumenta después de los 70 años, incluso después de ajustar la puntuación de gravedad. Según los Centros para el Control de Enfermedades (Centers for Disease Control, CDC) de Estados Unidos, hubo 36 millones de caídas en 2018, con 8 millones de lesionados y más de 34 000 muertes<sup>85</sup>. Las colisiones vehiculares son el segundo mecanismo de lesión más común y causa principal de muerte traumática en la población geriátrica, con mayor tasa de mortalidad observada en peatones atropellados por un vehículo automotor. En comparación con los adultos más jóvenes, los ancianos tienen más probabilidades de sufrir lesiones graves después de caídas o colisiones con un aumento de las tasas de lesiones cerebrales traumáticas.

Como ya fue mencionado, existen muchos cambios fisiológicos que ocurren con la edad, afectando a todos los sistemas orgánicos, incluidos los aparatos cardiovascular, audiovisual, musculoesquelético y vestibular. Estos cambios relacionados con la edad derivan en problemas de audición y visión, con disminución de la visión periférica, del movimiento de percepción visual y de la audición. La pérdida de tejido subcutáneo y el aumento de la atrofia muscular dan como resultado cambios de postura con inestabilidad de la marcha.

### Manejo inicial

Es esencial realizar exámenes físicos exhaustivos para asegurarse de que las lesiones no pasen inadvertidas. Con el aumento de las medicaciones prescritas (o polifarmacia) en la población de ancianos, muchos pacientes que se encuentran bajo tratamiento con betabloqueantes y antihipertensivos pueden presentar síntomas y signos vitales engañosamente "normales" debido a una respuesta fisiológica enmascarada. Los pacientes ancianos son menos sensibles a las catecolaminas y es posible que no tengan la misma respuesta a la hemorragia después de un evento traumático. Sin tales alteraciones de los signos vitales, los pacientes pueden estar subclasificados y puede retrasarse el diagnóstico de sus lesiones traumáticas. Como es de esperar, la subclasificación se ha asociado con un aumento del riesgo de muerte en pacientes de edad avanzada; por lo tanto, se debe tener un alto nivel de

sospecha de lesión importante, cuando no hay signos externos obvios o manifestaciones de trauma. Con la demencia o delirio concomitante que suele acompañar a la neumonía, el accidente cerebrovascular o sepsis por una infección del tracto urinario, estos diagnósticos adicionales pueden complicar la presentación del paciente traumatizado geriátrico, llevando a un retraso en el reconocimiento del shock o de una lesión cerebral traumática. Los pacientes mayores son más susceptibles de sufrir lesiones por mecanismos menores en comparación con pacientes más jóvenes y tienen un mayor riesgo de discapacidad grave o muerte después de una lesión traumática. Identificar el shock oculto a tiempo es fundamental para prevenir la morbilidad y mejorar la supervivencia del paciente. Déficits de base elevados, superiores a  $-6$ , se asocian con una mayor mortalidad en los pacientes mayores traumatizados<sup>86</sup>. La normalización del déficit de base y la acidosis láctica deben guiar los esfuerzos de reanimación para esta población de pacientes.

Los pacientes de edad avanzada tienen patrones de lesión específicos después de un trauma en comparación con los adultos más jóvenes. Su disminución de la sensación de dolor y signos vitales engañosamente “normales”, como se mencionó anteriormente, puede provocar un retraso en el diagnóstico de hemorragia intraperitoneal o shock hemorrágico. La evaluación inicial de todos los pacientes ancianos con traumatismo contuso debe incluir un examen FAST (*Focused Assessment with Sonography in Trauma*). Si bien no se suele pensar el trauma penetrante como sinónimo en octogenarios, lamentablemente la incidencia de suicidios por heridas de bala autoinfligidas sigue siendo una carga importante<sup>34</sup>. Debería haber un umbral bajo para obtener imágenes por TC en pacientes traumatizados geriátricos estables, especialmente después de colisiones vehiculares o de ser atropellados. Es importante considerar el riesgo de nefropatía inducida por contraste en este tipo de pacientes, que pueden agravar una enfermedad renal crónica basal o una lesión renal aguda en el contexto de ingreso con hipovolemia. Una hidratación intravenosa y seguimiento de los niveles de creatinina después de las imágenes de contraste es crucial<sup>87</sup>.

La evaluación y el diagnóstico inicial del trauma debe seguir los principios del soporte vital avanzado para traumatismos (*Advanced Trauma Life Support, ATLS*<sup>®</sup>). Sin embargo, se debe prestar especial atención a las condiciones médicas preexistentes, el uso crónico de medicamentos y el efecto sobre la respuesta fisiológica a la lesión y la respuesta fisiológica alterada subyacente en el paciente anciano traumatizado. La obtención de información importante médica de la historia clínica puede ser difícil o imposible de extraer del paciente geriátrico, por lo que contactar a los familiares para obtener esta información vital es imperativo. Además, con las alteraciones de la compensación fi-

siológica que viene con el envejecimiento orgánico, un mayor índice de sospecha de deterioro clínico temprano es primordial en el cuidado de esta población especial de pacientes<sup>34</sup>.

Los algoritmos de imágenes se utilizan ampliamente para guiar a los médicos tratantes para que comprendan cuándo las imágenes se pueden omitir de manera segura, pero pueden ser insuficientes en el trauma geriátrico. Con ese fin la AAST coordinó un estudio observacional multicéntrico<sup>88</sup> para desarrollar un algoritmo clínico para su uso en pacientes geriátricos con traumatismo cerrado, el mismo que fue diseñado con el fin de facilitar su uso en el momento de la evaluación inicial, minimizar el riesgo de una lesión inadvertida y de estandarizar el estudio del paciente con traumatismo geriátrico. Este estudio incluyó 5498 pacientes de 18 centros de trauma de Estados Unidos, destacó los desafíos en el diagnóstico de las lesiones en pacientes traumatizados geriátricos y las limitaciones de enfoques diagnósticos existentes. A pesar de esos desafíos, los hallazgos recomiendan realizar una TC de cabeza y columna vertebral en todos los pacientes geriátricos, con la adición del torso en el contexto de hallazgos de resultados clínicos positivos y criterios de alto riesgo (Fig. 9). Este algoritmo surge como un avance inicial en este campo y podría representar una alternativa solo al juicio clínico, que probablemente pase por alto las lesiones, o al escaneo panorámico completo, con sobreexposición radiológica de estos pacientes.

### Isquemia mesentérica en el paciente geriátrico

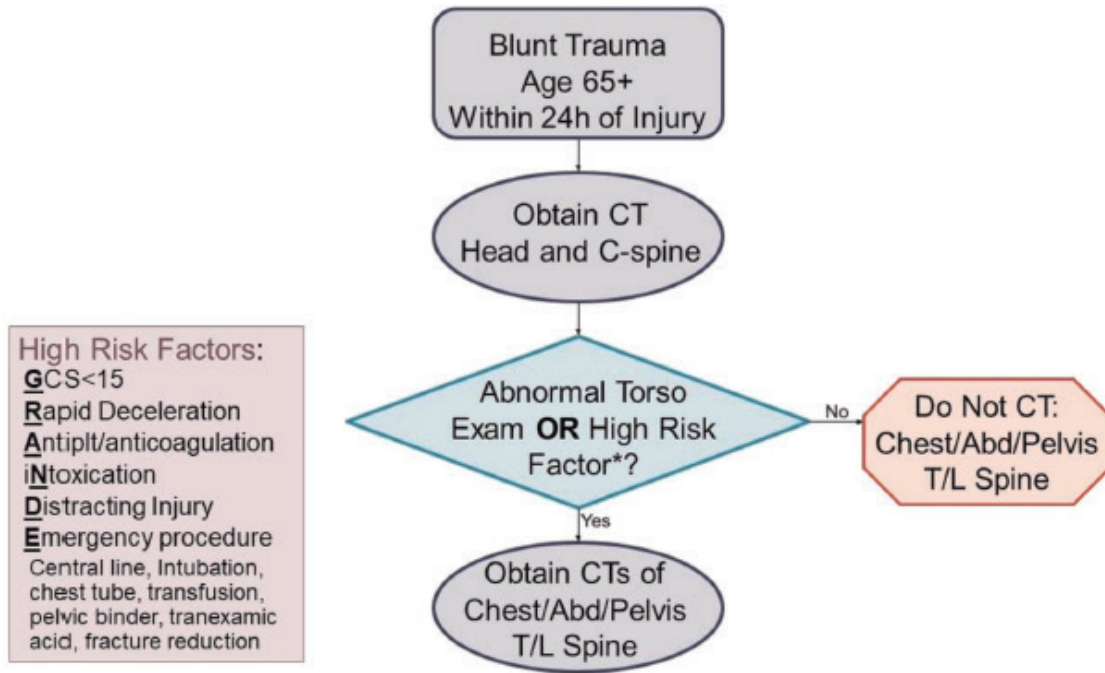
La isquemia mesentérica es una de las causas más graves de abdomen agudo en el paciente anciano, con una mortalidad que supera el 60% en algunos informes. Su diagnóstico temprano es fundamental pero difícil, dado que los síntomas pueden ser inespecíficos o atípicos en esta población. Se clasifica en formas aguda (IMA) y crónica (IMC).

#### **Isquemia mesentérica aguda (IMA)**

Su origen se debe a oclusión arterial, venosa o isquemia oclusiva, y sus principales causas, la embolia arterial (40-50%), cuyo origen es usualmente cardíaco (fibrilación auricular, infarto reciente); trombosis arterial (25-30%) y se produce sobre placas ateroscleróticas preexistentes; isquemia no oclusiva (15-20%), por hipoperfusión mesentérica sin obstrucción, frecuente en pacientes críticos; y trombosis venosa mesentérica (5-10%), es la menos común y se asocia a hipercoagulabilidad.

Clínicamente se presenta con dolor abdominal súbito, de gran intensidad, fuera de proporción, y puede acompañarse de náuseas, vómitos, diarrea o

■ FIGURA 9



Algoritmo propuesto para escanear a los pacientes geriátricos para minimizar las lesiones inadvertidas<sup>88</sup>

melenas. En ancianos, puede haber confusión, hipotensión o síntomas vagos, mientras que en fases avanzadas se presenta con peritonitis, distensión abdominal y shock séptico.

### Isquemia mesentérica crónica (IMC)

Es secundaria a estenosis ateroscleróticas arteriales graves de al menos dos arterias principales: mesentérica superior y tronco celiaco o mesentérica inferior. Se suele presentar con dolor abdominal posprandial (15–60 min después de comer), pérdida de peso progresiva por “miedo a comer” y, en algunos casos, síntomas sutiles o solapados.

### Diagnóstico y tratamiento

Mientras que para la IMA el laboratorio muestra leucocitosis, acidosis metabólica, lactato elevado (> 2 mmol/L), el estudio de referencia (*gold standard*) para ambas presentaciones es la angio-TC con contraste, que presenta una sensibilidad superior al 90%, permite identificar oclusiones arteriales, trombosis venosa, signos indirectos como engrosamiento parietal, neumatosis o gas portal, así como

también visualizar el árbol vascular mesentérico.

El tratamiento de elección para la IMA consiste en soporte hemodinámico con líquidos y vasopresores (preferentemente sin vasoconstricción esplácnica, como dobutamina); anticoagulación inmediata con heparina intravenosa; cirugía urgente si hay signos de necrosis intestinal o peritonitis; tratamiento endovascular, con trombólisis o angioplastia en centros especializados; y, en los casos de isquemia no oclusiva, consiste en corregir la causa subyacente (hipotensión, sepsis) y evitar vasoconstrictores espláncnicos.

Por otro lado, el tratamiento sugerido para la IMC consiste en la revascularización, ya sea endovascular (angioplastia con *stent*) o quirúrgica (*bypass*). También se aconseja el manejo médico de factores de riesgo, como el control lipídico, antiagregación y cesación tabáquica.

Existen algunas consideraciones especiales para tener en cuenta:

- La isquemia no oclusiva es particularmente prevalente en ancianos institucionalizados o en UCI.
- La comorbilidad cardiovascular y la fragilidad dificultan el diagnóstico y limitan las opciones terapéuticas.
- La evaluación geriátrica integral es clave para decidir estrategias agresivas vs. paliativas.

## Colitis isquémica en el paciente geriátrico

La colitis isquémica (CI) es la forma más frecuente de isquemia intestinal y representa aproximadamente el 60-70% de los casos. Afecta predominantemente a personas mayores de 60 años, con un claro predominio en el sexo femenino. Su evolución suele ser benigna, aunque puede complicarse en pacientes frágiles o con comorbilidades cardiovasculares.

La CI resulta de una disminución transitoria del flujo sanguíneo al colon, generalmente no oclusiva. Puede desencadenarse por factores sistémicos (hipotensión, insuficiencia cardíaca, shock), locales (cirugías abdominales previas, obstrucción) o medicamentos (diuréticos, digitálicos, vasoconstrictores).

Las zonas más frecuentemente afectadas son el ángulo esplénico (zona de Griffith) y la unión rectosigmoidea (zona de Sudeck). Estas son regiones denominadas *watershed* o de escasa circulación colateral.

El síntoma cardinal es el dolor abdominal súbito, tipo cólico, generalmente en el flanco izquierdo o fosa ilíaca izquierda; puede acompañarse de hematoquecia o rectorragia, que suele aparecer en las primeras 24 horas, fiebre, náuseas o diarrea, y en pacientes ancianos, el cuadro puede ser leve o confundirse con diverticulitis, cáncer o enfermedad inflamatoria intestinal.

El laboratorio puede mostrar leucocitosis, PCR elevada, o hemoconcentración, pero no hay un marcador específico. Se recomienda la realización de una colonoscopia, idealmente dentro de las 48 horas, en la cual se visualizaría edema, friabilidad mucosa, ulceraciones lineales y hemorragia submucosa, y también permite toma de biopsia. La TC abdominal con contraste es útil para descartar otras causas y evaluar complicaciones. Puede mostrar engrosamiento parietal, impresiones dactilares por edema submucoso y neumatosi. La angiografía no es necesaria, salvo en caso de sospecha de isquemia arterial aguda.

La clasificación endoscópica de Marston divide a la CI en:

1. Leve (reversible): edema, eritema, hemorragia subepitelial.
2. Moderada: úlceras superficiales, membranas pseudomembranosas.
3. Grave: necrosis transmural, gangrena, perforación.

Basado en la clasificación anterior, el tratamiento para las formas leves a moderadas consistirá en ayuno, hidratación intravenosa, antibióticos de amplio espectro (p. ej., ciprofloxacina + metronidazol), monitorización clínica estrecha e introducción progresiva de la dieta tras resolución del cuadro, mientras que para las formas graves o complicadas será la cirugía urgente si hay perforación, peritonitis o necrosis transmural,

realizando una colectomía segmentaria o total según el caso. El diagnóstico diferencial se realizará con la diverticulitis aguda, enfermedad inflamatoria intestinal, cáncer de colon hemorrágico y con colitis infecciosa (*C. difficile*).

El pronóstico es generalmente favorable en casos leves o moderados. La mortalidad aumenta en formas graves, especialmente en ancianos frágiles, con comorbilidades, o si hay demora diagnóstica. Las recaídas son infrecuentes, pero pueden presentarse en hasta un 20% de los casos.

## Infecciones extraabdominales en el paciente geriátrico

Entre las causas no quirúrgicas, las infecciones extraabdominales pueden simular un abdomen agudo, generando dolor abdominal, distensión o peritonismo reflejo, especialmente en adultos mayores frágiles o con deterioro cognitivo. En pacientes añosos, el dolor abdominal puede representar una manifestación referida o refleja de una infección distante, o bien derivar de la respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) que genera hipoperfusión mesentérica transitoria, íleo paralítico o acidosis metabólica. Además, la menor sensibilidad al dolor, la polifarmacia y la alteración de la percepción pueden ocultar el foco primario.

Entre las principales infecciones extraabdominales que simulan abdomen agudo se encuentran:

1. Neumonía (lóbulo inferior): puede presentarse con dolor abdominal, fiebre y vómitos. La irritación diafragmática por consolidación basal puede causar dolor epigástrico o en hipocondrio derecho. En la radiografía de tórax puede observarse una consolidación basal derecha que explicaría el cuadro.
2. Pielonefritis aguda: en adultos mayores puede cursar con dolor abdominal difuso, vómitos, fiebre o confusión. El dolor en flanco puede ser sutil o ausente; la disuria puede no estar presente. El laboratorio suele mostrar leucocitosis, piuria y bacteriuria; la TC puede mostrar engrosamiento perirrenal.
3. Sepsis de origen oculto (infección del tracto urinario, neumonía, endocarditis): la sepsis en ancianos se manifiesta frecuentemente con síntomas gastrointestinales inespecíficos como náuseas, distensión e íleo. Puede haber rigidez abdominal sin signos inflamatorios evidentes. Es fundamental considerar el diagnóstico en presencia de hipotensión, taquicardia o alteración del sensorio.
4. COVID-19 y otros virus respiratorios: se ha informado que algunos pacientes ancianos con COVID-19 pueden consultar por dolor abdominal agudo sin síntomas respiratorios evidentes. La infección viral puede inducir hipoperfusión esplácnica o íleo.
5. Herpes zóster (fase preruptiva): el dolor abdomi-

nal intenso en un dermatoma torácico o lumbar puede simular una patología quirúrgica abdominal. En ausencia de exantema, el diagnóstico suele retrasarse.

El tratamiento debe ir dirigido a la causa específica de la infección (tratamiento antibiótico empírico ajustado luego por cultivo) y soporte hemodinámico si hay signos de hipoperfusión. Las infecciones extraabdominales son causas frecuentes y a menudo subestimadas de abdomen agudo médico en ancianos. Su reconocimiento temprano es clave para evitar intervenciones innecesarias y reducir la mortalidad asociada. Una evaluación clínica sistemática y el uso juicioso de estudios complementarios permiten orientar adecuadamente el diagnóstico.

### Alteraciones metabólicas en el paciente geriátrico

El abdomen agudo médico en pacientes geriátricos puede deberse a múltiples condiciones no quirúrgicas, entre ellas las alteraciones metabólicas. Estas causas son particularmente importantes por su

frecuencia, su potencial reversibilidad y porque su presentación puede imitar cuadros quirúrgicos graves, con dolor abdominal, íleo paralítico o distensión, sin una causa estructural evidente. Los ancianos presentan mayor vulnerabilidad a los desequilibrios hidroelectrolíticos, ácido-básicos y endocrino-metabólicos, debido a cambios fisiológicos asociados al envejecimiento, comorbilidades crónicas (como insuficiencia renal o diabetes) y el uso frecuente de múltiples medicamentos.

Dentro de las principales causas metabólicas de dolor abdominal agudo se incluyen: cetoacidosis diabética, hipercalcemia, uremia avanzada en pacientes con insuficiencia renal crónica descompensada, hipopotasemia/hiperpotasemia y porfiria aguda intermitente (rara en ancianos). El tratamiento siempre debe ir dirigido a la causa específica.

Las causas metabólicas son responsables frecuentes pero subestimadas de abdomen agudo médico en el anciano. Un enfoque clínico sistemático, basado en sospecha diagnóstica y pruebas básicas de laboratorio, permite evitar cirugías innecesarias y tratar de forma eficaz cuadros potencialmente reversibles.

## Evaluación del riesgo quirúrgico en el anciano

La evaluación perioperatoria y de riesgos del paciente geriátrico es un proceso secuencial que incorpora la toma de decisiones preoperatoria y perioperatoria, la evaluación y estratificación de riesgos, con especial atención al estado funcional, el aspecto cognitivo y la fragilidad. Además de la evaluación integral tradicional, centrada en el examen médico y en las evaluaciones geriátricas específicas, seguidas de una optimización preoperatoria, también se pueden emplear varias herramientas de evaluación de riesgos. Una vez establecida esta última, desde un comienzo se deben establecer con el paciente o su designado los objetivos de la atención. Si los objetivos y prioridades del paciente no se pueden lograr con cirugía, se deben considerar opciones no quirúrgicas o paliativas. Si la cirugía está alineada con los objetivos y prioridades del paciente, se debe discutir a fondo su papel en el logro de esos objetivos, incluidos sus riesgos y beneficios. En esta etapa es fundamental establecer directivas anticipadas, incluida la designación de un representante de atención médica, y objetivos de tratamiento, los mismos que deben ser fijados desde las primeras etapas del proceso. Es especialmente importante obtener las expectativas del paciente o su designado: ¿Busca el paciente la prolongación de su vida, independencia, alivio del dolor, o algo más? Además, se deben explicar claramente todos

los posibles escenarios intraoperatorios y posoperatorios, incluida la calidad de vida esperada después de la cirugía.

Los cambios fisiológicos están relacionados con el proceso de envejecimiento en todos los sistemas orgánicos: neurológico, cardiovascular, pulmonar, gastrointestinal, renal, hematológico, inmunológico, endocrino y musculoesquelético (Tabla 10)<sup>89</sup>. Los pacientes de edad avanzada también pueden presentar múltiples comorbilidades y problemas de polifarmacia, a menudo inseguros de la dosis, con un cumplimiento cuestionable agravado por un estado funcional y nutricional deficiente. También suele haber problemas de comprensión de la comunicación que impiden la toma correcta de la historia clínica y exacerban las necesidades sociales.

En conjunto, todos estos factores disminuyen la reserva fisiológica del paciente anciano y su capacidad para generar una respuesta de estrés adecuada a la cirugía, lo que puede conducir a malos resultados. Es importante señalar que no todos los pacientes de edad avanzada están necesariamente comprometidos o debilitados, y muchos octogenarios aún pueden tener un buen estado funcional equivalente al de pacientes varias décadas más jóvenes. Por lo tanto, la edad en sí misma no debería excluir a un paciente anciano de la

■ TABLA 10

### Cambios fisiológicos en la población geriátrica

Neurológico	Pérdida de masa cerebral < flujo sanguíneo cerebral < consumo cerebral de oxígeno < neurotransmisores, deterioro cognitivo, variabilidad conductual < velocidad de conducción del SNP, pérdida de neuronas periféricas, denervación
Cardiovascular	EAC < gasto cardíaco < distensibilidad del VI, disfunción autonómica < respuesta barorreceptora, cambios en el sistema de conducción, valvulopatía < distensibilidad vascular
Pulmonar	> distensibilidad parenquimatosa < distensibilidad de la pared torácica > discordancia V/Q < masa muscular respiratoria, respiración rápida y superficial > VR y CRF < CVF y FEV <sub>1</sub> < respuesta central a la hipoxia e hipercapnia < función ciliar
Gastrointestinal	Desnutrición proteica < flujo sanguíneo hepático < función de las enzimas microsomales hepáticas < metabolismo de los fármacos < concentración de proteínas plasmáticas
Renal	< masa renal < flujo sanguíneo renal < filtrado glomerular < capacidad de concentración de orina < respuesta a las hormonas plasmáticas
Hematológico	Anemia < volumen sanguíneo < celularidad de la médula ósea
Inmunológico	< función del sistema inmunológico
Endocrino	Resistencia a la insulina < producción de hormonas (T3 libre, GH, aldosterona)
Musculo-esquelético	Disminución de la masa muscular, aumento de la masa grasa, alteración de la termorregulación, fragilidad de la piel

SNP: sistema nervioso periférico; EAC: enfermedad aguda coronaria; VI: ventrículo izquierdo; V/Q: ventilación/perfusión; VR: volumen de reserva; CRF: capacidad residual funcional; CVF: capacidad vital forzada; FEV<sub>1</sub> (forced expiratory volume in one second): volumen espiratorio forzado en un segundo

cirugía. Es más importante diferenciar la edad cronológica de la edad biológica, la combinación de los procesos fisiopatológicos del envejecimiento, comorbilidades y factores genéticos que predice mejor la aptitud y el rendimiento en respuesta a los desafíos fisiológicos. Como tal, una evaluación adecuada del riesgo en la población de edad avanzada depende más de una evaluación fisiológica que de una evaluación puramente cronológica, y la necesidad de herramientas objetivas de estratificación del riesgo se vuelve crítica<sup>89</sup>.

### Estratificación de riesgos

Las herramientas tradicionales de estratificación del riesgo incluyen la clasificación ASA (*American Society of Anesthesiology*), estudios básicos de laboratorio, tolerancia al ejercicio, evaluación de comorbilidades y las escalas revisadas de índice cardíaco de Eagle, Goldman y Detsky. La clasificación ASA es la herramienta de evaluación de riesgos más utilizada (Tabla 11)<sup>90</sup>. Se utiliza desde hace más de 60 años y asigna una puntuación a todos los pacientes sometidos a procedimientos electivos y de emergencia, independientemente de su edad. Los criterios ASA constan de seis clases de puntuación de gravedad creciente que van desde saludable (ASA I) hasta muerte cerebral en espera de donación de órganos (ASA VI), y se agrega una "E" para cirugías de emergencia. El modelo ASA ha sido validado en múltiples estudios como un predictor razonable de mortalidad. Por ejemplo, la mortalidad para ASA I-E es de 0 a 6%, mientras que ASA V-E de alto riesgo puede enfrentar una mortalidad de 75 a 100%. El propósito del sistema es evaluar y comunicar las comorbilidades médicas previas a la anestesia del paciente. El sistema de clasificación por sí solo no predice los riesgos perioperatorios, pero cuando se utiliza con otros factores como el tipo de cirugía, la fragilidad y la falta de condi-

ción física, puede ser útil para predecir los riesgos perioperatorios.

El índice de riesgo multifactorial de Goldman es otra herramienta de evaluación ampliamente utilizada para calcular el riesgo de mortalidad en pacientes no cardíacos. Es un sistema de puntuación que incorpora edad, infarto de miocardio (IAM) dentro de los 6 meses previos, estenosis aórtica significativa, ritmo no sinusal, latidos ventriculares prematuros superiores a 5 por minuto, galope S3 y distensión yugular (Tabla 12)<sup>91</sup>. Luego se agrega un factor de ajuste por estado médico general, cirugía de alto riesgo y cirugía de emergencia. El índice de Goldman modificado, si bien reconoce la edad cronológica, pondera más la función fisiológica. Por ejemplo, una persona sana de 85 años sin ningún criterio Goldman asociado tendría una puntuación Goldman de 5 (Clase 1, riesgo bajo), mientras que un paciente diabético, hipertenso y con insuficiencia renal de 55 años con antecedentes recientes de un IAM y fibrilación auricular sometido a cirugía de emergencia sería un paciente de alto riesgo de Clase 4.

La evaluación del riesgo de mortalidad modificada de Detsky es similar a la de Goldman, pero incorpora edema pulmonar y una escala de angina (Tabla 13)<sup>92</sup>. El paciente sano de 85 años del ejemplo, some-

■ TABLA 11

Clasificación ASA (*American Society of Anesthesiologists*)

Clase de estado clínico	Definición
I	Paciente sano
II	Enfermedad sistémica leve
III	Enfermedad sistémica grave
IV	Enfermedad sistémica grave que es una amenaza constante para la vida
V	Enfermedad sistémica grave que es una amenaza constante para la vida sin la cirugía
VI	Paciente declarado con muerte cerebral cuyos órganos se extraen para fines de donación
Sufijo E para pacientes sometidos a procedimientos de emergencia	

■ TABLA 12

Índice Goldman modificado

Función fisiológica	Puntos
Edad > 70 años	10
IM dentro de los 6 meses	5
S3 o DY	11
Estenosis aórtica crítica	3
Ritmo distinto del sinusal con o sin CAP	7
5 o más CVP/minuto en cualquier momento antes de la cirugía	7
Estado médico pobre	3
Cirugía intraperitoneal, torácica o aórtica	3
Cirugía de emergencia	4
Puntaje total	53

IM: infarto de miocardio; DY: distensión yugular; CAP: contracciones auriculares prematuras; CVP: contracciones ventriculares prematuras

CLASE	Puntos	Ninguna/ complicaciones menores (%)	Complicaciones que amenazan la vida (%)	Muerte cardíaca (%)
I	0-5	99	0,7	0,2
II	6-12	93	5	2
III	13-25	86	11	2
IV	> 26	22	22	56

tido a colecistectomía laparoscópica electiva, seguiría teniendo un riesgo bajo con una puntuación Detsky de 5, mientras que el hipertenso diabético de 55 años previamente descripto sometido a cirugía de emergencia tendría un puntaje Detsky de 85 (alto riesgo).

El Índice de comorbilidad de Charlson (ICC)<sup>93</sup> es un sistema de puntuación que incorpora una serie de condiciones comórbidas en un índice de riesgo que tampoco incorpora la edad cronológica. Sin embargo, es un componente importante de los diversos índices de fragilidad que se han desarrollado para la evaluación de riesgos y añade la demencia en ella. Nuevamente, el paciente de 85 años programado para una colecistectomía tendría un ICC de cero, mientras que un enfermo crónico tendría un ICC de 8. El ICC fue el primer sistema de puntuación que incorporó el deterioro cognitivo como un factor de riesgo independiente. El deterioro cognitivo se ha asociado con una mayor mortalidad en la población de edad avanzada. Scarborough y cols.,<sup>94</sup> en un estudio retrospectivo del NSQIP de pacientes sometidos a cirugía vascular y general compleja, informaron una mayor tasa de incidencia de morbilidad, mortalidad y de reintervención quirúrgica.

En 2009, Robinson y cols.<sup>95</sup> añadieron un nuevo componente a la evaluación de riesgos: la fragilidad. Desde entonces se han desarrollado múltiples modificaciones. La puntuación de fragilidad original de Robinson evaluó cinco predictores: evaluación cognitiva, albúmina inferior a 3,4 g/dL, antecedentes de caídas recurrentes, hematocrito inferior a 35%, actividades de la vida diaria < 6 e ICC. Estos índices reflejaban cognición, función y comorbilidades. La presencia de cuatro o más predictores se asoció con un aumento significativo de la mortalidad, y esto representó un cambio significativo con respecto a las herramientas de evaluación de riesgos anteriores.

Makary y cols.<sup>96</sup> introdujeron su puntuación de fragilidad de Hopkins en 2010 (Tabla 14). La fragilidad se identificó como un predictor de resultados quirúrgicos basado en un sistema de puntuación de cero a cinco que incluía debilidad, pérdida de peso, agotamiento con poca actividad física y velocidad de marcha más lenta. Las puntuaciones de 0 a 1 se consideraron no frágiles, 2 a 3 frágiles intermedios y 4 a 5 frágiles. Demostraron que, a medida que aumenta la fragilidad, también aumentan las complicaciones posoperatorias, la duración de la estadía hospitalaria y la posibilidad de alta a un centro de rehabilitación.

En 2014, Kim y cols.<sup>97</sup> refinaron la puntuación de fragilidad multidimensional incorporando, al índice de comorbilidad de Charlson, dependencia en actividades instrumentales de la vida diaria (*Activities of Daily Living*, ADL), actividades independientes de la vida diaria (*Independent Activities of Daily Living*, IADL), demencia, riesgo de delirio, desnutrición y emaciación musculoesquelética (Tabla 15). Como se vio anteriormente, los pacientes de alto riesgo (puntuación de

■ TABLA 13

Factores de riesgo de Detsky

Factor	Puntaje
A. Edad mayor de 70 años	5 puntos
B. Infarto de miocardio previo	
1. Último infarto dentro de los 6 meses	10 puntos
2. Último infarto hace más de 6 meses	5 puntos
C. Angina inestable en los últimos 6 meses	10 puntos
D. Angina de pecho	
1. Angina (CC) Clase 3	10 puntos
2. Angina (CC) Clase 4	20 puntos
E. Edema pulmonar alveolar	
1. Edema pulmonar en la última semana	10 puntos
2. Edema pulmonar en cualquier momento	5 puntos
F. Sospecha de estenosis aórtica crítica	20 puntos
G. Arritmia	
1. Ritmo distinto del sinusal o sinusal con CAP	5 puntos
2. Más de cinco CVP	5 puntos
H. Cirugía de urgencia	10 puntos
I. Mal estado médico general*	5 puntos
J. Interpretación	
A. Clase 1: Riesgo bajo	0-15 puntos
B. Clase 2: Riesgo moderado	20-30 puntos
C. Clase 3: Riesgo alto	>30 puntos

CC: clasificación canadiense; CAP: contracciones auriculares prematuras; CVP: contracciones ventriculares prematuras. \* Basado en el índice de riesgo de Goldman

■ TABLA 14

Puntuación de fragilidad de Hopkins (2010)

Encogimiento	Pérdida de peso involuntaria ≥ 4,5 kg en 1 año
Debilidad	Medición de la fuerza de agarre
Agotamiento	Preguntas sobre esfuerzo y motivación
Baja actividad	Preguntas sobre la actividad en el tiempo libre
Velocidad de marcha más lenta	Tiempo para caminar 4,5 metros

fragilidad > 5) demostraron una mayor mortalidad y duración de la estadía hospitalaria.

La escala POSSUM (*Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Mortality and Morbidity*) (Tabla 16)<sup>89</sup> es un sistema de puntuación que se utiliza para predecir tasas de mortalidad y morbilidad ajustadas al riesgo en procedimientos quirúrgicos, y que consta de variables fisiológicas y operatorias. La persona sana de 85 años del ejemplo tendría una tasa de mortalidad POSSUM prevista del 2,7%, mientras que aquella de 55 años sería significativamente más alta, posiblemente superando el 90% de mortalidad prevista.

Por último, el uso del Índice de Fried ha sido recomendado tanto por el *American College of Surgeons* (ACS) como por la *American Geriatrics Society* (AGS) (Tabla 17)<sup>98</sup>. Si tres o más de las cinco características (pérdida de peso involuntaria, poca velocidad al caminar, cansancio fácil, antecedentes de caídas y disminución de la fuerza de prensión) son evidentes, el paciente se considera frágil. Cuando se combinan con la puntuación ASA y la hemoglobina sérica, la pérdida de peso involuntaria y el agarre crean un sistema de clasificación de riesgos simple y directo con información de pronóstico sólida.

Las herramientas para cálculo de riesgo quirúrgico (Tablas 1, 2 y 3) y otros sistemas de puntuación de fragilidad (Tablas 4 y 5), ya fueron desarrollados extensamente con anterioridad.

■ TABLA 16

VARIABLES POSSUM UTILIZADAS PARA PREDECIR LA MORTALIDAD Y MORBILIDAD QUIRÚRGICAS.

VARIABLES FISIOLÓGICAS	VARIABLES QUIRÚRGICAS
Edad	Severidad del procedimiento
Estado cardíaco	Número de procedimientos
Estado respiratorio	Pérdida de sangre estimada
Tensión arterial sistólica	Contaminación peritoneal
Frecuencia cardíaca	Presencia de neoplasia maligna
Escala de coma de Glasgow	Urgencia del procedimiento
Hemoglobina	
Recuento de glóbulos blancos	
Urea	
Sodio	
Potasio	
Electrocardiograma	

■ TABLA 15

Puntuación de fragilidad multidimensional

Item	Puntuación		
	0	1	2
Malignidad	No	Sí	N/A
Índice de comorbilidad de Charlson	0	1-2	> 2
Albúmina (g/dL)	≥ 3,9	3,5-3,9	< 3,5
AVD	Independiente	Parcialmente dependiente	Dependiente
AIVD	Independiente	Parcialmente dependiente	Dependiente
Demencia	Normal	DCL	Demencia
Riesgo de delirio	0-1	≥ 2	N/A
Minievaluación nutricional	Normal	Riesgo de malnutrición	Malnutrición
Circunferencia del brazo (cm)	≥ 27	24,6-27	< 24,5

AVD: actividades de la vida diaria; AIVD: actividades independientes de la vida diaria; DCL: deterioro cognitivo leve; N/A: no aplica

■ TABLA 17

Descripción del Índice de Fried y la escala de fragilidad clínica

Índice de Fried	Escala de fragilidad clínica
Pérdida de peso: > 5 kg involuntariamente en el año anterior	1. Personas en forma, robustas, muy activas y motivadas. Estas personas suelen hacer ejercicio con regularidad. Están entre los más aptos de su edad
Fuerza de agarre: 20% más bajo (por sexo e Índice de masa corporal)	2. Bueno: personas que no presentan síntomas activos de la enfermedad pero que están en peor forma que los de la categoría 1 anterior. A menudo hacen ejercicio o son muy activos ocasionalmente
Agotamiento: autoinforme	3. Manejarse bien: personas con problemas médicos bien controlados pero que rara vez están activas más allá de caminar
Lentitud: velocidad al caminar 4,5 metros (por género y altura)	4. Vulnerable: aunque no depende de otros para recibir ayuda diaria; los síntomas a menudo limitan sus actividades. Una queja común es sentirse "lento" y cansado durante el día
Baja actividad: kilocalorías por semana (hombres < 383, mujeres < 270)	5. Levemente frágil: estas personas suelen tener una desaceleración más evidente y necesitan ayuda en las actividades instrumentales de alto nivel de la vida diaria. Por lo general, esto afecta las compras y el caminar solo al aire libre, la preparación de comidas y las tareas domésticas. 6. Moderadamente frágil: las personas necesitan ayuda durante las actividades al aire libre y para el mantenimiento de la casa. En el interior, a menudo tienen problemas con las escaleras y necesitan ayuda para bañarse, y es posible que necesiten una ayuda mínima para vestirse 7. Gravemente frágil: totalmente dependiente de todos los cuidados personales, sea cual fuere la causa (física o cognitiva). Aun así, parecen estables y no tienen un alto riesgo de morir (en aproximadamente seis meses) 8. Muy gravemente frágil: totalmente dependiente, acercándose al final de la vida. Por lo general, no pueden recuperarse de una enfermedad menor 9. Enfermos terminales: acercándose al final de la vida. Esta categoría se aplica a personas con una esperanza de vida < 6 meses, que no son frágiles
Fragilidad positiva si ≥ 3 características presentes	Fragilidad presente si categoría ≥ 4

## Recomendaciones para el preoperatorio, intraoperatorio y posoperatorio

### Preoperatorio

El ACS y la AGS emitieron directrices conjuntas sobre el manejo perioperatorio óptimo de los pacientes geriátricos<sup>99</sup>. Este comienza antes de la cirugía con una discusión exhaustiva sobre los objetivos y preferencias de tratamiento del paciente, para incluir las directivas de salud anticipadas y los representantes de atención médica designados. Asimismo, implica una evaluación preoperatoria exhaustiva para identificar pacientes con alto riesgo de fragilidad y optimización médica. La tabla 18 muestra la lista de verificación de evaluación preoperatoria óptima para pacientes de edad avanzada. Los cirujanos debemos garantizar una evaluación y un tratamiento preoperatorios exhaustivos, necesarios para el consentimiento informado del paciente y un tratamiento óptimo. Sin embargo, el cumplimiento de esta lista de verificación es más difícil en los centros de bajos ingresos, donde las personas y el equipo están restringidos a atender rápidamente las necesidades preoperatorias de los ancianos gravemente enfermos<sup>100</sup>.

### Nutrición y ayuno

Implican identificar a los pacientes geriátricos que corren un riesgo particular de desnutrición. Este mayor riesgo se debe a varios factores, incluidos

la mayor prevalencia del deterioro cognitivo y funcional, circunstancias socioeconómicas, polimedicación, múltiples comorbilidades y cambios relacionados con la edad, como disminución del apetito, tiempo de tránsito gastrointestinal más lento y disminución de la masa muscular orofaríngea que puede provocar disfagia. De hecho, hasta 15% de los pacientes geriátricos en general, y entre 25 y 60% de los pacientes alojados en residencias geriátricas, cumplen con los criterios de desnutrición, la misma que se asocia con resultados adversos y complicaciones en pacientes quirúrgicos, que incluyen problemas de cicatrización de heridas, mayor riesgo de infecciones del sitio quirúrgico, mayor duración total de la estadía hospitalaria y mayor mortalidad<sup>101</sup>.

Dados los importantes efectos adversos de la desnutrición y el mayor riesgo en los pacientes geriátricos, es importante no solo identificar a los pacientes en riesgo de desnutrición antes de la cirugía, sino también optimizar su estado nutricional en la medida de lo posible. Todos los pacientes deben someterse a una evaluación de riesgos nutricionales, que incluya una evaluación de la ingesta oral reciente antes de la cirugía. Si bien existen varias herramientas de detección, algunas características comunes incluyen un índice de masa corporal (IMC) menor de 18,5 kg/m<sup>2</sup>, pérdida de peso general de al menos 10-15% en los últimos 6 meses, albúmina sérica preoperatoria inferior a 3,0 g/dL y enfermedad crítica. Los pacientes identificados deben

■ TABLA 18

Lista de verificación para la evaluación preoperatoria óptima del paciente quirúrgico geriátrico

- Evaluar la capacidad cognitiva del paciente y su habilidad para comprender la cirugía prevista
- Examinar al paciente para detectar depresión
- Identificar los factores de riesgo del paciente para desarrollar delirio posoperatorio
- Detección de abuso/dependencia de alcohol y otras sustancias. Realizar una evaluación cardíaca preoperatoria según el algoritmo del American College of Cardiology y la American Heart Association para pacientes de cirugía no cardíaca
- Identificar los factores de riesgo del paciente para complicaciones pulmonares posoperatorias e implementar estrategias apropiadas para su prevención
- Documentar el estado funcional y el historial de caídas
- Determinar la puntuación inicial de fragilidad
- Evaluar el estado nutricional del paciente y considerar intervenciones preoperatorias si el paciente presenta un riesgo nutricional grave
- Realizar un historial de medicación preciso y detallado y considerar los ajustes perioperatorios apropiados
- Vigilar la polifarmacia
- Determinar los objetivos y expectativas del tratamiento del paciente en el contexto de los posibles resultados del tratamiento
- Determinar el sistema de apoyo familiar y social del paciente
- Solicitar pruebas diagnósticas preoperatorias adecuadas y enfocadas a pacientes de edad avanzada

(Adaptada de *Optimal Preoperative Assessment of the Geriatric Surgical Patient: A Best Practices Guideline from the ACS-NSQIP and the AGS*).

someterse a terapia nutricional 7 a 14 días antes de la cirugía, incluso si esto implicara retrasarla. Se prefieren los suplementos nutricionales orales; la nutrición parenteral está indicada solo si los pacientes no pueden consumir suplementos adecuados por vía enteral<sup>101</sup>.

El tratamiento preoperatorio en pacientes geriátricos también implica consideraciones de ayuno y manejo médico. Tradicionalmente, a los pacientes quirúrgicos se les indicaba estricto NPO a la medianoche antes de la cirugía para limitar los riesgos de aspiración intraoperatoria. Sin embargo, la evidencia reciente sugiere que los períodos de ayuno prolongados se asocian con peores resultados quirúrgicos. El ayuno prolongado puede provocar un estado nutricional deficiente y deshidratación antes de la operación, los cuales son riesgos aún mayores en pacientes geriátricos. Como resultado, las pautas revisadas de ACS y ASA ahora permiten períodos de ayuno preoperatorio más cortos para procedimientos electivos. Estas pautas actuales permiten el consumo de líquidos claros hasta 2 horas antes de la cirugía, comidas ligeras y leche hasta 6 horas antes, aunque las comidas con alimentos fritos, grasos o carne pueden requerir más tiempo antes de la cirugía. Es importante reconocer que los pacientes con comorbilidades que afectan el vaciamiento gástrico (diabetes, hernia de hiato), pueden requerir tiempos más prolongados entre la ingesta oral y la cirugía de lo que especifican estas pautas.

## Intraoperatorio

### Anestesia

El envejecimiento se asocia con varios cambios fisiológicos que se vuelven pertinentes al administrar anestesia general. Varios cambios afectan directamente la capacidad de los pacientes geriátricos para metabolizar los medicamentos utilizados durante la anestesia. La pérdida de volumen hepático y del flujo sanguíneo produce una disminución del clearance hepático. Los cambios renales incluyen disminución del número de nefrones, del flujo sanguíneo renal y de la tasa de filtración glomerular, que aumentan el riesgo de lesión renal aguda y alteran la eliminación renal de anestésicos. Además, los pacientes geriátricos generalmente tienen un aumento de grasa corporal y una disminución del agua corporal total. Todos estos cambios pueden provocar concentraciones plasmáticas más altas con una disminución del metabolismo y su eliminación. Como tal, pueden tardar más en recuperarse de la anestesia, por lo cual deben ajustarse en consecuencia<sup>102</sup>.

En términos del estado cardiovascular, los pacientes geriátricos tienden a tener presiones arteriales sistólicas más altas debido al endurecimiento de las estructuras vasculares, a un tono simpático basal más alto y respuestas cronotrópicas e inotrópicas disminuidas a

la estimulación simpática. Ello puede provocar una mayor labilidad hemodinámica e hipotensión en comparación con pacientes adultos más jóvenes.

Los pacientes geriátricos también sufren cambios pulmonares con la edad, que los coloca en mayor riesgo de complicaciones durante el período perioperatorio, en particular la reducción de volúmenes pulmonares, del área de superficie alveolar, de la capacidad vital, del volumen corriente, de la oxigenación arterial y disminución de la distensibilidad de la pared torácica. Estos cambios pueden provocar un aumento del trabajo respiratorio y atelectasia en respuesta a la anestesia.

Dados estos cambios relacionados con la edad y los riesgos asociados, se ha recomendado el uso de anestesia regional (p. ej., bloqueos neuroaxiales, anestesia epidural) como modalidad primaria o como complemento de la anestesia general. Sin embargo, la evidencia definitiva de los beneficios de la anestesia regional frente a la general es limitada. Reducir la exposición a la anestesia general puede ser beneficioso para estos pacientes, pero las decisiones sobre la modalidad de anestesia deben equilibrarse con la viabilidad de dichos métodos para un procedimiento determinado.

### Analgesia perioperatoria

Además de las consideraciones anestésicas en pacientes geriátricos, también se deben considerar planes de analgesia perioperatoria en estos pacientes. Se debe tener precaución de evitar ciertos medicamentos asociados con delirio posoperatorio, deterioro hemodinámico o disfunción respiratoria. Los criterios de Beers de la AGS<sup>103</sup> proporcionan una lista completa de los medicamentos que deben evitarse, entre ellos anticolinérgicos, barbitúricos, benzodiazepinas, meperidina y relajantes musculares. Aunque ha habido preocupación con respecto al riesgo de hemorragia con los fármacos AINE, como el ibuprofeno, es probable que su uso sea seguro en ausencia de otras contraindicaciones. Sin embargo, en el caso de los pacientes geriátricos, los AINE deben administrarse en la dosis más baja razonable durante el período más breve posible, para limitar riesgos de hemorragia y complicaciones gastrointestinales.

Además de potenciar los efectos sedantes de otros medicamentos, los cambios asociados con el envejecimiento hacen que sean más sensibles a los opioides, aumentando así el riesgo de delirio, depresión respiratoria y posible muerte. Como tal, en pacientes geriátricos se debe utilizar el tratamiento del dolor multimodal. Estos enfoques, particularmente cuando se utilizan AINE e inhibidores de la ciclooxigenasa 2 (COX-2) como celecoxib, pueden ayudar a disminuir las necesidades de opioides y el riesgo de complicaciones pulmonares.

Cada plan de analgesia debe individualizarse en función de las características individuales del pa-

ciente, como los niveles iniciales de dolor. Sin embargo, un enfoque escalonado sería lo razonable. El dolor leve se puede tratar con paracetamol, con coadministración de AINE o sin ella. La analgesia se puede aumentar a codeína o tramadol para el dolor moderado; el tramadol se asocia con menos efectos secundarios respiratorios, pero con un mayor riesgo de delirio. Para el dolor intenso se pueden utilizar opioides, aunque se deben iniciar con dosis lo más bajas posible y vigilar la tolerancia. Según sea apropiado, se pueden utilizar complementos adicionales, como parches de lidocaína y técnicas de anestesia regional<sup>103</sup>.

### **Manejo intraoperatorio**

Además de las consideraciones anestésicas y analgésicas, es importante tener en cuenta ciertas consideraciones del manejo intraoperatorio. Las lesiones o úlceras por presión son motivo de especial preocupación debido a los cambios en la piel relacionados con la edad. La edad avanzada, los casos prolongados en el quirófano (en particular aquellos que duran más de 6 horas), el estado nutricional deficiente, las comorbilidades médicas y el estado ASA son factores asociados a un mayor riesgo de lesión por presión. La prevención de estas lesiones requiere considerar no solo las características del paciente, sino también su posición para identificar posibles sitios de lesiones por presión colocando almohadillas de espuma, especialmente en casos de cirugías prolongadas<sup>104</sup>.

Los pacientes geriátricos también enfrentan el riesgo intraoperatorio de aspiración pulmonar, que puede causar morbilidad y mortalidad significativas. Este mayor riesgo es atribuible no solo a los cambios relacionados con la edad en la función pulmonar y neurológica, sino también a la mayor prevalencia de disfagia orofaríngea debido a cambios en la musculatura y en el sistema gastrointestinal. Si se van a utilizar bloqueadores neuromusculares, se deben evitar aquellos de acción prolongada para que los pacientes puedan tener una función neuromuscular de recuperación suficiente antes de la extubación. Además, elevar la cabecera de la cama antes de la inducción de la anestesia, el uso de ventilación con volumen corriente bajo (es decir, 6 a 8 mL/kg de peso corporal ideal) y el uso de abordaje quirúrgico laparoscópico cuando sea posible también pueden reducir el riesgo de complicaciones pulmonares<sup>105</sup>.

### **Hipotermia**

La hipotermia, definida como temperatura corporal central inferior a 36 °C, es otra preocupación para los pacientes geriátricos. Los agentes anestésicos alteran la termorregulación, limitan la vasoconstricción y reducen la temperatura central, lo cual aumenta el

riesgo de hipotermia intraoperatoria<sup>106</sup>. Este riesgo aumenta aún más en pacientes geriátricos debido a la degeneración de los mecanismos termorreguladores relacionada con la edad. Incluso los casos leves de hipotermia intraoperatoria se asocian con coagulopatía y aumento de la pérdida de sangre, infecciones y mala cicatrización de las heridas, así como también mayor tiempo para la recuperación de la anestesia.

Se pueden utilizar varios métodos para limitar la pérdida de calor y prevenir la hipotermia. Los más utilizados incluyen calentamiento pasivo con mantas, sistemas de aire forzado y líquidos intravenosos calientes<sup>107,108</sup>. Las mantas pueden reducir la pérdida de calor de la piel hasta en 30%, lo que es suficiente para contrarrestar la pérdida de calor debida a los efectos de la anestesia. Sin embargo, debido a que los pacientes aún pueden perder calor de las áreas expuestas (como el campo intraoperatorio), las mantas por sí solas son insuficientes para prevenir la hipotermia intraoperatoria. Se suele utilizar el calentamiento activo mediante mantas de aire forzado, aunque la evidencia sobre los beneficios específicos es limitada. Una revisión Cochrane de 2016<sup>109</sup> destacó tasas menores de infecciones del sitio quirúrgico cuando se utilizaron dispositivos de calentamiento activo, así como tasas más bajas de eventos cardiovasculares perioperatorios en una población seleccionada, aunque no existía evidencia suficiente sobre otros beneficios.

### **Posoperatorio**

La mayoría de los pacientes geriátricos tiene mayor riesgo de complicaciones en comparación con la población general, las que pueden provocar un deterioro persistente de la función diaria y la calidad de vida después del alta, incluso la muerte.

### **Nutrición en el posoperatorio**

Además de la evaluación nutricional preoperatoria, los pacientes geriátricos también deben someterse a una evaluación nutricional posoperatoria para identificar aquellos en riesgo de desnutrición. Una regla general para las necesidades nutricionales posoperatorias es de 25 a 30 kcal/kg y 1,5 gramos de proteína por kg de peso corporal ideal<sup>101</sup>.

La evidencia sugiere que el inicio temprano de la alimentación enteral después de la cirugía produce mejores resultados sin aumentar significativamente el riesgo de íleo o fugas anastomóticas. Para la mayoría de los pacientes, es razonable comenzar con líquidos claros dentro de las 24 horas posteriores a la cirugía y avanzar con la dieta según la tolerancia. Sin embargo, es posible que no puedan consumir suficientes calorías por vía oral después de la operación, lo que aumentaría

el riesgo de desnutrición. Es aconsejable observar a aquellos pacientes identificados como de alto riesgo que puedan consumir al menos 50% de sus necesidades calóricas dentro de los 7 días posteriores a la cirugía; de lo contrario, se debe considerar la alimentación por sonda. Esto se aplica particularmente a pacientes que se someten a cirugías de cabeza y cuello. En los casos en los que se indica este tipo de alimentación, lo ideal es que se inicie dentro de las 24 horas posteriores a la cirugía, comenzando a una velocidad baja, de 10 a 20 mL/h, y ajustando hasta la velocidad objetivo según la tolerancia. La fórmula estándar de proteína entera es apropiada para la mayoría de los pacientes<sup>101</sup>.

La nutrición enteral, ya sea alimentación oral o por sonda, es preferible a la nutrición parenteral debido al menor riesgo asociado de complicaciones infecciosas, estadía hospitalaria más corta y un menor costo. Sin embargo, en pacientes con condiciones que impidan la alimentación enteral, como aquellos con obstrucción intestinal o una absorción deficiente en el tracto gastrointestinal, se debe iniciar nutrición parenteral, así como en aquellos que no se espera que satisfagan el 50% de las necesidades calóricas durante al menos 7 días<sup>101</sup>.

### **Delirio posoperatorio y disfunción cognitiva**

El delirio posoperatorio (DPO) es una de las complicaciones más conocidas de los pacientes quirúrgicos geriátricos. Su prevalencia ronda el 10%, aunque este porcentaje puede ser superior a 40%, o incluso 50% entre los pacientes que requieren ingreso en UCI. Un riesgo concurrente es la disfunción cognitiva posoperatoria, en la que el déficit cognitivo persiste después de la cirugía. El delirio y la demencia son los factores de riesgo más importantes del DPO, aunque la edad avanzada y los niveles de dolor preoperatorio también son factores de riesgo importantes<sup>10</sup>.

Es vital prevenir el DPO dado el aumento significativo de la morbilidad y la mortalidad asociadas. Los principios generales incluyen medidas ambientales para promover los ciclos naturales de sueño-vigilia, así como evitar medicamentos asociados con el delirio como las benzodiazepinas. La evaluación geriátrica integral, el reacondicionamiento previo a la cirugía, el uso del índice bispectral, la adición de dexmedetomidina a la anestesia intraoperatoriamente y el uso medido de antipsicóticos en el posoperatorio se asocian con un menor riesgo de DPO<sup>10</sup>. Si bien reducir la exposición a la anestesia general tiende a disminuir ese riesgo, la evidencia sobre la anestesia neuroaxial con este fin es mixta. Cualquier conversación sobre la anestesia en pacientes geriátricos debe realizarse de manera multidisciplinaria.

### **Complicaciones pulmonares**

Las complicaciones pulmonares son otra fuente importante de morbilidad y mortalidad para estos pacientes. Esto abarca una amplia gama de trastornos, que incluyen neumonía, tromboembolismo pulmonar y síndrome de dificultad respiratoria aguda. Edad avanzada, fragilidad, infecciones asociadas, enfermedad cardiopulmonar preexistente, hipoalbuminemia y enfermedad renal son factores de riesgo importantes para la enfermedad pulmonar<sup>105</sup>.

El tratamiento posoperatorio también debe centrarse en la prevención de las complicaciones, incluyendo la movilización temprana para levantarse de la cama, precauciones de aspiración (elevación de la cabecera de la cama) y realizar evaluaciones de la deglución en pacientes cuyo estado clínico o cognitivo los pone en alto riesgo de aspiración. El manejo multimodal del dolor también es vital para reducir la necesidad de analgésicos opioides y, por extensión, el riesgo de depresión respiratoria. Además, la fisioterapia torácica regular, que incluye espirometría incentivada y percusión torácica, se asocia con menores tasas de neumonía posoperatoria.

### **Retención urinaria**

La retención urinaria es un problema común en el período posoperatorio y generalmente se trata con cateterismo. Sin embargo, el uso prolongado de catéteres urinarios permanentes se asocia con un mayor riesgo de infecciones del tracto urinario, que a su vez se asocia con una mayor morbilidad y mortalidad. Por lo tanto, es importante identificar a los pacientes con alto riesgo de retención urinaria<sup>110</sup>.

Los pacientes geriátricos tienen varios factores de riesgo de retención urinaria posoperatoria. El envejecimiento puede provocar una degeneración nerviosa gradual de la vejiga, lo que provoca una alteración de la sensación de plenitud y vaciado de esta. Los pacientes geriátricos masculinos tienen un riesgo particularmente mayor de retención urinaria debido a la mayor incidencia de hipertrofia prostática benigna, que puede causar obstrucción y limitar la micción. Además, tienen más probabilidades de registrar presentar comorbilidades neurológicas (neuropatía diabética, accidente cerebrovascular) asociadas con la retención urinaria. Es frecuente que los pacientes geriátricos tomen medicamentos como betabloqueantes y anticolinérgicos que aumentan el riesgo de retención urinaria.

La retención urinaria es una preocupación particular para la reparación de hernia inguinal y para las cirugías pélvicas (p. ej., anorrectales) debido a la proximidad de los nervios pélvicos responsables de la

micción. La administración excesiva de líquidos por vía intravenosa, particularmente en estos casos, aumenta aún más el riesgo de retención urinaria. Los agentes anestésicos generales inhiben la contracción del músculo detrusor y los casos más prolongados con anestesia general se asocian con un mayor riesgo de retención.

El tratamiento de la retención urinaria se centra en gran medida en limitar la exposición a factores de riesgo, limitando el uso de líquidos intraoperatorios, así como también utilizando técnicas que limiten la dosis y la duración de la anestesia neuroaxial (como el uso de anestésico local). Además, los alfabloqueantes pueden ser útiles para pacientes con alto riesgo de retención, especialmente en cirugías anorrectales y aquellos con hipertrofia prostática conocida. Se deben evitar los medicamentos anticolinérgicos y limitar el uso de opioides. Sin embargo, incluso con todas las medidas tomadas,

los pacientes aún pueden desarrollar retención urinaria y requerir cateterismo. Antes de este, se debe obtener una ecografía del volumen de la vejiga; estará indicado si el volumen excede los 600 mL. El uso de cateterismo permanente versus intermitente sigue siendo controvertido, al igual que la duración recomendada. Generalmente, para los pacientes con menor riesgo de retención, el cateterismo puede limitarse a 24 horas. Los pacientes sometidos a cirugía mayor, particularmente cirugía pélvica, pueden requerir un cateterismo permanente más prolongado<sup>110</sup>.

El tratamiento perioperatorio de los pacientes geriátricos sigue principios similares al tratamiento de la población quirúrgica general. Sin embargo, debido a los cambios fisiológicos relacionados con la edad y al aumento de la tasa de comorbilidades médicas, el tratamiento perioperatorio debe modificarse en consecuencia.

## Discusión de los objetivos de la cirugía general de emergencia en el paciente geriátrico

A pesar de los recientes avances médicos, la combinación de cirugía de alto riesgo y múltiples comorbilidades médicas equivalen a una mayor morbilidad y mortalidad perioperatoria. Esto se ve exacerbado en la población geriátrica, donde la fragilidad aumenta las complicaciones. En estos escenarios clínicos desafiantes, es posible que el mejor tratamiento no esté claro. ¿Cómo se decide qué tratamiento recomendar? Si bien los tratamientos pueden centrarse en la enfermedad y ser curativos, o basarse en síntomas y ser paliativos, la meta es brindar una atención que se alinee con los objetivos del paciente. Puede ser claro en ciertos escenarios: la apendicitis aguda no complicada en un paciente de 70 años sano y atlético sin condiciones comórbidas puede remediarse fácilmente mediante cirugía con una expectativa razonable de que, dentro de unas pocas semanas, el paciente pueda regresar a su rutina diaria en su estado funcional basal. Sin embargo, en pacientes geriátricos que padecen múltiples afecciones comórbidas significativas, enfermedades agudas graves o lesiones traumáticas importantes, los objetivos del paciente y los riesgos y beneficios de la intervención quirúrgica pueden tener matices y requerir una conversación más profunda<sup>34</sup>.

La atención centrada en el paciente es la base de la práctica clínica moderna. Con el tiempo, el dogma médico ha pasado de ser paternalista a colaborativo, lo que exige que los médicos desarrollen nuevas habilidades y herramientas de comunicación. La educación médica tradicional destaca la perspicacia médica, la destreza diagnóstica, las habilidades para realizar exámenes físicos y las entrevistas, mientras que la capacitación sobre cómo hablar sobre la muerte y el morir o discutir los cuidados paliativos al final de la vida están ausentes o son insuficientes.

### Toma de decisiones concordantes con los objetivos

Como se mencionó anteriormente, la fragilidad es un síndrome geriátrico que denota pérdida de reserva física y cognitiva para cuya evaluación se han desarrollado diversas escalas y herramientas. Con el fin de ayudar a determinar el nivel de fragilidad se utilizan síntomas, trastornos y limitaciones físicas. La presencia de fragilidad preoperatoria se ha correlacionado con una mayor duración de la estadía hospitalaria, riesgo de complicaciones y mortalidad posoperatoria.

Con la comprensión de las limitaciones que el

aumento de la fragilidad tiene sobre los resultados favorables, se debe prestar atención específica para delinear los objetivos de la atención del paciente a lo largo de la continuidad de su atención. Los deseos de los pacientes sobre los tipos de terapias para recibir pueden cambiar a medida que el paciente pasa a las diferentes fases de su atención. Es esencial garantizar que los valores y preferencias del paciente sigan siendo el centro del proceso de toma de decisiones. Los resultados que deben evaluarse y reevaluarse a medida que evoluciona su condición son los síntomas a largo plazo, el estado funcional, el lugar de residencia y, ciertamente, la probabilidad de supervivencia. Corresponde al cirujano alinear el plan de tratamiento con los objetivos generales de atención médica.

Sin duda, los cirujanos nos encontraremos con pacientes con procesos patológicos progresivos, incurables y terminales. Los cuidados paliativos deben reconocerse como un componente esencial del tratamiento cuando se trata de pacientes con emergencias quirúrgicas. Un mejor conocimiento de este componente clave de la atención es vital cuando se atiende a pacientes de edad avanzada.

La mejora de la comunicación es otra consideración crucial cuando se trata de pacientes geriátricos con enfermedades agudas. Una operación imprevista presenta un problema de comunicación importante para el cirujano, para el paciente y sus familiares. Cooper y cols.<sup>11</sup> han publicado un marco prototipo de las mejores prácticas de comunicación para facilitar la atención concordante con objetivos (Tabla 19). Para hacer frente a los desafíos, particularmente en la toma de decisiones y preferencias preoperatorias, así como los objetivos de atención eventuales, se recomienda un enfoque organizado para una comunicación de calidad

■ TABLA 19

#### Objetivos de un marco de comunicación estructurado

- Situar la condición quirúrgica aguda del paciente en el contexto de la enfermedad subyacente
- Obtener las metas, prioridades y lo que es aceptable para el paciente con respecto a la atención centrada en la comodidad y la prolongación de la vida
- Describir las opciones de tratamiento, incluidos los enfoques paliativos, en el contexto de los objetivos y prioridades del paciente
- Dirigir el tratamiento para lograr estos resultados y fomentar el uso de tiempo limitado en circunstancias de incertidumbre clínica
- Afirmar el compromiso continuo con la atención del paciente

en la situación aguda. En algunos casos, una cirugía puede ser innecesaria si no tiene una ventaja clara sobre una alternativa menos riesgosa y no representa un mayor beneficio para la calidad de vida del paciente.

### Determinación de la capacidad de toma de decisiones

Con una población geriátrica en expansión, los cirujanos somos llamados con mayor frecuencia para tratar a pacientes con déficits cognitivos y demencia avanzada, lo que hace que sea cada vez más crítico para los médicos comprender la capacidad de toma de decisiones. El principio de autonomía y fundamento de la toma de decisiones compartida se basa en el supuesto de que el paciente comprende los riesgos y beneficios del tratamiento y puede tomar decisiones sobre su propio cuidado. Sin embargo, en ocasiones, y especialmente en el contexto de una cirugía de emergencia, los pacientes pueden estar sedados, obnubilados o simplemente demasiado enfermos para participar en estas conversaciones.

Si un paciente no es capaz de comunicar que comprende su enfermedad, reconocer en sus propias palabras los riesgos y beneficios de seguir o rechazar los tratamientos propuestos y utilizar esta información de manera lógica, se debe involucrar a un apoderado que tome las decisiones (Fig. 10)<sup>112</sup>. Por lo general, ellos se identificarán en un testamento vital o directiva anticipada; sin embargo, a menudo esos documentos no abordan escenarios o circunstancias clínicas específicas. Es deber del cirujano revisar dichos documentos tanto con el paciente como con el apoderado antes de la cirugía. Múltiples estudios han demostrado que cuanto antes se produzcan estas conversaciones, menos conflicto

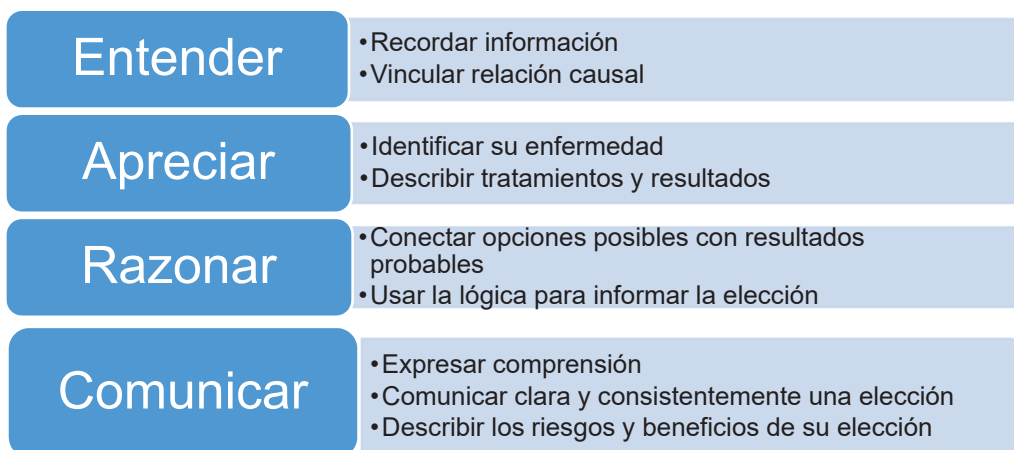
habrá en las discusiones futuras sobre los cuidados al final de la vida, el retiro de esos cuidados y las órdenes de no reanimar. Las conversaciones tempranas y continuas también ayudan en el manejo del duelo.

Si se determina que el paciente no tiene capacidad para tomar decisiones y no ha designado previamente un apoderado para la atención médica, se solicita al familiar legal que lo ayude con las decisiones médicas. En el entorno en el que se considera que un paciente no tiene capacidad y no existe un familiar legal más cercano, la literatura sugiere que se busque un enfoque médico, un comité de ética o una tutela legal. Además, habrá ocasiones en las que un paciente sí tiene capacidad, pero no desea participar en las decisiones médicas por diversos motivos; en esa circunstancia, está en su derecho designar a otra parte para que lo haga<sup>112</sup>.

### Preparando el escenario

Idealmente, los objetivos de la conversación sobre el cuidado se llevarán a cabo en una sala lo suficientemente amplia como para permitir que todas las partes se sienten y se enfrenten. Es importante sentarse mientras se mantienen estas discusiones, para no comunicar involuntariamente apresuramiento, impaciencia o desdén. Se requiere atención total con esfuerzo activo para minimizar las interrupciones de teléfonos y buscapersonas. Reunir todos los servicios y consultores apropiados que puedan brindar perspectivas adicionales también puede ser útil para aclarar las expectativas. Si se desea y está disponible un especialista en cuidados paliativos, este debe participar de la conversación lo antes posible.

■ FIGURA 10

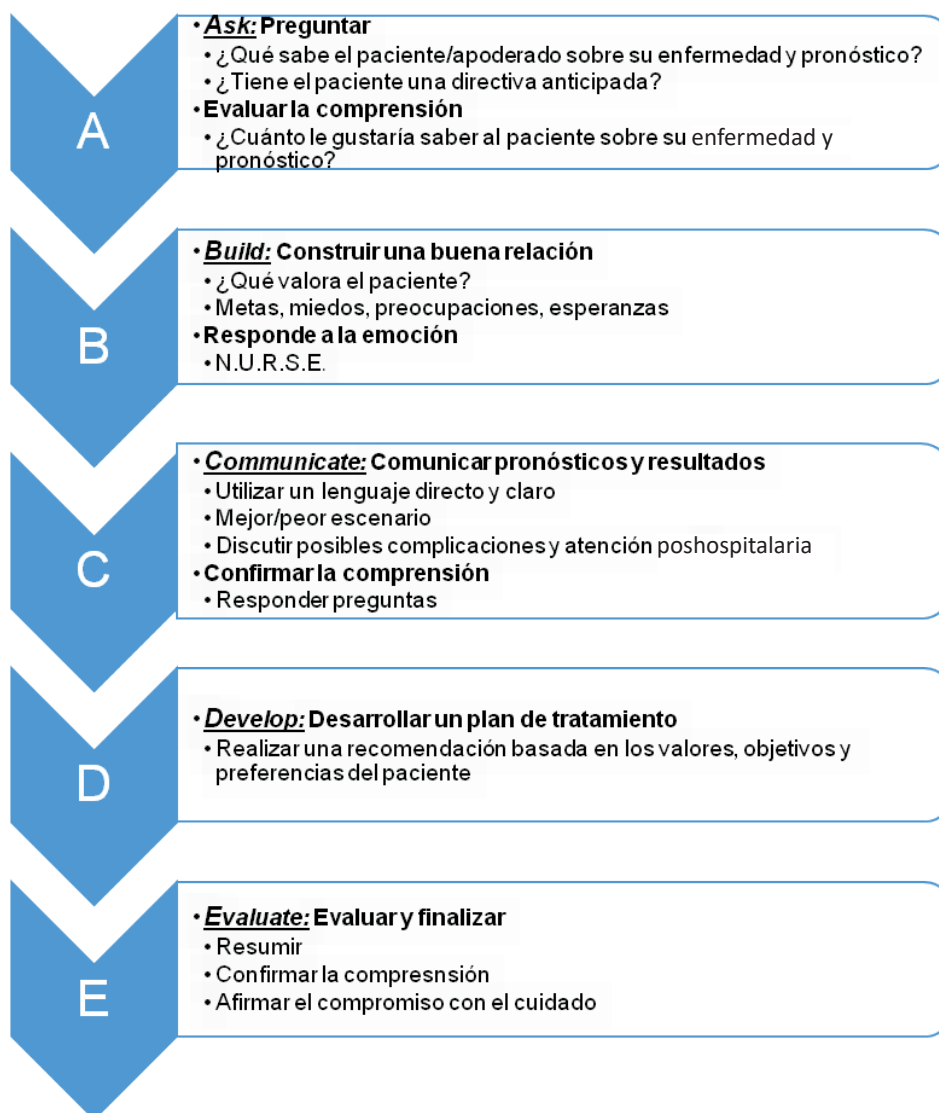


## Objetivos del cuidado

Una vez que se ha preparado el escenario, hay varias formas de abordar la conversación. Los modelos publicados para compartir malas noticias (SPIKES), conversaciones sobre objetivos de atención (REMAP) y comunicación en el contexto de un trauma se han adaptado aquí para que el cirujano de emergencias cree un formato ABCDE simple que aborde los aspectos críticos de las conversaciones sobre objetivos de atención (Fig. 11)<sup>113</sup>.

Las conversaciones sobre la atención tienen como objetivo aclarar la comprensión del paciente sobre su enfermedad, sus opciones de tratamiento, sus valores, preferencias y deseos, y permitir que él y el médico desarrollen un plan en colaboración que se alinee con esos objetivos. A veces, tales conversaciones pueden truncarse hasta una decisión sobre reanimación cardiopulmonar o intubación, lo que lleva a interacciones de naturaleza transaccional, presionada

■ FIGURA 11



ABCDE: elementos de la conversación sobre objetivos del cuidado

o incluso conflictiva. Las conversaciones dirigidas a objetivos deben ser exploratorias, conversacionales, integrales y revisadas con frecuencia. No deben limitarse a la discusión sobre tratamientos médicos, sino deben incorporar cómo desea vivir el paciente<sup>114</sup>.

Como cirujanos, debemos recordar que gran parte de la experiencia del paciente ocurre después de la cirugía. En ocasiones, los objetivos personales de un paciente pueden tener prioridad sobre los objetivos médicos, lo que influye en la elección de un tratamiento no quirúrgico o ningún tratamiento. Puede ser poco común o incómodo que el cirujano desaconseje la cirugía; sin embargo, es importante recordar que el mejor plan de tratamiento es aquel que está alineado con los objetivos del paciente, no con los nuestros. Existen experiencias acerca de cómo los pensamientos y las emociones negativas de los médicos en torno al tema pueden traducirse en una percepción de falta de compromiso o desinterés por parte de los pacientes. Se propone que la familiaridad con frases útiles y el uso de una guía de conversación pueden ayudar a aliviar algo de estrés y mejorar esos resultados no deseados.

A pesar de tener una enfermedad, la mayoría de los pacientes moribundos a menudo no han tenido conversaciones sobre el final de la vida con sus médicos. Aunque no es ideal tener este tipo de conversaciones en un entorno agudo, especialmente cuando un paciente tiene una enfermedad de larga duración, es apropiado y necesario hacerlo. Primero se debe determinar si se han discutido previamente los objetivos de la atención o si existe una directiva anticipada (DA). Si el paciente o el apoderado conocen el tema, puede ser más fácil mantener una conversación de seguridad. Si existe una DA, es importante revisarla en detalle con ellos. Esto permite aclaraciones y le brinda al médico la oportunidad de comprender mejor los deseos y valores del paciente con respecto a ciertos tratamientos. Existen estudios que han demostrado que tener conversaciones avanzadas con los pacientes sobre la planificación de la atención médica mejora la asistencia al final de la vida, al tiempo que reduce el estrés y la ansiedad tanto del paciente como de sus familias<sup>115</sup>.

### Preguntar y evaluar la comprensión (*Ask and assess understanding*)

Una buena manera de comenzar la conversación es hacer una pregunta abierta, por ejemplo: “Han pasado muchas cosas recientemente. ¿Cuál es su comprensión de su enfermedad o lesión y de los tratamientos que se le ofrecen?”. Al permitir que el paciente describa con sus propias palabras, su comprensión culminará en una base para la discusión continua (Tabla 20). Esta es una oportunidad para que el médico principalmente escuche. Comprender las preferencias del paciente en cuanto a información y participación en la toma de decisiones ayuda al paciente a mantener el control y permite al médico proporcionar la información deseada. Como se mencionó, también es importante en esta etapa de “Preguntar” determinar si el paciente tiene una directiva anticipada vigente. Si se reúne con un apoderado para tomar decisiones, en los casos en que el paciente carece de capacidad para tomarlas, puede ser prudente preguntar si el paciente ha comunicado sus deseos incluso sin una directiva anticipada o un testamento en papel.

### Construir una buena relación (*Build rapport*)

Un paso fundamental para tener una conversación eficaz dirigida a objetivos es establecer una buena relación. Preguntar a los pacientes sus perspectivas y conocer sus esperanzas, preocupaciones y miedos comunica empatía y apoyo, al mismo tiempo que les permite sentir que tienen un papel en su atención. Incluso si el paciente carece de la capacidad de tomar decisiones complejas, involucrarlo en la reunión sobre los objetivos de atención es importante para consultar sus valores y prioridades.

El médico debe tratar de comprender qué resultado sería aceptable para el paciente. Este es el punto culminante de la conversación sobre los objetivos de la atención. Preguntas como “¿Qué tipo de calidad de vida sería inaceptable para usted?” y “¿Qué tipos

■ TABLA 20

Preguntar y evaluar: frases para iniciar los objetivos de las conversaciones sobre atención

“Han pasado muchas cosas últimamente. ¿Cuál es su comprensión de su enfermedad y de los tratamientos que se le ofrecen?”

“¿Qué le han dicho sobre su condición/enfermedad/lesión hasta ahora?”

“¿Ha hablado con alguien sobre los tratamientos que desearía si estuviera gravemente enfermo?”

de condiciones diría que hacen que la vida no valga la pena?" o "¿Hay alguna situación que considere peor que la muerte?" pueden ayudar a interpretar las metas y valores de un paciente (Tabla 21). En lugar de centrarse en los riesgos y beneficios del tratamiento, la intención del médico debe ser promover su propia comprensión de los objetivos y valores del paciente.

Inevitablemente, estos temas provocarán una amplia gama de emociones. Utilizar declaraciones como: "Hemos discutido muchos temas delicados, ¿podría compartir conmigo cómo le hace sentir eso?" ayudan a facilitar la discusión y comunicar empatía. Los pacientes pueden o no estar preparados para comunicar cómo se sienten. Recordar que proporcionar espacio para que sientan las emociones brindando silencio también comunica empatía. Esto puede ir precedido de una afirmación como: "Es natural que hablar de estas cosas pueda resultar perturbador; está bien tomarse un tiempo". Si el paciente/apoderado está demasiado emocionado para continuar, puede ser mejor tomar un breve descanso, dejar espacio y retomar la conversación más tarde. Si bien a menudo se percibe que las decisiones deben tomarse de manera inmediata, como en el caso de un paciente hemodinámicamente inestable, la mayoría de las intervenciones quirúrgicas se pueden retrasar de manera segura con una observación estrecha durante un período corto. Al revisar una conversación delicada, varias herramientas de comunicación pueden resultar útiles. El mnemotécnico NURSE es un marco comúnmente utilizado para abordar las emociones (Fig. 12). Por ejemplo, "Mientras escucho, parece que está preocupado/asustado/ansioso por x/y/z. ¿Le importaría compartir más sobre eso?". Al reconocer las emociones del paciente, el médico crea una atmósfera abierta y de apoyo que comunica una alianza.

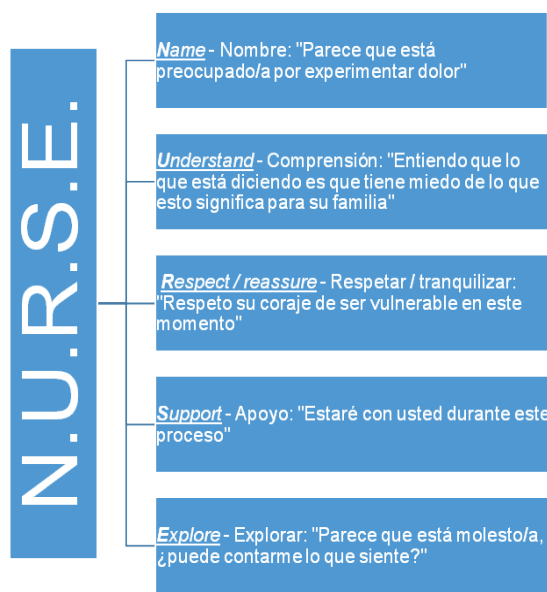
**Comunicar pronósticos y resultados (*Communicate prognosis and outcomes*)**

En este momento, el médico tratante hace la transición de la conversación de evocativa a explicativa. Usar declaraciones como: "¿Está bien si ahora discutimos su pronóstico?" o "Ahora me gustaría compartir con usted lo que sé sobre su enfermedad/lesión/

dolencia y cuáles son algunos de los posibles resultados". Esto prepara al paciente para recibir la información. Siempre es recomendable hacer un comentario de advertencia para permitirles prepararse psicológicamente para las malas noticias. Cuando se comunican malas noticias, lo mejor es el lenguaje directo y evitar el uso de jerga médica o terminología complicada. Los médicos tendemos a ser demasiado optimistas o a presentar la información de manera más favorable cuando comunicamos malas noticias y malos resultados. Los intentos de suavizar el mensaje pueden dar lugar a una falta de comunicación involuntaria, lo que puede traducirse en desconfianza entre el paciente y el médico. Una vez que se haya comunicado la noticia, realizar una pausa de 10 a 15 segundos; esto les permitirá procesar lo que se acaba de decir y reaccionar.

Las herramientas de pronóstico fáciles de usar, como las calculadoras de riesgo quirúrgico, como la ACS-NSQIP, las escalas de fragilidad y de desempeño

■ FIGURA 12



NURSE: marco utilizado para abordar las emociones<sup>112</sup>

■ TABLA 21

Establecer una buena relación: frases para lograr la comprensión de los valores del paciente

"¿Qué tipo de calidad de vida sería inaceptable para usted?"
"¿Qué condiciones diría que hacen que la vida no valga la pena?"
"¿Hay alguna situación que considere peor que la muerte?"
"Al considerar el final de la vida, ¿qué es lo más importante para usted?"

paliativo están disponibles, son fáciles de usar y brindan información inmediata que puede utilizarse para crear un terreno común y establecer los resultados esperados. Un enfoque previamente sugerido y ampliamente adoptado para presentar posibles resultados al navegar por procedimientos de alto riesgo es presentar los mejores y peores escenarios, es decir, contrastar el mejor/peor caso con cirugía versus el mejor/peor caso con cuidados paliativos (o cualquier opción de tratamiento alternativo). Durante este intercambio se puede presentar y discutir el espectro de posibles intervenciones y los resultados más probables de cada una de las opciones de tratamiento propuestas.

En este paso es de vital importancia confirmar la comprensión no solo del diagnóstico, sino también del pronóstico. Si al paciente o al apoderado se le había informado previamente sobre su diagnóstico y/o lesiones, es posible que el cirujano aún tenga que confirmar que ha integrado esta información en el contexto de la edad, las comorbilidades y la fragilidad, y que comprende claramente sus probables resultados. Obtener y responder preguntas es una forma eficaz de confirmar la comprensión antes de seguir adelante para decidir una estrategia terapéutica.

### Desarrollar un plan de tratamiento (*Develop a treatment plan*)

La intención de tener una discusión integral sobre los objetivos de la atención es que el médico tratante esté equipado para desarrollar un plan centrado en el paciente con los objetivos y valores establecidos en mente. Los conocimientos, la experiencia y la educación del cirujano le permiten crear un plan de acción que integre los objetivos del paciente con la terapia médica disponible. Puede resultar incómodo para un cirujano realizar una recomendación en contra de la cirugía y proponer un tratamiento conservador o incluso cuidados paliativos; sin embargo, se recomiendan estas opciones si el riesgo de mortalidad operatoria es demasiado elevado o si existe un resultado probable que sea contrario a los deseos del paciente. Los valores fundamentales subyacentes del médico (sostener y prolongar la vida) pueden ser contradictorios con los valores y deseos del paciente de tener calidad de vida en lugar de cantidad. Siempre se debe recordar que la mejor opción es la que respeta los objetivos del paciente y honra su autonomía. Si bien comúnmente se piensa que la mortalidad es un resultado no deseado, la mayoría de los pacientes mayores hospitalizados no imaginan vivir con condiciones como incontinencia, gastrostomía o traqueostomía, u otras condiciones debilitantes que requieren atención continua, es decir un resultado peor que la muerte para su punto de vista.

Como se sugirió anteriormente, es una buena práctica replantear y resumir los valores y objetivos del paciente en lo que respecta a las opciones de tratamiento antes de recomendar un plan. Esto permite aclarar y alinear al paciente y al médico antes de seguir adelante. Una vez que se hayan resuelto las discrepancias y se está a punto de establecer una recomendación, una declaración como “¿Está bien si propongo un plan ahora?” puede ayudar a reorientar y centrar la conversación.

El plan debe incorporar detalles específicos en caso de reanimación, vasopresores y medicamentos inotrópicos, ventilación mecánica, líquidos intravenosos, apoyo nutricional, productos sanguíneos y diálisis. Cada una de estas intervenciones debe enmarcarse teniendo en cuenta los objetivos del paciente, y debe haber un acuerdo sobre el plan. Vale la pena señalar que una vez que ello se determina, simplemente se designa en el expediente del paciente como “NR” (No Reanimación). Como se puede imaginar, esto no transmite mucho a los cuidadores sobre los valores y preferencias del paciente. Un paciente puede aceptar la reanimación cardiopulmonar si el evento que lo provocó es algo fácilmente reversible y el médico anticipa una recuperación total o significativa, aunque al mismo tiempo el paciente pueda haber afirmado que vivir con una lesión cerebral anóxica es un destino peor que la muerte. De manera similar, un paciente puede estar de acuerdo con ventilación mecánica, pero no con una dependencia del ventilador a largo plazo. Del mismo modo, una persona puede considerar que obtener nutrición mediante gastrostomía es aceptable solo si es necesario durante un tiempo limitado, pero cree que no poder volver a comer nunca más es una forma de vida inaceptable. Es imperativo que el cirujano comprenda estos matices y los considere al tomar la decisión de avanzar o retirar la atención. A medida que cambia el estado clínico del paciente y su pronóstico, estas conversaciones deben revisarse.

### Evaluar y finalizar (*Evaluate and End*)

Se recomienda cerrar el círculo con una declaración resumida como: “Lo que le escuché decir que es importante para usted es... [resumen]. ¿Le he entendido bien?”. Se debe realizar un seguimiento reformulando el plan según corresponda y se alinee con los objetivos del paciente. Por ejemplo: “Dado que lo más importante para usted es estar cerca de su familia y evitar procedimientos dolorosos, procederemos a organizar un centro de cuidados paliativos en su hogar”. Confirmar siempre el acuerdo y la comprensión, y finalizar con una afirmación de que planea apoyarlos y estar ahí con ellos durante todo el proceso.

A medida que ha cambiado el paradigma en medicina, los enfoques colaborativos más que directivos se han vuelto primordiales para brindar atención de alta calidad con respecto a la autonomía del paciente. Cuando los pacientes geriátricos y moribundos se enfrentan a una enfermedad quirúrgica, se ha demostrado que tener discusiones integrales sobre los objetivos de la atención mejora la satisfacción del paciente y redu-

ce el sufrimiento. Al utilizar una estrategia de toma de decisiones compartidas y el marco ABCDE propuesto, los cirujanos pueden aumentar su comprensión de los valores del paciente, brindar una oportunidad para que obtenga aclaraciones sobre su enfermedad, tratamiento y pronóstico, construir una buena relación, facilitar una alianza terapéutica y desarrollar un plan de tratamiento que esté alineado con los objetivos del paciente.

## Desafíos éticos: retención, interrupción y la no utilidad de medidas para mantener la vida

La atención a los adultos mayores en la UCI presenta oportunidades diarias para dilemas éticos y discusiones sobre los objetivos de la atención, la suspensión e interrupción de tratamientos de soporte vital (*Life-sustaining treatment*, LST) y la no utilidad de la atención ofrecida. En primer lugar, es esencial definir la diferencia entre retener y suspender LST y el dilema de sus diferencias morales. La retención de LST se refiere a la decisión de no iniciar o intensificar las intervenciones, mientras que la interrupción se refiere al cese de las intervenciones en curso. Esto incluye hidratación, nutrición, reanimación cardiopulmonar y ventilación mecánica, por nombrar algunos. Independientemente de la terapia involucrada, la opinión ética actual dominante sobre la decisión de suspender o interrumpir se basa en la tesis de la “equivalencia moral”. Es decir, si no hay diferencia moral entre suspender e interrumpir la terapia, entonces (en igualdad de condiciones) no hay ningún caso en el que sería permitido suspender un tratamiento, pero no interrumpirlo una vez iniciado. No obstante, existe una inquietud considerable entre los médicos con respecto a la equivalencia moral entre suspender e interrumpir LST. A esto se suma la necesidad de equilibrar la autonomía paciente/familia, que a menudo viene dictada por las diferencias en creencias culturales y religiosas, con el objetivo clínico de garantizar la beneficencia (hacer el bien) y la no maleficencia (evitar el daño) en los tratamientos ofrecidos.

En segundo lugar, es difícil determinar si retirar o suspender LST es apropiado sin definir su no utilidad, como suele plantearse como justificación para la decisión de realizar cualquiera de las dos cosas. Hay poco o ningún desacuerdo entre los especialistas en ética y los médicos en cuanto a que no es necesario ofrecer una terapia verdaderamente no útil, que no debe emprenderse a sabiendas y que, en realidad, probablemente no sea ética. Los tratamientos que no cumplen los objetivos de un paciente o que lo mantienen en un estado suspendido de enfermedad crítica irrecuperable, no solo son costosos para el sistema de salud, sino desafían el principio de no maleficencia. Si bien este concepto parece ser universalmente aceptado, ha resultado problemático llegar a un consenso sobre la definición de no utilidad, la que a menudo se define como una terapia que presentará al paciente más carga o daño que beneficio. Otra definición de no utilidad comúnmente utilizada es que un médico debe concluir que la terapia ofrecida tendrá éxito en menos de 1 de cada 100 casos. Esta cifra parece extrapolarse de afirmaciones como que una diferencia de 1% en los resultados suele considerarse estadísticamente insignificante. EnDe

acuerdo con estas definiciones, la siguiente pregunta para abordar es: ¿Qué resultados deberían usarse para determinar la no utilidad? La verdad es que no existen marcadores validados que la definan. Además, utilizar un resultado sencillo como la mortalidad es problemático, dado que es notoriamente difícil para los médicos predecir con precisión la mortalidad en pacientes hospitalizados, incluso con la utilización de los sistemas actuales de puntuación de gravedad de la enfermedad como APACHE, SAPS, CCI, entre otros.

La definición de no utilidad no es tan simple y se basa en una interacción de la medicina, la ética y la naturaleza filosófica de la toma de decisiones en materia de atención médica. Los médicos a menudo se encuentran en situaciones en las que su definición cuantitativa de no utilidad no se alinea con la definición cualitativa para un paciente y su familia. Esto se debe a las diferencias de valores entre las dos entidades. Como resultado, los pacientes, sus familias y los médicos a menudo no están de acuerdo sobre qué hace que un tratamiento sea no útil y qué beneficios vale la pena buscar, incluso si la supervivencia es poco probable. Desenredar los desacuerdos sobre valores requiere discusión, respeto mutuo y negociación.

Dada la falta de consenso en la definición de no utilidad a pie de cama para dirigir la atención médica, se ha propuesto que se justifica pasar de determinar la “no utilidad” médico/quirúrgica a determinar la “idoneidad” médico/quirúrgica. Es decir, iniciar o continuar un tratamiento médico o quirúrgico, independientemente de si lo solicita o desea el paciente, la familia o el médico. Debe basarse únicamente en el entendimiento de que el tratamiento ofrecido se encuentra en el continuo de idoneidad médico/quirúrgica, donde los beneficios superan los riesgos y daños. La determinación de qué tratamientos son apropiados variará según la enfermedad, los resultados previstos y los valores del paciente, la familia y los médicos involucrados. Por lo tanto, la idoneidad de iniciar o continuar un tratamiento médico/quirúrgico es única para cada paciente.

Al cuidar a adultos mayores tanto en la UCI como en las salas, algunas de las preocupaciones anteriores se pueden mitigar mediante:

- 1) El establecimiento de objetivos de atención y el estado en cuanto a la reanimación al momento de la admisión. Idealmente, esto debería lograrse mediante una conversación directa con el paciente. En situaciones en las que el paciente está incapacitado, se deben hacer esfuerzos para establecer un poder médico y obtener las directivas anticipadas disponi-

bles al principio del curso en la UCI. En situaciones en las que el paciente no puede valerse por sí mismo y no tiene directivas anticipadas, es responsabilidad del equipo de atención interdisciplinario (UCI, servicio primario, medicina de cuidados paliativos) asesorar a la familia sobre cómo establecer objetivos de cuidados centrados en el paciente que minimicen la prolongación del sufrimiento y el daño.

- 2) Involucrar a miembros de la familia designados en las rondas diarias de la UCI para brindarles actualizaciones en tiempo real sobre el curso clínico del paciente y responder cualquier pregunta que pueda prevenir conflictos futuros.
- 3) Crear un entorno sin prejuicios con toma de decisiones compartida entre el equipo de atención médica y la familia, reconociendo y honrando al mismo tiempo el hecho de que diferentes personas valoran y responden a los datos médicos de manera diferente.
- 4) Por último, comprender que la decisión de comenzar, mantener o suspender los tratamientos de soporte vital es tanto una decisión ética como médica.

## Estado actual de la cirugía general de emergencia en pacientes geriátricos: resultados de la encuesta nacional e internacional

Con el fin de conocer y documentar el estado actual de la Cirugía Geriátrica en la Argentina y en las Américas, incluyendo también países con raíces compartidas como España e Italia, es que se realizó una encuesta enfocada en el estado actual de la CGE en pacientes geriátricos. Allí se preguntaba desde las franjas etarias más frecuentes hasta las patologías más comúnmente atendidas, incluyendo el tipo de especialidad profesional que se encargaba de su tratamiento y el servicio a cargo este.

Una vez confeccionada, la encuesta fue distribuida a los miembros de sus respectivas asociaciones académicas, incluidas la Asociación Argentina de Cirugía, Asociación Colombiana de Cirugía, Sociedad Panamericana de Trauma, Asociación Española de Cirujanos, Sociedad de Cirujanos Generales del Perú, Sociedad de Cirugía del Uruguay, Sociedad Chilena de Cirugía, entre otras, así como también contactos personales con colegas de otras latitudes.

Se recolectaron 441 respuestas en total. Con fines comparativos, la información fue recibida y automáticamente dividida en dos grandes grupos: por un lado, nuestro país, Argentina, con 270 respuestas (61,2%), y, por el otro lado, países de América del Norte, Central y del Sur, España e Italia, con 171 respuestas (38,8%) (Apéndice).

La franja etaria mayoritariamente más atendida fue aquella comprendida entre 65 y 79 años para ambos grupos (90,4% grupo Argentina; 88,3% resto de América), atendiendo más de 250 pacientes por año en su centro hospitalario. Mientras que en los hospitales del grupo Argentina el 34,1% de los Servicios de Cirugía atiende entre 51 y 150 pacientes geriátricos por año, el 45% del segundo grupo atiende más de 250 pacientes.

En ambos grupos predominó la atención en hospitales públicos urbanos.

Mientras que en la Argentina la causa más frecuente de atención fue la obstrucción intestinal (51,9%), seguida por diverticulitis (10,7%) y caídas (7%), en el segundo grupo también predominó la obstrucción intestinal, aunque considerablemente en menor medida (27,5%), seguida por diverticulitis (18,1%) y apendicitis (12,9%). Solo existen Servicios de Medicina y/o de Cirugía Geriátrica en el 17,4% de los hospitales argentinos encuestados, y en el 40,4% de los hospitales de los demás países participantes.

Los protocolos para la atención de pacientes geriátricos estaban ausentes en un 85,2% para el grupo argentino, así como el 77,8% de los profesionales desconocían algún tipo de escala de fragilidad, riesgo o pronóstico. Para el segundo grupo, esas cifras pasaron a 71,9% y 60,2%, respectivamente.

En el 24,8% de los casos, los pacientes geriátricos son tratados por cirujanos y el 18,9% en forma conjunta entre el cirujano y el geriatra/gerontólogo en el primer grupo; esos números son 32,2% y 31,6% para el segundo grupo. En ambos casos, un número elevado no cuenta con geriatra o gerontólogo (54,8% y 30,4%, respectivamente).

Es remarcable que, a pesar de que en su gran mayoría los pacientes viven con familiares en un domicilio particular (61,9% para el primer grupo y 77,2% para el segundo grupo), el 58,9% y el 44,4%, respectivamente, no poseían directivas anticipadas al momento del ingreso al centro hospitalario, adicionando mayor complejidad en la atención de los pacientes geriátricos al momento de abordar la toma de decisiones médicas críticas.

## Referencias bibliográficas

- US Census Bureau 2020. Census summary file. US Census Bureau: Washington, DC; 2021. Disponible en: 2020 Census Results.
- Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC): Buenos Aires, Argentina; 2022. Disponible en: censo2022\_indicadores\_demograficos.pdf.
- Cooper Z, Scott JW, Rosenthal RA, Mitchell SL. Emergency major abdominal surgical procedures in older adults: a systematic review of mortality and functional outcomes. *J Am Geriatr Soc*. 2015;63(12):2563-71. <https://doi.org/10.1111/jgs.13818>.
- Nashi R, Misra D. Special considerations in geriatric populations. *Arthritis Care Res*. 2020;72(S10):731-7. <https://doi.org/10.1002/acr.24342>.
- World Health Organization (WHO). Definition of an older or elderly person. 2011. Disponible en: Ageing
- Dewan SK, Zheng SB, Xia SJ. Preoperative geriatric assessment: Comprehensive, multidisciplinary and proactive. *Eur J Intern Med*. 2012;23(6):487-94. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2012.06.009>.
- Kim S, Brooks AK, Groban L. Preoperative assessment of the older surgical patient: homing in on geriatric syndromes. *Clin Interv Aging*. 2015;10:13-27. <https://doi.org/10.2147/CIA.S75285>.
- Timed Up & Go (TUG): Assessment. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Disponible en: Assessment Timed Up & Go (TUG).
- Sharoky CE. Not all is lost: Dynamic functional recovery in older adults following emergency general surgery. *J Trauma Acute Care Surg*. 2022;93(1):74. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000003657>.
- Pinkhasov, Jaysing A. Neurobehavioral aspects of Acute Care Surgery in geriatric patients. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 91-9. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_11).
- Carnero-Pardo C, Rego-García I, Barrios-López JM et al. Evaluación de la utilidad diagnóstica y validez discriminativa del Test del Reloj y del Mini-Cog en la detección del deterioro cognitivo. *Neurología*. 2022;37:13-20. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2018.12.002>.
- Zhang S, Xu M, Liu ZJ, et al. Neuropsychiatric issues after stroke: clinical significance and therapeutic implications. *World J Psychiatry*. 2020;10(6):125-38. <https://doi.org/10.5498/wjp.v10.i6.125>.
- Mohanty S, Rosenthal RA, Russell MM, et al. Optimal perioperative management of the geriatric patient: a best practices guideline from the American College of Surgeons NSQIP and the American Geriatrics Society. *J Am Coll Surg*. 2016;222(5):930-47. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2015.12.026>.
- Richardson JD, Cocanour CS, Kern JA, et al. Perioperative risk assessment in elderly and high-risk patients. *J Am Coll Surg*. 2004;199(1):133-46. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2004.02.023>.
- Duncan TK, Arseneaux M. Physiology of aging. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 29-9. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_4).
- Agrawal A, Gupta S. Impact of aging on dendritic cell functions in humans. *Ageing Res Rev*. 2011;10(3):336-45. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2010.06.004>.
- Dugan B, Conway J, Duggal NA. Inflammaging as a target for healthy ageing. *Age Ageing*. 2023;52(2):afac328 <https://doi.org/10.1093/ageing/afac328>.
- Duggal NA. Immunology: Features of immunosenescence. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 67-74. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_8).
- Panda A, Arjona A, Sapay E, et al. Human innate immunosenescence: causes and consequences for immunity in old age. *Trends Immunol*. 2009;30(7):325-33. <https://doi.org/10.1016/j.it.2009.05.004>.
- Duggal NA, Upton J, Phillips AC, et al. Depressive symptoms are associated with reduced neutrophil function in hip fracture patients. *Brain Behav Immun*. 2013;33:173-82. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2013.07.004>.
- Duggal NA. Reversing the immune aging clock: lifestyle modifications and pharmacological interventions. *Biogerontology*. 2018;19(6):481-96. <https://doi.org/10.1007/s10522-018-9771-7>.
- Caruso R, Campolo J, Verde A, et al. Relationship between early inflammatory response and clinical evolution of the severe multiorgan failure in mechanical circulatory support-treated patients. *Mediators Inflamm*. 2014;2014:281790. <https://doi.org/10.1155/2014/281790>.
- Grudzinska FS, Dosanjh DP, Parekh D, et al. Statin therapy in patients with community-acquired pneumonia. *Clin Med (Lond)*. 2017;17(5):403-7. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.17-5-403>.
- Lorenzo EC, Torrance BL, Keilich SR, et al. Senescence-induced changes in CD4 T cell differentiation can be alleviated by treatment with senolytics. *Ageing Cell*. 2022;21(1):e13525. <https://doi.org/10.1111/acel.13525>.
- Mannick JB, Giudice GD, Lattanzi M, et al. mTOR inhibition improves immune function in the elderly. *Sci Transl Med*. 2014;6:268ra179. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3009892>.
- Vukmanovic-Stejic M, Chambers ES, Suárez-Fariñas M, et al. Enhancement of cutaneous immunity during aging by blocking p 38 mitogen-activated protein (MAP) kinase-induced inflammation. *J Allergy Clin Immunol*. 2018;142(3):844-56. <https://doi.org/10.1016%2Fj.jaci.2017.10.032>.
- Dorshkind K, Montecino-Rodríguez E, Signer RA. The ageing immune system: is it ever too old to become young again? *Nat Rev Immunol*. 2009;9(1):57-62. <https://doi.org/10.1038/nri2471>.
- El-Qawaqzeh K, Hosseinpour H, Bhogadi SK, Joseph B. Frailty in geriatric trauma and emergency general surgery. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. p. 41-9. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_5).
- Joseph B, Pandit V, Zangbar B, et al. Superiority of frailty over age in predicting outcomes among geriatric trauma patients: a prospective analysis. *JAMA Surg*. 2014;149(8):766-72. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2014.296>.
- Joseph B, Pandit V, Zangbar B, et al. Validating trauma-specific frailty index for geriatric trauma patients: a prospective analysis. *J Am Coll Surg*. 2014;219(1):10-7.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2014.03.020>.
- Hamidi M, Haddadin Z, Zeeshan M, et al. Prospective evaluation and comparison of the predictive ability of different frailty scores to predict outcomes in geriatric trauma patients. *J Trauma Acute Care Surg*. 2019;87(5):1172-80. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002458>.
- McComb A, Warkentin LM, McNeely ML, Khadaroo RG. Development of a reconditioning program for elderly abdominal surgery patients: the Elder-friendly Approaches to the Surgical Environment-BEside reconditioning for Functional ImprovementTs (EASE-BE FIT) pilot study. *World J Emerg Surg*. 2018;13:21. <https://doi.org/10.1186/s13017-018-0180-7>.
- Hall DE, Arya S, Schmid KK, et al. Association of a frailty screening initiative with postoperative survival at 30, 180, and 365 days. *JAMA Surg*. 2017;152(3):233-40. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2016.4219>.
- Britt LD, Martyak M. Acute Care Surgery in the geriatric patient population: General principles. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 1-5. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_1).
- Lapsa S, Ozolins A, Strumfa I, Gardovskis J. Acute appendicitis in the elderly: A literature review on an increasingly frequent surgical problem. *Geriatrics (Basel)*. 2021;6(3):93. <https://doi.org/10.3390/geriatrics6030093>.
- Tantarattanapong S, Arwae N. Risk factors associated with perforated acute appendicitis in geriatric emergency patients. *Open Access Emerg Med*. 2018;10:129-34. <https://doi.org/10.2147/OAEM.S173930>.
- Alvarado A. A practical score for the early diagnosis of acute appendicitis. *Ann Emerg Med*. 1986;15:557-64. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(86\)80993-3](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(86)80993-3).
- Lintula H, Kokki H, Pulkkinen J, et al. Diagnostic score in acute appendicitis. Validation of a diagnostic score (Lintula score) for adults with suspected appendicitis. *Langenbecks Arch Surg*. 2010;395(5):495-500. <https://doi.org/10.1007/s00423-010-0627-0>.
- Eskelinen M, Meklin J, Syrjänen K, Eskelinen M. A Diagnostic Score (DS) is a powerful tool in diagnosis of acute appendicitis in elderly patients with acute abdominal pain. *Anticancer Res*. 2021;41(3):1459-69. <https://doi.org/10.21873/anticancer.14904>.
- Ooler BD, Lawrence EM, Pickhardt PJ. MDCT for suspected appendicitis in the elderly: diagnostic performance and patient outcome. *Emerg Radiol*. 2012;19(1):27-33. <https://doi.org/10.1007/s10140-011-1002-3>.

41. Salminen P, Paajanen H, Rautio T, et al. Antibiotic therapy vs appendectomy for treatment of uncomplicated acute appendicitis. *JAMA*. 2015;313(23):2340-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.6154>.
42. Salminen P, Tuominen R, Paajanen H, et al. Five-year follow-up of antibiotic therapy for uncomplicated acute appendicitis in the APPAC Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2018;320(12):1259-65. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.13201>.
43. Ahmed A, Feroz S, Dominic J, et al. Is emergency appendectomy better than elective appendectomy for the treatment of appendiceal phlegmon? A review. *Cureus*. 2020;12(12):e12045. <https://doi.org/10.7759/cureus.12045>.
44. Prasertsuntarasai S, Prichayudh S. Is interval appendectomy necessary for appendiceal mass? *Chula Med J*. 2007;51(5):273-9.
45. Segev L, Keidar A, Schrier I, et al. Acute appendicitis in the elderly in the twenty-first century. *J Gastrointest. Surg*. 2015;19(4):730-5. <https://doi.org/10.1007/s11605-014-2716-9>.
46. Perera T, Cortijo-Brown A. Geriatric resuscitation. *Emerg Med Clin North Am*. 2016;34(3):453-67. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2016.04.002>.
47. Parmar AD, Sheffield KM, Adhikari D, et al. PREOP-gallstones: A prognostic nomogram for the management of symptomatic cholelithiasis in older patients. *Ann Surg*. 2015;261(6):1184-90. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000868>.
48. Krell M, Allendorf JD, Morris M, et al. Management of pancreaticobiliary disease in the geriatric patient population. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 393-411. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_44](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_44).
49. Loozen CS, van Ramshorst B, van Santvoort HC, Boerma D. Early cholecystectomy for acute cholecystitis in the elderly population: a systematic review and meta-analysis. *Dig Surg*. 2017;34(5):371-9. <https://doi.org/10.1159/000455241>.
50. Wiggins T, Markar SR, Mackenzie H, et al. Evolution in the management of acute cholecystitis in the elderly: population-based cohort study. *Surg Endosc*. 2018;32(10):4078-86. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6092-5>.
51. Dimou FM, Adhikari D, Mehta HB, Riall TS. Outcomes in older patients with grade III cholecystitis and cholecystostomy tube placement: a propensity score analysis. *J Am Coll Surg*. 2017;224(4):502-11. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2016.12.021>.
52. Ambe P, Weber SA, Christ H, Wassenberg D. Cholecystectomy for acute cholecystitis. How time-critical are the so called "golden 72 hours"? Or better "golden 24 hours" and "silver 25-72 hour"? A case control study. *World J Emerg Surg*. 2014;9(1):60. <https://doi.org/10.1186/1749-7922-9-60>.
53. Epelboym I, Winner M, Allendorf JD. MRCP is not a cost-effective strategy in the management of silent common bile duct stones. *J Gastrointest Surg*. 2013;17(5):863-71. <https://doi.org/10.1007/s11605-013-2179-4>.
54. van Santvoort HC, Besselink MG, Bakker OJ, et al; Dutch Pancreatitis Study Group. A step-up approach or open necrosectomy for necrotizing pancreatitis. *N Engl J Med*. 2010;362(16):1491-502. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0908821>.
55. Kucserik LP, Márta K, Vincze Á, et al. Endoscopic sphincterotomy for delaying cholecystectomy in mild acute biliary pancreatitis (EMILY study): protocol of a multicentre randomised clinical trial. *BMJ Open*. 2019;9(7):e025551. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025551>.
56. Corrigan LR, Bracken-Clarke DM, Horgan AM. The challenge of treating older patients with pancreaticobiliary malignancies. *Curr Probl Cancer*. 2018;42(1):59-72. <https://doi.org/10.1016/j.currprobcancer.2018.01.015>.
57. Covino M, Rosa F, Ojetti V, et al. Acute diverticulitis in elderly patients: Does age really matter? *Dig Dis*. 2021;39(1):33-41. <https://doi.org/10.1159/000509049>.
58. Painter NS, Burkitt DP. Diverticular disease of the colon: a deficiency disease of Western civilization. *Br Med J*. 1971;2(5759):450-4. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5759.450>.
59. Alatise OI, Arigbabu AO, Lawal OO, et al. Presentation, distribution pattern, and management of diverticular disease in a Nigerian tertiary hospital. *Niger J Clin Pract*. 2013;16(2):226-31. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.110152>.
60. Imaeda H, Hibi T. The burden of diverticular disease and its complications: West versus East. *Inflamm Intest Dis*. 2018;3(2):61-8. <https://doi.org/10.1159/000492178>.
61. Hinchey EJ, Schaaf PG, Richards GK. Treatment of perforated diverticular disease of the colon. *Adv Surg*. 1978;12:85-109.
62. Amodu LI, Brathwaite CEM. Acute diverticulitis in the elderly. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 413-21. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_45).
63. Yachimski P, Friedman L. Gastrointestinal bleeding in the elderly. *Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol*. 2008;5(2):80-93. <https://doi.org/10.1038/hcpgasthep1034>.
64. Oakland K, Chadwick G, East JE, et al. Diagnosis and management of acute lower gastrointestinal bleeding: guidelines from the British Society of Gastroenterology. *Gut*. 2019;68(5):776-89. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2018-317807>.
65. Almaghrabi M, Gandhi M, Guizzetti L, et al. Comparison of risk scores for lower gastrointestinal bleeding. A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*. 2022;5(5):e2214253. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.14253>.
66. Laine L, Barkun A, Saltzman J, et al. ACG clinical guideline: Upper gastrointestinal and ulcer bleeding. *Am J Gastroenterol*. 2021;116(5):899-917. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000001245>.
67. Kazanjian KK, Hines O. Nonvariceal upper gastrointestinal bleeding: When endoscopic therapy fails – a surgeon's perspective. *Tech Gastrointest Endosc*. 2005;7(3):156-9. <https://doi.org/10.1016/j.TGIE.2005.04.013>.
68. Kim HS, Lee IS. Role of surgery in gastrointestinal bleeding. *Gastrointest Interv*. 2018;79(3):136-41. <https://doi.org/10.18528/gii180029>.
69. Gralnek IM, Neeman Z, Strate LL. Acute lower gastrointestinal bleeding. *N Engl J Med*. 2017;376(11):1054-63. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp1603455>.
70. Oakland K, Chadwick G, East JE, et al. Diagnosis and management of acute lower gastrointestinal bleeding: guidelines from the British Society of Gastroenterology. *Gut*. 2019;68(5):776-89. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2018-317807>.
71. Torres M, Sonoda T. Gastrointestinal hemorrhage in the elderly. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 431-42. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_47).
72. Ozturk E, van Iersel M, Stommel MM, et al. Small bowel obstruction in the elderly: A plea for comprehensive acute geriatric care. *World J Emerg Surg*. 2018;13:48. <https://doi.org/10.1186/s13017-018-0208-z>.
73. Ong M, Guang TY, Yang TK. Impact of surgical delay on outcomes in elderly patients undergoing emergency surgery: A single center experience. *World J Gastrointest Surg*. 2015;7(9):208-13. <https://doi.org/10.4240/wjgs.v7.i9.208>.
74. Krause WR, Webb TP. Geriatric small bowel obstruction: an analysis of treatment and outcomes compared with a younger cohort. *Am J Surg*. 2015;209(2):347-51. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.04.008>.
75. Abbas S, Bissett IP, Parry BR. Oral water soluble contrast for the management of adhesive small bowel obstruction. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007(3):CD004651. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004651.pub3>.
76. Springer JE, Bailey JG, Davis PJ, Johnson PM. Management and outcomes of small bowel obstruction in older adult patients: a prospective cohort study. *Can J Surg*. 2014;57(6):379-84. <https://doi.org/10.1503/cjs.029513>.
77. National Comprehensive Cancer Network. Small bowel adenocarcinoma (version 2.2022). Obtenido de: [https://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/pdf/small\\_bowel.pdf](https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/small_bowel.pdf).
78. Cappell MS, Batke M. Mechanical obstruction of the small bowel and colon. *Med Clin North Am*. 2008;92(3):575-97. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2008.01.003>.
79. Vogel JD, Felder SI, Bhamra AR, et al. The American Society of Colon and Rectal Surgeons Clinical Practice Guidelines for the Management of Colon Cancer. *Dis Colon Rectum*. 2022;65(2):148-77. <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000002323>.
80. Naveed M, Jamil LH, Fujii-Lau LL, et al. American Society for Gastrointestinal Endoscopy guideline on the role of endoscopy in the management of acute colonic pseudo-obstruction and colonic volvulus. *Gastrointest Endosc*. 2020;91(2):228-35. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2019.09.007>.
81. Vogel JD, Feingold DL, Stewart DB, et al. Clinical Practice Guidelines for Colon Volvulus and Acute Colonic Pseudo-Obstruction. *Dis Colon Rectum*. 2016;59(7):589-600. <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000602>.
82. Hall J, Hardiman K, Lee S, et al. The American Society of Colon and Rectal Surgeons Clinical Practice Guidelines for the Treatment of Left-Sided Colonic Diverticulitis. *Dis Colon Rectum*. 2020;63(6):728-47. <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000001679>.
83. Nasir DR, Marty M, Maniskas S, Kaufman HS. Small and large bowel obstruction. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 443-54. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_48).
84. Vázquez Roque M, Bouras EP. Epidemiology and management of chronic constipation in elderly patients. *Clin Interv Aging*. 2015;10:919-30. <https://doi.org/10.2147/CIA.S54304>.

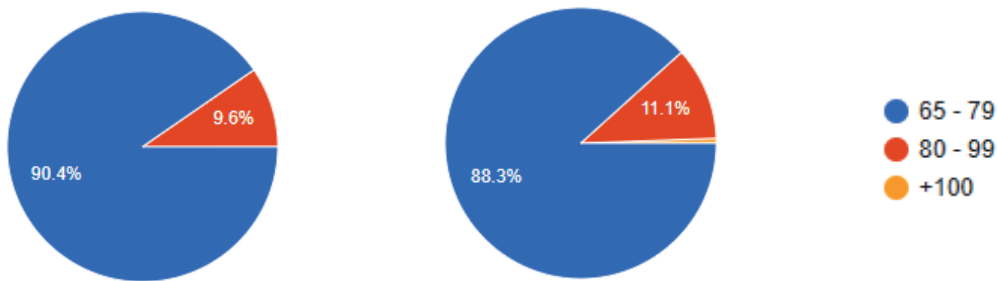
85. Centers for Disease Control and Prevention. Older adults fall prevention. Last updated 14 Jul 2021. <https://www.cdc.gov/falls/index.html>.
86. Callaway DW, Shapiro NI, Donnino MW, et al. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality in normotensive elderly blunt trauma patients. *J Trauma*. 2009;66(4):1040-4. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181895e9e>.
87. Hambrecht A, Escobar N, Berry C. Epidemiology of injury in the elderly: Use of DOACs. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 75-81. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_9).
88. Ho VP, Kishawi SK, Hill H, et al. Scanning the aged to minimize missed injury: An Eastern Association for the Surgery of Trauma multicenter study. *J Trauma Acute Care Surg*. 2025;98(1):101-10. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004390>.
89. McNelis J, Lieb II DA, Lewis ER, et al. Surgical risk assessment in the elderly. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 363-70. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_40).
90. American Society of Anesthesiologists. ASA Physical Status Classification System. 2020. Disponible en: <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system>
91. Goldman L, Caldera DL, Nussbaum SR, et al. Multifactorial index of cardiac risk in noncardiac surgical procedures. *N Engl J Med*. 1977;297(16):845-50. <https://doi.org/10.1056/NEJM197710202971601>.
92. Detsky AS, Abrams HB, McLaughlin JR, et al. Predicting cardiac complications in patients undergoing non-cardiac surgery. *J Gen Intern Med*. 1986;1(4):211-9. <https://doi.org/10.1007/BF02596184>.
93. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-83. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(87\)90171-8](https://doi.org/10.1016/0021-9681(87)90171-8).
94. Scarborough JE, Bennett KM, Englum BR, et al. The impact of functional dependency on outcomes after complex general and vascular surgery. *Ann Surg*. 2015;261(3):432-7. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000767>.
95. Robinson TN, Eiseman B, Wallace JJ, et al. Redefining geriatric preoperative assessment using frailty, disability and comorbidity. *Ann Surg*. 2009;250(3):449-55. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e3181b45598>.
96. Makary MA, Segev DL, Pronovost PJ, et al. Frailty as a predictor of surgical outcomes in older patients. *J Am Coll Surg*. 2010;210(6):901-8. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2010.01.028>.
97. Kim K, Park KH, Koo KH, et al. Comprehensive geriatric assessment can predict postoperative morbidity and mortality in elderly patients undergoing elective surgery. *Arch Gerontol Geriatr*. 2013;56(3):507-12. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2012.09.002>.
98. Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al; Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(3):M146-56. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146>.
99. Mohanty S, Rosenthal RA, Russell MM, et al. Optimal perioperative management of the geriatric patient: A best practices guideline from the American College of Surgeons NSQIP and the American Geriatrics Society. *J Am Coll Surg*. 2016;222(5):930-47. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2015.12.026>.
100. Jamiana MN, Valdez BEP, Mokamad-Romancap HO, Smigel DM. General surgical emergencies. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 371-8. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_41).
101. Weimann A, Braga M, Carli F, et al. ESPEN guideline: clinical nutrition in surgery. *Clin Nutr*. 2017;36(3):623-50. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.02.013>.
102. Alvis BD, Hughes CG. Physiology considerations in geriatric patients. *Anesthesiol Clin*. 2015;33(3):447-56. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2015.05.003>.
103. American Geriatrics Society. By the 2019 American Geriatrics Society Beers Criteria® update expert panel. American Geriatrics Society 2019 updated AGS Beers Criteria® for potentially inappropriate Medication use in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2019;67(4):674-94. <https://doi.org/10.1111/jgs.15767>.
104. Bulfone G, Bressan V, Morandini A, Stevanin S. Perioperative pressure injuries: a systematic literature review. *Adv Skin Wound Care*. 2018;31(12):556-64. <https://doi.org/10.1097/01.asw.0000544613.10878.ed>.
105. Enriken C, Pritts TA. Perioperative pulmonary support of the elderly. *Curr Geriatr Rep*. 2021;10(4):167-74. <https://doi.org/10.1007/s13670-021-00369-3>.
106. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet*. 2016;387(10038):2655-64. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00981-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00981-2).
107. Petrone P, Asensio JA, Marini CP. Management of accidental hypothermia and cold injury. *Curr Probl Surg*. 2014;51(10):417-31. <https://doi.org/10.1067/j.cpsurg.2014.07.004>.
108. Petrone P. Injury due to extremes of temperature. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 311-9. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30651-8_35).
109. Madrid E, Urrutia G, Roqué i Figuls M, et al. Active body surface warming systems for preventing complications caused by inadvertent perioperative hypothermia in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;4(4):CD009016. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009016.pub2>.
110. Baldini G, Bagry H, Aprikian A, Carli F. Postoperative urinary retention: anesthetic and perioperative considerations. *Anesthesiology*. 2009;110(5):1139-57. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31819f7aea>.
111. Cooper Z, Koritsanszky LA, Cauley CE, et al. Recommendations for best communication practices to facilitate goal-concordant care for seriously ill older patients with emergency surgical conditions. *Ann Surg*. 2016;263(1):1-6. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001491>.
112. Rugnao S, Kunac A. Discussing goals of care in the geriatric Acute Care Surgery patient. In: Petrone P, Brathwaite CEM (eds.). *Acute Care Surgery in Geriatric Patients*. Cham, Switzerland: Springer; 2023. pp. 115-23.
113. Childers JW, Back AL, Tulskey JA, Arnold RM. REMAP: A framework for goals of care conversations. *J Oncol Pract*. 2017;13(10):e844-50. <https://doi.org/10.1200/JOP.2016.018796>.
114. Dunlay SM, Strand JJ. How to discuss goals of care with patients. *Trends Cardiovasc Med*. 2016;26(1):36-43. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2015.03.018>.
115. Advance Care Planning (ACP) Decisions. (2021). The Goals-of-Care Conversation: A best-practice, step-by-step approach. Disponible en: <https://acpdecisions.org/goals-of-care-conversations-a-best-practice-step-by-step-approach>.

## Apéndice

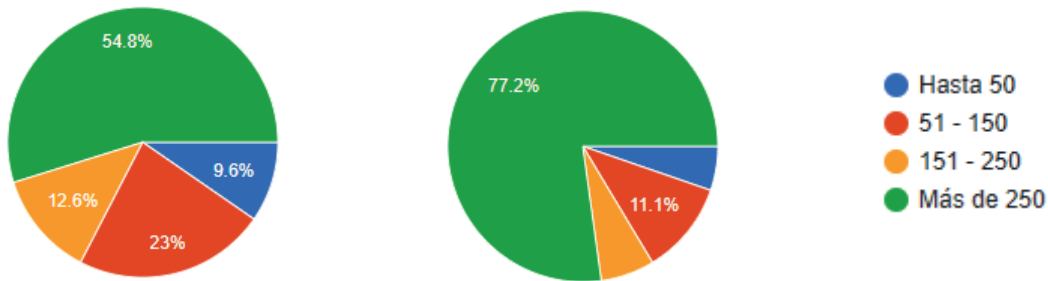
### Resultados de la encuesta

Se presentan las preguntas en la parte superior. Las figuras que se ubican del lado izquierdo corresponden a Argentina y a la derecha se muestran los resultados de países de América del Norte, Central y del Sur, España e Italia.

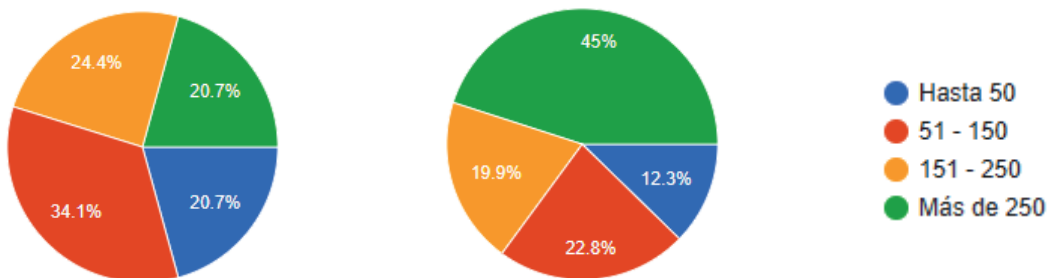
1- Entendiendo como paciente geriátrico aquel de 65 años o más, ¿cuál es la franja etaria que más frecuentemente atiende?



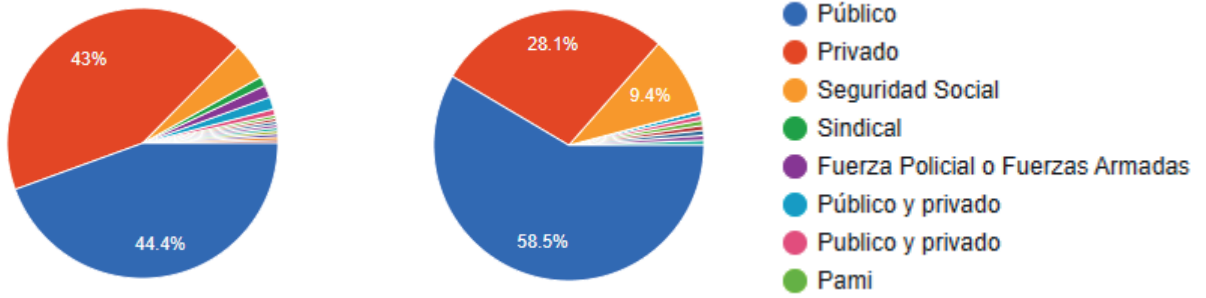
2- ¿Cuántos pacientes geriátricos son atendidos en su centro hospitalario por año?



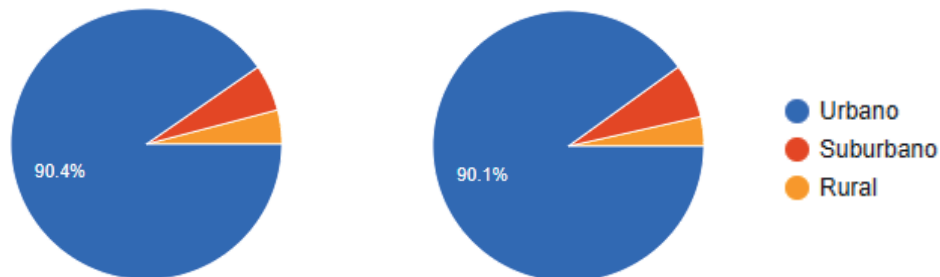
3- ¿Cuántos pacientes geriátricos son atendidos en su Servicio de Cirugía por año?



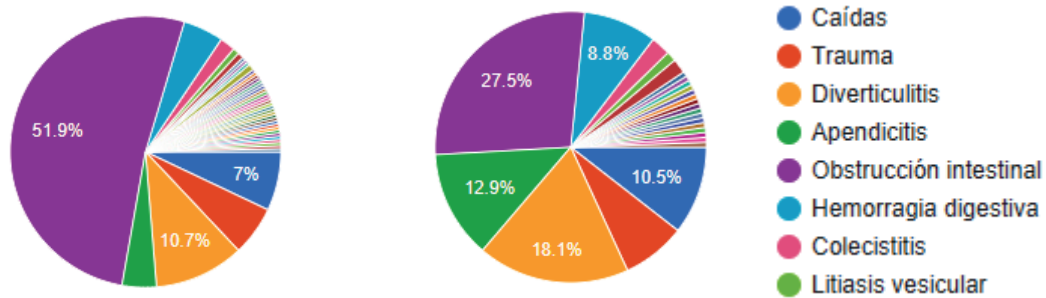
4- ¿En qué tipo de centro hospitalario se desempeña?



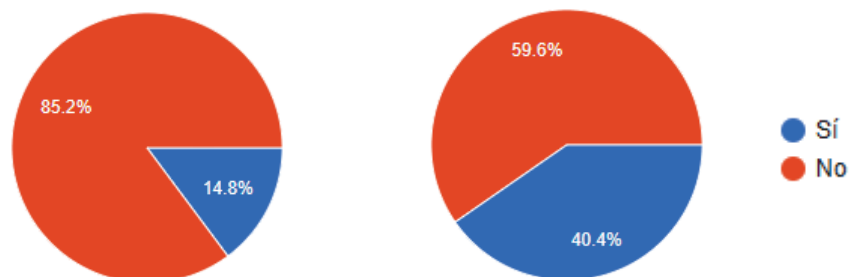
5- ¿Cuál es la localización del hospital donde usted trabaja?



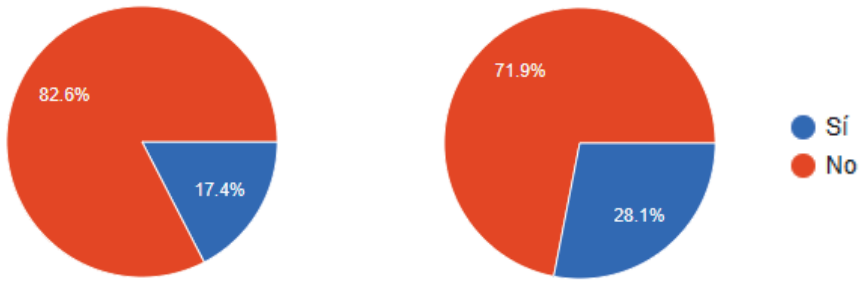
6- ¿Cuál es la patología más frecuentemente tratada?



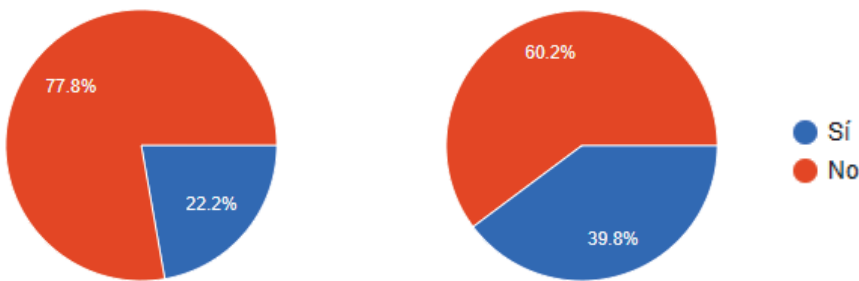
7- ¿Su hospital cuenta con Servicio de Medicina y/o de Cirugía Geriátrica?



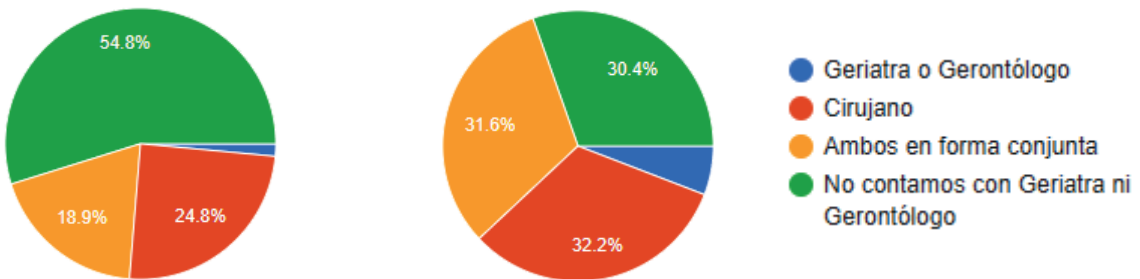
8- ¿Cuenta su hospital con guías o protocolos para atención de pacientes geriátricos?



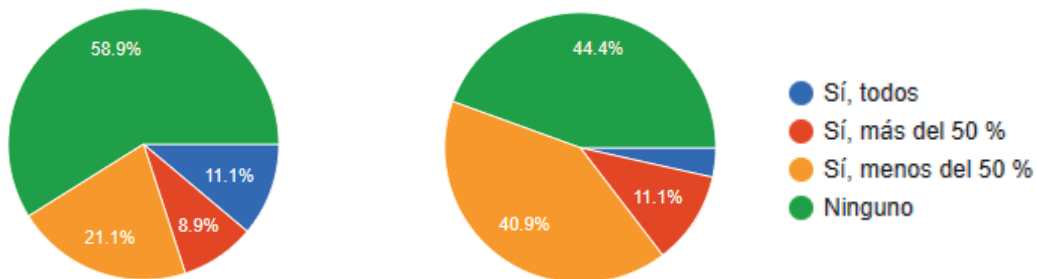
9- ¿Está usted familiarizado/a con alguna de las escalas (de fragilidad, riesgo, pronóstico) para la atención de estos pacientes?



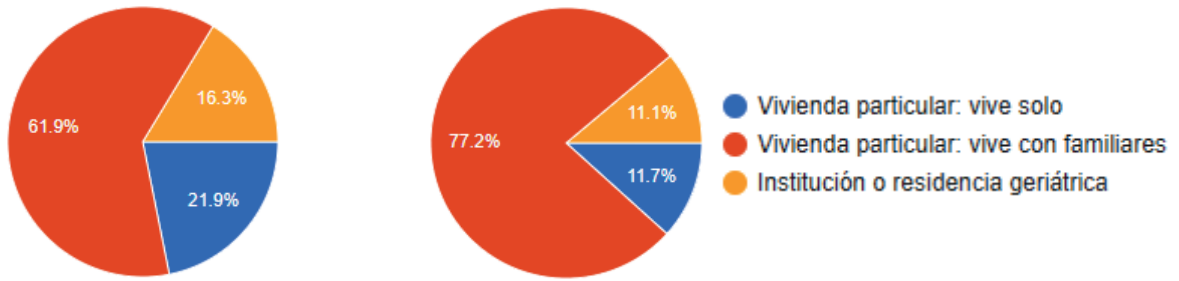
10- ¿Quién es el encargado de la atención de estos pacientes en su hospital?



11- ¿Cuentan los pacientes ancianos con directivas anticipadas al momento del ingreso en su centro?



12- Según su conocimiento, ¿cuál es el lugar de procedencia más frecuente de estos pacientes?



### Países participantes de la encuesta

Argentina	Colombia	Guatemala	Paraguay
Bolivia	Costa Rica	Honduras	Perú
Brasil	El Salvador	Italia	Uruguay
Canadá	Estados Unidos	México	Venezuela
Chile	España	Panamá	

Países americanos no incluidos: Belice, Surinam, Guyana e islas del Caribe.



## Relato Oficial

Año 2025 | Suplemento

### 95° Congreso Argentino de Cirugía

# Impacto de la cirugía guiada por fluorescencia en la práctica clínica: Avances y aplicaciones en cirugía contemporánea

**Fernando Dip<sup>1</sup>**

**Alberto Rancati<sup>2</sup>**

**Hernán Todeschini<sup>3</sup>**

1 Miembro de la Asociación Argentina de Cirugía  
Fellow del American College of Surgeons  
Director Ejecutivo de la Sociedad Internacional de Cirugía Guiada por Fluorescencia  
Docente de la Universidad de Buenos Aires  
Staff de Cirugía Oncológica, Hospital de Clínicas "José de San Martín"

2 Miembro de la Asociación Argentina de Cirugía  
Fellow del American College of Surgeons  
Director de la Unidad Oncoplástica, Sociedad Internacional de Cirugía Guiada por Fluorescencia  
Docente de la Universidad de Buenos Aires  
Jefe de División de Cirugía Plástica y Reparadora, Hospital de Clínicas "José de San Martín"

3 Miembro de la Asociación Argentina de Cirugía  
Miembro de la Sociedad Internacional de Cirugía Guiada por Fluorescencia  
Docente de la Universidad de Buenos Aires  
Jefe de División Urgencias, Hospital de Clínicas "José de San Martín"  
Staff de Cirugía Digestiva, Hospital de Clínicas "José de San Martín"



## Agradecimientos

Los logros académicos y profesionales rara vez son fruto de esfuerzos individuales, sino más bien el resultado de un proceso colectivo donde el acompañamiento, los consejos y la colaboración de colegas y mentores desempeñan un papel esencial. Este trabajo no es la excepción, y por ello queremos expresar nuestra más sincera gratitud a quienes, con su experiencia y generosidad, han contribuido de manera significativa a su desarrollo.

En primer lugar, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento al Prof. Dr. Luis E. Sarotto, jefe del Departamento de Cirugía del Hospital de Clínicas José de San Martín, por su constante dedicación a la formación académica. Su habilidad para abordar desafíos desde una perspectiva práctica e innovadora y su capacidad para liderar equipos multidisciplinarios han sido clave para alcanzar los objetivos propuestos.

Asimismo, reconocemos el invaluable apoyo del jefe de la División de Cirugía Oncológica del Hospital de Clínicas, Prof. Dr. Diego Sinagra. Su capacidad para fomentar un entorno de aprendizaje y colaboración, junto con su compromiso con la excelencia académica, han enriquecido enormemente esta obra.

También expresamos nuestro reconocimiento al Prof. Dr. Raúl Rosenthal, un profesional de destacada trayectoria y experiencia internacional, por su generosidad al compartir tiempo y conocimientos. Sus enfoques innovadores han aportado claridad y profundidad a este trabajo.

Entre los mentores que han marcado nuestro camino destacamos a un reconocido investigador y maestro, Prof. Dr. Pedro A. Ferraina, con quien iniciamos los primeros casos en vía biliar. Su dedicación a la educación ha dejado una huella profunda en nuestra formación. De igual manera, agradecemos al Dr. Jorge

Falco por su contribución al permitirnos avanzar en la investigación durante nuestros inicios. A ambos, les expresamos nuestra gratitud por compartir su sabiduría y por su compromiso con el desarrollo de nuevas generaciones.

Finalmente, no podemos dejar de mencionar a los maestros de todos nosotros, Prof. Dr. Pablo Curutchet y Prof. Dr. Vicente Gutiérrez Maxwell. Sus enseñanzas han sido cruciales en nuestra trayectoria y permanecerán como un legado en nuestra carrera. Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por su generosidad en la enseñanza y por su constante apoyo en la investigación. Su liderazgo y visión han inspirado a muchas generaciones de cirujanos.

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo colectivo recibido. Mas allá de los aportes individuales, queremos resaltar la importancia del trabajo en equipo, el intercambio de ideas y el respaldo mutuo que han caracterizado este proceso. La interacción constante con todos ustedes ha enriquecido este relato, fortaleciendo su contenido. Valoramos especialmente el compromiso de los mencionados líderes con la formación y la ciencia. Su dedicación no solo se refleja en los resultados de este trabajo, sino también en la manera en que han influido en nuestra forma de enfrentar desafíos, siempre desde una perspectiva académica y profesional.

A nuestros padres, por ser nuestro faro y nuestra base. Gracias por su amor, ejemplo y paciencia; por guiarnos con valores, criterio y trabajo silencioso, y por enseñarnos a sostener la disciplina aun en la duda. A nuestra familia, por el apoyo constante en cada paso de este camino y en cada desafío de la carrera, por estar cuando hubo que decidir, corregir o empezar de nuevo. Este logro también es de ustedes y lleva su huella.

## Generalidades

### Historia de la cirugía guiada por fluorescencia

La cirugía guiada por fluorescencia (CGF) es el resultado de siglos de avances científicos en el estudio de un fenómeno físico que se produce cuando ciertos materiales emiten luz al ser excitados por radiación. Este fenómeno, inicialmente observado en minerales, ha evolucionado hasta convertirse en una herramienta crucial en la medicina moderna, especialmente en la cirugía. La línea de tiempo de la CGF ha presentado varios hitos históricos y científicos que llevaron a las cualidades contemporáneas de esta técnica revolucionaria.

En el siglo XVI, Georgius Agrícola, considerado el “padre de la mineralogía”, describió que la fluorita emitía luz visible al ser calentada. Este fenómeno, aunque no comprendido en su totalidad en ese momento, marcó el primer registro del comportamiento fluorescente en la naturaleza.

En 1845, Frederick W. Herschel descubrió que la luz ultravioleta podía excitar una solución de quinina, un compuesto orgánico, para que emitiera luz azul. Este hallazgo fue uno de los primeros ejemplos documentados de fluorescencia inducida por radiación. Luego, en 1852, George Gabriel Stokes, un físico británico, describió la fluorescencia como un tipo de ‘fotoluminiscencia’ y acuñó el término. También observó el *desplazamiento de Stokes*, que describe cómo la longitud de onda de la luz emitida es mayor que la de la luz absorbida. Heinrich Geissler, en 1856, creó un dispositivo que producía luz azulada al excitar gases con electricidad, conocido como el ‘Tubo de Geissler’. Este invento sentó las bases para futuros desarrollos en iluminación y espectroscopia.

Hacia 1867, Adolf von Baeyer, químico alemán y ganador del Premio Nobel, sintetizó la fluoresceína, un compuesto químico que emite fluorescencia de color verde brillante bajo luz ultravioleta. Este descubrimiento fue crucial para las aplicaciones posteriores de la fluorescencia en la biología y la medicina. A principios del siglo XX, August Köhler, Carl Reichert y Heinrich Lehmann diseñaron el microscopio de fluorescencia, que permitió observar estructuras biológicas marcadas con fluoróforos. Este avance revolucionó la investigación biomédica, permitiendo visualizar células y tejidos con mayor precisión. En los años 30, Max Haitinger y colegas científicos desarrollaron la técnica de fluorescencia secundaria, que permitió identificar elementos químicos mediante la emisión de luz fluorescente. Esto marcó el inicio de la fluorescencia como herramienta analítica. A partir de la década de los 60s, Albert Coons y Nathan Kaplan demostraron la localización de antígenos en tejidos mediante el uso de anticuerpos marca-

dos con fluoróforos. Este avance consolidó la fluorescencia como una herramienta esencial en inmunología y diagnóstico médico. La angiografía retiniana con fluoresceína se convirtió en una de las primeras aplicaciones médicas de la fluorescencia exógena. Permitted evaluar la circulación retiniana y coroidea, sentando las bases para su uso en otras áreas de la medicina.

Sin embargo, fueron los laboratorios de investigación de la compañía Kodak los que formularon el verde de indocianina (*Indocyanine Green* [ICG] por sus siglas en inglés) durante la Segunda Guerra Mundial para su uso en fotografía infrarroja-cercana. Subsecuentemente, el tinte fue aprobado para uso clínico por la Administración de Alimentos y Farmacéuticos (Food and Drug Administration [FDA] de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés) en 1959. El ICG, un fluoróforo exógeno, comenzó a utilizarse para evaluar la circulación sanguínea en órganos profundos. Su capacidad para emitir fluorescencia en el espectro del infrarrojo cercano (NIR) permitió una mayor penetración en los tejidos, ampliando su utilidad diagnóstica. Con el desarrollo de cámaras y sistemas ópticos más avanzados, la fluorescencia comenzó a integrarse en procedimientos quirúrgicos experimentales. Una de sus primeras aplicaciones se llevó a cabo en el estudio de la vascularización de la retina.

Más adelante, algunos investigadores exploraron el uso de ICG para evaluar la perfusión tisular y la viabilidad de tejidos durante cirugías reconstructivas.

A principios del siglo XXI, el sistema SPY SP2000®, desarrollado por Novadaq, recibió la primera autorización reglamentaria para su uso en cirugía guiada por fluorescencia. Inicialmente aprobado para evaluar la vascularización coronaria, su uso se amplió posteriormente a otras áreas quirúrgicas, como la evaluación de la perfusión en cirugía reconstructiva y oncológica. Un estudio publicado por Kitai y cols. demostró la utilidad del ICG para la detección de ganglios linfáticos centinela (GLC), en el que se propuso el primer uso de ICG como fluoróforo para la biopsia del cáncer de mama.

A partir del año 2010 se inició el auge de estudios que utilizan la fluorescencia con ICG para la visualización de los conductos biliares durante la colecistectomía laparoscópica. La expansión a nuevas subespecialidades quirúrgicas se alcanzó sobre la base de colaboraciones interdisciplinarias, ampliando así sus aplicaciones.

Las indicaciones para la evaluación del flujo sanguíneo se han extendido a la cirugía plástica, microcirugía reconstructiva, trasplante de órganos y procedimientos quirúrgicos gastrointestinales. En neurocirugía

se aprobó el uso de ICG para imágenes angiográficas, mientras que la fluoresceína fue aprobada para evaluar la red vascular superficial. El uso de agentes exógenos en sistemas endoscópicos comenzó con la aprobación del SPY Scope® en 2009 y se expandió rápidamente con el uso de la cirugía robótica.

La integración de la fluorescencia con técnicas de inteligencia artificial y realidad aumentada promete transformar aún más la CGF en el futuro.

### Principios básicos de la fluorescencia

El proceso comienza iluminando el área quirúrgica con una fuente de luz de longitud de onda específica, lo que excita a los fluoróforos presentes en los tejidos. La luz emitida es captada por sistemas ópticos especializados, que incluyen filtros para seleccionar las longitudes de onda relevantes, ópticas de recolección para enfocar la señal y detectores que convierten la fluorescencia en imágenes visibles para el cirujano. Este sistema permite visualizar estructuras anatómicas y funcionales que no serían perceptibles bajo luz ambiental convencional.

Desde el punto de vista físico, la fluorescencia ocurre cuando los electrones de los fluoróforos, tras absorber energía lumínica, regresan a su estado fundamental liberando fotones. Cada fluoróforo tiene un espectro característico de absorción y emisión, lo que permite su identificación específica. Además, ciertas propiedades como la intensidad de fluorescente, el rendimiento cuántico (relación entre fotones emitidos y absorbidos) y el tiempo de vida de la fluorescencia (duración del estado excitado) proporcionan información adicional sobre las características moleculares y el entorno del tejido.

La interacción de la luz con los tejidos biológicos involucra fenómenos como la absorción y la dispersión. La absorción ocurre cuando la energía del fotón coincide con una transición electrónica o vibratoria en las moléculas del tejido, mientras que la dispersión se debe a las fluctuaciones en el índice de refracción del medio. Estos procesos, descritos por los coeficientes de absorción ( $\mu_a$ ) y dispersión ( $\mu_s$ ), varían según el tipo de tejido y afectan la propagación de la luz, influyendo en la calidad de las imágenes fluorescentes obtenidas.

En términos biológicos, la especificidad de la fluorescencia se logra mediante el uso de fluoróforos dirigidos, que se unen selectivamente a moléculas o células de interés, como tejidos tumorales. Esto permite resaltar estructuras críticas, como márgenes tumorales, vasos sanguíneos o ganglios linfáticos, mejorando la precisión quirúrgica. Por ejemplo, en oncología, los fluoróforos diseñados para unirse a células tumorales iluminan estas áreas bajo luz adecuada, facilitando su identificación y resección.

### Agentes fluorescentes o fluoróforos

Los fluoróforos pueden ser intrínsecos (naturales o endógenos) o extrínsecos (administrados o exógenos). Absorben la luz de una longitud de onda específica (excitación) y emiten luz a una longitud de onda mayor (emisión), generando un contraste óptico entre el tejido objetivo y el tejido circundante.

Existen diversos agentes fluorescentes aprobados para su uso en cirugía.

A continuación, revisaremos los agentes de imagenología fluorescentes que se utilizan actualmente en la práctica o que se encuentran en ensayos clínicos para su aplicación en CGF.

#### Ácido 5-aminolevulínico (5-ALA)

El 5-ALA es un fármaco que, al ser administrado, induce la producción de protoporfirina IX (PpIX). La PpIX es un fotosensibilizador que se acumula selectivamente en las células tumorales. Exhibe fluorescencia cuando se excita con luz azul, lo que permite la visualización intraoperatoria de los tumores. La espectroscopia de fluorescencia con 5-ALA se usa comúnmente en neurocirugía para la resección de gliomas. Sin embargo, también se ha explorado en otras patologías como meningiomas y metástasis. Aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos en 2017 para gliomas de alto grado, el 5-ALA resalta ópticamente más del 90% de estos tumores. Sin embargo, es menos eficaz en gliomas de bajo grado, mostrando fluorescencia en menos del 25% de los casos. Además de su uso en la visualización tumoral, el 5-ALA se emplea en la terapia fotodinámica (TFD). En la TFD, el 5-ALA genera porfirinas que, al ser excitadas por la luz, producen oxígeno singlete, induciendo la apoptosis y la muerte celular en células cancerosas. Se está investigando su uso en el tratamiento de glioblastomas, cáncer de vejiga y neurofibromas dérmicos.

#### EMI-137

Es un péptido multicíclico marcado con un fluoróforo Cy5 que se une al receptor c-MET, una proteína que se sobreexpresa en las membranas celulares del tejido colónico enfermo. El fluoróforo Cy5 utilizado tiene longitudes de onda de excitación y emisión de 650 nm y 669 nm, respectivamente. Este agente se ha investigado para la visualización de pólipos colorrectales, que son característicos del cáncer, la colitis y la enfermedad de Crohn. La visualización de estos pólipos se dificulta debido a la inflamación del tejido intestinal circundante. La administración intravenosa de EMI-137 permite que se una a los receptores c-MET sobreexpresados en

los pólipos, facilitando su visualización durante la colonoscopia al ser excitados a 650 nm.

Actualmente, EMI-137 se encuentra en ensayos clínicos de fase IIb para la identificación y detección de pólipos y cánceres colorrectales. Los estudios buscan determinar si EMI-137 puede detectar tumores primarios c-MET positivos y evaluar su capacidad para detectar metástasis en ganglios linfáticos. También se ha evaluado en ensayos de fase I para la detección del esófago de Barrett. En comparación con la luz blanca estándar, EMI-137 proporciona un gradiente de visualización de los receptores c-MET expresados, lo que podría permitir un tratamiento dirigido en áreas de alta fluorescencia. EMI-137 también se encuentra en ensayos clínicos de fase I para cáncer de mama y de cabeza y cuello. La expresión de c-MET se ha encontrado en diferentes etapas de crecimiento y desarrollo tumoral (angiogénesis, invasión celular y metástasis) de enfermedades como el glioblastoma, el esófago de Barrett, el cáncer colorrectal y la colitis.

### **Verde de indocianina (ICG)**

El ICG es un colorante fluorescente que emite en el rango del infrarrojo cercano (NIR). Esto confiere una mayor capacidad de penetración en los tejidos en comparación con los agentes fluorescentes que emiten en el espectro visible. El ICG se une a las proteínas plasmáticas y se acumula en los tumores a través del efecto de permeabilidad y retención mejoradas (EPR), lo que lo hace un marcador de vascularización tumoral. Utilizada desde la década de 1950 para estudiar el flujo sanguíneo cardíaco, el ICG se distribuye y elimina rápidamente del cuerpo a través del hígado. A diferencia de otros agentes presenta una toxicidad virtualmente nula. Se emplea comúnmente en angiografías para mejorar el contraste de los vasos sanguíneos y evaluar la perfusión miocárdica. En el contexto cerebral puede acumularse en gliomas si la barrera hematoencefálica está comprometida. Algunos estudios recientes han demostrado que la imagen NIR con ICG ofrece una mayor sensibilidad en la detección de tumores hepáticos metastásicos. Aprobado por la FDA desde 1959, el verde de indocianina se utiliza en investigaciones de perfusión y detección de tumores, sin un objetivo de unión específico. Sus propiedades ópticas son de 784/814 nm y la dosis informada varía de 0,1 a 5,0 mg/kg según la investigación.

Wheeler investigó la captación hepática y la excreción biliar de ICG en el perro. Este estudio fue fundamental para comprender cómo el cuerpo procesa y elimina el tinte, lo que influye en su seguridad y eficacia en aplicaciones clínicas. La ventana NIR ofrece ventajas sobre las técnicas de imagen tradicionales debido a la menor dispersión de la luz en los tejidos y la menor

autofluorescencia, lo que deriva en imágenes de mayor calidad y una mejor visualización tumoral.

### **Fluoresceína sódica (FS)**

La fluoresceína sódica (FS) ha sido utilizada como agente en la CGF desde 1948, cuando Moore la empleó para la localización de tumores cerebrales. La FS se administra por vía intravenosa y se excita con luz entre 460 y 490 nm, emitiendo fluorescencia en el rango de 510 a 530 nm en el espectro visible. Su fácil disponibilidad, bajo costo y rápida administración la han convertido en un agente de interés para diversas aplicaciones en neurocirugía. A diferencia de la protoporfirina IX (PpIX), que presenta una alta especificidad por los tejidos tumorales, la FS no es un agente tumoral específico. En gliomas de alto grado, la FS cruza la barrera hematoencefálica (BHE) comprometida, acumulándose en los tumores a través de la vascularización cerebral. No obstante, su acumulación en áreas con BHE interrumpida o daño vascular puede generar falsos positivos, por lo que su interpretación debe realizarse con cautela.

Varios estudios recientes han explorado el uso de la FS combinada con otros agentes fluorescentes, como ICG, para mejorar la precisión de la CGF y reducir la posibilidad de falsos positivos. Su facilidad de uso, bajo costo y propiedades fluorescentes la convierten en un adjunto quirúrgico valioso en neurocirugía, especialmente en procedimientos donde la alteración de la BHE es un factor relevante.

### **OTL38 (pafolacianina)**

La pafolacianina (OTL38) es una sonda de imagen NIR que combina ácido fólico con un tinte verde similar a la indocianina. En su síntesis, el ácido glutámico del folato es reemplazado por tirosina, que a su vez se alquila con el tinte SO456, incrementando la intensidad de fluorescencia en más del 200% en comparación con el tinte solo. Se cree que la conjugación de la tirosina facilita la deslocalización de electrones, potenciando la intensidad de fluorescencia. OTL38 se excita a 776 nm y emite a 793 nm. Esta sonda está diseñada para dirigirse al receptor de folato alfa (FR $\alpha$ ), que se encuentra sobreexpresado en varios tipos de cáncer. Se ha observado una mayor expresión de FR $\alpha$  en el 80% de los tumores de ovario y en el 74% de los adenocarcinomas pulmonares. FR $\alpha$ , codificado por el gen FOLR, se expresa típicamente durante el desarrollo embrionario temprano.

En tejidos sanos, la expresión de FR $\alpha$  es baja, mientras que en tejidos neoplásicos aumenta significativamente. La activación de FR $\alpha$  se asocia con episodios de rápida proliferación celular, donde la unión del fo-

lato apoya la síntesis de ADN previa a la división mitótica. OTL38 recibió la aprobación de la FDA en 2021 bajo el nombre de pafolacianina, tras los resultados prometedores de sus ensayos clínicos de fase III para la identificación y resección intraoperatoria de cánceres de ovario y pulmón FRα positivos. La FDA recomienda una dosis de hasta 0,025 mg por kg de peso corporal, administrada mediante infusión intravenosa continua durante 60 minutos hasta 9 horas antes de la cirugía.

### **Nanocompuestos dopados con tierras raras encapsulados en albúmina (REANCs)**

Los nanocompuestos dopados con tierras raras encapsulados en albúmina (REANCs) están siendo investigados como agentes de contraste emisores de infrarrojo de onda corta (SWIR) para su uso en procedimientos quirúrgicos. Los REANCs ofrecen emisiones brillantes dentro de bandas SWIR relativamente estrechas. La longitud de onda de emisión máxima depende del dopante (erbio, holmio, tulio o neodimio), lo que los hace atractivos para la imagen múltiple.

Los resultados de un estudio demostraron que la intensidad de fluorescencia en los tejidos normales ('fondo') con REANCs es fácilmente discernible de la intensidad ('señal') dentro de los tumores. El SBR (relación señal/fondo) para los tumores marcados con REANCs fue significativamente mayor que para los tumores inyectados con ICG.

Otro estudio demostró una mayor captación de una nanopartícula dopada con neodimio tras la encapsulación en membranas de la línea celular de cáncer de mama MDA-MB-2311. Se observó que este enfoque mejoraba la internalización de las nanopartículas en las células cancerosas *in vitro* y aumentaba la acumulación en tumores *in vivo*. Los autores evaluaron la eficacia de estas nanopartículas recubiertas de membrana celular para la resección guiada por fluorescencia de tumores MDA-MB-2311 en ratones. Los resultados mostraron que las nanopartículas recubiertas de membrana celular permitían una mejor visualización del tumor y una resección más precisa en comparación con las nanopartículas no recubiertas, pudiendo mejorar la eficacia para la cirugía guiada por imagen en el cáncer de mama.

### **Derivados de oxazina**

Los derivados de oxazina son una clase de fluoróforos que han sido investigados por su potencial en la visualización de nervios durante cirugías. El objetivo es reducir las lesiones nerviosas iatrogénicas. Se ha creado una gama de derivados de oxazina mediante

la modificación sintética del andamio de fluoróforo de oxazina. Estos se examinaron para identificar agentes de contraste que fueran específicos para los nervios y que emitieran en el espectro NIR. Los investigadores sintetizaron y evaluaron 64 derivados de oxazina para determinar sus propiedades ópticas NIR y su especificidad nerviosa. Los derivados de oxazina que emiten en el NIR tienen varias ventajas sobre los agentes de contraste que emiten en longitudes de onda visibles. Los derivados de oxazina mostraron un contraste notable contra clases de tejidos quirúrgicos clave, lo que facilitó la obtención de imágenes nerviosas en profundidad, extendiendo la detección nerviosa desde la superficie del tejido a través de 3 mm de tejido nativo intacto.

El desarrollo de derivados de oxazina específicos para nervios no solo optimiza la visualización intraoperatoria, sino también contribuye a reducir la morbilidad posquirúrgica asociada con el daño nervioso.

### **BLZ-100**

BLZ-100 consiste en un péptido de clorotoxina (CTX) al que se ha unido el fluoróforo verde de indocianina (ICG) a través de la formación de éster NHS. Esto da como resultado una sonda NIR con una excitación/emisión de 675 nm/740 nm, mientras que el ICG solo tiene una excitación/emisión de 789 nm/814 nm.

La clorotoxina (CTX) es un péptido con ocho cisteínas que forman cuatro enlaces disulfuro, lo que lo hace estructuralmente muy compacta y resistente a las proteasas. Se aisló del veneno de escorpión *Leiurus quinquestriatus* y tiene la propiedad de unirse a los canales de iones cloruro, que se sobreexpresan en cánceres como el glioblastoma, el cáncer de pulmón y el cáncer de piel.

Actualmente, BLZ-100 se encuentra en varios ensayos clínicos de Fase I para su uso en tumores de piel, cerebro y mama, y en estudios clínicos de Fase II y III para tumores pediátricos del sistema nervioso central. El enfoque de la identificación y delineación del glioblastoma de BLZ-100 en cerebros de ratones mostró fluorescencia en concentraciones de sonda tan bajas como 500 pM, y BLZ-100 no mostró unión ni fluorescencia en tejido cerebral sano.

El primer estudio en seres humanos demostró que BLZ-100 fue bien tolerado en los pacientes con cáncer de piel. No hubo interrupciones debido a eventos adversos, y no se identificó una dosis máxima tolerada (MTD). Este estudio proporciona información valiosa sobre la seguridad y la farmacocinética de BLZ-100 en pacientes con cáncer de piel, lo que justifica más investigación sobre su potencial como agente para guiar la resección tumoral.

## Dispositivos ópticos: cámaras, filtros y sistemas de visualización

Uno de los sistemas más reconocidos es SPY Elite® desarrollado por Stryker (Kalamazoo, MI), un equipo ampliamente utilizado para evaluar la perfusión tisular en procedimientos como cirugías de colgajos y reconstrucciones mamarias. Este sistema utiliza ICG como fluoróforo y ofrece imágenes en tiempo real que permiten a los cirujanos identificar áreas con perfusión inadecuada, reduciendo así el riesgo de necrosis tisular. SPY Elite es conocido por su facilidad de uso y su capacidad para integrarse en el flujo quirúrgico sin interrumpir el procedimiento. Además, su portabilidad y diseño compacto lo convierten en una herramienta versátil en múltiples especialidades quirúrgicas.

Otro sistema destacado es el Karl Storz (Tuttlingen, Alemania) IMAGE1 S™ RUBINA®, que combina imágenes de fluorescencia en el espectro NIR con capacidades de imagen laparoscópica de alta definición. Este equipo ofrece modos específicos para visualizar estructuras anatómicas como ganglios linfáticos, conductos biliares y vasos sanguíneos, lo que lo hace ideal para procedimientos mínimamente invasivos como la colecistectomía y la linfadenectomía. RUBINA® se distingue por su tecnología de superposición de imágenes, que permite a los cirujanos combinar imágenes de fluorescencia con imágenes anatómicas convencionales en una sola pantalla, mejorando la precisión y reduciendo la curva de aprendizaje.

En el ámbito de la oncología quirúrgica, el sistema QuestSpectrum™ (Olympus [Center Valley, PA]) ha ganado popularidad por su capacidad para capturar imágenes de alta resolución de tejidos tumorales utilizando fluoróforos específicos, como anticuerpos monoclonales conjugados con fluoróforos NIR. Este sistema es particularmente útil en procedimientos de resección oncológica, ya que permite a los cirujanos identificar márgenes tumorales y ganglios linfáticos afectados con gran precisión. Además, QuestSpectrum™ es compatible con una amplia gama de fluoróforos y ofrece configuraciones personalizables que se adaptan a las necesidades específicas de cada procedimiento.

Otro equipo importante es el Fluobeam® LX, desarrollado por Fluoptics (Grenoble, Francia), que se utiliza principalmente en cirugía endocrina, como la identificación de glándulas paratiroides durante la tiroidectomía. Este sistema portátil y fácil de manejar utiliza imágenes de fluorescencia para localizar glándulas paratiroides en tiempo real, reduciendo el riesgo de hipoparatiroidismo posoperatorio. Su diseño ergonómico y su capacidad para proporcionar imágenes claras en condiciones quirúrgicas complejas lo convierten en una herramienta esencial en este campo.

En el contexto de la cirugía hepática y biliar, el sistema PINPOINT® Endoscopic Fluorescence Imaging System, desarrollado por Novadaq (ahora parte de Stryker), es ampliamente utilizado. Este equipo combina imágenes de fluorescencia con imágenes laparoscópicas de alta definición, lo que permite a los cirujanos identificar estructuras críticas como conductos biliares y vasos hepáticos. PINPOINT® es particularmente útil en procedimientos como la hepatectomía y la colecistectomía, donde la visualización precisa de las estructuras anatómicas es crucial para evitar complicaciones.

En el ámbito de la cirugía robótica, el sistema da Vinci Firefly™, desarrollado por Intuitive Surgical (Sunnyvale, CA), ha integrado la fluorescencia en su plataforma robótica avanzada. Este sistema utiliza ICG y cámaras NIR para proporcionar imágenes de fluorescencia en procedimientos robóticos, como prostatectomías y nefrectomías. Firefly™ permite a los cirujanos visualizar estructuras críticas con una precisión sin precedentes, mejorando los resultados quirúrgicos y reduciendo las complicaciones.

Por último, el sistema ICG-NIR ImagingSystem®, desarrollado por Olympus (Center Valley, PA), se ha establecido como una opción versátil para procedimientos laparoscópicos y abiertos. Este equipo combina imágenes de fluorescencia con capacidades de imagen de alta definición, permitiendo a los cirujanos realizar procedimientos complejos con mayor confianza. Olympus ha diseñado este sistema para ser compatible con una amplia gama de fluoróforos, lo que lo hace ideal para diversas aplicaciones quirúrgicas.

## Análisis FODA de la cirugía guiada por fluorescencia

Durante muchos años se ha intentado mejorar la calidad de imagen y ampliar las pantallas en el campo de la cirugía, con el objetivo de proporcionar a los cirujanos una mejor visualización de los tejidos. La evolución de las tecnologías de imagen ha permitido que los profesionales de la salud realicen intervenciones más precisas y seguras. Por primera vez en la historia, los cirujanos no solo pueden ver mejor, sino tienen la capacidad de observar más allá de los tejidos superficiales. La posibilidad de “ver más allá” transforma la práctica quirúrgica, permitiendo a los cirujanos tomar decisiones basadas en información visual detallada. Esto representa un avance significativo en la cirugía moderna, donde la combinación de tecnología de imagen avanzada y habilidades quirúrgicas se traduce en mejores resultados para los pacientes. A fin de aprovechar al máximo su potencial, es fundamental identificar y abordar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la tecnología.

### Fortalezas

- Mejora en la visualización quirúrgica
  - Precisión aumentada: la CGF permite la diferenciación de tejidos sanos y tumorales, lo que mejora la precisión en la resección tumoral. Un estudio demostró que el uso de ICG en cirugía oncológica aumentó la tasa de resección completa del 70 al 90%.
  - Identificación de estructuras críticas: la capacidad de visualizar estructuras como nervios y vasos sanguíneos en tiempo real ayuda a prevenir lesiones quirúrgicas. Esto es especialmente relevante en neurocirugía y cirugía de cabeza y cuello.
- Reducción de complicaciones posoperatorias
  - Menor tasa de reintervenciones: la utilización de fluorescencia ha mostrado reducir la necesidad de reintervenciones en un 30% en procedimientos complejos, lo que se traduce en menores costos y mejor recuperación del paciente.

### Costo-efectividad

- Ahorro en costos de atención: un análisis de costo-beneficio indica que la implementación de CGF puede reducir los costos hospitalarios en un 20-25% al disminuir la duración de la estadía y las tasas de complicaciones.
- Accesibilidad: los equipos de CGF son menos costosos que otros métodos avanzados de imagen, lo que facilita su adopción en hospitales con recursos limitados.

### Portabilidad y facilidad de uso

- Equipos compactos: la tecnología de CGF no requiere instalaciones complejas, lo que permite su uso en una variedad de entornos quirúrgicos, desde hospitales grandes hasta clínicas más pequeñas.
- Facilidad de integración: la CGF puede integrarse fácilmente en procedimientos quirúrgicos existentes sin necesidad de una reestructuración significativa del flujo de trabajo.

### Oportunidades

- Expansión de aplicaciones clínicas
  - Diversificación de usos: la CGF puede ser aplicada en diversas especialidades como cirugía plástica, ortopédica y torácica, lo que abre nuevas oportunidades para su implementación. Se estima un crecimiento del uso de CGF en un 50% en los próximos cinco años.
  - Investigación en nuevos agentes: la investigación en agentes fluorescentes más específicos y eficaces podría ampliar las aplicaciones de la CGF, mejorando la detección de diferentes tipos de tejidos y patologías.

- Innovación y desarrollo tecnológico
  - Integración con tecnologías emergentes: la combinación de CGF con tecnologías como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático puede mejorar la precisión en la identificación de tejidos, lo que podría aumentar la eficacia en un 25%.
- Capacitación y educación continua
  - Programas de formación especializados: la creación de cursos y talleres sobre CGF puede aumentar la competencia de los cirujanos y fomentar la aceptación de esta técnica. Se prevé que la capacitación adecuada aumente la tasa de adopción en un 40%.
  - Educación interdisciplinaria: incluir la CGF en la formación de residentes y especialistas puede fomentar un enfoque más integral en la cirugía, mejorando los resultados a largo plazo.

### Debilidades

- Variabilidad en la Intensidad de la señal
  - Factores que afectan la visualización: la intensidad de la señal fluorescente puede verse influenciada por múltiples factores, incluyendo la dosis del fluoróforo y las condiciones del entorno quirúrgico, lo que puede comprometer la calidad de la imagen.
  - Interpretación subjetiva: la variabilidad en la señal puede llevar a interpretaciones individuales dependiendo en determinadas circunstancias del operador.
- Necesidad de más estudios clínicos
  - Estándares de práctica: la ausencia de protocolos estandarizados para el uso de CGF puede dificultar su implementación generalizada.
- Dependencia de tecnología especializada
  - Requerimientos de equipamiento: la necesidad de equipos especializados puede ser una barrera para hospitales con recursos limitados.

### Amenazas

- Competencia de otras tecnologías
  - Avances en métodos alternativos: la CGF enfrenta competencia de tecnologías avanzadas como la iMRI (Intraoperative MRI) y la tomografía computarizada intraoperatoria, que pueden ofrecer ventajas adicionales en ciertos contextos quirúrgicos.
  - Desarrollo de nuevas técnicas: la aparición de nuevas técnicas de imagen con programas de inteligencia artificial podría desplazar a la CGF si no se adapta y mejora continuamente.
- Regulaciones y aprobaciones
  - Barreras regulatorias: el desarrollo y la aprobación de nuevos agentes fluorescentes están sujetos a estrictas regulaciones, lo que puede retrasar su intro-

ducción en el mercado.

- Costos de cumplimiento: la necesidad de cumplir con normativas puede aumentar los costos de desarrollo para los fabricantes, lo que podría afectar la disponibilidad de productos en el mercado.
- Resistencia al cambio
  - Preferencias por métodos tradicionales: la resistencia de algunos cirujanos a adoptar nuevas tecnologías debido a la falta de familiaridad o confianza puede limitar la difusión de la CGF en la práctica clínica.

### Adopción de la cirugía guiada por fluorescencia en el mundo

La adopción de la CGF varía considerablemente entre diferentes regiones del mundo. A continuación se presenta un análisis exhaustivo que incluye ejemplos específicos de países, años de implementación y aplicaciones clínicas (Fig. 1).

#### Asia

##### Japón

Japón ha sido pionero en el uso de la CGF, especialmente en cirugía oncológica y cardiovascular. Desde principios de la década de 2010, algunos hospitales de referencia como el Hospital Universitario de Tokio y el Hospital Nacional del Cáncer en Tsukiji han llevado a cabo ensayos clínicos y aplicaciones prácticas

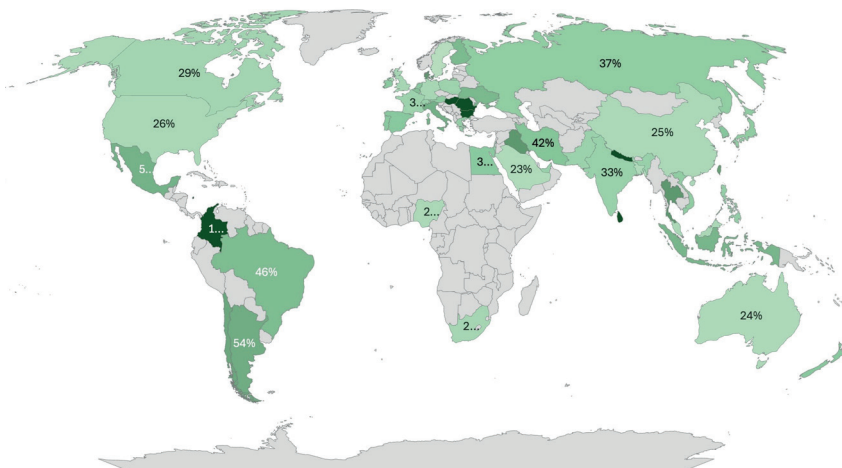
de la CGF. Según un estudio publicado en el *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences* (2015), la CGF con ICG mostró una sensibilidad del 95% en la detección de tumores hepáticos durante cirugías, lo que llevó a su rápida adopción en este campo. Además, en cirugía colorrectal, la CGF ha reducido las tasas de fuga anastomótica en un 40%, según datos del Hospital Universitario de Kioto (2020). La tecnología se ha integrado ampliamente gracias a la colaboración entre instituciones médicas y empresas japonesas como Olympus, que ha desarrollado sistemas de imagen por fluorescencia de última generación, como el sistema VISERA ELITE II®, ampliamente utilizado en hospitales japoneses desde 2016.

Factores que facilitan la adopción generalizada

- **Alta inversión en salud:** Japón destina aproximadamente el 10,9% de su Producto Interior Bruto (PIB) a salud (OMS, 2021), uno de los porcentajes más altos del mundo. Esto permite una inversión significativa en tecnologías avanzadas como la CGF. Según el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón (2022), el gasto per cápita en salud supera los 4800 USD al año, lo que facilita la adquisición de equipos costosos y la capacitación del personal médico.
- **Infraestructura médica avanzada:** Japón cuenta con una de las infraestructuras médicas más desarrolladas del mundo, con 13,4 camas de hospital por cada 1000 habitantes (OMS, 2020), la más alta entre los países industrializados. Además, el 95% de los hospitales tienen acceso a tecnologías quirúrgicas de punta, incluyendo sistemas de CGF, según datos del Ministerio de

■ FIGURA 1

Worldwide interest of ICG over time  
Indocyanine green: 1/1/19 - 12/31/24  
20% 100%



Distribución mundial en el interés de la aplicación del ICG y la CGF durante los últimos 5 años

Salud japonés (2022). Esto asegura una distribución equitativa de recursos médicos entre áreas urbanas y rurales.

- **Capacitación y estandarización:** Japón ha implementado programas nacionales de formación para cirujanos y personal técnico en el uso de la CGF. La Sociedad Japonesa de Cirugía (JSS, por sus siglas en inglés) ha establecido guías y cursos de certificación desde 2013, lo que ha permitido que más del 80% de los cirujanos en hospitales de nivel medio y alto estén capacitados en esta tecnología, según un informe de la JSS (2021).

#### Aplicaciones específicas de la CGF en Japón

- **Cirugía oncológica:** la CGF se utiliza ampliamente en cáncer de hígado, colorrectal, gástrico y de mama, que son de alta incidencia en Japón. Según el Centro Nacional del Cáncer de Japón, en 2022 se diagnosticaron más de 130 000 casos de cáncer gástrico, y la CGF ha sido fundamental para mejorar la resección de tumores y la identificación de ganglios linfáticos centinela, con una precisión del 90-95% (datos del Hospital Nacional del Cáncer, 2021).
- **Cirugía cardiovascular:** la CGF con ICG es rutinaria para evaluar la perfusión tisular en cirugías de *bypass* coronario y reconstrucciones vasculares. Un estudio del Hospital Universitario de Osaka (2019) informó una reducción del 25% en complicaciones posoperatorias gracias a esta tecnología.
- **Neurocirugía y otras áreas:** Japón también lidera en el uso de la CGF en neurocirugía, como en la resección de gliomas utilizando agentes fluorescentes como el ácido 5-aminolevulínico (5-ALA), con resultados que muestran una mejora del 30% en la resección completa de tumores cerebrales, según el *Journal of Neurosurgery* (2020).

#### Iniciativas y perspectivas futuras

Japón continúa liderando en innovación y adopción de la CGF. El gobierno, a través del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar, ha promovido desde 2018 proyectos de investigación para desarrollar nuevos agentes fluorescentes y sistemas de imagen más precisos. Además, empresas como Olympus y Fujifilm están trabajando en integrar inteligencia artificial con la CGF para mejorar la detección de tejidos en tiempo real, con prototipos que podrían estar disponibles para 2025, según un informe de Nikkei Asia (2023). El sistema de seguro nacional japonés también está evaluando ampliar la cobertura de procedimientos con CGF, lo que reduciría los costos para los pacientes y aumentaría aún más su uso, especialmente en hospitales más pequeños y en áreas rurales. Más del 95% de los hospitales japoneses de nivel medio y alto cuentan con sistemas de imagen por fluorescencia, según el Ministerio de Salud

de Japón (2022). Se estima que más de 100 000 procedimientos quirúrgicos con CGF se realizan anualmente en Japón, especialmente en cirugía oncológica y cardiovascular, según la Sociedad Japonesa de Cirugía (2021).

#### China

Desde 2015, China ha llevado a cabo ensayos clínicos para evaluar la eficacia de la CGF, especialmente en la identificación de tejidos tumorales y en la mejora de la precisión quirúrgica. Según un estudio publicado en el *Journal of Surgical Oncology* (2019), la CGF con ICG ha mostrado una sensibilidad del 88-92% en la detección de tumores hepáticos durante cirugías en hospitales de primer nivel como el Hospital General del Ejército Popular de Liberación en Pekín. Además, en procedimientos de cáncer colorrectal, la CGF ha ayudado a reducir las tasas de fuga anastomótica en un 30%, según datos de un ensayo clínico realizado en el Hospital Zhongshan de Shanghai (2021). Sin embargo, estos ensayos y aplicaciones se han concentrado principalmente en centros médicos urbanos de alto nivel. Por ejemplo, el uso de sistemas de imagen por fluorescencia, como los desarrollados por empresas como Stryker o Karl Storz, está limitado a hospitales de nivel 3 (los más avanzados) en ciudades como Pekín, Shanghai y Cantón.

#### Aplicaciones específicas de la CGF en China

- **Cirugía oncológica:** la CGF se ha utilizado principalmente en cáncer de hígado, colorrectal y gástrico, que son de alta incidencia en China. Según el Centro Nacional de Investigación del Cáncer de China, en 2022 se diagnosticaron más de 400 000 casos de cáncer de hígado, y la CGF ha sido clave para mejorar la resección de tumores en hospitales como el Hospital de Cáncer de Pekín.
- **Cirugía cardiovascular y de perfusión:** a CGF con ICG también se ha empleado para evaluar la perfusión tisular en cirugías de *bypass* coronario y reconstrucciones vasculares, con resultados prometedores en la reducción de complicaciones posoperatorias, según un estudio del Hospital Fuwai (2020).
- **Limitaciones en otras áreas:** su uso en neurocirugía o cirugía pediátrica sigue siendo experimental en China, a diferencia de Japón, donde ya se aplica de manera rutinaria en estos campos.

#### Iniciativas y perspectivas futuras

El gobierno chino ha mostrado interés en expandir el uso de tecnologías quirúrgicas avanzadas como parte del plan "Healthy China 2030", que busca modernizar el sistema de salud y reducir las disparidades regionales. En 2022, el Ministerio de Salud anunció

subsidios para equipar hospitales de nivel 2 con tecnologías quirúrgicas, aunque la CGF aún no es una prioridad frente a necesidades más básicas. Además, empresas chinas como Mindray están desarrollando sistemas de imagen por fluorescencia más accesibles, con costos hasta un 40% menor que los de marcas internacionales como Stryker u Olympus, según un informe de *China Daily* (2023). Esto podría facilitar la adopción de la CGF en hospitales de menor nivel en los próximos años.

#### Corea del Sur

- **Nivel de adopción:** Corea del Sur tiene uno de los niveles más altos de adopción de CGF en la región, gracias a su sistema de salud avanzado y una fuerte inversión en tecnología médica. La CGF se utiliza ampliamente en cirugía oncológica (especialmente cáncer gástrico y colorrectal) y cardiovascular desde mediados de la década de 2010. Hospitales como el Centro Médico Samsung y el Hospital Severance en Seúl han informado una precisión del 90-93% en la detección de tumores hepáticos con CGF, según estudios publicados en el *Korean Journal of Surgery* (2020).
- **Factores clave:** el país destina el 8,2% de su PIB a salud (OMS, 2021), y cuenta con 12,4 camas de hospital por cada 1000 habitantes, lo que facilita el acceso a tecnologías avanzadas. Además, el gobierno surcoreano ha promovido programas de capacitación para cirujanos desde 2015, y empresas locales como Samsung Medison desarrollan equipos de imagen compatibles con CGF.
- **Desafíos:** Aunque la adopción es alta en áreas urbanas, en zonas rurales persiste una brecha de acceso debido a la concentración de recursos en ciudades grandes.

#### Singapur

- **Nivel de adopción:** Singapur también muestra un nivel avanzado de adopción de CGF, especialmente en hospitales de referencia como el Hospital General de Singapur y el Centro Nacional del Cáncer. La tecnología se usa en cirugía oncológica y reconstructiva desde finales de la década de 2010, con resultados positivos en la reducción de complicaciones posoperatorias (según datos del Ministerio de Salud de Singapur, 2021).
- **Factores clave:** Singapur invierte alrededor del 5,9% de su PIB en salud (OMS, 2021) y tiene un sistema de salud altamente eficiente, con un gasto *per cápita* de más de 3000 USD al año. La infraestructura médica es de primer nivel, con acceso casi universal a tecnologías avanzadas, y el gobierno promueve la colaboración con empresas internacionales para importar sistemas de CGF.
- **Desafíos:** los costos elevados de los procedimientos

(entre 1000 y 2,000 SGD por uso de ICG, equivalente a 750-1500 USD), limitan su accesibilidad para algunos pacientes, a pesar de los subsidios gubernamentales.

#### Taiwán

- **Nivel de adopción:** Taiwán ha adoptado la CGF de manera progresiva desde finales de la década de 2010, principalmente en centros médicos importantes como el Hospital General de Taipéi y el Centro Médico Chang Gung. Se utiliza en cirugía oncológica y para evaluar perfusión tisular en procedimientos vasculares, con una sensibilidad informada del 85-90% en detección de tumores, según el *Journal of the Formosan Medical Association* (2022).
- **Factores clave:** Taiwán destina el 6,6% de su PIB a salud (OMS, 2021) y cuenta con un sistema de seguro nacional que cubre parcialmente procedimientos avanzados. La infraestructura médica es sólida, con 7,1 camas por cada 1000 habitantes, y hay un enfoque en la capacitación de cirujanos a través de programas universitarios.
- **Desafíos:** la adopción está limitada a hospitales de nivel superior, y la falta de equipos en centros más pequeños restringe el acceso en áreas menos urbanizadas.

#### Tailandia

- **Nivel de adopción:** en Tailandia, la adopción de la CGF es más limitada y se concentra en hospitales de élite en Bangkok, como el Hospital Bumrungrad y el Hospital Siriraj, donde se usa principalmente en cirugía oncológica desde alrededor de 2018. Los datos del Ministerio de Salud Pública (2022) indican que su uso ha mejorado la precisión en resecciones de tumores en un 20-30% en estos centros.
- **Factores clave:** Tailandia invierte cerca del 4.1% de su PIB en salud (OMS, 2021), y, aunque cuenta con un sistema de salud en mejora, la infraestructura médica es desigual, con solo 2,1 camas por cada 1000 habitantes. El turismo médico ha impulsado la adopción de tecnologías avanzadas en hospitales privados.
- **Desafíos:** fuera de Bangkok, el acceso a CGF es casi inexistente debido a la falta de equipos y personal capacitado. Además, los costos no están cubiertos por el seguro de salud universal en muchos casos.

#### Malasia

- **Nivel de adopción:** Malasia tiene una adopción incipiente de la CGF, restringida a hospitales principales como el Hospital Kuala Lumpur y centros privados en Penang. Su uso, iniciado alrededor de 2019, se centra

en cirugía oncológica y reconstructiva, pero los datos sobre eficacia son limitados debido a la falta de estudios locales a gran escala.

- **Factores clave:** el país destina el 4,0% de su PIB a salud (OMS, 2021), y cuenta con 1,9 camas por cada 1000 habitantes. El gobierno ha invertido en modernizar hospitales públicos, pero la CGF sigue siendo una tecnología de nicho, accesible principalmente en el sector privado.
- **Desafíos:** la falta de capacitación y los altos costos de los sistemas de imagen (que pueden superar los 100 000 USD por unidad) limitan su difusión. Además, hay una brecha significativa entre áreas urbanas y rurales.

### India

- **Nivel de adopción:** en India, la adopción de la CGF es muy limitada y se restringe a hospitales de élite en ciudades como Delhi, Mumbai y Bangalore, como el Instituto de Ciencias Médicas de Toda India (AIIMS) y el Hospital Apollo. Su uso comenzó alrededor de 2018-2020, principalmente en cirugía oncológica, con resultados iniciales que muestran mejoras en la precisión quirúrgica, según el *Indian Journal of Surgery* (2021).
- **Factores clave:** India invierte solo el 3,0% de su PIB en salud (OMS, 2021), uno de los porcentajes más bajos de la región, y tiene apenas 0,5 camas por cada 1000 habitantes. La adopción de CGF está impulsada por el sector privado, que atiende a una pequeña fracción de la población con mayor poder adquisitivo.
- **Desafíos:** la gran mayoría de la población no tiene acceso a esta tecnología debido a los costos prohibitivos (un procedimiento con ICG puede costar entre 10 000 y 20 000 INR, unos 120-240 USD) y la falta de infraestructura médica en áreas rurales, donde vive cerca del 65% de la población (Banco Mundial, 2022).

### Europa

En Europa, los primeros usos clínicos de la CGF se registraron a finales de la década de 1990 y principios de la de 2000, inicialmente en centros de investigación y hospitales universitarios. La aprobación de la 5-ALA por la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) en 2007 para el tratamiento de gliomas marcó un hito clave, impulsando su adopción en neurocirugía (Stummer et al., 2006). El uso de ICG en cirugía oncológica y cardiovascular comenzó a documentarse en la misma época, con estudios pioneros en países como Alemania y Francia entre 2005 y 2010 (Schaafsma cols., 2011). La difusión más amplia de la CGF ocurrió durante la década de 2010, gracias a la mejora de los sistemas de imagen (desarrollados por empresas como Carl Zeiss y Karl Storz) y la publicación de ensayos clínicos que validaron su eficacia y seguridad.

### Alemania

- **Origen e implementación inicial:** Alemania fue uno de los primeros países europeos en adoptar la CGF, con ensayos clínicos y aplicaciones prácticas documentadas a finales de la década de 2000 (2008-2010). Centros como la Charité-Universitätsmedizin Berlin y el Hospital Universitario de Heidelberg lideraron el uso de ICG en cirugía hepática y colorrectal, y de 5-ALA en neurocirugía tras su aprobación en 2007 (Schaafsma cols., 2011).
- **Estado actual (hasta 2025):** Alemania se mantiene como líder en Europa en la adopción de la CGF, con una implementación generalizada en más del 80% de los hospitales universitarios y de referencia (Deutsche Gesellschaft für Chirurgie, 2022). La tecnología se utiliza en oncología (hígado, colorrectal), neurocirugía y cirugía cardiovascular, con una sensibilidad informada del 90-95% en detección de tumores hepáticos mediante ICG. La inversión en salud (11,7% del PIB, gasto per cápita de 6000 USD; OMS, 2021) y una infraestructura robusta (8,0 camas por 1000 habitantes; OMS, 2020) sustentan esta posición. Sin embargo, los costos (500-1000 EUR por procedimiento) y las leves disparidades urbano-rurales persisten como desafíos.

### Francia

- **Origen e implementación inicial:** Francia comenzó a implementar la CGF a finales de la década de 2000 (2007-2010), tras la aprobación de 5-ALA y con estudios iniciales sobre ICG en cirugía cardiovascular y oncológica. Centros como el Instituto Gustave Roussy y el Hospital Pitié-Salpêtrière fueron pioneros en su adopción (Degett et al., 2019).
- **Estado actual (hasta 2025):** La CGF está ampliamente adoptada, con más del 70% de los hospitales de nivel superior integrándola en sus prácticas (Ministère de la Santé, 2021). Se utiliza principalmente en oncología y cardiovascular, con informes de una reducción del 30% en complicaciones posoperatorias en cirugía colorrectal. La inversión en salud (11,1% del PIB, gasto per cápita de 5500 USD; OMS, 2021) y una infraestructura sólida (5,8 camas por 1000 habitantes; OMS, 2020) facilitan su uso, aunque la adopción es menos homogénea en hospitales regionales debido a limitaciones presupuestarias.

### Reino Unido

- **Origen e implementación inicial:** en el Reino Unido, la adopción de la CGF comenzó alrededor de 2010-2012, con un enfoque inicial en neurocirugía (tras la aprobación de 5-ALA) y oncología. Hospitales como el Royal Marsden y el University College London Hospital

lideraron su implementación (Stummer y cols., 2020).

- **Estado actual (hasta 2025):** aproximadamente el 60% de los hospitales de referencia del National Health Service (NHS) utilizan CGF, con aplicaciones en cirugía de mama, cerebral y cardiovascular (NHS England, 2022). Diversos estudios informan un aumento del 25% en la resección completa de gliomas con 5-ALA. La inversión en salud (10,2% del PIB, gasto per cápita de 4500 USD; OMS, 2021) y una infraestructura más limitada (2,5 camas por 1000 habitantes; OMS, 2020) restringen una adopción más amplia, junto con variaciones regionales y restricciones presupuestarias del NHS.

### Italia

- **Origen e implementación inicial:** Italia comenzó a implementar la CGF a mediados de la década de 2010 (2013-2015), con un enfoque en cirugía oncológica y hepática. Centros como el Hospital San Raffaele en Milán y el Policlínico Gemelli en Roma fueron los primeros en adoptarla (Veronesi y cols., 2021).
- **Estado actual (hasta 2025):** la CGF se utiliza en el 50-60% de los hospitales de nivel superior, principalmente en el norte del país (Ministero della Salute, 2022). Se refieren mejoras del 20-30% en la identificación de ganglios linfáticos centinela en cáncer de mama. La inversión en salud (9,0% del PIB, gasto per cápita de 3500 USD; OMS, 2021) y una infraestructura moderada (3,1 camas por 1000 habitantes; OMS, 2020) limitan su difusión, agravada por marcadas disparidades regionales entre el norte y el sur.

### España

- **Origen e implementación inicial:** España adoptó la CGF de manera más tardía, hacia finales de la década de 2010 (2015-2018), con aplicaciones iniciales en cirugía oncológica y cardiovascular. Centros como el Hospital Clínic de Barcelona y el Hospital Gregorio Marañón en Madrid lideraron su uso (Boogerd y cols., 2020).
- **Estado actual (hasta 2025):** alrededor del 50% de los hospitales universitarios y de referencia emplean CGF, con mayor presencia en regiones como Cataluña y Madrid (Ministerio de Sanidad, 2022). Se informa una sensibilidad del 85-90% en resecciones hepáticas con ICG. La inversión en salud (9,1% del PIB, gasto per cápita de 3300 USD; OMS, 2021) y una infraestructura limitada (3,0 camas por 1000 habitantes; OMS, 2020) restringen su adopción, junto con desigualdades regionales y restricciones presupuestarias en el sistema público.

## América Anglosajona

### Estados Unidos

- **Origen e implementación inicial:** Estados Unidos fue pionero en América del Norte con aplicaciones clínicas de ICG en CGF desde 2005, lideradas por centros como la Cleveland Clinic y el MD Anderson Cancer Center. La introducción del SPY Elite System (2007) y del módulo Firefly en la plataforma Da Vinci (2010) impulsó su adopción en diversas especialidades (Intuitive Surgical, 2022).

### Estado actual (hasta 2025) por especialidad

- Cirugía colorrectal
  - **Tasa de adopción y uso:** utilizada en el 75-80% de los hospitales de nivel 1 (unos 1200-1300 hospitales), con más de 60 000 procedimientos anuales en el ámbito nacional, según la American Society of Colon and Rectal Surgeons (ASCRS, 2022). Es estándar en resecciones colorrectales laparoscópicas y robóticas para evaluar perfusión en anastomosis.
  - **Resultados clínicos:** reducción del 66% en fugas anastomóticas (de 6,1 a 2,1%), basada en un estudio multicéntrico de 2500 pacientes, lo que disminuye reintervenciones y hospitalizaciones prolongadas (Jafari y cols., 2016).
  - **Costos:** costo por procedimiento de 800-1800 USD (100-300 USD por dosis de ICG, 500-1500 USD por uso de sistemas como Firefly o SPY Elite).
  - **Desafíos:** cobertura limitada por seguros en procedimientos electivos (solo 60-70% reembolsados por Medicare bajo códigos CPT específicos); falta de acceso en hospitales comunitarios (adopción del 40%).
- Cirugía hepática
  - **Tasa de adopción y uso:** implementada en el 70-75% de los hospitales terciarios con programas de cirugía hepatobiliar (unos 900-1000 hospitales), con aproximadamente 10 000-12 000 procedimientos anuales, según datos de la American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD, 2022).
  - **Resultados clínicos:** Sensibilidad del 93% y especificidad del 87% para detectar tumores y metástasis hepáticas, basada en más de 500 casos informados por centros como el Memorial Sloan Kettering Cancer Center, mejorando la precisión de resecciones.
  - **Costos:** costo por procedimiento de 1000-2000 USD, debido a la necesidad de dosis múltiples de ICG y uso prolongado de sistemas de imagen.
  - **Desafíos:** uso limitado a centros especializados; falta de capacitación estandarizada para cirujanos fuera de instituciones académicas.

- Cirugía oncológica (mama y ginecológica)
  - **Tasa de adopción y uso:** adoptada en el 65-70% de los hospitales con programas oncológicos (unos 800-900 hospitales), con 25 000-30 000 procedimientos anuales para mapeo de ganglios linfáticos centinela en cáncer de mama y endometrial, según la Society of Surgical Oncology (SSO, 2022).
  - **Resultados clínicos:** tasa de detección del 95-97%, que supera a métodos tradicionales como azul de metileno, reduciendo disecciones innecesarias y linfedema (Zhang y cols., 2016).
  - **Costos:** costo por procedimiento de 800-1500 USD (100-300 USD por ICG, resto por equipo).
  - **Desafíos:** variabilidad en reembolsos por seguros privados; adopción menor en hospitales sin tecnología robótica (solo 50% de hospitales comunitarios).
- Cirugía cardiovascular y reconstructiva
  - **Tasa de adopción y uso:** usada en el 50-55% de los hospitales con programas cardiovasculares o de cirugía plástica (unos 600-700 hospitales), con 8000-10 000 procedimientos anuales para evaluación de perfusión en injertos y colgajos, según la American Heart Association (AHA, 2022).
  - **Resultados clínicos:** mejora del 35% en resultados posoperatorios al predecir viabilidad tisular, reduciendo necrosis y revisiones quirúrgicas (Gioux cols., 2010).
  - **Costos:** costo por procedimiento de 900-1800 USD, dependiendo de la complejidad y duración del uso de sistemas NIR.
  - **Desafíos:** uso limitado por la alta especialización requerida; costos prohibitivos para hospitales pequeños.
- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 16,8% del PIB (10 921 USD per cápita; OMS, 2021); 2,9 camas por 1000 habitantes (OMS, 2020). Más de 3000 hospitales tienen sistemas Da Vinci con Firefly, pero solo el 40-50% de los hospitales comunitarios acceden a CGF (Intuitive Surgical, 2022).
- **Proyecciones para 2025:** adopción general del 90% en hospitales de nivel 1 y 60% en comunitarios, con crecimiento en cirugía colorrectal (85%) y oncológica (75%) por reducción de costos de equipos portátiles (20-30% esperados) y mayor estandarización de reembolsos.

#### Canadá

- **Origen e implementación inicial:** Canadá comenzó a implementar CGF con ICG entre 2010 y 2013, con centros como el Toronto General Hospital y el Vancouver General Hospital liderando ensayos. La aprobación de sistemas NIR por Health Canada en 2011-2012 facilitó

su integración, aunque el financiamiento público ralentizó la adopción (Hadley y Milner, 2018).

#### Estado actual (hasta 2025) por especialidad

- Cirugía colorrectal
  - **Tasa de adopción y uso:** implementada en el 60-65% de los hospitales terciarios (unos 100-110 de 180), con aproximadamente 15 000 procedimientos anuales, según el Canadian Institute for Health Information (CIHI, 2022). Es común en resecciones laparoscópicas para evaluar perfusión anastomótica.
  - **Resultados clínicos:** reducción del 58% en fugas anastomóticas (de 5,8% a 2,4%), basada en estudios con 800 pacientes, mejorando resultados en procedimientos complejos (Degett y cols., 2016).
  - **Costos:** **costo por procedimiento de 600-1400 CAD** (450-1050 USD), con 100-200 CAD por dosis de ICG y resto por uso de sistemas como SPY Elite.
  - **Desafíos:** acceso limitado en hospitales rurales (20-30% de adopción); tiempos de espera para cirugías electivas (hasta 6 meses).
- Cirugía hepática
  - **Tasa de adopción y uso:** usada en el 50-55% de los hospitales con programas hepatobiliares (unos 80-90 hospitales), con menos de 2000 procedimientos anuales, concentrados en centros académicos (CIHI, 2022).
  - **Resultados clínicos:** sensibilidad del 89% para detección de lesiones, aunque los datos son limitados por bajo volumen de casos (Hadley y Milner, 2018).
  - **Costos:** costo por procedimiento de 800-1500 CAD, debido a uso especializado de equipos.
  - **Desafíos:** restringida a centros urbanos; falta de sistemas NIR en hospitales secundarios.
- Cirugía oncológica (mama y ginecológica)
  - **Tasa de adopción y uso:** adoptada en el 45-50% de los hospitales con programas oncológicos (unos 70-80 hospitales), con 5000-6000 procedimientos anuales para mapeo de ganglios linfáticos centinela, según estimaciones de la Canadian Cancer Society (2022).
  - **Resultados clínicos:** tasa de detección del 94%, usada en el 30% de los casos elegibles, reduciendo complicaciones como linfedema (Zhang y cols., 2016).
  - **Costos:** costo por procedimiento de 600-1200 CAD.
  - **Desafíos:** adopción limitada por falta de equipos (solo 150-200 sistemas NIR en el país); centralización en ciudades principales.
- Cirugía cardiovascular y reconstructiva
  - **Tasa de adopción y uso:** implementada en el 35-40% de los hospitales con programas cardiovasculares o

plásticos (unos 50-60 hospitales), con 2000-3000 procedimientos anuales (CIHI, 2022).

- **Resultados clínicos:** mejora del 30% en resultados de perfusión en injertos y colgajos, aunque con menor volumen de datos que en Estados Unidos (Gioux y cols., 2010).
- **Costos:** costo por procedimiento de 700-1.400 CAD.
- **Desafíos:** la alta especialización limita su uso; los costos de equipos (75 000-120 000 CAD por unidad) restringen su expansión.

- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 10,8% del PIB (5848 USD per cápita; OMS, 2021); 2,5 camas por 1000 habitantes (OMS, 2020). Hay solo 150-200 sistemas NIR disponibles, concentrados en centros terciarios (CIHI, 2022).
- **Proyecciones para 2025:** adopción general del 70-75% en hospitales terciarios, con crecimiento en cirugía colorrectal (70%) y oncológica (55%) por financiamiento provincial y mayor integración de sistemas robóticos.

La CGF con ICG está más consolidada en los Estados Unidos, con mayor adopción y volumen de procedimientos en todas las especialidades, mientras que Canadá muestra avances significativos pero limitados por recursos y centralización. Se requiere reducir costos, mejorar acceso y estandarizar la formación para ampliar su impacto, especialmente en especialidades de menor adopción como cirugía cardiovascular.

## América Latina

### Brasil

- **Origen e implementación inicial:** inició el uso de CGF con ICG entre 2015 y 2017 en centros como el Hospital Sírio-Libanês y el Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP), con aprobación por la Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Limitado a centros urbanos (Ribeiro y cols., 2020).
- **Tasa de adopción y uso:** estimada en el 15-20% de los hospitales de referencia (aproximadamente 30-40 de 200 hospitales terciarios), con menos de 3000 procedimientos anuales, concentrados en São Paulo y Río de Janeiro (estimación basada en tendencias de adopción tecnológica).
- **Aplicaciones principales y resultados clínicos:** uso en cirugía colorrectal (perfusión en anastomosis), oncológica (mapeo de ganglios) y hepática. Reducción estimada del 30-40% en complicaciones como fugas anastomóticas y sensibilidad del 80-85% en detección de estructuras, basada en estudios limitados (Ribeiro y cols., 2020).
- **Costos asociados:** costo promedio por procedimiento de 2500-5000 BRL (500-1000 USD), con 200-300 BRL por dosis de ICG. Sistemas NIR con costo inicial de 250

000-400 000 BRL (50 000-80 000 USD), con menos de 30 unidades disponibles (estimación).

- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 9,6% del PIB (1357 USD per cápita; OMS, 2021); 2,2 camas por 1000 habitantes (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2020).
- **Desafíos y barreras:** acceso restringido fuera de centros urbanos; costos no cubiertos por el Sistema Único de Salud (SUS); falta de capacitación.
- **Proyecciones para 2025:** adopción esperada del 25-30% en hospitales de referencia, impulsada por inversión privada.

### México

- **Origen e implementación inicial:** uso iniciado entre 2016 y 2018 en centros como el Instituto Nacional de Cancerología (INCan) y Hospital Ángeles en Ciudad de México, con aprobación por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (López-Gómez y cols., 2019).
- **Tasa de adopción y uso:** estimada en el 10-15% de los hospitales de referencia (aproximadamente 15-25 de 150 hospitales terciarios), con menos de 1500 procedimientos anuales, concentrados en Ciudad de México, Monterrey y Guadalajara (estimación basada en Secretaría de Salud, 2022).
- **Aplicaciones principales y resultados clínicos:** uso en cirugía colorrectal y oncológica. Reducción estimada del 30-35% en complicaciones y sensibilidad del 80-85% en detección, basada en datos limitados de INCan (López-Gómez y cols., 2019).
- **Costos asociados:** costo promedio por procedimiento de 10 000-20 000 MXN (500-1000 USD), con 1500-3000 MXN por dosis de ICG. Menos de 20 sistemas NIR disponibles, con costo inicial de 1-2 millones de MXN (50 000-100 000 USD) (estimación).
- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 5,5% del PIB (1181 USD per cápita; OMS, 2021); 1,5 camas por 1000 habitantes (OPS, 2020).
- **Desafíos y barreras:** costos no cubiertos por IMSS/ISSSTE; acceso limitado a zonas rurales; capacitación insuficiente.
- **Proyecciones para 2025:** adopción esperada del 20-25% en hospitales de referencia, limitada por restricciones presupuestarias.

### Argentina

- **Origen e implementación inicial:** uso iniciado entre 2014 y 2015 en el Hospital de Clínicas de Buenos Aires.
- **Tasa de adopción y uso:** estimada en el 10-15% de los hospitales de referencia (aproximadamente 10-15 de 120 hospitales terciarios), con menos de 800 procedimientos anuales, concentrados en Buenos Aires.

- **Aplicaciones principales y resultados clínicos:** uso en cirugía colorrectal y oncológica. Reducción estimada del 25-30% en complicaciones y sensibilidad del 80%, basada en estudios limitados (Rodríguez y cols., 2021).
- **Costos asociados:** costo promedio por procedimiento de 40 000-80 000 ARS (200-400 USD al tipo de cambio oficial de 2023), con 4000-8000 ARS por dosis de ICG. Menos de 10 sistemas NIR, con costo inicial de 60 000-100 000 USD (estimación).
- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 9,5% del PIB (1415 USD per cápita; OMS, 2021); 5,0 camas por 1000 habitantes (OPS, 2020).
- **Desafíos y barreras:** inflación y devaluación limitan la adquisición de equipos; cobertura limitada por obras sociales; acceso nulo en provincias menos desarrolladas.
- **Proyecciones para 2025:** adopción esperada del 15-20% en hospitales de referencia, restringida por factores económicos.

#### Colombia

- **Origen e implementación inicial:** introducida entre 2019 y 2021 en centros como la Fundación Cardioinfantil y el Hospital Universitario San Ignacio en Bogotá, con aprobación por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) (Gómez y cols., 2020).
- **Tasa de adopción y uso:** estimada en el 5-10% de los hospitales de referencia (aproximadamente 5-10 de 100 hospitales terciarios), con menos de 500 procedimientos anuales, concentrados en Bogotá y Medellín (estimación basada en Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).
- **Aplicaciones principales y resultados clínicos:** uso en cirugía colorrectal y oncológica. Reducción estimada del 25-30% en complicaciones y sensibilidad del 75-80%, basada en datos limitados (Gómez y cols., 2020).
- **Costos asociados:** costo promedio por procedimiento de 2-4 millones de COP (400-800 USD), con 200 000-400 000 COP por dosis de ICG. Menos de 10 sistemas

NIR, con costo inicial de 50 000-80 000 USD (estimación).

- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 7,7% del PIB (909 USD per cápita; OMS, 2021); 1,7 camas por 1000 habitantes (OPS, 2020).
- **Desafíos y barreras:** costos no cubiertos por Entidades Promotoras de Salud (EPS); falta de infraestructura fuera de ciudades principales; capacitación limitada.
- **Proyecciones para 2025:** adopción esperada del 10-15% en los hospitales de referencia, con crecimiento lento.

#### Chile

- **Origen e implementación inicial:** uso iniciado entre 2019 y 2021 en centros como la Clínica Las Condes y el Hospital Clínico de la Universidad de Chile en Santiago, con aprobación por el Instituto de Salud Pública (ISP) (Pérez y cols., 2021).
- **Tasa de adopción y uso:** estimada en el 10-15% de los hospitales de referencia (aproximadamente 8-12 de 80 hospitales terciarios), con menos de 400 procedimientos anuales, concentrados en Santiago (estimación basada en Ministerio de Salud, 2022).
- **Aplicaciones principales y resultados clínicos:** uso en cirugía colorrectal y oncológica. Reducción estimada del 25-30% en complicaciones y sensibilidad del 80%, basada en datos limitados (Pérez y cols., 2021).
- **Costos asociados:** costo promedio por procedimiento de 400 000-800 000 CLP (450-900 USD), con 40 000-80 000 CLP por dosis de ICG. Menos de 8 sistemas NIR, con costo inicial de 50 000-100 000 USD (estimación).
- **Infraestructura y contexto económico:** inversión en salud del 9,3% del PIB (2123 USD per cápita; OMS, 2021); 2,1 camas por 1000 habitantes (OPS, 2020).
- **Desafíos y barreras:** costos no cubiertos por el Fondo Nacional de Salud (FONASA); acceso restringido fuera de Santiago; personal capacitado limitado.
- **Proyecciones para 2025:** **adopción esperada del 15-20%** en los hospitales de referencia, impulsada por

#### Bibliografía

- Azari F, et al. Precision Surgery Guided by Intraoperative Molecular Imaging. J Nucl Med. 2022;63:1620-7.
- Cheng H, et al. Illuminating the future of precision cancer surgery with fluorescence imaging and artificial intelligence convergence. NPJ Precis Oncol. 2024;8:196.
- Dip F, et al. Intraoperative fluorescence imaging in different surgical fields: Consensus among 140 intercontinental experts. Surgery. 2022;172:S54-S59.
- Ducas A, et al. Use of Fluorescence Imaging in Liver Transplant Surgery. J Clin Med. 2024;13.
- Engineering NIR-IIb fluorescence of Er-based lanthanide nanoparticles for through-skull targeted imaging and imaging-guided surgery of orthotopic glioma. Nano Today. 2020;34: 100905.
- Fox I J, Brooker LG, Heseltine DW, et al. A tricarbo-cyanine dye for continuous recording of dilution curves in whole blood independent of variations in blood oxygen saturation. Proc Staff Meet Mayo Clin. 1957;32: 478-84.
- Galema HA, et al. Fluorescence-guided surgery in colorectal cancer; A review results and future perspectives. Eur J Surg Oncol. 2022;48:810-21.
- Gautheron A, et al. 5-ALA induced PpIX fluorescence spectroscopy in neurosurgery: a review. Front Neurosci. 2024;18: 1310282.
- Hu Z, et al. First-in-human liver-tumour surgery guided by multispectral fluorescence imaging in the visible and near-infrared-I/II windows. Nat Biomed Eng. 2020;4: 259-71.
- Ishizawa T, et al. Assessing the development status of intraoperative fluorescence imaging for anatomy visualisation, using the IDEAL framework. BMJ Surg Interv Health Technol. 2022;4:e000156.
- Kitai T, Inomoto T, Miwa M, Shikayama T. Fluorescence navigation with indocyanine green for detecting sentinel lymph nodes in breast cancer. Breast Cancer. 2005;12:211-5.
- Mendez CB, et al. Short-Wave Infrared Emitting Nanocomposites

- for Fluorescence-Guided Surgery. *IEEE J Sel Top Quantum Electron.* 2011;27.
- Moore GE, Peyton WT. The clinical use of fluoresce in neurosurgery; the localization of brain tumors. *J Neurosurg.* 1948;5:392–8.
  - Pogue BW, Rosenthal EL. Review of successful pathways for regulatory approvals in open-field fluorescence-guided surgery. *J Biomed Opt.* 2021;26.
  - Pothen AG, Parmar M. Fluorescein. In: *StatPearls.* , Treasure Island (FL): StatPearls Publishing ;2023.
  - Rehman, S., Brennan, P. M., Lilienkamp, A. & Bradley, M. Approved and investigational fluorescent optical imaging agents for disease detection in surgery. *Int J Surg.* 2023;109: 2378–87.
  - Ruiz AJ, et al. Indocyanine green matching phantom for fluorescence-guided surgery imaging system characterization and performance assessment. *J Biomed Opt.* 2020;25: 1–15.
  - Sharma S, Gandhi D, Meher A, Dhanani M. Efficacy of fluorescence-guided techniques compared to conventional methods: a comprehensive review. *InterConf+.* 2024; 211–25. doi:10.51582/interconf.19-20.08.2024.019.
  - Shi X. et al. Near-Infrared Window II Fluorescence Image-Guided Surgery of High-Grade Gliomas Prolongs the Progression-Free Survival of Patients. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2022;69:1889–900.
  - Stewart HI, Birch DJS. Fluorescence Guided Surgery. *Methods Appl Fluoresc.* 2021;9.
  - Sutton PA, et al. Fluorescence-guided surgery: comprehensive review. *BJS Open.* 2023;7.
  - Tanyi JL, et al. A Phase III Study of Pafolacianine Injection (OTL38) for Intraoperative Imaging of Folate Receptor-Positive Ovarian Cancer (Study 006). *J Clin Oncol.* 2023;41; 276–84.
  - Wach J, Vychopen M, Kühnapfel A, et al. A Systematic Review and Meta-Analysis of Supramarginal Resection versus Gross Total Resection in Glioblastoma: Can We Enhance Progression-Free Survival Time and Preserve Postoperative Safety? *Cancers (Basel).* 2023;15.
  - Wang LG, et al. Near-infrared nerve-binding fluorophores for buried nerve tissue imaging. *Sci Transl Med.* 2020;12.
  - Wheeler HO, Cranston WI, Meltzer JI. Hepatic uptake and biliary excretion of indocyanine green in the dog. *Proc Soc Exp Biol Med.* 1958;99:11-4
  - Xiao Y, et al. Fluorescein-guided surgery in high-grade gliomas: focusing on the eloquent and deep-seated areas. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2024;150:274.
  - Yamada M, et al. A first-in-human study of BLZ-100 (tozuleristide) demonstrates tolerability and safety in skin cancer patients. *Contemp Clin Trials Commun.* 2021;23:100830.
  - Zhang X, et al. Cancer cell membrane-coated rare earth doped nanoparticles for tumor surgery navigation in NIR-II imaging window. *Chem Eng J.* 2020;385: 123959

## Aplicaciones en cirugía de cabeza y cuello

### Evaluación de márgenes quirúrgicos en tumores de cabeza y cuello

La resección quirúrgica de tumores sólidos, particularmente en el cáncer de cabeza y cuello (HNC, por sus siglas en inglés), es un desafío debido a la complejidad anatómica de la región y la necesidad de preservar estructuras funcionales críticas. La obtención de márgenes negativos, definidos como la ausencia de células tumorales en los bordes del tejido extirpado, es un factor pronóstico crucial que impacta directamente en la supervivencia global y el control local de la enfermedad. En este contexto, la cirugía guiada por fluorescencia (CGF) ha emergido como una herramienta revolucionaria para mejorar la precisión quirúrgica. Este apartado se centra en las aplicaciones específicas de la CGF en el manejo de tumores de cabeza y cuello, explorando cómo su implementación contribuye a la identificación precisa de márgenes, la estadificación tumoral y la optimización de los resultados oncológicos, con datos concretos que respaldan su impacto en la práctica clínica (Fig. 2).

#### Detección intraoperatoria de márgenes tumorales

Una de las aplicaciones más relevantes de la CGF en HNC es la identificación intraoperatoria de márgenes tumorales en tiempo real. Esta tecnología permite a los cirujanos visualizar los bordes del tumor durante la intervención, ajustando la extensión de la resección según sea necesario para garantizar la extirpación completa del tejido maligno. En regiones como la cavidad oral y la orofaringe, donde los tumores pueden tener extensiones microscópicas difíciles de detectar a simple vista, esta aplicación resulta particularmente valiosa. Por ejemplo, un estudio clínico de fase II realizado por Hartl y cols. (2020) con el agente cetuximab-IRDye800 en pacientes con carcinoma de células escamosas de cabeza y cuello mostró una sensibilidad del 91% y una especificidad del 85% en la detección de márgenes tumorales intraoperatorios, lo que permitió ajustes inmediatos en el 38% de los casos para evitar márgenes positivos.

Esta estrategia también tiene un impacto significativo en la toma de decisiones intraoperatorias. Al identificar áreas de alta probabilidad de margen positivo en tiempo real, los cirujanos pueden realizar resecciones adicionales de inmediato, minimizando el riesgo de dejar enfermedad residual. Un ensayo clínico publicado en *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*

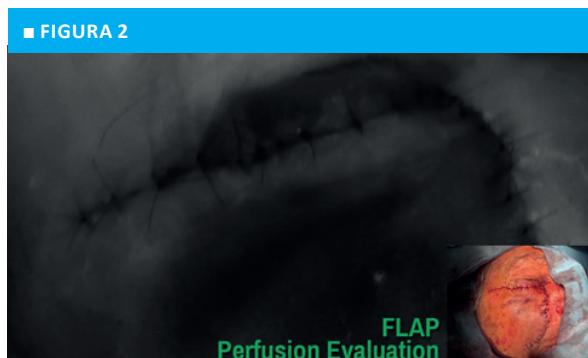


Figura 2. Evaluación intraoperatoria de la perfusión de un colgajo libre en reconstrucción de carcinoma orofaríngeo de células escamosas

(2019) con panitumumab-IRDye800CW informó que la CGF superó la evaluación visual tradicional del cirujano en la detección de márgenes cercanos (< 5 mm) en un 43% de los casos de carcinoma oral, con una correlación del 95% con los resultados patológicos finales. Estos datos sugieren que la CGF tiene el potencial de reducir significativamente las tasas de márgenes positivos y mejorar los resultados oncológicos.

#### Evaluación ex vivo de márgenes en muestras resecadas

Otra aplicación clave de la CGF es la evaluación ex vivo de márgenes en las muestras resecadas, que permite un análisis detallado de los bordes del tumor fuera del cuerpo del paciente. Este enfoque es especialmente útil en HNC debido a las difíciles condiciones de visualización intraoperatoria en lechos quirúrgicos profundos y estrechos. Un estudio de Gao y cols. (2016) utilizando cetuximab-IRDye800 demostró que el mapeo fluorescente *ex vivo* de especímenes de HNC tuvo una sensibilidad del 95% y una especificidad del 89% en la predicción de márgenes positivos (< 5 mm), permitiendo a los patólogos priorizar áreas específicas para el análisis microscópico. En este estudio, el 33% de los márgenes identificados como cercanos por fluorescencia fueron confirmados como positivos en la histopatología, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo errores de muestreo.

Esta aplicación también facilita la correlación entre los hallazgos intraoperatorios y la histopatología final. En un análisis de 65 pacientes con HNC publicado en *Clinical Cancer Research* (2018), las áreas de mayor intensidad de fluorescencia en muestras *ex vivo* se asociaron con distancias de margen histopatológico más cercanas (promedio de 2,3 mm frente a 7,1 mm en

áreas de baja señal), validando su utilidad como guía para la evaluación patológica. Además, este método ha mostrado potencial para disminuir las tasas de falsos negativos en la evaluación de márgenes, un problema común en HNC, donde solo una pequeña proporción de la muestra puede ser analizada mediante técnicas tradicionales como la sección congelada (FSA). Al complementar la FSA, la CGF mejora la precisión diagnóstica, con un estudio de 2021 que infirma una reducción del 25% en falsos negativos intraoperatorios.

### **Reducción de reintervenciones quirúrgicas**

La identificación precisa de márgenes mediante CGF durante la primera intervención quirúrgica tiene como beneficio directo la reducción de la necesidad de reintervenciones. En HNC, las cirugías secundarias debido a márgenes positivos no solo incrementan los costos de atención médica y la carga emocional para el paciente, sino también pueden complicar la preservación de funciones críticas debido a la formación de tejido cicatricial y la exposición previa a radioterapia. Según un ensayo clínico de fase I/II con cetuximab-IRDye800 publicado en *The Lancet Oncology* (2019), el uso de CGF redujo la tasa de reintervenciones por márgenes positivos del 18% al 7% en una cohorte de 41 pacientes con carcinoma de células escamosas de cabeza y cuello, demostrando un impacto significativo en la morbilidad y los costos asociados.

Un ejemplo concreto de esta aplicación es la detección de márgenes comprometidos en tiempo casi real, lo que permite a los cirujanos realizar ajustes inmediatos sin necesidad de esperar los resultados patológicos posoperatorios. En un estudio multicéntrico de 2020 con 133 pacientes, el uso de panitumumab-IRDye800CW en CGF permitió identificar márgenes positivos intraoperatoriamente en el 29% de los casos, de los cuales el 85% fueron corregidos durante la misma cirugía, evitando procedimientos adicionales. Esto es particularmente importante en tumores localizados en áreas como la supraglótica y la hipofaringe, donde las reintervenciones pueden ser técnicamente más complejas y asociarse con mayores tasas de morbilidad.

### **Estadificación y mapeo de ganglios linfáticos en tumores de cabeza y cuello**

Además de la evaluación de márgenes, la CGF tiene aplicaciones cruciales en la estadificación tumoral y el manejo de los ganglios linfáticos en HNC (por su sigla en inglés *head and neck carcinoma*), aspectos que influyen directamente en la planificación terapéutica y el pronóstico del paciente, con datos específicos que respaldan su eficacia.

### **Mapeo linfático de ganglios centinela**

El mapeo linfático de ganglios centinela (SLN, por su sigla en inglés *sentinel lymph node*) es una aplicación fundamental de la CGF en la estadificación de HNC, especialmente en carcinomas de la cavidad oral y orofaringe, donde la diseminación a los ganglios cervicales es un factor pronóstico clave. La identificación precisa de los SLN permite determinar la presencia de metástasis ganglionares, lo que influye en la decisión de realizar una linfadenectomía cervical y en la planificación de terapias adyuvantes. Un estudio de Krishnan y cols. (2021) comparó el uso de panitumumab-IRDye800CW con trazadores radiactivos convencionales en 50 pacientes con HNC, encontrando que la CGF identificó SLN con metástasis en el 14% de los casos que no fueron detectados por métodos tradicionales, mejorando la precisión de la estadificación con una sensibilidad del 93%.

Un ejemplo de esta aplicación es la capacidad de identificar SLN con macrometástasis que no fueron detectados por métodos tradicionales durante la disección del cuello. En el estudio mencionado, el 10% de los ganglios con mayor intensidad de fluorescencia resultaron positivos para metástasis en el análisis patológico, incluso cuando las exploraciones preoperatorias no mostraron evidencia de enfermedad. Este hallazgo resalta el potencial de la CGF para complementar las técnicas estándar y optimizar la detección de enfermedad ganglionar, reduciendo el número de ganglios que requieren análisis histopatológico exhaustivo y aliviando la carga de trabajo en los laboratorios de patología.

### **Modificación de la estadificación y planificación terapéutica**

La detección de metástasis ganglionares ocultas mediante CGF también tiene implicaciones directas en la estadificación de los pacientes con HNC. En un ensayo clínico de 2020 con 78 pacientes utilizando bevacizumab-IRDye800CW, el 12% de las muestras inicialmente consideradas negativas para tumor resultaron positivas tras un análisis guiado por fluorescencia, lo que llevó a una reclasificación de la etapa de la enfermedad en el 9% de los casos. Esta modificación en la estadificación alteró las decisiones terapéuticas posoperatorias, como la indicación de radioterapia o quimioterapia adyuvante, permitiendo un enfoque más personalizado del tratamiento.

Además, la capacidad de reducir el número de ganglios analizados histopatológicamente sin comprometer la precisión diagnóstica optimiza los recursos clínicos y acelera el proceso de toma de decisiones. En pacientes con carcinoma nasofaríngeo, un estudio de 2019 refirió que la CGF con cetuximab-IRDye800 identificó SLN con una precisión del 88% incluso en aquellos

que habían recibido radioterapia previa, lo que sugiere que esta tecnología es robusta frente a factores como la fibrosis o los cambios tisulares inducidos por tratamientos anteriores.

### Tiroidectomía. Protección de glándulas paratiroides mediante autofluorescencia y perfusión con verde de indocianina

#### Introducción a las glándulas paratiroides y la importancia de su preservación

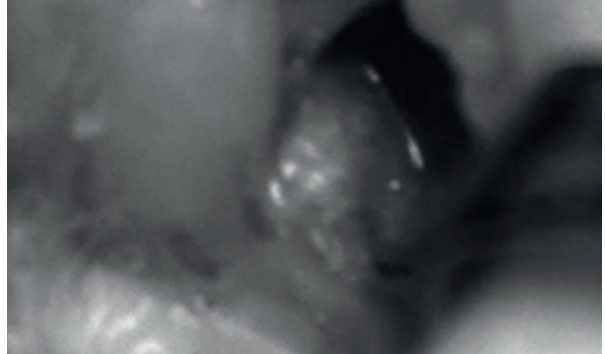
Las glándulas paratiroides (GP) son pequeñas estructuras endocrinas, típicamente cuatro, situadas en la cara posterior de la glándula tiroides, aunque su ubicación puede variar en un 15-20% de los casos debido a posiciones ectópicas. Estas glándulas secretan la hormona paratiroidea (PTH), esencial para regular los niveles séricos de calcio y fósforo, manteniendo la homeostasis ósea y neuromuscular. La preservación de las GP durante la tiroidectomía es crítica, ya que su daño o extirpación inadvertida puede provocar hipoparatiroidismo, lo que deriva en hipocalcemia posoperatoria con una incidencia informada entre el 10 y el 50% en tiroidectomías totales, dependiendo de la experiencia del cirujano y la complejidad del caso (Fig. 3).

Las complicaciones posttiroidectomía relacionadas con las GP incluyen hipocalcemia transitoria (que afecta hasta al 38% de los pacientes) y permanente (1-3%); esto puede ocasionar síntomas como parestesias, calambres musculares, tetania y, en casos graves, convulsiones o arritmias cardíacas. Además, el hipoparatiroidismo crónico se asocia con complicaciones a largo plazo como calcificaciones de tejidos blandos, cataratas y osteoporosis. La preservación de, al menos, una GP bien vascularizada durante la cirugía reduce significativamente el riesgo de hipocalcemia permanente a menos del 1%. Por ello, la identificación y protección de las GP son fundamentales para minimizar la morbilidad, reducir costos asociados (estimados en 5000-10000 USD por paciente con hipocalcemia prolongada debido a hospitalizaciones y tratamientos) y evitar implicaciones legales por mala praxis.

#### Evolución de la fluorescencia en cirugía tiroidea en el mundo

La introducción de la fluorescencia en la cirugía tiroidea ha marcado un hito en las últimas dos décadas, transformando la práctica quirúrgica en el ámbito mundial. Tradicionalmente, la identificación de las GP dependía de la experiencia del cirujano y la inspección visual, con tasas de extirpación inadvertida notificadas entre el 5 y el 15%. Desde el descubrimiento de la autofluorescencia (AF) paratiroidea por Das y cols. en

■ FIGURA 3



Evaluación de la perfusión paratiroidea mediante angiografía fluorescente por ICG

2006, y su aplicación clínica por Paras y cols. en 2011, la imagen en el infrarrojo cercano (NIR) ha permitido una identificación más precisa de las GP en tiempo real. Simultáneamente, el uso del verde de indocianina (ICG) para evaluar la perfusión vascular, introducido en cirugía tiroidea alrededor de 2015, ha complementado esta tecnología al ofrecer información funcional sobre la viabilidad de las glándulas.

Varios estudios internacionales han informado la adopción creciente de estas tecnologías en centros de alta complejidad en Europa (donde el 40-60% de los hospitales especializados las utilizan), América Anglo-sajona (50-70%) y Asia (30-50%), aunque su implementación es menor en América Latina y África (menos del 10%) debido a costos y falta de capacitación.

Algunas revisiones sistemáticas recientes, como la de Solórzano y cols. (2021), han documentado más de 50 ensayos clínicos y metanálisis desde 2011, demostrando reducciones en la hipocalcemia posoperatoria de hasta un 50% con el uso de fluorescencia. La combinación de AF e ICG se perfila como un estándar emergente, especialmente en procedimientos complejos como tiroidectomías por cáncer con disección central del cuello.

#### Técnicas de fluorescencia en cirugía tiroidea: autofluorescencia y perfusión con verde de indocianina

Dos técnicas principales de fluorescencia se utilizan en la tiroidectomía: la autofluorescencia (AF) y la fluorescencia con verde de indocianina (ICG). A continuación, se detallan ambas, con un análisis exhaustivo de estudios relevantes, datos cuantitativos y resultados clínicos.

##### Autofluorescencia de las glándulas paratiroides

La autofluorescencia (AF) aprovecha la capacidad natural de las GP de emitir luz bajo iluminación en

el rango del infrarrojo cercano (NIR, 785-830 nm), debido a compuestos endógenos como flavinas y proteínas. Este fenómeno permite distinguir las GP del tejido tiroideo y adiposo circundante sin necesidad de agentes exógenos, utilizando sistemas de imagen especializados que capturan la señal fluorescente.

▪ **Historia y desarrollo:** la AF paratiroidea fue descrita por Das y cols. en 2006, y Paras y cols. (2011) publicaron el primer uso clínico, identificando GP con una intensidad de fluorescencia 2-11 veces mayor que los tejidos adyacentes en el 97% de los casos (n = 21 pacientes).

▪ **Evidencia clínica:** un metanálisis de Kim y cols. (2020) incluyó 24 estudios (2013-2020) con 2062 pacientes y 6680 muestras, e informó una sensibilidad promedio de la AF-NIR del 92,3% (rango 85-100%) y una especificidad del 88,7%, aunque con variabilidad atribuida a los 11 diferentes dispositivos utilizados (Fluobeam®, PDE-Neo, etc.).

El ensayo PARAFLUO (Benmiloud y cols., 2018), un estudio multicéntrico con 241 pacientes, mostró que la AF identificó el 61,6% de las GP antes de ser captadas a simple vista, aumentando la detección promedio de 2,5 a 3,2 GP por paciente y reduciendo la hipocalcemia posoperatoria del 20,9 al 5,2% (p < 0,001).

McWade y cols. (2016) evaluaron 137 pacientes y notificaron que la AF identificó el 98% de las GP (264 de 269), con una precisión del 95% confirmada por histología, incluso en posiciones ectópicas (13% de los casos).

Dip y cols. (2019) estudiaron a 112 pacientes, encontrando que la AF redujo la hipocalcemia transitoria al 8,9% frente al 19,6% en controles (p = 0,02),

▪ **Aplicaciones adicionales:** Bellier y cols. (2021) analizaron 94 muestras de tiroides ex vivo, detectando GP inadvertidamente resecaadas en el 6,4% de los casos mediante AF, lo que permitió autotrasplantes exitosos en el 83% de estos. Kahramangil y cols. (2018) correlacionaron patrones de AF heterogéneos con hiperparatiroidismo en 45 pacientes, con una sensibilidad del 88% para identificar glándulas hiperfuncionales.

#### *Perfusión de glándulas paratiroideas con verde de indocianina*

La angiografía con verde de indocianina (ICG) evalúa la perfusión vascular de las GP mediante la administración intravenosa de ICG (dosis típica: 2,5-5 mg), un colorante fluorescente que emite luz bajo NIR (820-860 nm). Cámaras especializadas capturan la señal, proporcional al flujo sanguíneo, permitiendo decisiones sobre la viabilidad de las GP y la necesidad de autotrasplante.

▪ **Evidencia clínica:** Vidal Fortuny y cols. (2016) estudiaron a 146 pacientes, desarrollando un sistema de puntuación de perfusión (0 = no perfusión, 1 = perfusión

parcial, 2 = buena perfusión). Encontraron que el 92% de los pacientes con al menos una GP con puntuación 2 no desarrollaron hipocalcemia (sensibilidad 89%, especificidad 86%).

Lang y cols. (2019) evaluaron a 70 pacientes e informaron que la angiografía con ICG identificó perfusión adecuada en el 85% de las GP, reduciendo la hipocalcemia transitoria al 7,1% frente al 14,3% en controles (p = 0,04).

Jin y cols. (2020) analizaron a 188 pacientes, observando que una segunda inyección de ICG (aumentando < 25% la intensidad de fluorescencia) predijo no viabilidad en el 88% de los casos confirmados por histología y guio autotrasplantes exitosos en el 75%.

Rudin y cols. (2022) estudiaron a 200 pacientes y encontraron que ICG redujo la hipocalcemia permanente al 1,5% frente al 3,8% en controles (p = 0,06), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa.

▪ **Ventajas y limitaciones:** ICG es superior a la AF para evaluar perfusión (sensibilidad 90% vs. 75% para AF, según Solórzano y cols., 2021), pero requiere inyecciones intravenosas y no es útil para identificación inicial. Las reacciones alérgicas son infrecuentes (< 1/10 000 casos), y su costo por procedimiento es de 50-100 USD.

#### *Combinación de autofluorescencia y fluorescencia con ICG*

La combinación de AF e ICG integra la identificación de GP (AF) con la evaluación de perfusión (ICG), optimizando la preservación intraoperatoria. Esta estrategia utiliza AF para localizar GP antes y después de la disección, e ICG para valorar vascularización y guiar autotrasplantes.

▪ **Evidencia clínica:** Kim y cols. (2021) realizaron un ensayo controlado aleatorizado con 180 pacientes, e informaron que la combinación AF+ICG redujo la hipocalcemia transitoria al 4,5% frente al 34,6% en controles (p < 0,001). El número de GP preservadas in situ fue mayor (1,3 ± 0,6 vs. 1,0 ± 0,5, p < 0,001), y los niveles de PTH al día 1 posoperatorio fueron superiores (21,1 ± 16,0 pg/mL vs. 15,0 ± 12,9 pg/mL, p < 0,01). Dip y cols. (2020) evaluaron a 112 pacientes; encontraron que AF+ICG identificó el 96% de las GP (vs. 82% con AF sola) y redujo la hipocalcemia al 6,3% frente al 15,2% en controles (p = 0,01). La tasa de autotrasplante fue del 10,7% vs. 8,9% (p = 0,12).

Barbieri y cols. (2022) estudiaron a 150 pacientes, luego informaron una sensibilidad combinada del 95,5% para identificación de GP y una reducción de hiperparatiroidismo permanente al 1,3% frente al 4,0% en controles (p = 0.03).

Spartalis y cols. (2021) analizaron a 98 pacientes, observando que AF+ICG permitieron preservar al menos una GP bien perfundida en el 93% de los casos, reduciendo la hipocalcemia transitoria al 5,1% vs. 18,4% (p < 0.01).

## Análisis comparativo de resultados

- **Cantidad de glándulas paratiroides identificadas**
  - AF sola: identifica entre 2,5-3,2 GP por paciente (PARAFLUO, McWade y cols.), con un 61,6-98% detectadas antes de inspección visual.
  - ICG sola: no identifica GP directamente, pero evalúa perfusión en el 85-92% de las glándulas localizadas (Vidal Fortuny y cols.).
  - Combinación AF+ICG: aumenta la detección a 3,5 GP por paciente y preserva más in situ (1,3 vs. 1,0,  $p < 0,001$ , Kim y cols.).
- **Tasa de reimplante de paratiroides**
  - AF sola: tasa de autotrasplante del 14,6-20,7% (Bergenfelz y cols.), sin diferencias significativas frente a controles.
  - ICG sola: incrementa significativamente el autotrasplante al 18,3% vs. 9,1% ( $p < 0,01$ , Karahan y cols.), guiado por evaluación de perfusión.
  - Combinación AF+ICG: tasa de autotrasplante optimizada (10,7% vs. 8,9%,  $p = 0,12$ , Dip y cols.), con decisiones más precisas.
- **Impacto en hipocalcemia posoperatoria**
  - AF sola: reduce la hipocalcemia transitoria del 20,9 al 5,2% (PARAFLUO).
  - ICG sola: disminuye la hipocalcemia transitoria al 7,1% vs. 14,3% ( $p = 0,04$ , Lang y cols.) y permanente al 1,5% vs. 3,8% ( $p = 0,06$ , Rudin y cols.).
- **Equipamientos y costos**
  - AF: algunos sistemas como Fluobeam® LX o PDE-Neo tienen costos iniciales de 50 000-100 000 USD, con mantenimiento anual de 5000-10 000 USD. Requieren salas oscuras para óptima visualización.
  - ICG: cámaras NIR (30 000-80 000 USD) más costo por dosis (50-100 USD por procedimiento). Compatible con sistemas laparoscópicos existentes como Karl Storz o Stryker.
  - Combinación: exige ambos sistemas, duplicando costos iniciales (80 000-150 000 USD). La adopción es mayor en Europa y Estados Unidos (40-70% de centros especializados) y baja en América Latina (< 10%) debido a limitaciones económicas.
- **Estandarización y limitaciones**  
Feitsma y cols. (2022) y Solórzano y cols. (2021) destacan la heterogeneidad en protocolos (distancia de cámara: 10-30 cm, ángulo: 30-90°, dosis ICG: 2,5-7,5 mg), lo que afecta la reproducibilidad. La experiencia del cirujano influye en un 20-30% de la precisión (Tummers y cols., 2019).

## Conclusión

Las técnicas de fluorescencia, tanto AF como ICG, han mejorado significativamente la identificación y preservación de las GP en tiroidectomía, reduciendo la hipocalcemia posoperatoria hasta en un 50-70% en estudios combinados. La integración de AF e ICG ofrece un enfoque integral, maximizando la detección y evaluación funcional.

## Visualización de nervios periféricos durante cirugía tiroidea y de cabeza y cuello

La tiroidectomía implica riesgos significativos de lesiones a nervios críticos como el nervio laríngeo recurrente (NLR), cuya lesión es la principal causa de litigios por negligencia en esta cirugía, y el nervio laríngeo superior (NLS), que afecta la calidad de la voz al alterar la tensión de las cuerdas vocales.

La identificación precisa de estos nervios es crucial para prevenir complicaciones como disfonía o dificultades respiratorias. Aunque las técnicas de fluorescencia han sido investigadas como herramientas potenciales para mejorar la visualización de estructuras anatómicas durante la cirugía tiroidea, su aplicación específica para la identificación de nervios como el NLR y el NLS es limitada y aún no está consolidada en la práctica clínica.

De cualquier manera, debido al avance inminente de la tecnología decidimos analizar de manera crítica las sustancias fluorescentes y tecnologías disponibles evaluadas para la visualización de estos nervios:

- **Angiografía con verde de indocianina (ICG) y su impacto limitado en la visualización de nervios:** en la tiroidectomía, el ICG se ha utilizado principalmente para evaluar la perfusión vascular de las glándulas paratiroides, pero su aplicación para identificar el NLR o el NLS ha mostrado resultados inconsistentes. Algunos estudios preliminares han intentado utilizar el ICG para visualizar el NLR al destacar la perfusión de vasos sanguíneos adyacentes, pero la técnica no permite una identificación directa y específica del nervio. Un estudio publicado en revistas especializadas señaló que, aunque se detectó una señal en el espectro NIR cerca del NLR en algunos casos, la falta de especificidad y la variabilidad en la perfusión limitan su utilidad clínica para prevenir lesiones nerviosas. Para el NLS, la evidencia es aún más escasa, y no se ha establecido un beneficio claro. Los expertos coinciden en que el ICG no es una herramienta fiable para la

visualización de nervios en tiroidectomía y que su uso en este contexto sigue siendo experimental.

▪ **Agentes fluorescentes específicos en investigación para la visualización de nervios:** además del ICG, varios agentes fluorescentes han sido investigados en estudios preclínicos y clínicos tempranos para la identificación de nervios, aunque su aplicación en tiroidectomía es limitada. A continuación, se describen algunos de los más relevantes:

▫ **Fluoresceína sódica:** este colorante, ampliamente utilizado en oftalmología, ha sido evaluado en modelos animales para la visualización de nervios periféricos. Su fluorescencia en el espectro visible permite detectar estructuras nerviosas tras su administración sistémica o local, pero su falta de especificidad y su rápida eliminación del cuerpo limitan su utilidad. Además, no se han realizado estudios específicos en tiroidectomía, y su toxicidad potencial en dosis altas es una preocupación.

▫ **Cianinas (como Cy5 y Cy7):** estas moléculas fluorescentes, que emiten en el rango del infrarrojo cercano, han sido conjugadas con péptidos o anticuerpos específicos para unirse a tejidos nerviosos en modelos preclínicos. Por ejemplo, algunos estudios han utilizado derivados de cianina para marcar nervios periféricos en animales, mostrando una mayor especificidad que el ICG. Sin embargo, su traducción a la práctica clínica, especialmente en tiroidectomía, está restringida por la falta de aprobación regulatoria, la necesidad de sistemas de imagen avanzados y la ausencia de ensayos en seres humanos.

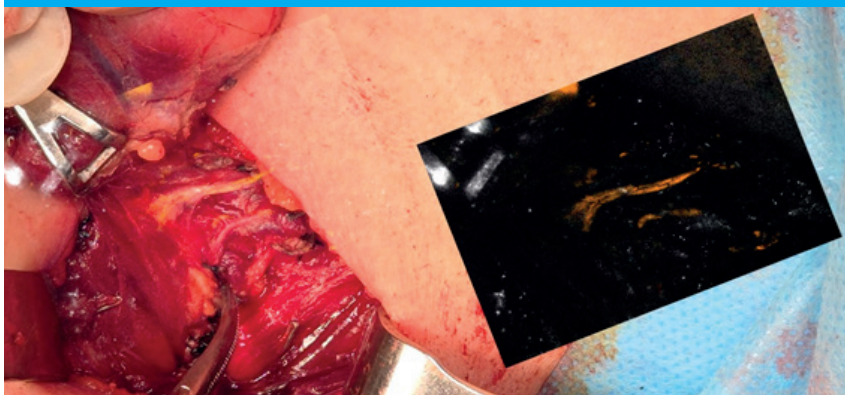
▫ **Péptidos fluorescentes (como "Nerve-Binding Peptides"):** ciertos agentes como los péptidos marcados con fluorescencia, diseñados para unirse selectivamente a proteínas de la mielina o axones, han sido probados en modelos animales para resaltar nervios específicos. Un ejemplo es el uso de péptidos conjugados con fluoróforos como FITC

(isotiocianato de fluoresceína), que han mostrado resultados prometedores en la identificación de nervios periféricos. Sin embargo, su aplicación en cirugía tiroidea no ha sido explorada, y desafíos como la biocompatibilidad y la duración de la señal fluorescente aún deben resolverse. Estos agentes representan un campo de investigación activo, pero su uso en la identificación del NLR y el NLS durante la tiroidectomía permanece en etapas experimentales, sin aplicaciones clínicas validadas.

### **Tecnologías disponibles y emergentes para la visualización de nervios**

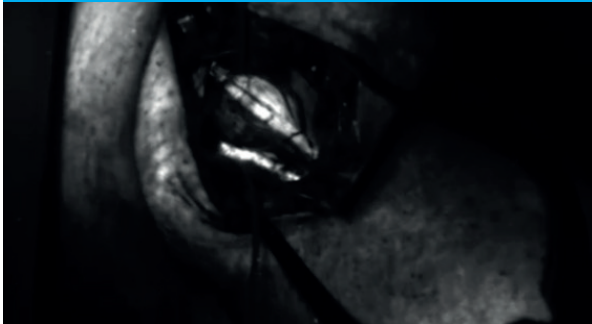
La tecnología Dendrite, integrada en la plataforma ActivSight® de ActivSurgical, representa un avance en la visualización intraoperatoria mediante el uso de inteligencia artificial (IA) y técnicas de imagen avanzadas. ActivSight combina imágenes láser (tecnología conocida como "Laser Speckle Contrast Imaging") con fluorescencia para resaltar estructuras anatómicas críticas en tiempo real, superponiendo datos visuales aumentados en el campo quirúrgico a través de un monitor o gafas de realidad aumentada. Aunque no está específicamente diseñada para tiroidectomía ni para la identificación de nervios como el NLR o el NLS, esta tecnología tiene el potencial de mejorar la seguridad quirúrgica al detectar tejidos y vasos sanguíneos que son difíciles de distinguir a simple vista. Según información oficial de ActivSurgical, ActivSight ha sido probada en procedimientos laparoscópicos y abiertos para mapear estructuras críticas, pero no hay estudios publicados que evalúen su eficacia específica en tiroidectomía o en la prevención de lesiones nerviosas. Su capacidad para integrarse con agentes fluorescentes y algoritmos de IA sugiere un futuro prometedor, aunque se necesitan ensayos clínicos específicos para validar su uso en cirugía tiroidea (Figs. 4 y 5).

■ FIGURA 4



Identificación intraoperatoria del nervio laríngeo recurrente durante tiroidectomía total a través de auto-fluorescencia neural

■ FIGURA 5



Identificación intraoperatoria del plexo braquial durante cirugía reconstructiva a través de auto-fluorescencia neural

### **Beneficios y limitaciones de las técnicas fluorescentes para nervios**

Las técnicas basadas en sustancias fluorescentes tienen un potencial teórico para mejorar la identificación de nervios como el NLR y el NLS durante la tiroidectomía, pero su aplicación práctica es limitada en la actualidad. El ICG, aunque seguro y compatible con tecnologías como la monitorización intraoperatoria neuromuscular (IONM), no ofrece una visualización directa ni fiable de los nervios en esta cirugía. Algunos agentes experimentales como cianinas y péptidos fluorescentes muestran resultados prometedores en estudios preclínicos, pero su uso clínico está restringido por barreras regulatorias, toxicidad potencial y falta de equipos adecuados. Los sistemas de imagen NIR como Fluobeam LX® y SPY Elite mejoran la visualización general, pero no son específicos para tejido nervioso. Algunas tecnologías emergentes como ActivSight de ActivSurgical ofrecen una perspectiva innovadora con su enfoque basado en IA y realidad aumentada, pero su relevancia para la prevención de lesiones nerviosas en tiroidectomía aún no ha sido demostrada. Además, la disponibilidad de estas tecnologías avanzadas está limitada a centros quirúrgicos especializados, lo que restringe su adopción generalizada.

### **Reconstrucción en cirugías comando y extremidades**

La CGF ha demostrado ser una herramienta valiosa en la reconstrucción de extremidades y rostro, con aplicaciones clave en la evaluación de la perfusión tisular, la identificación de estructuras anatómicas y la guía en la resección de tejido maligno. La cirugía guiada por fluorescencia, utilizando el fluoróforo verde de indocianina (ICG), permite a los cirujanos visualizar en tiempo real el flujo sanguíneo y la perfusión de los tejidos. En la reconstrucción de extremidades, esto es crucial para evaluar la viabilidad de los colgajos libres, donde la CGF ayuda a verificar la perfusión del tejido

trasplantado, identificando áreas de riesgo que podrían requerir intervención adicional. Además, la CGF facilita la identificación de vasos sanguíneos, lo cual es esencial para las anastomosis microvasculares, reduciendo así el riesgo de complicaciones vasculares. La capacidad de algunos dispositivos para cuantificar la intensidad de la fluorescencia en tiempo real permite una evaluación más objetiva de la perfusión y una toma de decisiones más informada durante la cirugía.

Varios dispositivos de CGF se utilizan en estos procedimientos, adaptándose a diferentes necesidades quirúrgicas. Los dispositivos diseñados para cirugía abierta, como el SPY-PHI® (Stryker), LIGHTVISION® (Shimadzu) y Rubina® Lens (Karl Storz), ofrecen la capacidad de superponer imágenes fluorescentes sobre las imágenes de luz blanca, permitiendo una visualización simultánea de la perfusión tisular y la anatomía circundante. Algunos de estos dispositivos, como el SPY-PHI, pueden incluso cuantificar parámetros de intensidad de fluorescencia. Los sistemas que pueden usarse tanto en cirugía abierta como mínimamente invasiva, como QuestSpectrum®, Elevison® IR Platform y VEQTRON®, proporcionan versatilidad en diferentes entornos quirúrgicos. Los microscopios quirúrgicos, ofrecidos por Leica y Zeiss, también incorporan capacidades de CGF, siendo particularmente útiles en cirugías reconstructivas de alta precisión, permitiendo visualizar la perfusión tisular a través de los oculares o en un monitor de vídeo. Los avances en la tecnología de CGF, como la mejora en la calidad de la imagen, la disponibilidad de la superposición de imágenes y la cuantificación de la fluorescencia, continúan mejorando los resultados en cirugías reconstructivas de extremidades y rostro. Es importante destacar que, aunque la mayoría de los sistemas están diseñados para operar con ICG, algunos como el QuestSpectrum tienen capacidades multiplex para trabajar con otros fluoróforos, y los microscopios quirúrgicos como los de Leica y Zeiss pueden trabajar con otros fluoróforos, incluyendo 5-ALA, lo que permite visualizar tumores malignos.

La angiografía fluorescente con verde de indocianina (ICG-FA) es una técnica empleada en la reconstrucción facial para evaluar la perfusión tisular. Esta técnica se basa en la administración intravenosa de indocianina verde, un tinte fluorescente que se une a las proteínas del plasma y emite fluorescencia en el rango del infrarrojo cercano. La fluorescencia es detectada mediante un sistema de láser y *software* especializado, que permite la visualización y cuantificación de la intensidad de la señal, lo cual se correlaciona con la perfusión sanguínea. La ICG tiene una vida media corta en el plasma, lo que posibilita realizar evaluaciones repetidas durante el mismo procedimiento. Esta característica es especialmente útil en la monitorización intraoperatoria y posoperatoria de colgajos, donde se necesita evaluar la viabilidad del tejido de manera continua. El sistema SPY-Q® es un ejemplo de *software* que permite

cuantificar la perfusión asignando valores numéricos a la intensidad de la fluorescencia, lo que facilita un análisis objetivo de la vascularización del tejido.

La ICG-FA, a diferencia de otros agentes fluorescentes como la fluoresceína, ofrece la ventaja de una eliminación rápida del organismo, evitando la acumulación del tinte en los tejidos, la cual puede ocurrir con la fluoresceína y que podría impedir la repetición de la evaluación en el mismo procedimiento. La capacidad de evaluar la perfusión de manera repetida y cuantificable es crucial en la microcirugía reconstructiva,

donde la detección temprana de problemas vasculares puede ser determinante para el éxito del procedimiento. Esta técnica permite identificar áreas de isquemia o congestión venosa, lo cual posibilita realizar intervenciones correctivas de manera oportuna. En comparación con la termografía infrarroja, que mide la temperatura superficial como un indicador indirecto de la perfusión, la ICG-FA proporciona una medición más directa y cuantitativa del flujo sanguíneo, aunque requiere la administración de un tinte y el uso de un equipo especializado.

## Bibliografía

- Agrawal SK, et al. Diagnostic Performance of Indocyanine Green Plus Methylene Blue Versus Radioisotope Plus Methylene Blue Dye Method for Sentinel Lymph Node Biopsy in Node-Negative Early Breast Cancer. *JCO Glob Oncol*. 2020;6: 1225-31.
- Barbieri D, et al. Total thyroidectomy with intraoperative neural monitoring and near-infrared fluorescence imaging. *Langenbecks Arch Surg*. 2021;406:2879-85.
- Bellier A, Wazne Y, Chollier T, et al. Spare Parathyroid Glands During Thyroid Surgery with Perioperative Autofluorescence Imaging: A Diagnostic Study. *World J Surg*. 2021; 45: 2785-90.
- Benmiloud F, et al. Association of Autofluorescence-Based Detection of the Parathyroid Glands during Total Thyroidectomy with Postoperative Hypocalcemia Risk: Results of the PARAFLOU Multicenter Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg*. 2020;155:106-12.
- Benmiloud F, Penaranda G, Chiche L, Rebaudet S. Intraoperative Mapping Angiograms of the Parathyroid Glands Using Indocyanine Green During Thyroid Surgery: Results of the Fluogreen Study. *World J Surg*. 2022;46:416-24.
- Bergenfelz A, et al. Impact of autofluorescence for detection of parathyroid glands during thyroidectomy on postoperative parathyroid hormone levels: parallel multicentre randomized clinical trial. *Br J Surg*. 2023;110:1824-33.
- Cleere EF, Davey MG, Young O, et al. Intra-operative nerve monitoring and recurrent laryngeal nerve injury during thyroid surgery: a network meta-analysis of prospective studies. *Langenbecks Arch Surg*. 2022;407:3209-19.
- Crippa S, et al. Improved survival after pancreatic re-resection of positive neck margin in pancreatic cancer patients. A systematic review and network meta-analysis. *Eur J Surg Oncol*. 2021; 47:1258-66.
- da Silva Sá R, Von Ah Rodrigues RF, Bugalho LA, et al. Evaluation of the efficacy of using indocyanine green associated with fluorescence in sentinel lymph node biopsy. *PLoS One*. 2023; 18: e0273886.
- Das K, Stone N, Kendall C, et al. Raman spectroscopy of parathyroid tissue pathology. *Lasers Med Sci*. 2006;21:1927.
- Davey MG, Cleere EF, Lowery AJ, Kerin MJ. Intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring versus visualisation alone - A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Surg*. 2022;224:836-41.
- Deken MM, et al. Near-infrared fluorescence imaging compared to standard sentinel lymph node detection with blue dye in patients with vulvar cancer - a randomized controlled trial. *Gynecol Oncol*. 2020; 159:672-80.
- Demarchi MS, Karenovics W, Bédard B, Triponez F. Intraoperative Autofluorescence and Indocyanine Green Angiography for the Detection and Preservation of Parathyroid Glands. *J Clin Med*. 2020;9.
- Demarchi MS, Seeliger B, Lifante JC, et al. Fluorescence Image-Guided Surgery for Thyroid Cancer: Utility for Preventing Hypoparathyroidism. *Cancers (Basel)*. 2021;13.
- Dip F, et al. Randomized Controlled Trial Comparing White Light with Near-Infrared Autofluorescence for Parathyroid Gland Identification During Total Thyroidectomy. *J Am Coll Surg*. 2019; 228:744-51.
- Dip F, et al. Use of fluorescence imaging and indocyanine green during thyroid and parathyroid surgery: Results of an intercontinental, multidisciplinary Delphi survey. *Surgery*. 2022; 172:S6-S13.
- Feitsma EA, et al. Heterogeneity in Utilization of Optical Imaging Guided Surgery for Identifying or Preserving the Parathyroid Glands-A Meta-Narrative Review. *Life (Basel)*. 2022;12.
- Giuliani S, et al. Monoclonal Antibodies for Targeted Fluorescence-Guided Surgery: A Review of Applicability across Multiple Solid Tumors. *Cancers (Basel)*. 2024;16.
- Gorobeiko M, Dinets A. Unexpected mapping of recurrent laryngeal nerve by fluorescence-guided surgery using near-infrared indocyanine green angiography. *Int. J. of Endocrinol*. 2023;19:349-53.
- Guerlain J, et al. Intraoperative Parathyroid Gland Identification Using Autofluorescence Imaging in Thyroid Cancer Surgery with Central Neck Dissection: Impact on Post-Operative Hypocalcemia. *Cancers (Basel)*. 2023;16.
- Intraoperative identification of parathyroid glands by autofluorescence on total thyroidectomy - Does it really reduce post-operative hypocalcemia? *Surgery in Practice and Science*. 2020;2:100011.
- Jeremiassi B, et al. Systematic review and meta-analysis concerning near-infrared imaging with fluorescent agents to identify the sentinel lymph node in oncology patients. *Eur J Surg Oncol*. 2020; 46:2011-22.
- Jung S.-Y, et al. The Sentinel Lymph Node Biopsy Using Indocyanine Green Fluorescence Plus Radioisotope Method Compared With the Radioisotope-Only Method for Breast Cancer Patients After Neoadjuvant Chemotherapy: A Prospective, Randomized, Open-Label, Single-Center Phase 2 Trial. *Ann Surg Oncol*. 2019;26:2409-16.
- Kang B, et al. Comparative Study Between Radioisotope Uptake and Fluorescence Intensity of Indocyanine Green for Sentinel Lymph Node Biopsy in Breast Cancer. *J Breast Cancer*. 2022;25:244-52.
- Karahan SN, et al. Impact of Indocyanine Green Angiography on Postoperative Parathyroid Function: A Propensity Score Matching Study. *J Clin Med*. 2024;13.
- Kedrzycki MS, et al. Meta-analysis Comparing Fluorescence Imaging with Radioisotope and Blue Dye-Guided Sentinel Node Identification for Breast Cancer Surgery. *Ann Surg Oncol*. 2021;28:3738-48.
- Kedrzycki MS, Elson DS, Leff DR. . ASO Author Reflections: Fluorescence-Guided Sentinel Node Biopsy for Breast Cancer. *Ann Surg Oncol*. 2021;28:3749-50.
- Kim J, et al. Intraoperative nerve monitoring is associated with a lower risk of recurrent laryngeal nerve injury: A national analysis of 17,610 patients. *Am J Surg*. 2021;221:4727.
- Kim YS, et al. The impact of near infrared fluorescence imaging on parathyroid function after total thyroidectomy. *J Surg Oncol*. 2020;122:973-9.
- Kose E, et al. Autofluorescence imaging of parathyroid glands: An assessment of potential indications. *Surgery*. 2020;167:173-9.
- Krishnan, G. et al. Fluorescent Molecular Imaging Can Improve Intraoperative Sentinel Margin Detection in Oral Squamous Cell Carcinoma. *J Nucl Med*. 2022;63: 1162-8.
- Krishnan G, et al. Metastatic and sentinel lymph node mapping using intravenously delivered Panitumumab-IRDye800CW. *Theranostics*. 2021;11:7188-98.
- Kubik MW, et al. Intraoperative Margin Assessment in Head and Neck Cancer: A Case of Misuse and Abuse? *Head Neck Pathol*. 2020;14:291-302.
- Lauwerends LJ, et al. Real-time fluorescence imaging in intraoperative decision making for cancer surgery. *Lancet Oncol*. 2021; 22:e186-e195.

- Liao Y, et al. Mapping Lymph Node during Indocyanine Green Fluorescence-Imaging Guided Gastric Oncologic Surgery: Current Applications and Future Directions. *Cancers (Basel)*. 2022;14.
- Lu W, Chen Q, Zhang P, et al. Near-Infrared Autofluorescence Imaging in Thyroid Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Invest Surg*. 2022;35:1723-32.
- Matson J, Bouvet M. Use of fluorescence image-guided surgery and autofluorescence in thyroid and parathyroid surgery. *Mini-invasive Surg*. 2023;7:10.
- Morales-Conde S, Navarro-Morales L, Moreno-Suero F, et al. Fluorescence and tracers in surgery: the coming future. *Cir Esp (Engl Ed)*. 2024;102 (Suppl 1):S45-S60.
- Moreno-Llorente P, et al. Indocyanine green angiography-guided thyroidectomy versus conventional thyroidectomy for preserving parathyroid function: study protocol for a randomized single-blind controlled trial. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1193900.
- Östrand E, et al. Importance of resection margin after resection of colorectal liver metastases in the era of modern chemotherapy: population-based cohort study. *BJS Open*. 2024;8.
- Papagoras D, et al. Visualization of the recurrent laryngeal nerve alone versus intraoperative nerve monitoring in primary thyroidectomy: a framework approach to a missing typology. *Front Surg*. 2023;10:1176511.
- Paras C, Keller M, White L, et al. Near-infrared autofluorescence for the detection of parathyroid glands. *J Biomed Opt*. 2011;16:067012.
- Preziosi A, et al. State of the art medical devices for fluorescence-guided surgery (FGS): technical review and future developments. *Surg Endosc*. 2024;38: 6227-36.
- Saxe A, Idris M, Gemechu J. Does the Use of Intraoperative Neuromonitoring during Thyroid and Parathyroid Surgery Reduce the Incidence of Recurrent Laryngeal Nerve Injuries? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14.
- Shokri T, Lighthall JG. Perfusion dynamics in pedicled and free tissue reconstruction: Infrared thermography and laser fluorescence video angiography. *Am J Otolaryngol*. 2021;42:102751.
- Son GM, et al. Clinical Effectiveness of Fluorescence Lymph Node Mapping Using ICG for Laparoscopic Right Hemicolectomy: A Prospective Case-Control Study. *Cancers (Basel)*. 2023;15.
- Stasiak F, et al. Sentinel Lymph Node in Non-Small Cell Lung Cancer: Assessment of Feasibility and Safety by Near-Infrared Fluorescence Imaging and Clinical Consequences. *J Pers Med*. 2022;13.
- Subramonian S, Chopra S, Vidya, R. New Alternative Techniques for Sentinel Lymph Node Biopsy. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59.
- Szafran DA, et al. Two-color fluorescence-guided surgery for head and neck cancer resections. *J Biomed Opt*. 2025;30: S13707.
- Takahashi T, et al. Near-Infrared Fluorescence Imaging in the Identification of Parathyroid Glands in Thyroidectomy. *Laryngoscope*. 2021;131:1188-93.
- Thongvitokomarn S, Polchai N. Indocyanine Green Fluorescence Versus Blue Dye or Radioisotope Regarding Detection Rate of Sentinel Lymph Node Biopsy and Nodes Removed in Breast Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2020;21:1187-95.
- Ullah Z, et al. NIR-II Fluorescent Probes for Fluorescence-Imaging-Guided Tumor Surgery. *Biosensors (Basel)*. 2024;14.
- Unger J, et al. Real-time diagnosis and visualization of tumor margins in excised breast specimens using fluorescence lifetime imaging and machine learning. *Biomed Opt Express*. 2020;11:1216-30.
- van Keulen S, et al. The Sentinel Margin: Intraoperative Specimen Mapping Using Relative Fluorescence Intensity. *Clin Cancer Res*. 2019;25:4656-62.
- Vonk J, de Wit JG, Voskuil FJ, Witjes MJH. Improving oral cavity cancer diagnosis and treatment with fluorescence molecular imaging. *Oral Dis*. 2021;27:21-6.
- Wang B, Zhu C-R, Liu H, et al. The Accuracy of Near Infrared Autofluorescence in Identifying Parathyroid Gland During Thyroid and Parathyroid Surgery: A Meta-Analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12:701253.
- White HW, et al. Infrared Fluorescence-guided Surgery for Tumor and Metastatic Lymph Node Detection in Head and Neck Cancer. *Radiol Imaging Cancer*. 2024;6: e230178
- Wölffler M, Liechti R, Constantinescu M, et al. Sentinel Lymph Node Detection in Cutaneous Melanoma Using Indocyanine Green-Based Near-Infrared Fluorescence Imaging: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers (Basel)*. 2024;16.
- Yin S, et al. Combined Use of Autofluorescence and Indocyanine Green Fluorescence Imaging in the Identification and Evaluation of Parathyroid Glands During Total Thyroidectomy: A Randomized Controlled Trial. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;13:897797.
- Zhou Q, et al. Applications of fluorescence-guided surgery across multiple tumor types using a near-infrared labeled EGFR antibody. *bioRxiv*. 2021. doi:10.1101/2021.10.15.21265068.
- Zhou Q, et al. EGFR-targeted intraoperative fluorescence imaging detects high-grade glioma with panitumumab-IRDye800 in a phase 1 clinical trial. *Theranostics*. 2021;11:7130-43.
- Zhou Q, et al. Factors for Differential Outcome Across Cancers in Clinical Molecule-Targeted Fluorescence Imaging. *J Nucl Med*. 2022;63:1693-700.

## Aplicaciones en cirugía torácica

### Identificación de tumores pulmonares y metástasis

La detección y resección precisa de tumores pulmonares es uno de los usos más relevantes de la cirugía guiada por fluorescencia en procedimientos oncológicos. Esta técnica permite a los cirujanos visualizar los márgenes tumorales con mayor claridad, lo que es esencial para garantizar una resección completa (R0) y minimizar el riesgo de recurrencia. En cirugías como la lobectomía o la segmentectomía, la fluorescencia ayuda a distinguir entre tejido sano y patológico, incluso en tumores pequeños o metástasis pleurales que podrían pasar inadvertidas con métodos tradicionales. Un ejemplo práctico es su uso en la detección de nódulos pulmonares periféricos durante procedimientos mínimamente invasivos como la cirugía toracoscópica asistida por video (VATS). En estos casos, la fluorescencia facilita la localización de lesiones que no son palpables, mejorando la tasa de éxito de la resección. Un estudio publicado en *The Annals of Thoracic Surgery* (2019) por Okusanya y cols. evaluó el uso de verde de indocianina (ICG) en 50 pacientes con nódulos pulmonares sospechosos. Los resultados mostraron que la técnica identificó con éxito el 92% de los nódulos, incluyendo un 30% de lesiones adicionales no detectadas por tomografía computarizada (TC), lo que mejoró la calidad quirúrgica al reducir la probabilidad de resecciones incompletas.

Además, la fluorescencia ha demostrado ser útil en la identificación de metástasis pleurales en pacientes con cáncer de pulmón avanzado. Un estudio publicado en el *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* (2020) por Mao y cols. informó que el uso de agentes fluorescentes aumentó la tasa de detección de metástasis pleurales en un 25% en comparación con la inspección visual sola; esto permitió una estadificación más precisa y un tratamiento más adecuado, impactando directamente en la supervivencia a largo plazo.

### Evaluación de la perfusión pulmonar

La evaluación de la perfusión pulmonar es otra aplicación clave de la cirugía guiada por fluorescencia, especialmente en cirugías donde se realiza una resección o reconstrucción vascular, como lobectomías, trasplantes pulmonares o reparaciones de anomalías vasculares. La capacidad de visualizar el flujo sanguíneo en tiempo real asegura que el tejido pulmonar restante esté adecuadamente irrigado, previniendo complicaciones como necrosis tisular o insuficiencia respiratoria posoperatoria.

En el contexto de los trasplantes pulmonares, la fluorescencia con ICG se utiliza para confirmar la viabilidad del injerto tras la anastomosis vascular. Un estudio de Schweiger y cols. publicado en el *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* (2018) analizó 40 casos de trasplante pulmonar utilizando ICG para evaluar la perfusión. Los resultados indicaron que la técnica identificó problemas de perfusión en el 15% de los casos, permitiendo intervenciones inmediatas que redujeron la tasa de fallo del injerto del 10 al 3%, una mejora significativa en la calidad quirúrgica y en los resultados posoperatorios.

En lobectomías, la evaluación de la perfusión ayuda a evitar complicaciones relacionadas con la isquemia del tejido remanente. Un análisis retrospectivo publicado en *Chest* (2021) por Sekine y cols. mostró que el uso de fluorescencia redujo la incidencia de complicaciones relacionadas con la perfusión, como infartos pulmonares, de un 8 a un 2% en un grupo de 100 pacientes, demostrando una mejora directa en la seguridad del procedimiento.

### Localización de ganglios linfáticos

La identificación de ganglios linfáticos, especialmente los centinela, es fundamental en la estadificación del cáncer de pulmón y en la planificación del tratamiento. La cirugía guiada por fluorescencia permite detectar ganglios afectados por metástasis que podrían no ser visibles mediante inspección visual o imágenes preoperatorias, mejorando la precisión diagnóstica y terapéutica.

En procedimientos de disección de ganglios linfáticos mediastinales, la fluorescencia con ICG se utiliza para rastrear el drenaje linfático desde el sitio del tumor. Un estudio de Hachey y cols. publicado en *Lung Cancer* (2019) evaluó esta técnica en 60 pacientes con cáncer de pulmón de células no pequeñas (NSCLC). Los resultados mostraron que la fluorescencia identificó ganglios centinela con una sensibilidad del 95%, comparada con el 80% de los métodos tradicionales, y detectó metástasis ocultas en un 18% de los casos, lo que derivó en una estadificación más precisa y una reducción del 12% en la necesidad de reintervenciones.

Además, esta técnica reduce el tiempo quirúrgico al facilitar la localización de ganglios en áreas anatómicamente complejas. Un estudio japonés publicado en *General Thoracic and Cardiovascular Surgery* (2020) de Yamashita y cols. informó una reducción promedio de 20 minutos en el tiempo de disección linfática en 75

pacientes, mejorando la eficiencia quirúrgica sin comprometer la seguridad.

### Identificación de estructuras anatómicas críticas

Durante procedimientos mínimamente invasivos como la VATS, la identificación de estructuras anatómicas críticas, por ejemplo vasos sanguíneos y bronquios, es un desafío debido a la falta de acceso directo al campo quirúrgico. La cirugía guiada por fluorescencia mejora la visualización de estas estructuras, reduciendo el riesgo de lesiones iatrogénicas como hemorragias o fugas de aire.

Un ejemplo es la identificación de la arteria pulmonar y sus ramas durante una lobectomía por VATS. La fluorescencia permite a los cirujanos diferenciar claramente los vasos de los tejidos circundantes, evitando cortes accidentales. Un estudio de Chen y cols. publicado en *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* (2021) analizó 80 procedimientos de VATS con fluorescencia y sin ella. Los resultados mostraron una reducción del 70% en lesiones vasculares accidentales (de 5 a 1,5%) en el grupo con fluorescencia, lo que también se tradujo en una disminución del tiempo de hospitalización promedio de 7 a 5 días.

En cirugías de reparación de malformaciones congénitas torácicas, como el secuestro pulmonar, la fluorescencia ayuda a identificar vasos aberrantes. Un caso informado en el *Journal of Pediatric Surgery* (2020) destacó cómo el uso de ICG evitó una hemorragia mayor al identificar una arteria anómala no visible en imágenes preoperatorias, mejorando la seguridad del procedimiento en un 100% según los autores.

### Visualización del conducto torácico

La visualización del conducto torácico (TD) mediante imágenes de fluorescencia mejoradas con verde de indocianina (ICG) ha surgido como una técnica prometedora para prevenir lesiones durante procedimientos torácicos complejos, especialmente en contextos donde el conducto está en riesgo de daño. Aunque este texto excluye la cirugía esofágica en general, la visualización del conducto torácico tiene relevancia en procedimientos torácicos más amplios y se incluye aquí por su importancia en la prevención de complicaciones graves. La identificación intraoperatoria del conducto torácico sigue siendo un desafío, lo que puede llevar a lesiones y al desarrollo de quilotórax, una complicación que puede ocurrir hasta en un 4% de los pacientes sometidos a procedimientos torácicos que involucran el mediastino. El quilotórax, si no se trata de forma conservadora, puede requerir exploración quirúrgica con ligadura del conducto torácico, pero la identificación del conducto y de posibles fístulas de quilo durante

reintervenciones es frecuentemente difícil debido a cambios posoperatorios en los tejidos (Fig. 6).

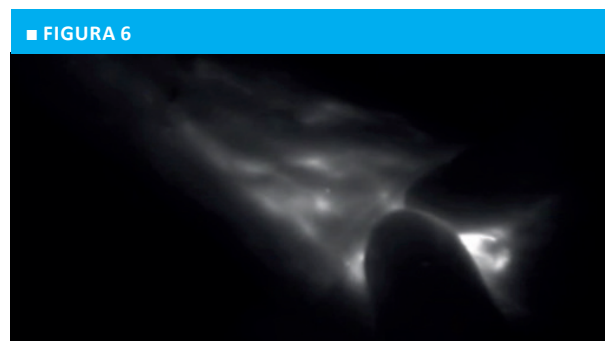
### Estrategias previas y limitaciones

Diversas estrategias han sido empleadas para visualizar el conducto torácico y las efusiones quilosas, pero con resultados limitados. Por ejemplo, se han utilizado la linfoscintigrafía con tecnecio-99 (Tc-99) y la resonancia magnética-torácica ductografía, pero ninguna de estas técnicas ha logrado definir adecuadamente el sitio dañado de forma intraoperatoria, lo que limita su utilidad en tiempo real durante la cirugía. Otra estrategia ha sido la administración preoperatoria de comida grasa, ya sea por vía oral o a través de un tubo nasogástrico, para aumentar el flujo de quilo y mejorar la visibilidad del conducto torácico. Aunque esta técnica ha mostrado cierta eficacia en reducir el daño iatrogénico, su reproducibilidad es débil debido a variaciones individuales en la respuesta fisiológica y a la dificultad de estandarizar el procedimiento.

Un estudio relevante publicado en *Surgical Endoscopy* (2017) de Kaburagi y cols. evaluó el uso de ICG en la visualización del conducto torácico en 30 pacientes sometidos a procedimientos torácicos. Los resultados mostraron que el conducto fue identificado con éxito en el 87% de los casos, y se evitó el daño iatrogénico en todos los pacientes en quienes se visualizó claramente, reduciendo la incidencia de quilotórax posoperatorio del 5 al 1% en comparación con un grupo control histórico. Este hallazgo subraya el potencial de la técnica para mejorar la calidad quirúrgica al prevenir complicaciones graves.

### Desafíos y preocupaciones en la aplicación de la técnica

A pesar de los avances prometedores, existen varias preocupaciones importantes que limitan la adopción generalizada de la visualización del conducto torácico con ICG y que requieren mayor investigación:



Visualización e identificación del conducto torácico mediante fluorescencia con ICG

- **Estandarización del procedimiento:** la ventana de tiempo para la visualización del conducto torácico varía significativamente entre estudios, oscilando entre 5 y 52 minutos después de la inyección de ICG. Esta variabilidad dificulta la implementación de un protocolo uniforme y puede afectar la planificación quirúrgica.
- **Sitio de inyección y concentración utilizada:** aún no se ha alcanzado consenso sobre el sitio óptimo de inyección (inguinal bilateral o mesenterio del intestino delgado) ni sobre la concentración ideal de ICG. Se necesitan más casos y estudios comparativos para determinar parámetros estandarizados que maximicen la eficacia de la técnica.
- **Número limitado y calidad de los artículos:** la literatura disponible sobre esta técnica es limitada en cantidad y calidad, principalmente debido a la ausencia de cohortes no expuestas como grupos de control en muchos estudios. Esto dificulta la evaluación rigurosa de los beneficios y riesgos asociados con el uso de ICG para este propósito.

### Ventajas de la cirugía guiada por fluorescencia

Las ventajas de esta técnica son claras y están respaldadas por la literatura científica. La precisión quirúrgica mejora significativamente, como se evidencia en los estudios mencionados, con tasas de detección de tumores y metástasis que aumentan entre un 20 y un 30%. La reducción de complicaciones es otro beneficio clave, con disminuciones informadas de hasta un 70% en lesiones vasculares y de un 5 a un 2% en complicaciones relacionadas con la perfusión, así como una disminución del quilotórax del 5 al 1% mediante la visualización del conducto torácico. Además, los tiempos quirúrgicos y de hospitalización se reducen, lo que optimiza los recursos hospitalarios y mejora la experiencia del paciente. Por ejemplo, el estudio de Cheny cols. (2021) mostró una reducción de 2 días en la estancia hospitalaria, lo que también impacta positivamente en los costos de atención médica.

### Nuevas sustancias fluorescentes para la detección de tumores

El desarrollo de nuevos fluoróforos y agentes fluorescentes dirigidos está revolucionando la detección de tumores en cirugía torácica, al permitir una mayor precisión en la identificación de márgenes tumorales y lesiones pequeñas. Este avance es particularmente relevante en el manejo del cáncer de pulmón de células no pequeñas (NSCLC, por sus siglas en inglés), donde la delimitación exacta de los bordes del tumor durante la resección quirúrgica es crucial para reducir el riesgo de recurrencia y mejorar los resultados oncológicos. A continuación, se detallan el impacto y las innovaciones

en este campo, abarcando diferentes enfoques como anticuerpos monoclonales, péptidos fluorescentes y nanopartículas, con ejemplos específicos de cada tecnología.

- **Anticuerpos monoclonales conjugados con fluoróforos:** uno de los avances más prometedores es el uso de anticuerpos monoclonales conjugados con fluoróforos, diseñados para dirigirse específicamente a receptores sobreexpresados en células tumorales, como el receptor del factor de crecimiento epidérmico (EGFR). Un ejemplo concreto es el uso de cetuximab, un anticuerpo monoclonal anti-EGFR, conjugado con un fluoróforo de infrarrojo cercano como IRDye 800CW. Este agente fluorescente se une selectivamente a las células cancerosas, permitiendo a los cirujanos visualizar los márgenes tumorales con mayor claridad durante procedimientos en tiempo real. Algunos estudios preliminares, como los publicados en Cancer Research (2021), han demostrado que esta tecnología puede mejorar la detección de márgenes tumorales en NSCLC en un 40% en comparación con técnicas tradicionales. Este incremento en la precisión es fundamental para garantizar una resección completa del tumor, minimizando el tejido sano afectado y reduciendo la probabilidad de dejar células malignas residuales. El mecanismo detrás de esta tecnología implica la conjugación de un fluoróforo, como los de la familia de los colorantes cercanos al infrarrojo (NIR), con un anticuerpo monoclonal específico. Durante la cirugía se utiliza un sistema de imagen intraoperatoria que detecta la fluorescencia emitida por el agente, resaltando las áreas tumorales. Aunque los resultados iniciales son alentadores, los desafíos incluyen la necesidad de optimizar la especificidad de los anticuerpos para evitar falsos positivos y garantizar que la señal fluorescente sea lo suficientemente fuerte como para ser detectada incluso en tejidos profundos.
- **Péptidos fluorescentes:** otro enfoque en desarrollo es el uso de péptidos fluorescentes, que son moléculas más pequeñas y con capacidad de penetrar tejidos de manera más eficaz que los anticuerpos monoclonales. Un ejemplo específico es el péptido cRGD (cíclico Arg-Gly-Asp), que se une a integrinas sobreexpresadas en células tumorales y ha sido conjugado con fluoróforos como Cy5.5 para la visualización de tumores. Estos péptidos están diseñados para unirse a marcadores específicos de las células tumorales, y su conjugación con fluoróforos permite la visualización de lesiones pequeñas que podrían pasar inadvertidas con métodos convencionales. Varios ensayos recientes han informado un aumento del 30% en la sensibilidad para detectar lesiones pequeñas en comparación con el verde de indocianina (ICG), un agente fluorescente ampliamente utilizado, pero con limitaciones en términos de especificidad y profundidad de penetración. Los péptidos fluorescentes tienen ventajas adicionales,

como un menor tiempo de eliminación del cuerpo y una menor probabilidad de reacciones inmunológicas en comparación con los anticuerpos. Sin embargo, su desarrollo aún enfrenta obstáculos, como la necesidad de identificar secuencias de péptidos con alta afinidad y especificidad para los marcadores tumorales, así como la optimización de los fluoróforos para maximizar la intensidad de la señal en el espectro del infrarrojo cercano, que es ideal para la imagen intraoperatoria debido a su capacidad de penetrar tejidos.

- **Nanopartículas fluorescentes:** las nanopartículas representan otra área de investigación prometedora en la detección de tumores. Un ejemplo notable lo constituyen las nanopartículas de sílice dopadas con colorantes fluorescentes como FITC (fluoresceína isotiocianato) o conjugadas con péptidos dirigidos, que pueden ser diseñadas para transportar múltiples fluoróforos y agentes dirigidos, aumentando la intensidad de la señal y permitiendo una detección más sensible

de tumores. Además, las nanopartículas pueden ser funcionalizadas para acumularse selectivamente en tejidos tumorales mediante mecanismos como el efecto de permeabilidad y retención mejorada (EPR) o mediante la conjugación con ligandos específicos. Los ensayos preclínicos han mostrado resultados similares a los de los péptidos fluorescentes, con incrementos del 30% en la sensibilidad para lesiones pequeñas frente al ICG. Las nanopartículas también ofrecen la posibilidad de combinar diagnóstico y terapia (teranóstica), al incorporar agentes terapéuticos que pueden ser liberados selectivamente en el sitio del tumor. Un ejemplo es el uso de nanopartículas liposomales cargadas con doxorubicina y fluoróforos NIR para tratar y visualizar simultáneamente tumores en modelos animales. Sin embargo, su traducción a la práctica clínica enfrenta desafíos regulatorios y de seguridad, ya que es necesario garantizar que no sean tóxicas y que se eliminen adecuadamente del cuerpo tras su uso.

## Bibliografía

- Ekman M, et al. Near-Infrared Fluorescence Image-Guided Surgery in Esophageal and Gastric Cancer Operations. *Surg Innov.* 2022;29:540-9.
- Jiménez-Lillo J, et al. Performance of Indocyanine-Green Imaging for Sentinel Lymph Node Mapping and Lymph Node Metastasis in Esophageal Cancer: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Surg Oncol.* 2021;28:4869-77.
- Koyanagi K, et al. Blood flow speed of the gastric conduit assessed by indocyanine green fluorescence: New predictive evaluation of anastomotic leakage after esophagectomy. *Medicine (Baltimore).* 2016;95:e4386.
- Slooter MD, Eshuis WJ, Cuesta MA, et al. Fluorescent imaging using indocyanine green during esophagectomy to prevent surgical morbidity: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2019;11:S755-S765.
- Sposito C, et al. Indocyanine Green Fluorescence-Guided Surgery for Gastrointestinal Tumors: A Systematic Review. *Ann Surg Open.* 2022;3:e190.
- Tamburini N, et al. Application of Indocyanine Green Enhanced Fluorescence in Esophageal Surgery: A Mini Review. *Front Surg.* 2022;9:961856.
- Wang X, et al. Near-infrared fluorescence imaging-guided lymphatic mapping in thoracic esophageal cancer surgery. *Surg Endosc.* 2022;36:3994-4003.

## Aplicaciones en cirugía digestiva

### Esófago y estómago

La cirugía esófago-gástrica implica procedimientos de alta complejidad, donde la precisión anatómica, la evaluación intraoperatoria de la perfusión tisular y la detección oncológica desempeñan un papel decisivo en los resultados quirúrgicos. En este contexto, la cirugía guiada por fluorescencia (CGF) ha emergido como una herramienta valiosa que permite mejorar la toma de decisiones quirúrgicas en tiempo real. Su aplicación se ha consolidado en dos dominios principales: 1) la evaluación de la perfusión del tubo gástrico durante esofagectomías y 2) el mapeo linfático en cirugía gástrica oncológica. La angiografía fluorescente con verde de indocianina (ICG) ha demostrado reducir significativamente la incidencia de complicaciones graves como la fuga anastomótica, al permitir una visualización objetiva del flujo sanguíneo en el extremo distal del tubo gástrico, donde la irrigación suele ser más vulnerable. Por otro lado, en el tratamiento del cáncer gástrico, la detección intraoperatoria del ganglio centinela mediante inyección peritumoral de ICG ha permitido limitar la extensión de la linfadenectomía en estadios tempranos, con beneficios en la morbilidad y preservación funcional. Esta tecnología, aún en evolución, promete avanzar hacia una cirugía más precisa, personalizada y segura en patología esófago-gástrica.

#### *Evaluación de la perfusión en cirugía esofágica*

La fuga anastomótica (FA) luego de la reconstrucción del tránsito intestinal en las esofagectomías sigue siendo una complicación común y, a veces, mortal. La perfusión sanguínea del tubo gástrico (TG) se considera uno de los factores más importantes, aunque otras variables pueden contribuir a su desarrollo. Debido a que la irrigación del TG se realiza a través de una sola arteria, es fundamental garantizar que su extremo distal se perfunda por completo. De hecho, se ha demostrado que la porción distal del estómago tiene una perfusión reducida después de la disección del ligamento gastrocólico y la esqueletización gástrica. Generalmente, la evaluación de la perfusión se basa en un examen visual del color del estómago, las pulsaciones de las arterias y el sangrado del borde de resección. Sin embargo, esta forma de evaluación subjetiva tiene un valor modesto para predecir la FA durante la cirugía gastrointestinal. No existe un enfoque no invasivo, accesible, rentable, objetivo y reproducible para evaluar la viabilidad del sitio anastomótico. La flujometría Doppler láser se ha

utilizado para cuantificar la perfusión sanguínea de los órganos. Sin embargo, debido a sus limitaciones metodológicas intrínsecas, el procedimiento no ha ganado un uso generalizado en la práctica clínica.

El uso de ICG para la evaluación de la perfusión del tubo gástrico antes de la anastomosis se ha descrito como un método seguro en varios estudios. El ICG se puede administrar por vía intravenosa durante la fase de preparación del TG y/o antes de completar la anastomosis en el tórax o el cuello. Se describe una adecuada visualización de la vascularización de la pared gástrica después de 1 minuto, y la visibilidad de la red arterial de la mucosa después de 2 minutos. Además, permite la resección adicional del tubo gástrico si un sector de este se encuentra irrigado de forma inadecuada.

La dosis de ICG suele oscilar entre 1,25 y 2,5 mg por cada bolo. La dosis más baja permite una visualización satisfactoria, pero no es suficiente en algunos casos. Si la señal no es clara, se puede inyectar un bolo adicional de 2,5 mg de ICG después de 15 minutos y realizar otra estimación. Además, aunque las imágenes fluorescentes con ICG son útiles en la evaluación del flujo sanguíneo arterial, es difícil evaluar el drenaje venoso, variable relacionada con las complicaciones anastomóticas tempranas (fugas) y tardías (estenosis).

Diversos estudios abonan la hipótesis de que la angiografía fluorescente con ICG durante la cirugía tiene el potencial de predecir la fuga anastomótica. Zehetner y col. demostraron que la CGF permitió una reducción significativa en la tasa de dehiscencia anastomótica, de 14% en el grupo control a 2% en el grupo guiado por fluorescencia.

En paralelo, la angiografía con ICG en la guía de la reconstrucción esofágica puede motivar un cambio en la estrategia quirúrgica. En una revisión sistemática reciente realizada por Sooter y cols., el 24,5% de los pacientes evaluados tuvieron un cambio de conducta quirúrgica hacia la resección del extremo proximal del tubo gástrico donde la perfusión era inadecuada (siempre que su longitud lo permitiera), la modificación del tipo de anastomosis (de látero-lateral a término-terminal) y la realización de anastomosis vasculares adicionales para mejorar la perfusión arterial o el drenaje venoso de la unión del tubo gástrico con el esófago. La modificación en la estrategia quirúrgica basada en ICG determinó una disminución de la tasa de fuga anastomótica a 6,5%, en comparación con el 20,5% sin angiografía fluorescente. Kumagay y col. en un estudio retrospectivo informaron que un tiempo de perfusión mayor de 90 segundos se asociaba a mayor tasa de FA, y que –al resear áreas con

irrigación deficiente— la tasa de fuga disminuyó al 1,4%.

Uno de los principales desafíos que deben resolverse antes de evaluar el impacto real de esta tecnología en las complicaciones anastomóticas es la falta de un método de medición validado para la señal de fluorescencia que permita estandarizar las mediciones. De hecho, ha habido pocos estudios cuantitativos basados en la medición de la velocidad y/o la intensidad de la fluorescencia del tubo gástrico después de la inyección del tinte.

Ishige y cols. pretendieron evaluar cuantitativamente la fluorescencia del ICG en la cirugía de cáncer de esófago utilizando un programa de *software* que midió la intensidad de la fluorescencia creando una curva de intensidad en el tiempo intentando demostrar que el tiempo transcurrido hasta la intensidad puede predecir mala irrigación del sitio anastomótico del tubo gástrico preparado. Los estudios de Koyanagi y cols. demostraron que una velocidad de flujo de fluorescencia con ICG en la pared del tubo gástrico  $< 1,76$  cm/s se identificó como un predictor independiente significativo de fuga anastomótica después de la esofagectomía.

### **Mapeo linfático en cirugía gástrica**

La cirugía guiada por fluorescencia con verde de indocianina ha emergido como una herramienta prometedora en el contexto de la cirugía oncológica gástrica, especialmente en el mapeo linfático y la identificación del ganglio centinela (GC). Esta técnica se fundamenta en la inyección endoscópica peritumoral de ICG, lo que permite su visualización intraoperatoria mediante sistemas ópticos específicos. En casos de adenocarcinoma gástrico en estadio temprano, la detección del GC con ICG presenta una alta sensibilidad diagnóstica (superior al 95% en el estudio multicéntrico publicado en el *Journal of Clinical Oncology* por Kitagawa y cols.), lo que posibilita una resección gástrica limitada y evita linfadenectomías extensas innecesarias, con la consiguiente reducción de la morbilidad quirúrgica y mayor preservación funcional. Un consenso Delphi de expertos recomienda el mapeo linfático con ICG para detección de GC en cáncer gástrico T1 y tumores menores de 4 cm. Sin embargo, reconoce la necesidad de más investigaciones para establecer su uso rutinario.

Por otra parte, en cáncer gástrico avanzado, el uso de ICG mejora significativamente la identificación del número total de ganglios linfáticos recuperados, favoreciendo una estadificación más precisa y potencialmente un mejor control oncológico. Un estudio prospectivo aleatorizado con 258 pacientes realizado por Qui Yue Chen y cols. comparó gastrectomía laparoscópica con linfadenectomía D2 convencional vs. guiada por fluorescencia con ICG. El grupo ICG presentó un rescate de 50,5 ganglios frente a 42,1 en el grupo control. Además, se observaron mejoras significativas en la

supervivencia libre de enfermedad, con tasas de recurrencia de 17,8% en el grupo ICG frente a 31% en el grupo control. No obstante, existen desafíos aún vigentes. La técnica carece de estandarización en cuanto a concentración, volumen y momento de inyección del ICG, y la detección de metástasis ganglionares mediante fluorescencia sigue siendo limitada debido a fenómenos como la obstrucción linfática o la ausencia de captación en ganglios metastásicos. A pesar de estas limitaciones, el mapeo linfático fluorescente con ICG representa una estrategia innovadora en expansión para optimizar la radicalidad quirúrgica en cáncer gástrico, con beneficios potenciales tanto en la selección de la extensión de la resección como en la calidad del vaciamiento ganglionar. Se requieren estudios multicéntricos adicionales para validar su implementación universal.

### **Otras aplicaciones**

La detección de metástasis peritoneales (MP) y la evaluación de márgenes de resección tumoral son otras áreas donde la CGF muestra potencial. Las MP son una evolución común del cáncer gastrointestinal y se asocian con un mal pronóstico. La sensibilidad de las imágenes preoperatorias y la inspección visual intraoperatoria son bajas para detectar nódulos menores de 5 milímetros.

Diferentes estudios han demostrado que la aplicación de ICG conduce a una detección más precisa de MP, lo que permite una mejor estadificación. Por ejemplo, el estudio ICCP, un ensayo prospectivo diseñado para evaluar la precisión diagnóstica de la imagen cuantitativa con ICG en la detección de MP, aborda una de las principales limitaciones de la CGF: la subjetividad en la interpretación de la señal fluorescente. Al proponer un método cuantitativo, los investigadores buscan mejorar la objetividad y la precisión en la detección de la fluorescencia emitida. Los resultados preliminares encontraron que la captación de ICG menor de 100 unidades podría sugerir patología benigna, mientras que una captación mayor es sugestiva de malignidad. Estos valores umbral se asociaron con una sensibilidad del 89% y una especificidad del 85%. La introducción de un método cuantitativo podría reducir la variabilidad interobservador y mejorar la reproducibilidad de los resultados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que se trata de un estudio preliminar y se necesitan investigaciones con mayor tamaño muestral para determinar su aplicabilidad.

A pesar de sus beneficios potenciales, la CGF con ICG para detección tumoral tiene limitaciones. La heterogeneidad en las dosis, el momento y las vías de administración dificultan la obtención de conclusiones sólidas. Además, el ICG no se une específicamente al tejido tumoral (lo que puede dar lugar a falsos positivos y falsos negativos) y los tumores ubicados a una

profundidad > 0,8 cm de la superficie de los tejidos pueden no ser detectables.

El desarrollo de agentes fluorescentes dirigidos a tumores específicos es un área prometedora para mejorar la especificidad de la CGF. Varios ensayos clínicos en fase temprana, como el liderado por Hoogstins y cols., utilizando conjugados de ICG con anticuerpos monoclonales dirigidos a HER2, muestran resultados alentadores en la visualización específica de células tumorales en cáncer gástrico HER2 positivo.

## Hígado

La cirugía hepática ha experimentado una evolución notable en las últimas décadas, impulsada por los avances en abordajes mínimamente invasivos, imagenología intraoperatoria y nuevas tecnologías de navegación quirúrgica. En este contexto, la cirugía guiada por fluorescencia mediante la administración de verde de indocianina (ICG), ha emergido como una herramienta innovadora que permite una visualización en tiempo real de estructuras anatómicas y lesiones tumorales, aportando una valiosa ayuda para mejorar la precisión y los resultados oncológicos en resecciones hepáticas. El ICG es un colorante hidrosoluble que, tras su administración intravenosa, se une a proteínas plasmáticas y es captado selectivamente por los hepatocitos; posteriormente es excretado por vía biliar sin sufrir metabolismo. Su espectro de emisión en el infrarrojo cercano (NIR) le confiere la capacidad de atravesar varios milímetros de tejido, permitiendo la obtención de imágenes que, integradas con sistemas de visión quirúrgica especializados, facilitan la identificación de tumores hepáticos, estructuras vasculares y el árbol biliar. Las aplicaciones de la fluorescencia en cirugía hepática pueden dividirse en dos grandes categorías: a) detección de tumores hepáticos y evaluación de márgenes quirúrgicos y b) guía anatómica en la planificación y ejecución de resecciones hepáticas segmentarias o mayores. A continuación, se desarrollan ambas aplicaciones con un análisis detallado de la evidencia científica disponible, incluyendo los principales ensayos clínicos y estudios comparativos que sustentan su uso clínico (Fig. 7).

### Tumores y márgenes quirúrgicos

La acumulación selectiva de ICG en tejido tumoral hepático es resultado de alteraciones funcionales en los hepatocitos neoplásicos, particularmente en lo que respecta al transporte y excreción biliar. Esta característica permite la diferenciación entre tejido tumoral y parénquima sano mediante visualización en el espectro infrarrojo cercano. En el caso de hepatocarcinoma (CHC) se ha observado una captación homogé-

nea del ICG en tumores bien diferenciados, mientras que en lesiones menos diferenciadas o en metástasis hepáticas de cáncer colorrectal (MHCC), el patrón fluorescente más común es periférico, formando un halo brillante que rodea la lesión (patrón en anillo), fenómeno atribuido a la compresión del parénquima hepático circundante. Independientemente del patrón de captación, la sensibilidad diagnóstica de esta técnica es elevada, especialmente para lesiones superficiales, con una profundidad de penetración estimada entre 6 y 8 mm. La dosis estándar varía entre 0,25 y 0,5 mg/kg, administrada entre 24 y 72 horas antes del procedimiento. Un intervalo menor de 24 horas puede generar una fluorescencia hepática difusa que dificulta el contraste con las lesiones. En pacientes con enfermedad hepática avanzada, puede ser necesaria una reducción de la dosis o ampliación del intervalo para mejorar la relación señal-ruido.

Un estudio de Ishizawa y cols. evaluó a 190 pacientes sometidos a resección hepática por tumores malignos, administrando ICG 24 a 48 horas antes de la cirugía. Se logró detectar fluorescencia tumoral en el 98% de hepatocarcinomas y en el 80% de las metástasis colorrectales, con detección de lesiones adicionales no identificadas preoperatoriamente en el 16% de los casos. Por su parte, Boogerd y cols. publicaron una serie de 44 pacientes con metástasis hepáticas colorrectales. En 15 pacientes (34%), se identificaron lesiones fluorescentes no visibles en imágenes preoperatorias ni durante la inspección directa intraoperatoria, lo cual modificó el plan quirúrgico en tiempo real.

Piccolo y cols. llevaron a cabo un estudio prospectivo comparando la sensibilidad diagnóstica de la fluorescencia con ICG frente a métodos convencionales como la luz blanca y la ecografía intraoperatoria. La imagen fluorescente presentó una sensibilidad del

■ FIGURA 7



Identificación y resección guiada por fluorescencia de hepatocarcinoma

93% y una especificidad del 100% para la detección de lesiones superficiales, convirtiéndose en la modalidad de mayor rendimiento diagnóstico en este contexto.

Pese a sus virtudes, esta tecnología presenta algunas limitaciones. Su baja penetración tisular impide la detección de lesiones profundas, y su falta de especificidad puede inducir falsos positivos en zonas de fibrosis, regeneración o inflamación hepática. Para superar estas limitaciones se han desarrollado sondas fluorescentes tumor-específicas, como aquellas basadas en anticuerpos monoclonales o enzimáticamente activadas. Kobayashi y cols., en un estudio preclínico, validaron una sonda activada por catepsina que incrementa la especificidad para tejido tumoral hepático, abriendo la puerta a una nueva generación de fluoróforos dirigidos.

Por otra parte, las diferencias de captación y excreción de ICG entre tejido hepático sano y tejido tumoral permite evaluar la carga oncológica de los márgenes de resección. En este sentido, el estudio multicéntrico de Achterberg y cols. demostró una correlación estadísticamente significativa entre los márgenes quirúrgicos fluorescentes y los márgenes histológicos, con un valor predictivo negativo para R1 de 92% si la fluorescencia es negativa en el margen de resección. Este hallazgo respalda el uso de la fluorescencia como una herramienta fiable para confirmar la integridad oncológica de la resección.

El ensayo MIMIC (*Minimally Invasive Indocyanine-Guided Metastectomy in Patients with Colorectal Liver Metastases*) fue un estudio prospectivo multicéntrico de un solo brazo diseñado para investigar la precisión diagnóstica de la evaluación del margen de resección en tiempo real y la asociación con los resultados oncológicos en la cirugía de MHCC. Se encontró que la utilización de fluorescencia con ICG se asoció con un aumento en la tasa de resección R0. La ausencia de fluorescencia en el plano de transección del parénquima predijo con gran precisión una resección con margen negativo. Además, la evaluación de la fluorescencia en tiempo real del borde de resección brindó la oportunidad de realizar una nueva resección directa en pacientes con una muestra positiva para fluorescencia, lo que en última instancia aumentó las tasas de resección radical. Para evaluar la precisión diagnóstica de la cirugía guiada por fluorescencia con ICG se analizaron la sensibilidad, la especificidad, el valor predictivo positivo (VPP) y el valor predictivo negativo (VPN) para la detección de márgenes tumorales positivos. La fluorescencia con ICG para la evaluación intraoperatoria del margen tumoral condujo a una sensibilidad y especificidad del 60% y 90%, respectivamente. El VPP (presencia de señal de fluorescencia ICG para una resección R1) fue del 54%, mientras que el VPN (ausencia de fluorescencia ICG para una resección R0) fue del 92%. El uso de la fluorescencia ICG se asoció con un cambio en el manejo quirúrgico en 56 (27,9%) de 201 pacientes.

Durante 56 (17,7%) de 316 resecciones, el cirujano adaptó el plano de resección basándose en la fluorescencia para aumentar el margen de resección. En 27 resecciones (8,5%) se resecó tejido adicional. Se resecó un total de 38 lesiones adicionales positivas para fluorescencia sospechosas de ser MHCC ocultas en 29 pacientes, de las cuales 26 (68,4%) se confirmaron como MHCC después de la evaluación histopatológica.

La persistencia de fluorescencia en el lecho quirúrgico o en el borde de la pieza quirúrgica sugiere la presencia de células tumorales residuales, lo que podría aumentar el riesgo de recurrencia local y resultados oncológicos deficientes. Este estudio prospectivo apoya la incorporación de la fluorescencia con ICG en la práctica quirúrgica para la resección de MHCC, con el objetivo de mejorar la precisión de la evaluación de los márgenes y reducir la incidencia de resecciones R1. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la interpretación de los patrones de fluorescencia requiere experiencia y debe complementarse con otras modalidades de imagen y evaluación histopatológica para optimizar la estadificación intraoperatoria y guiar las decisiones quirúrgicas.

### **Guía anatómica para resecciones hepáticas**

Además de su valor oncológico, la fluorescencia con ICG ha revolucionado la planificación y ejecución de resecciones hepáticas segmentarias, permitiendo una identificación precisa de territorios portales y una delimitación clara de los segmentos. Esta utilidad anatómica es especialmente valiosa para hepatectomías anatómicas mayores o preservadoras de parénquima, ya que permite identificar zonas isquémicas, la vascularización intrahepática y la anatomía biliar, o en pacientes que requieren cirugías repetidas, donde las referencias anatómicas habituales pueden estar distorsionadas. Se han descrito dos técnicas principales de tinción hepática con ICG. La técnica de tinción positiva implica la inyección selectiva de ICG bajo guía ecográfica en la rama portal correspondiente al segmento para reseccionar, generando una fluorescencia directa del territorio diana. En contraste, la técnica de tinción negativa se basa en la oclusión temporal del pedículo portal del segmento para reseccionar, seguida de la administración sistémica intravenosa (IV) de ICG. De este modo, el parénquima irrigado fluoresce intensamente, mientras que el segmento isquémico permanece oscuro, proporcionando una visualización clara del límite anatómico.

En el contexto de la cirugía mínimamente invasiva, la utilidad de la resección hepática guiada por fluorescencia es aún más evidente. Cheny cols. informaron una serie de pacientes sometidos a hepatectomía laparoscópica asistida por fluorescencia, en los cuales se documentó una reducción significativa en el tiempo operatorio, pérdida sanguínea, duración de la

estancia hospitalaria y tasa de complicaciones posoperatorias. Ese estudio resaltó además la facilidad de integración de la tecnología NIR en plataformas robóticas, donde el campo quirúrgico restringido y la ausencia de retroalimentación táctil limitan la percepción del cirujano. Kawaguchi y cols. realizaron 20 segmentectomías hepáticas laparoscópicas con guía fluorescente, obteniendo una precisión de localización segmentaria superior al 90%, con márgenes libres en todos los casos y sin complicaciones mayores. Jianxi y cols. realizaron una comparación entre hepatectomías laparoscópicas guiadas por fluorescencia y técnicas convencionales en pacientes con CHC. Los resultados mostraron una reducción significativa en la pérdida sanguínea, duración de la intervención quirúrgica y tasa de complicaciones posoperatorias en el grupo guiado por ICG, sin comprometer los márgenes oncológicos. En relación con tumores hepáticos neuroendocrinos, Wang y cols. evaluaron el impacto de la fluorescencia en la preservación parenquimatosa. En una cohorte prospectiva de pacientes con metástasis de tumores neuroendocrinos, observaron que la guía fluorescente permitió reducir el volumen hepático reseado, aumentando la proporción de resecciones R0 y reduciendo complicaciones posoperatorias vinculadas a insuficiencia hepática residual.

En el contexto del trasplante hepático, la fluorescencia cumple múltiples funciones. Lwin y cols. describieron su uso para la evaluación de la perfusión del injerto hepático, la verificación anatómica de la vía biliar, la detección de zonas isquémicas con riesgo de necrosis y la identificación de complicaciones vasculares, como trombosis portal o arterial. Además, esta herramienta permite validar la viabilidad del injerto antes de su implante definitivo. En procedimientos de resección hepática en donantes vivos, la fluorescencia ha sido utilizada para confirmar la anatomía vascular y biliar del segmento hepático para extraer, reduciendo el riesgo de lesión a estructuras vitales y optimizando la seguridad del procedimiento tanto para el donante como para el receptor.

Diversos autores han propuesto el uso combinado de fluorescencia y navegación tridimensional basada en imágenes de tomografía computarizada o resonancia magnética, generando modelos virtuales que pueden integrarse con la imagen fluorescente intraoperatoria. Esta fusión de tecnologías permite una planificación quirúrgica más precisa y una ejecución más segura, minimizando el riesgo de complicaciones y maximizando la preservación del parénquima hepático funcional. Yao y cols. desarrollaron una técnica de fusión de imagen que combina la visión fluorescente con la reconstrucción tridimensional del hígado a partir de imágenes preoperatorias. Esta técnica se aplicó en pacientes con CHC sometidos a hepatectomía derecha, y permitió resecciones más precisas, con márgenes oncológicamente seguros en un mayor porcentaje en comparación con el grupo control.

## Vía biliar y páncreas

Las enfermedades bilopancreáticas representan un grupo de patologías de alta complejidad quirúrgica, donde la visualización precisa de las estructuras anatómicas y la identificación de lesiones tumorales son fundamentales para optimizar los resultados clínicos. En este escenario, la CGF ha adquirido un papel cada vez más relevante, especialmente en dos aplicaciones clave: la colangiografía fluorescente (CF) en colecistectomías laparoscópicas y la fluorescencia en cirugía pancreática oncológica. La CF con verde de indocianina (ICG) permite una delineación en tiempo real y sin necesidad de contraste radiológico del árbol biliar extrahepático, facilitando la identificación temprana de estructuras críticas como el conducto cístico y el colédoco, aun en presencia de inflamación o variaciones anatómicas. En cirugía pancreática, la CGF ha mostrado utilidad tanto en la localización de tumores neuroendocrinos altamente vascularizados, como en la evaluación de la perfusión del remanente pancreático tras pancreatetectomías. La posibilidad de detectar lesiones ocultas, evaluar márgenes quirúrgicos y adaptar la técnica según la señal fluorescente ha contribuido a mejorar la radicalidad oncológica y reducir complicaciones como la fístula pancreática. Aunque su aplicación en adenocarcinomas ductales aún presenta desafíos debido a su hipovascularización, el desarrollo de fluoróforos tumor-específicos podría ampliar su aplicabilidad.

### Colangiografía fluorescente en cirugía biliar

La colecistectomía laparoscópica (CL) es uno de los procedimientos quirúrgicos más realizados en el mundo. La lesión iatrogénica de la vía biliar continúa siendo una de las complicaciones más graves de la CL, con una incidencia que oscila entre el 0,3 y el 0,7% y un impacto significativo en la morbilidad, calidad de vida y costos sanitarios. En este contexto, la identificación segura de la anatomía biliar es clave. La colangiografía fluorescente con verde de indocianina (ICG) ha surgido como una técnica innovadora, no invasiva y segura para facilitar la visualización intraoperatoria del árbol biliar en tiempo real. El ICG es un fluoróforo hidrosoluble que, una vez administrado por vía intravenosa, se une a las proteínas plasmáticas y se excreta exclusivamente por vía hepatobiliar, permitiendo su acumulación en la bilis y su visualización mediante cámaras de infrarrojo cercano (NIR). El verde de indocianina puede administrarse entre 30 minutos y hasta 24 horas antes del procedimiento, permitiendo flexibilidad operativa. La dosis más utilizada es de 2,5 a 5 mg diluidos en 10 mL de solución fisiológica.

Diversos estudios han demostrado que esta técnica puede identificar de manera fiable el conducto cístico, hepático común y colédoco antes de cualquier

disección significativa del triángulo de Calot, incluso en presencia de inflamación o variaciones anatómicas (Fig.8).

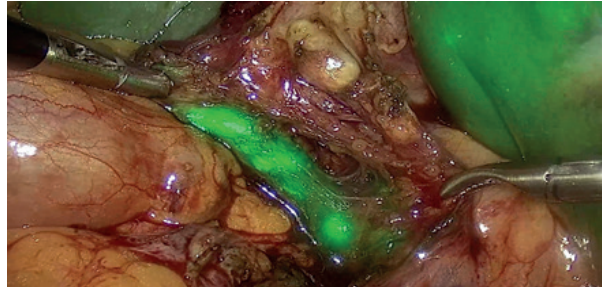
Ishizawa y cols. fueron pioneros en demostrar que la CF con ICG permite la visualización de la vía biliar extrahepática en tiempo real y con mínima disección. Ofrece una alternativa a la colangiografía intraoperatoria, delineando de forma no invasiva las estructuras biliares críticas del hilo hepático, eliminando la necesidad de punción del conducto cístico y la exposición a la radiación.

En un ensayo multicéntrico aleatorizado donde participó el Hospital de Clínicas de Buenos Aires se comparó la colangiografía fluorescente versus la visualización con luz blanca convencional durante colecistectomías laparoscópicas. El objetivo principal del estudio fue determinar si la fluorescencia aumenta la tasa de detección de estructuras biliares extrahepáticas. Antes de la disección, las tasas de detección fueron significativamente superiores en el grupo de fluorescencia para las siete estructuras biliares evaluadas: conducto cístico (CC), conducto hepático derecho (CHD), conducto hepático común (CHC), conducto colédoco, unión cístico-coledociana, unión cístico-vesicular y conductos accesorios. Después de la disección se observaron diferencias similares entre los grupos para todas las estructuras. El índice de masa corporal elevado se asoció con una reducción en la detección de la mayoría de las estructuras en ambos grupos, especialmente antes de la disección. La inflamación también afectó la detección de algunas estructuras. El estudio concluyó que la fluorescencia con ICG es estadísticamente superior a la luz blanca convencional para visualizar estructuras biliares extrahepáticas durante la CL y marcó el inicio de estandarizar su uso rutinario en colecistectomías laparoscópicas.

La obesidad es un factor que puede limitar la penetración del ICG, dificultando la visualización de las estructuras anatómicas. La ictericia también puede afectar la fluorescencia. La bilirrubina puede absorber la luz emitida por el ICG, dificultando la visualización de las estructuras biliares. Además, existen otros factores que pueden deteriorar la calidad de la imagen, como la concentración del ICG, el tiempo transcurrido desde la inyección, el tipo de equipo utilizado y la presencia de sangre en el campo quirúrgico. Para mitigar el impacto de estos factores es importante optimizar la técnica de administración del ICG, ajustar la dosis y el tiempo de inyección según las características del paciente.

Un estudio de cohorte publicado por Kumara y cols. investigó la eficacia de la CF con ICG para mejorar la visualización de la anatomía biliar durante la colecistectomía laparoscópica. Los resultados revelaron mejoras significativas en la identificación de puntos de referencia biliares clave tras el uso intraoperatorio de ICG. El estudio demostró que la visualización de la unión del conducto cístico y el conducto colédoco aumentó del 6% bajo luz visible al 88% con fluorescencia

■ FIGURA 8



Visión crítica de seguridad durante colangiografía fluorescente mediada por ICG en colecistectomía laparoscópica

antes de la disección, y del 54 al 100% luego de la disección ( $p < 0,001$ ). En el contexto de la colecistitis aguda, donde la anatomía biliar puede estar distorsionada debido a la inflamación, el ICG demostró ser particularmente valioso. En pacientes con colecistitis aguda, la unión cístico-coledociana no pudo definirse antes de la disección bajo luz visible. Sin embargo, la visualización aumentó al 80% con la CF, y las tasas posdisección aumentaron del 52 al 100% ( $p < 0,001$ ).

Estos hallazgos sugieren que el uso de ICG durante la CL puede facilitar la identificación temprana de estructuras críticas en situaciones donde la anatomía es difícil de interpretar aun antes de comenzar la disección. Además, respaldan la idea de que la identificación precisa de la anatomía con guía fluorescente reduce el tiempo operatorio, la tasa de conversión a cirugía abierta y las posibilidades de lesión inadvertida de la vía biliar.

Algunos estudios como los de Pesce y Lim han propuesto la inclusión de la CF en forma sistemática como estrategia de seguridad quirúrgica en la CL. Incluso se ha sugerido su incorporación como herramienta educativa para cirujanos en formación, dada su capacidad para mejorar la orientación anatómica.

Podemos concluir que la colangiografía fluorescente con ICG representa un avance significativo en cirugía biliar segura, proporcionando una visualización anatómica dinámica, no invasiva y sin exposición a radiación. Aunque aún no ha sido adoptada universalmente, la creciente evidencia sugiere que podría convertirse en un estándar de cuidado en colecistectomías laparoscópicas electivas y de urgencia.

### Aplicaciones en cirugía pancreática

La cirugía pancreática representa uno de los mayores desafíos técnicos en el campo de la cirugía gastrointestinal, tanto por la complejidad anatómica de la glándula como por el elevado riesgo de complicaciones posoperatorias, especialmente en procedimientos oncológicos. En este contexto, la cirugía guiada por fluorescencia ha emergido como una herramienta prometedora para mejorar la precisión quirúrgica y

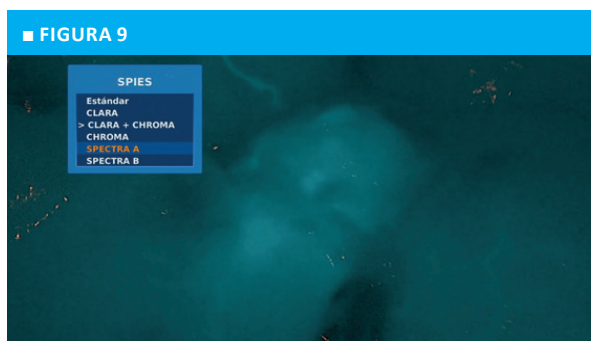
los resultados clínicos. El uso de agentes fluorescentes como el verde de indocianina (ICG) permite la evaluación en tiempo real de la perfusión tisular, la identificación de estructuras anatómicas críticas, la detección de lesiones tumorales y la evaluación de los márgenes quirúrgicos (Fig. 9).

Diversos estudios han explorado la aplicación de la cirugía guiada por fluorescencia en la resección de tumores pancreáticos. En tumores neuroendocrinos (TNE), cuya alta vascularización favorece la captación de ICG, se ha observado una mayor sensibilidad en la identificación intraoperatoria en comparación con los métodos convencionales de inspección visual y palpación. Shirakawa y cols. demostraron que el uso de fluorescencia en TNE permitió una identificación más precisa de los márgenes tumorales y una resección más segura, sin necesidad de recurrir a múltiples biopsias intraoperatorias. Sin embargo, en adenocarcinomas ductales, que tienden a ser hipovascularizados, la captación de ICG es menor, lo que limita parcialmente su utilidad. En estos casos, la combinación con otras herramientas como la ecografía intraoperatoria puede mejorar la sensibilidad.

Un metanálisis realizado por Liberale y cols. concluyó que la cirugía guiada por fluorescencia mejora la tasa de márgenes negativos (R0) en resecciones pancreáticas oncológicas en comparación con la cirugía convencional, aunque los resultados requieren estudios adicionales para evaluar su impacto en la supervivencia global. Resultados similares fueron reportados por Chen y cols., quienes evaluaron el uso de ICG en 92 pacientes con cáncer pancreático y observaron un aumento significativo en la precisión de resección y una disminución en el tiempo operatorio promedio.

Mitsuhashi y cols. describieron el uso de ICG para la detección de metástasis hepáticas ocultas no visibles mediante tomografía computarizada o resonancia magnética preoperatoria. En su estudio, se identificaron nuevas lesiones en el 25% de los pacientes evaluados, modificando sustancialmente la planificación quirúrgica y evitando resecciones innecesarias en casos de enfermedad diseminada. Kitai y cols. demostraron que la fluorescencia podría facilitar la detección de micrometástasis no visibles con métodos convencionales, reforzando el valor diagnóstico complementario de esta técnica.

Otro campo de aplicación relevante es la evaluación de la perfusión del remanente pancreático, especialmente en pancreatectomías distales. La adecuada perfusión de la línea de sección pancreática es crítica para reducir el riesgo de fístula pancreática posoperatoria, una de las principales complicaciones asociadas a este tipo de cirugía. Hashimoto y cols. evaluaron la perfusión del tejido pancreático utilizando ICG tras pancreatectomía distal y observaron una correlación significativa entre la mala perfusión del borde de sección pancreática y la incidencia de fístula. Esta observación



Evaluación intraoperatoria mediante CGF de insulinoma pancreático

sugiere que la identificación de zonas mal perfundidas podría guiar la resección adicional o modificar la técnica de cierre pancreático.

Respecto de los aspectos técnicos, la dosis y el momento de administración de ICG dependen del objetivo de la fluorescencia. Para evaluar perfusión tisular debe administrarse en bolo intravenoso en forma intraoperatoria, mientras que la administración de ICG 24 horas antes de la cirugía permite una mejor acumulación en el tejido neoplásico, mejorando el contraste entre tumores sólidos pancreáticos y el parénquima glandular sano. La dosis oscila entre 2,5 y 5 mg por inyección, ajustada al peso corporal y al objetivo de visualización.

Existen limitaciones técnicas inherentes al uso de fluorescencia. La fibrosis pancreática, frecuente en pacientes con antecedentes de pancreatitis crónica o tras quimioterapia neoadyuvante, puede interferir en la captación de ICG, dificultando la evaluación precisa de los márgenes. Asimismo, algunos factores como la obesidad, la profundidad de la lesión y la presencia de sangre o bilis en el campo quirúrgico pueden atenuar la señal fluorescente y limitar su interpretación. No obstante, nuevas tecnologías como cámaras de alta sensibilidad, sistemas híbridos de imagen y *software* de realce digital están siendo desarrolladas para superar estas barreras.

Finalmente, las perspectivas futuras son alentadoras. Se están investigando nuevos agentes fluoróforos con mayor especificidad tumoral. Se están estudiando conjugados de ICG con anticuerpos monoclonales dirigidos contra antígenos tumorales específicos, como el CA19-9, altamente expresado en adenocarcinomas pancreáticos.

En modelos preclínicos, la combinación de cirugía guiada por fluorescencia (CGF) con terapias adyuvantes ha mostrado resultados alentadores. Por ejemplo, un estudio en un modelo murino ortotópico de cáncer pancreático demostró que la combinación de CGF con fotonmunoterapia (FIT) utilizando un anticuerpo específico conjugado con un fluoróforo redujo significativamente la tasa de recurrencia tumoral y el peso total del tumor recurrente en comparación con la cirugía sola.

A pesar de los avances, aún no existen guías clínicas internacionales que establezcan el uso de la fluorescencia en cirugía pancreática. Sin embargo, sociedades como la International Society for Fluorescence Guided Surgery (ISFGS) y la European Association for Endoscopic Surgery (EAES) han emitido recomendaciones favorables para su utilización en procedimientos pancreáticos complejos, especialmente dentro de protocolos de investigación o en centros de referencia con experiencia en su manejo.

En conclusión, la cirugía guiada por fluorescencia representa una herramienta innovadora y en evolución que puede mejorar tanto la precisión oncológica como la seguridad reconstructiva en cirugía pancreática. Su incorporación racional y progresiva, respaldada por evidencia científica puede significar un avance sustancial en la calidad de la cirugía pancreática moderna.

## Colon y recto

La cirugía colorrectal se ha beneficiado significativamente de los avances tecnológicos, y la cirugía guiada por fluorescencia con ICG es una de las herramientas más prometedoras. Esta técnica ha ampliado su campo de aplicación en procedimientos colorrectales, no solo como método para evaluar la perfusión tisular en anastomosis, sino también en la planificación de linfadenectomías, localización tumoral y preservación de estructuras críticas. Su aplicación ha sido relacionada con la reducción de la tasa de fuga anastomótica, complicación temida asociada a alta morbilidad, debido a una evaluación objetiva y en tiempo real de la irrigación del muñón intestinal. Asimismo, la fluorescencia ha sido incorporada al mapeo linfático en cáncer colorrectal temprano, guiando resecciones más precisas y contribuyendo a una estadificación más fiable. Su uso en la identificación de ganglios centinela, a través de la inyección endoscópica peritumoral de ICG, ha permitido una resección mesentérica más dirigida. En conjunto, la CGF en cirugía colorrectal representa una estrategia en expansión que mejora la precisión quirúrgica, minimiza complicaciones y podría redefinir los estándares técnicos en la cirugía oncológica del colon y recto.

### Evaluación de la perfusión en anastomosis colónicas

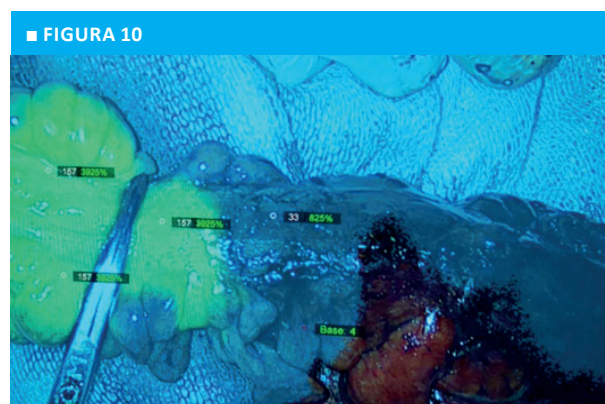
La evaluación de la perfusión de la anastomosis es un paso crucial durante las resecciones colorrectales. Tradicionalmente, la evaluación de la viabilidad de los tejidos se basa en la inspección visual del cirujano, considerando el color y el sangrado en los bordes de los muñones intestinales, o la detección del pulso arterial. Estos métodos son subjetivos y de baja precisión. En los

últimos años, el uso de la angiografía fluorescente con verde de indocianina (AF-ICG) se ha propuesto como un método objetivo para evaluar la perfusión del intestino, antes y después de la confección de la anastomosis, con el fin de reducir el riesgo de fuga anastomótica (FA), complicación temida y a menudo relacionada con un suministro de sangre inadecuado en los muñones intestinales (Fig. 10).

Las fístulas anastomóticas son actualmente una complicación importante y temida en la cirugía colorrectal, con tasas de incidencia de hasta el 19%. La angiografía con ICG ofrece una evaluación objetiva de la perfusión antes y después de la creación de la anastomosis. La técnica permite la visualización en tiempo real del flujo sanguíneo, ayudando a los cirujanos a identificar áreas de perfusión inadecuada y a tomar decisiones sobre la ubicación óptima de la anastomosis.

Después de la inyección de ICG, la perfusión vascular se observa mediante un sistema de cámara NIR (Near infrared) en segundos a minutos. Si se detecta una emisión uniforme de luz fluorescente y se demarca una línea de transición clara, la transección intestinal se realiza bajo guía fluorescente. Si se determina que la perfusión vascular es deficiente, la línea de transección del intestino se reubica en una zona con buena perfusión vascular.

Un reciente metanálisis publicado en *Surgical Endoscopy* en 2022 evaluó el impacto del cambio en el plan quirúrgico basado en la AF-ICG en las tasas de fuga anastomótica en cirugía colorrectal. El estudio buscó determinar si la fluorescencia, al influir en la estrategia quirúrgica, podría reducir la incidencia de esta complicación posoperatoria. Los resultados revelaron que la tasa media de cambio en el plan quirúrgico debido a las imágenes con ICG fue del 9,6% (índice de confiabilidad [IC] del 95%=7,3-11,8). Este hallazgo sugiere que, en aproximadamente uno de cada diez casos, la información proporcionada por la fluorescencia llevó a los cirujanos a modificar su enfoque quirúrgico planificado inicialmente. Los cambios en el plan quirúrgico podrían incluir la resección de tejido con perfusión inadecuada,



Evaluación de viabilidad de segmento colónico mediante angiografía fluorescente por ICG

la modificación del sitio de la anastomosis o la implementación de técnicas para mejorar la perfusión en el área anastomótica. Además de la tasa de cambio en el plan quirúrgico, el metanálisis también encontró que el uso de ICG se asoció con probabilidades significativamente menores de fuga anastomótica (razón de probabilidad del 0,52; IC del 95%:0,304-0,98). El estudio multicéntrico prospectivo PILLAR II, evaluó la eficacia del estudio de perfusión con ICG en la reducción de la FA en pacientes sometidos a resección anterior baja laparoscópica. Informó tasas de fuga de 1,4 %. Además, en el 8% de los casos se modificó el sitio anastomótico.

Otro metanálisis evaluó el impacto de la angiografía con ICG en los resultados de la resección colorrectal. Incluyó datos combinados de dos ensayos controlados aleatorizados (ECA) anteriores y siete estudios no aleatorizados, proporcionando un análisis exhaustivo de la evidencia disponible sobre el tema. Se analizaron los datos de un total de 1330 pacientes, de los cuales 862 fueron asignados al grupo ICG y 468 al grupo de control. El objetivo principal del estudio fue determinar si la AF-ICG podría reducir la incidencia de fuga anastomótica en cirugía colorrectal. Los resultados revelaron que la incidencia de FA fue significativamente menor en el grupo ICG que en el grupo de control (4,2% vs. 11,3%, respectivamente), con lo que la angiografía fluorescente con ICG redujo las probabilidades de FA en un 89,7%.

Uno de los principales inconvenientes es que la evaluación de la perfusión con ICG puede tener diferencias interobservador. La investigación futura podría centrarse en el desarrollo de un *software* óptimo para la evaluación validada, cuantificable y reproducible de la perfusión.

Un estudio investigó el momento y la distancia óptimos para evaluar la perfusión con ICG en la cirugía colorrectal, utilizando mediciones cuantitativas obtenidas con el programa SERGREEN (MATLAB-2014b *software* tool®; MathWorks [Natick, MA]). El estudio buscó determinar los parámetros ideales para la evaluación de la perfusión que pudieran traducirse en una mejor toma de decisiones intraoperatorias y, en última instancia, en la reducción de la incidencia de fugas anastomóticas. Los resultados indicaron que la distancia óptima entre la cámara y el colon para evaluar la perfusión es de 5 cm, y el tiempo óptimo para la evaluación es de 1,5 a 3,5 minutos luego de la infusión intravenosa del ICG.

### **Mapeo linfático en cirugía colorrectal**

El cáncer colorrectal se disemina desde la mucosa hacia la submucosa, donde toma contacto con la red linfática y puede afectar ganglios regionales. Por lo tanto, la estadificación ganglionar es crucial, y la extirpación de todos los ganglios linfáticos potencialmente involucrados es obligatoria. Las limitaciones de las

estrategias actuales de linfadenectomía guiadas por puntos de referencia anatómicos han derivado en tasas subóptimas de recurrencia local.

Soares y cols. fueron pioneros en informar una técnica que consiste en inyectar 10 mg de ICG diluidos en solución fisiológica estéril en cuatro puntos alrededor del tumor por vía endoscópica. Después de 30 a 40 minutos luego de la inyección, se utiliza una cámara de infrarrojo cercano (NIR) para identificar los ganglios linfáticos resaltados por la fluorescencia, guiando los límites mesentéricos de la resección. Demostraron que el mapeo de ganglios linfáticos guiado por fluorescencia es factible y seguro.

Otro estudio retrospectivo investigó la eficacia del tatuaje colonoscópico preoperatorio (TCP) con ICG en la cosecha adecuada de ganglios linfáticos en el cáncer colorrectal. Se analizó un total de 1079 pacientes sometidos a resección quirúrgica divididos en un grupo de TCP y un grupo de no TCP, evaluando el número de ganglios y la adecuación de la linfadenectomía según la localización y el estadio del tumor. Los resultados indicaron que el TCP con ICG mejoró eficazmente la linfadenectomía en el cáncer colorrectal temprano (estadio T1). Aunque no se encontraron diferencias significativas según la localización del tumor, el grupo de tatuaje mostró una linfadenectomía más adecuada en el grupo guiado por fluorescencia en cáncer rectal que en cáncer de colon. Además, informaron que el rendimiento adecuado de ganglios linfáticos en los cánceres colorectales tempranos no arrojó los mismos resultados para los estadios más avanzados. Este resultado puede explicarse porque los ganglios linfáticos con infiltración metastásica no muestran ninguna fluorescencia, mientras que el 80% de los ganglios linfáticos no ocupados eran visibles con las imágenes con ICG.

Esto podría ser una limitación para el mapeo linfático y la planificación estratégica de la cirugía, ya que la metástasis tumoral podría silenciar los ganglios linfáticos que deben incluirse en la muestra reseçada.

Se puede concluir entonces que el mapeo linfático con ICG en cirugía de cáncer colorrectal permite visualizar el flujo linfático y modificar la resección mesentérica y la ligadura de vasos en algunos pacientes. Sin embargo, los ganglios linfáticos metastásicos pueden no mostrar fluorescencia, lo que podría ser una desventaja en la planificación quirúrgica. La imagen con ICG del flujo linfático es eficaz en cáncer colorrectal temprano, pero no en etapas avanzadas (Fig. 11).

### **Otras aplicaciones**

La CGF ha demostrado ser útil en la localización de tumores colorrectales, especialmente en la cirugía laparoscópica, donde la palpación y la visualización directa pueden ser limitadas. La inyección preoperatoria de ICG cerca del tumor por vía endoscópica permite a

los cirujanos identificar la lesión durante la cirugía mediante la visualización de la fluorescencia. Además, se han desarrollado clips fluorescentes que se colocan cerca del tumor mediante colonoscopia y que pueden detectarse fácilmente durante la cirugía, lo que facilita la localización del tumor y la orientación de la resección.

En el cáncer rectal localmente avanzado (CRLA), la imagen de fluorescencia guiada por ICG tiene el potencial de evaluar el estado del margen de resección circunferencial (MRC). En un estudio de fluorescencia en mesorrecto realizado por de Jongh y cols. observaron intensidades de fluorescencia significativamente mayores en las áreas tumorales que en el tejido no tumoral circundante (razón de tumor a tejido circundante de  $4,7 \pm 2,5$ ). Se calculó un valor de corte óptimo de intensidad de fluorescencia media (IFM) de 5775 utilizando la estadística J de Youden ( $J=0,77$ ), con una sensibilidad del 96,19% y una especificidad del 80,39%. Estos hallazgos resaltan el potencial de la fluorescencia para mejorar la precisión de la resección oncológica y reducir el riesgo de recurrencia local.

En la cirugía transanal total mesorrectal

(TaTME), la CGF se ha utilizado para visualizar la uretra masculina mediante la instilación de ICG mezclado con un gel en la uretra o mediante el uso de un catéter de Foley recubierto de ICG-silicona. Para la visualización de los uréteres, se puede inyectar ICG a través de un *stent* ureteral insertado por medio de cistoscopia, lo que permite a los cirujanos identificar y evitar lesiones ureterales durante la disección del colon o el recto.

La CGF también se ha explorado para la detección de metástasis a distancia, incluyendo metástasis peritoneales y hepáticas. La detección intraoperatoria de metástasis peritoneales puede ser difícil con la visualización convencional, pero la CGF puede mejorar la sensibilidad de la detección. La administración de ICG o de agentes fluorescentes dirigidos a receptores específicos de las células tumorales permite a los cirujanos visualizar las metástasis peritoneales durante la cirugía. En el caso de las metástasis hepáticas, la CGF se ha utilizado para mejorar la detección de lesiones pequeñas (micrometástasis), así como para guiar la resección de los márgenes quirúrgicos.

## Bibliografía

- Achterberg FB, et al. ICG-Fluorescence Imaging for Margin Assessment During Minimally Invasive Colorectal Liver Metastasis Resection. *JAMA Netw Open*. 2024; 7:e246548.
- Achterberg FB, et al. Real-time surgical margin assessment using ICG-fluorescence during laparoscopic and robot-assisted resections of colorectal liver metastases. *Ann Transl Med*. 2020;8:1448.
- Arezzo A, et al. Intraoperative use of fluorescence with indocyanine green reduces anastomotic leak rates in rectal cancer surgery: an individual participant data analysis. *Surg Endosc*. 2020;34:4281-90.
- Boni L, David G, Mangano A, et al. Clinical Applications of Indocyanine Green (ICG) Enhanced Fluorescence in Laparoscopic Surgery. *Surg Endosc*. 2015;29(7):2046-55.
- Boogerd LS, et al. Fluorescence imaging for intraoperative detection of colorectal liver metastases using near-infrared light. *J Surg Oncol*. 2017;116(3):344-50.
- Boogerd LS, Handgraaf HJ, Lam HD, et al. Fluorescence-Guided Surgery in Patients with Pancreatic Cancer: A Review. *Expert Rev Anticancer Ther*. 2017;17(7):639-47.
- Chen H, et al. Application Effect of ICG Fluorescence Real-Time Imaging Technology in Laparoscopic Hepatectomy. *Front Oncol*. 2022;12:819960.
- Chen QY, et al. Safety and efficacy of indocyanine green tracer-guided lymph node dissection during laparoscopic radical gastrectomy in patients with gastric cancer: A randomized clinical trial. *JAMA Surg*. 2020;155(4):300-11.
- Chen S, Jin H, Sun K, et al. Application of Indocyanine Green Fluorescence Imaging in Laparoscopic Pancreatic Surgery: A Retrospective Study. *BMC Surg*. 2022;22(1):172.
- de Jongh SJ, et al. Back-Table Fluorescence-Guided Imaging for Circumferential Resection Margin Evaluation Using Bevacizumab-800CW in Patients with Locally Advanced Rectal Cancer. *J Nucl Med*. 2020;61:655-61.
- Diana M, Noll E, Dhumane P, et al. Enhanced-reality Video Fluorescence: A Real-time Assessment of Intestinal Perfusion in Surgery. *Ann Surg*. 2014;259(4):700-7.
- Dip F, et al. Randomized Trial of Near-infrared Incisionless Fluorescent Cholangiography. *Ann Surg*. 2019;270:992-9.
- Ducas A, et al. Use of Fluorescence Imaging in Liver Transplant Surgery. *J Clin Med*. 2024;13(9):2610.
- Ekman M, et al. Near-Infrared Fluorescence Image-Guided Surgery in Esophageal and Gastric Cancer Operations. *Surg Innov*. 2022;29:540-9.
- Emile SH, Khan SM, Wexner SD. Impact of change in the surgical plan based on indocyanine green fluorescence angiography on the rates of colorectal anastomotic leak: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc*. 2022;36:2245-57.
- Galema HA, et al. Fluorescence-guided surgery in colorectal cancer; A review on clinical results and future perspectives. *Eur J Surg Oncol*. 2022;48:810-21.
- Garoufalia Z, Wexner SD. Indocyanine Green Fluorescence Guided Surgery in Colorectal Surgery. *J Clin Med*. 2023;12.
- González-Abós C, et al. Quantitative Indocyanine Green Fluorescence Imaging Assessment for Nonmucinous Peritoneal Metastases: Preliminary Results of the ICCP Study. *Dis Colon Rectum*. 2022;65:314-21.
- Goo J J, et al. Efficacy of preoperative colonoscopic tattooing with indocyanine green on lymph node harvest and factors associated with inadequate lymph node harvest in colorectal cancer. *Scand J Gastroenterol*. 2029;54: 666-72.
- Hashimoto D, Chikamoto A, Ohmuraya M, et al. Intraoperative Visualization of the Pancreatic Remnant Using Indocyanine Green Fluorescence Imaging. *Am J Surg*. 2015;210(4):778-83.
- Hoogstins CE, Tummers QR, Gaarenstroom KN, et al. A Novel Tumor-Specific Agent for Fluorescence-Guided Surgery of Pancreatic Cancer: IRDye800CW-EGFR Antibody. *Clin Cancer Res*. 2016;22(10):2674-81.
- Ishizawa T, et al. Intraoperative fluorescent cholangiography using indocyanine green: a biliary road map for safe surgery. *J Am Coll Surg*. 2009;208(1): e1-4.
- Ishizawa T, et al. Real-time identification of liver cancers by using indocyanine green fluorescent imaging. *Cancer*. 2009;115(11):2491-504.
- Jianxi W, et al. ICG fluorescence-guided laparoscopic hepatectomy vs conventional for HCC: A propensity score study. *Front Oncol*. 2022;12:930065.
- Jung J-M, Park IJ, Park EJ, Son GM, & Image-Guided Surgery Study Group of Korean Society of Coloproctology. Fluorescence-guided colorectal surgery: applications, clinical results, and protocols. *Ann Surg Treat Res*. 2023;105:252-63.
- Kaibori M, et al. Near-Infrared Fluorescence Imaging and Photodynamic Therapy for Liver Tumors. *Front Oncol*. 2021;11:638327.
- Kakizoe M, et al. The histopathological evaluation based on the indocyanine green fluorescence imaging of regional lymph node metastasis of splenic flexural colon cancer by near-infrared observation. *Int J Colorectal Dis*. 2021;36:717-23.

- Karliczek A, et al. Surgeons lack predictive accuracy for anastomotic leakage in gastrointestinal surgery. *Int J Colorectal Dis.* 2009;24:569-76.
- Kawaguchi Y, et al. Laparoscopic anatomical liver resection guided by indocyanine green fluorescence imaging. *Ann Surg.* 2019;269(6):1096-102.
- Kinami S, et al. Life prognosis of sentinel node navigation surgery for early-stage gastric cancer: Outcome of lymphatic basin dissection. *World J Gastroenterol.* 2021;27(46):8010-30. doi:10.3748/wjg.v27i46.8010.
- Kitagawa Y, et al. Sentinel node mapping for gastric cancer: a prospective multicenter trial in Japan. *J Clin Oncol.* 2013;31(29):3704-10.
- Kitai T, Inomoto T, Miwa M, Shikayama T. Fluorescence Navigation with Indocyanine Green for Detecting Sentinel Lymph Nodes in Breast Cancer. *Breast Cancer.* 2005;12(3):211-5.
- Koyanagi K, et al. Blood flow speed of the gastric conduit assessed by indocyanine green fluorescence: New predictive evaluation of anastomotic leakage after esophagectomy. *Medicine (Baltimore).* 2016;95:e4386.
- Kumarage SK, et al. Intraoperative visualization of biliary anatomy using Indocyanine green (ICG) fluorescence in a Sri Lankan patient cohort. *Sri Lanka J. Surg.* 2024;42:3-9.
- Ladak F, et al. Indocyanine green for the prevention of anastomotic leaks following esophagectomy: a meta-analysis. *Surg Endosc.* 2019;33:384-94.
- Lehrskov LL, et al. Fluorescence or X-ray cholangiography in elective laparoscopic cholecystectomy: a randomized clinical trial. *Br J Surg.* 2020;107: 655-61.
- Li H, et al. A narrative review of intraoperative use of indocyanine green fluorescence imaging in gastrointestinal cancer: situation and future directions. *J Gastrointest Oncol.* 2023;14:1095-113.
- Liberale G, Vankerckhove S, Galdon MG, et al. Indocyanine Green Fluorescence-Guided Surgery after Preoperative Systemic Therapy for Gastrointestinal Cancers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers (Basel).* 2020;12(9):2505.
- Lim SH, et al. Real-time identification of bile duct anatomy using indocyanine green fluorescence imaging during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2022;36(4):2815-23.
- Lwin TM, Hoffman RM, Bouvet M. Fluorescence-guided hepatobiliary surgery with long and short wavelength fluorophores. *Hepatobiliary Surg Nutr.* 2020;9: 615-39.
- Martínez-López E, et al. Real-time fluorescence image-guided gastrointestinal oncologic surgery: Towards a new era. *World J Gastrointest Oncol.* 2021;13:1029-42.
- Mitsuhashi N, Kimura F, Shimizu H, et al. Usefulness of Indocyanine Green Fluorescence Imaging for Detecting Liver Metastases of Pancreatic Cancer. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2014;21(7):563-72.
- Östrand E, et al. Importance of resection margin after resection of colorectal liver metastases. *BJS Open.* 2024;8.
- Patel I, et al. Use of Near-Infrared Fluorescence Techniques in Minimally Invasive Surgery for Colorectal Liver Metastases. *J Clin Med.* 2023;12.
- Pesce A, et al. Near-infrared fluorescence cholangiography with indocyanine green in laparoscopic cholecystectomy: A systematic review. *Surg Innov.* 2021; 28(3):259-68.
- Piccolo G, et al. Detection and Assessment of Colorectal Liver Metastases Using Near-Infrared Fluorescence. *Cancers (Basel).* 2024;16.
- Potharazu AV, Gangemi A. Indocyanine green (ICG) fluorescence in robotic hepatobiliary surgery: A systematic review. *Int J Med Robot.* 2023;19:e2485.
- Serra-Aracil X, et al. When should indocyanine green be assessed in colorectal surgery, and at what distance from the tissue? Quantitative measurement using the SERGREEN program. *Surg Endosc.* 2022;36:8943-9.
- Shirakawa S, Satoi S, Yanagimoto H, et al. Identification of Pancreatic Neuroendocrine Tumors Using Intraoperative Fluorescence Imaging with Indocyanine Green. *J Surg Oncol.* 2019;119(3):372-80.
- Slooter MD, Eshuis WJ, Cuesta MA, et al. Fluorescent imaging using indocyanine green during esophagectomy to prevent surgical morbidity: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2019;11:S755-S765.
- Soares AS, Lovat LB, Chand M. Intracorporeal lymph node mapping in colon cancer surgery. *Eur J Surg Oncol.* 2019;45:2316-8.
- Sposito C, et al. Indocyanine Green Fluorescence-Guided Surgery for Gastrointestinal Tumors: A Systematic Review. *Ann Surg Open.* 2022;3: e190.
- Takemura N, et al. Use of indocyanine green fluorescence imaging for anatomic resection in living liver donors. *Transplant P.* 2019;51(4):1186-90.
- Tamburini N, et al. Application of Indocyanine Green Enhanced Fluorescence in Esophageal Surgery: A Mini Review. *Front Surg.* 2022;9:961856.
- Ushijima H, et al. Visualization of lymphatic flow in laparoscopic colon cancer surgery using indocyanine green fluorescence imaging. *Sci Rep.* 2020;10:14274.
- Van Daele E, et al. Near-infrared fluorescence guided esophageal reconstructive surgery: A systematic review. *World J Gastrointest Oncol.* 2019;11:250-63.
- Wakabayashi G, et al. Recommendations for fluorescence imaging with ICG in laparoscopic liver resection. *Surg Endosc.* 2020;34(3):1132-41.
- Wang G, et al. Surgical margins in laparoscopic parenchyma-sparing hepatectomy of neuroendocrine tumors using ICG. *Surg Endosc.* 2022;36:4408-16.
- Weixler B, et al. Value of Indocyanine Green Image-Guided Surgery in Primary Liver Tumors and Metastases. *Life (Basel).* 2023;13.
- Yao S, et al. Precise right hemihepatectomy for the treatment of hepatocellular carcinoma guided by fusion ICG fluorescence imaging. *J Cancer.* 2020;11: 2465-75.
- Zhan Q, Li J, Chen J, et al. Optimization of Indocyanine Green Administration for Enhanced Tumor Visualization during Surgery. *Front Oncol.* 2021;11:679093.
- Zhang YM, et al. Fluorescence-guided surgery for liver tumors: a meta-analysis. *Surg Endosc.* 2021;35(4):1718-29.

## Aplicaciones en cirugía oncológica de mama

### Evaluación de la perfusión tisular en cirugía de mama

La evaluación de la perfusión tisular es un pilar fundamental en la cirugía oncológica de mama, ya que la viabilidad de los tejidos posquirúrgicos impacta directamente en los resultados funcionales y estéticos, así como en la incidencia de complicaciones como la necrosis cutánea o grasa. En este contexto, la angiografía con indocianina verde (ICG) se ha consolidado como una herramienta intraoperatoria de alta precisión para la visualización, en tiempo real, de la microcirculación tras procedimientos como mastectomías y reconstrucciones mamarias (Fig. 12).

En la cirugía conservadora de mama (BCS, por sus siglas en inglés), la angiografía con ICG permite identificar áreas de isquemia dérmica posmastectomía, lo que resulta crítico para guiar la resección de tejido mal perfundido y tomar decisiones informadas sobre la viabilidad de una reconstrucción inmediata frente a una diferida. Un estudio multicéntrico publicado por Diep y cols. (2019) evaluó a 150 pacientes sometidas a BCS con seguimiento de complicaciones posoperatorias, informando que el uso de ICG redujo las tasas de necrosis cutánea del 18 al 6%, con una sensibilidad predictiva del 88% y una especificidad del 79% para identificar áreas de riesgo mediante imágenes en el espectro del infrarrojo cercano (NIR). Este enfoque permite a los cirujanos ajustar intraoperatoriamente la extensión de la resección, minimizando la pérdida de tejido sano y optimizando los resultados estéticos.

En el ámbito de la reconstrucción mamaria autóloga, particularmente con colgajos de la arteria perforadora epigástrica inferior profunda (DIEP), la evaluación de la perfusión con ICG es esencial para garantizar la viabilidad del tejido transferido. Sistemas avanzados como Avata® (OnLume Inc., Madison, WI) ofrecen métricas cuantitativas objetivas, como la intensidad relativa (RI) y el área relativa (RA) de fluorescencia, que se correlacionan con el riesgo de complicaciones. Según un estudio de Griffiths y cols. (2021), en una cohorte de 200 pacientes sometidas a reconstrucción con DIEP, las áreas con RI inferior al 30% presentaron un riesgo de necrosis grasa del 15-20% cuando no se utilizó ICG, frente a un 5-8% en casos donde se empleó esta tecnología para guiar la resección de tejido insuficientemente perfundido. Además, la capacidad de visualizar patrones de microcirculación en tiempo real permite optimizar el diseño del colgajo, seleccionando zonas con mejor vascularización.

■ FIGURA 12



Evaluación de perfusión tisular y viabilidad del complejo areola-pezones en reconstrucción de mama

En reconstrucciones con implantes, la angiografía con ICG desempeña un papel crucial para predecir el riesgo de necrosis del colgajo cutáneo de la mastectomía, especialmente en técnicas de preservación de piel (*skin-sparing mastectomy*, SSM) o preservación del complejo pezón-areola (*nipple-sparing mastectomy*, NSM). Un análisis retrospectivo de Komorowska-Timeky cols. (2020) en 120 pacientes demostró que la identificación de áreas con perfusión comprometida (RI < 25%) permitió ajustes intraoperatorios en el 35% de los casos, reduciendo la incidencia de necrosis cutánea del 22 al 9% y mejorando la tasa de éxito en la colocación de implantes permanentes. Esta técnica también ayuda a determinar la viabilidad de la piel remanente para soportar expansores tisulares o implantes definitivos, evitando complicaciones como dehiscencia de heridas.

Finalmente, en mamoplastias de reducción realizadas como parte de procedimientos oncológicos, la selección de pedículos se beneficia significativamente de la identificación de vasos dominantes del complejo pezón-areola (NAC, por sus siglas en inglés) mediante angiografía con ICG y sistemas como SPY-PHI® (Stryker). Un estudio prospectivo de Wapnir y cols. (2019) evaluó a 80 pacientes sometidas a mamoplastia de reducción, encontrando que la visualización de arterias y venas dominantes en el diseño del pedículo (superior, superomedial o medial) redujo el riesgo de necrosis del NAC del 18 al 3-5% en comparación con la evaluación clínica subjetiva. Este enfoque permite incluir un mayor número de vasos perforantes en el pedículo, asegurando una perfusión adecuada y minimizando complicaciones posoperatorias.

## Mapeo linfático del ganglio centinela en el cáncer de mama

El mapeo linfático y la identificación precisa del ganglio linfático centinela (SLN, por sus siglas en inglés) son procedimientos fundamentales en la cirugía oncológica de mama, especialmente en el manejo del cáncer de mama en estadios tempranos. Este enfoque permite determinar la extensión de la enfermedad, evaluar la presencia de metástasis y guiar decisiones terapéuticas, evitando disecciones axilares completas que incrementan la morbilidad, como linfedema, dolor crónico y limitación funcional del brazo (Fig.13).

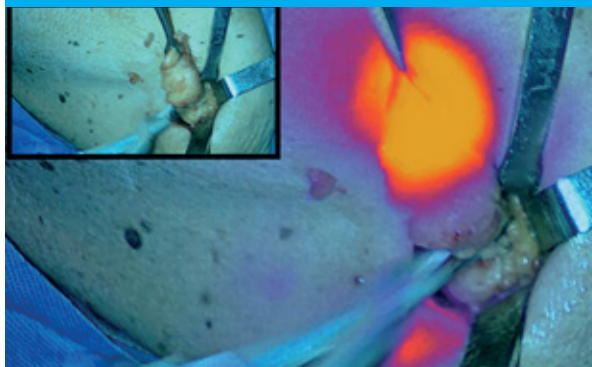
### Aplicaciones de la fluorescencia con indocianina verde (ICG) en el mapeo de ganglios centinela

La imagen de fluorescencia en el infrarrojo cercano (NIR) con indocianina verde (ICG) ha emergido como una técnica innovadora y segura para la localización de ganglios linfáticos centinela en el cáncer de mama. El ICG, al ser inyectado, permite visualizar en tiempo real las vías linfáticas y los ganglios mediante sistemas de cámaras NIR, gracias a sus longitudes de onda de absorción (765 nm) y emisión (830 nm), que ofrecen una penetración de hasta 10 mm y mínima fluorescencia de fondo. Entre sus ventajas se destacan la ausencia de radiación ionizante, la falta de toxicidad, la falta de reacciones alérgicas significativas y la invisibilidad a simple vista, evitando tatuajes dérmicos o contaminación del campo quirúrgico.

Algunos estudios como el de Takada y cols. (2022) han demostrado una tasa de identificación del SLN del 100% utilizando el sistema Lumifinder™ (Advantest®, Tokio, Japón) en 50 pacientes con axila clínicamente negativa. Los resultados mostraron un tiempo medio de detección de 20 minutos y un promedio de 2,5 ganglios detectados por paciente, sin complicaciones posoperatorias relacionadas y con una estancia hospitalaria media de 4,5 días. La técnica, basada en inyecciones periareolares de ICG, superó las limitaciones de métodos tradicionales como el azul de isosulfán y el tecnecio-99m (Tc-99m), especialmente en la localización de ganglios axilares profundos.

Un metanálisis de Ahmed y cols. (2021), que incluyó 15 estudios y a más de 1200 pacientes, informó una sensibilidad del 92% (IC 95%: 89-95%) y una especificidad del 85% (IC 95%: 80-89%) para la detección de SLN con ICG, comparable o superior a métodos convencionales en ciertos contextos. Este enfoque ha reducido las disecciones axilares completas en un 30-40% en pacientes con SLN negativo, disminuyendo la incidencia de linfedema de 20-30% a 5-10%, según datos de la Sociedad Americana de Cirujanos de Mama (ASBrS, 2020), y mejorando significativamente la calidad de vida posoperatoria.

■ FIGURA 13



Identificación y resección guiada por fluorescencia de ganglio centinela en el cáncer de mama

### Limitaciones y desafíos del ICG

A pesar de sus ventajas, el uso de ICG presenta limitaciones, como la penetración transcutánea limitada (1-2 cm), lo que dificulta la detección preoperatoria en pacientes con alto índice de masa corporal o ganglios profundos. Además, existe el riesgo de falsos negativos y una falta de especificidad en la detección de células tumorales, lo que requiere el desarrollo de estrategias complementarias.

### Técnicas combinadas y emergentes

Para mejorar la precisión se han desarrollado técnicas de doble trazador que combinan ICG con otros agentes como el azul de patente, radio coloides (Tc-99m) o agentes fluorescentes como el ácido 5-aminovalúrico (5-ALA) y la fluoresceína sódica (SF). Estas combinaciones, como ICG con azul de patente, han alcanzado tasas de detección del 100%. Asimismo, algunas tecnologías como la microscopía con focal láser endoscópica (CLE) y la tomografía de coherencia óptica (OCT) permiten biopsias intraoperatorias en tiempo real, incrementando la precisión diagnóstica.

### Comparación con técnicas tradicionales

Tradicionalmente, la biopsia del SLN en cáncer de mama se realiza con la técnica dual de colorante azul (BD, por sus siglas en inglés *blue dye*) y de radioisótopo (RI) como el Tc<sup>99m</sup>, considerada el procedimiento de referencia (estándar de oro). Sin embargo, presenta desventajas como reacciones alérgicas al colorante azul (desde erupciones leves hasta anafilaxia), exposición a radiación, tatuajes dérmicos y la necesidad de coordinación entre especialistas, lo que aumenta costos y complejidad logística.

Algunas revisiones sistemáticas y metanálisis

han comparado ICG con métodos convencionales, mostrando que no hay diferencias significativas en la tasa de detección de SLN entre ICG y RI, pero sí una superioridad de ICG sobre BD. Además, ICG permite extirpar un mayor número de ganglios por paciente, mejorando la precisión de la estadificación axilar. Varios estudios prospectivos, como ensayos de fase 2 en pacientes posquimioterapia neoadyuvante, han confirmado la seguridad y eficacia de combinar ICG con RI, especialmente en contextos donde el drenaje linfático puede estar alterado.

### **Ventajas en seguridad, costo y eficiencia**

El ICG ofrece beneficios adicionales en términos de seguridad y conveniencia, al eliminar riesgos asociados con la radiación y reducir el tiempo quirúrgico. Su aplicación no prolonga el tiempo operatorio, facilita la visualización en tiempo real para decisiones sobre incisiones precisas y permite inyecciones fuera del quirófano con una duración de hasta 3 horas después de la inyección, optimizando el flujo de trabajo. Desde una perspectiva costo-efectiva, la SLNB guiada por ICG puede ser hasta cinco veces menos costosa que la basada en radioisótopos, al evitar gastos relacionados con la producción, manejo y eliminación de materiales radiactivos, así como la necesidad de personal especializado.

### **Identificación de márgenes tumorales y preservación de tejido sano en mama**

La identificación precisa de márgenes quirúrgicos en la cirugía de mama, tanto en procedimientos conservadores (BCS, por sus siglas en inglés) como en mastectomías, es un pilar fundamental para garantizar el control locorregional del cáncer de mama, reducir el riesgo de recurrencias y minimizar la necesidad de reintervenciones quirúrgicas. La evaluación intraoperatoria de márgenes no solo impacta en los resultados oncológicos, sino también en la calidad de vida de las pacientes al evitar procedimientos adicionales y optimizar los resultados estéticos. Este apartado analiza en profundidad las tecnologías emergentes para la evaluación de márgenes tumorales, con un enfoque especial en la fluorescencia con indocianina verde (ICG), nuevas sustancias fluorescentes en desarrollo, y otras técnicas innovadoras que buscan superar las limitaciones de los métodos tradicionales.

### **Evaluación de márgenes en cirugía conservadora de mama**

La obtención de márgenes quirúrgicos libres de tumor durante la cirugía conservadora de mama

es esencial para reducir el riesgo de recurrencia local, cuya incidencia puede ser significativamente mayor en pacientes con márgenes positivos. Las tasas de reoperación por márgenes positivos varían entre el 14 y el 30% en diferentes centros y dependen de la experiencia del cirujano y de las herramientas disponibles. Este desafío se agrava por la dificultad de evaluar de manera eficiente y precisa toda la superficie de una muestra de tumorectomía durante el procedimiento quirúrgico, lo que contribuye a la alta variabilidad en los resultados. Además, la preservación de tejido sano es un objetivo clave para lograr resultados oncológicos satisfactorios, minimizando deformidades y optimizando la estética posquirúrgica.

▪ **Fluorescencia con indocianina verde (ICG):** la ICG ha surgido como una herramienta intraoperatoria prometedora para la evaluación de márgenes en tiempo real, ofreciendo ventajas significativas sobre métodos tradicionales como el análisis de sección congelada (ASF), que requiere tiempos prolongados de procesamiento y personal especializado en patología. La ICG, un colorante fluorescente aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos para diversas aplicaciones médicas, se administra por vía intravenosa o intratumoral y se visualiza mediante sistemas de imagen de infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés). Un estudio pivotal realizado por Yu y cols. (2021) evaluó la utilidad de la ICG en 69 pacientes sometidas a BCS, comparándola con el ASF. Los resultados demostraron una sensibilidad del 81,82% y una especificidad del 75,82% para la detección de márgenes positivos. Al ajustar la dosis de ICG a 1 mg/kg (en comparación con 0,5 mg/kg), la sensibilidad aumentó a 87,5%, aunque la especificidad disminuyó ligeramente a 74,42%. Por otro lado, con una dosis de 0,5 mg/kg, la sensibilidad fue del 66,67%, pero la especificidad alcanzó un notable 93,33%. Un hallazgo relevante fue que la ICG identificó márgenes positivos no detectados por ASF en el 12% de los casos, incluyendo carcinoma ductal *in situ* (DCIS), lo que sugiere un potencial para mejorar la precisión quirúrgica y reducir las tasas de reoperación. Otro estudio comparativo de Liu y cols. (2020) analizó la eficacia de la cirugía guiada por ICG frente a la marcación cutánea guiada por ecografía en 120 pacientes. La técnica con ICG logró una tasa de identificación de lesiones del 100%, con márgenes positivos intraoperatorios del 10,5% frente al 25,0% con ecografía ( $p < 0,01$ ) y en análisis histopatológico final del 3,5% frente al 14,7% ( $p < 0,01$ ). Además, la necesidad de resección adicional durante la cirugía se redujo significativamente (8,8% frente al 23,3%,  $p < 0,01$ ), con un tiempo medio de resección de solo 13 minutos y sin complicaciones informadas. Este método también permitió una menor extirpación de tejido sano, con un volumen resecado promedio de 45 cm<sup>3</sup> frente a 60 cm<sup>3</sup> con ecografía, y una me-

por centralización de la lesión dentro del espécimen, optimizando los resultados oncológicos. Estas características posicionan a la ICG como una alternativa o complemento ideal para lesiones no palpables o asociadas a microcalcificaciones, donde la ecografía y la mamografía tienen limitaciones en la precisión de profundidad.

▪ **Cirugía guiada por fluorescencia con pegulicianina (pFGS):**

la pegulicianina es un agente fluorescente novedoso diseñado específicamente para la visualización de márgenes tumorales en cirugía de mama. Se administra por vía intravenosa antes del procedimiento y se activa mediante sistemas de imagen NIR, permitiendo a los cirujanos identificar márgenes sospechosos durante la tumorectomía. Un ensayo prospectivo multicéntrico evaluó su eficacia en 357 pacientes e informó una sensibilidad del 49.3% y una especificidad del 86.2% a la altura de tejido para la detección de márgenes positivos. Aunque se observaron falsos positivos y negativos, el estudio mostró que se extirpó un promedio de 1,0 a 1,4 márgenes guiados por pFGS por paciente, con volúmenes resecados de entre 10,1 y 17,5 cm<sup>3</sup>. Los resultados indicaron que la pFGS cumplió los umbrales preespecificados para la eliminación de tumor residual y la especificidad, pero no alcanzó el umbral de sensibilidad establecido, lo que sugiere la necesidad de ajustes en su aplicación clínica o en los parámetros de detección. A pesar de estas limitaciones, la pFGS representa un avance importante al permitir decisiones intraoperatorias basadas en imágenes en tiempo real, reduciendo potencialmente la necesidad de cirugías adicionales.

▪ **Nuevos fármacos fluorescentes en desarrollo:** además de la ICG y la pegulicianina, se están desarrollando otros agentes fluorescentes con mayor especificidad para tejidos tumorales, buscando mejorar la sensibilidad y reducir falsos positivos. Por ejemplo, los agentes dirigidos a receptores específicos de células cancerosas, como los conjugados de anticuerpos fluorescentes, están en fases preclínicas y clínicas tempranas. Estas moléculas se unen selectivamente a biomarcadores tumorales (como HER2 o EGFR, frecuentemente sobreexpresados en cáncer de mama), permitiendo una visualización más precisa de los márgenes tumorales. Varios estudios preliminares han demostrado que estos agentes pueden diferenciar tejido maligno de tejido sano con una precisión superior al 90% en modelos animales, y ciertos ensayos clínicos iniciales están evaluando su seguridad y eficacia en los seres humanos. Otro enfoque innovador es el uso de nanopartículas fluorescentes cargadas con colorantes NIR, que pueden acumularse preferentemente en tejidos tumorales debido al efecto de permeabilidad y retención mejorada (EPR, por sus siglas en inglés) característico de los tumores. Estas tecnologías, aunque

aún en etapas experimentales, prometen revolucionar la cirugía guiada por imagen al ofrecer una mayor resolución y especificidad, minimizando la extirpación de tejido sano y mejorando los resultados oncológicos y estéticos. Además, se están explorando agentes fluorescentes multimodales que combinan imágenes NIR con otras modalidades (como PET o MRI) para proporcionar información complementaria durante la cirugía, lo que podría facilitar una planificación quirúrgica más precisa y una evaluación integral de los márgenes.

▪ **Microscopia de barrido de fluorescencia ultravioleta profunda (DUV-FSM):**

esta tecnología emergente utiliza excitación ultravioleta profunda (285 nm) y baja magnificación (4x) para obtener imágenes de alta velocidad (1,0 min/cm<sup>2</sup>) y resolución subcelular de tejidos mamarios extirpados. Las muestras se tiñen con yoduro de propidio (PI) para marcar núcleos y eosina Y (EY) para citoplasma y tejidos conectivos, generando imágenes con excelente contraste visual en color, textura, densidad celular y forma, lo que permite diferenciar carcinomas invasivos de tejido normal. La DUV-FSM mostró una sensibilidad del 97,62% y una especificidad del 92,86% en interpretación visual por personal no médico, y el análisis cuantitativo de ratio núcleo-citoplasma (N/C) resultó útil para distinguir tejidos cancerosos. Comparada con otras tecnologías, se destaca por su capacidad de analizar grandes áreas de márgenes con resolución adecuada y a la velocidad requerida en un entorno clínico, lo que la posiciona como una herramienta prometedora para la evaluación intraoperatoria.

### **Identificación de Márgenes en Mastectomías y casos específicos**

En contextos más agresivos como el cáncer de mama inflamatorio (CMI), un subtipo raro con alta mortalidad, la mastectomía radical modificada (MRM) con márgenes patológicos negativos, es crucial para mejorar la supervivencia. Un estudio prospectivo demostró que el análisis intraoperatorio de sección congelada (AICF) incrementa la tasa de márgenes libres en pacientes con CMI, permitiendo a los cirujanos resecaer tejido adicional hasta lograr márgenes negativos. Este enfoque reduce la necesidad de reintervenciones y retrasos en la administración de radioterapia adyuvante, optimizando el manejo multidisciplinario de estas pacientes. Aunque el AICF tiene limitaciones en términos de tiempo y recursos, su combinación con tecnologías de imagen fluorescentes como la ICG podría potenciar su eficacia, permitiendo una evaluación más rápida y precisa de los márgenes durante la cirugía.

### **Limitaciones de los métodos tradicionales y la necesidad de innovación**

Los métodos tradicionales para la evaluación de márgenes, como el análisis de secciones congeladas (ASF), presentan múltiples limitaciones que afectan su aplicabilidad en el quirófano. El ASF tiene baja sensibilidad en tejidos mamarios grasos, tasas variables de falsos negativos, y requiere personal especializado y tiempos de procesamiento prolongados, lo que puede retrasar decisiones intraoperatorias. Los exámenes radiológicos de muestras resecadas, por otro lado, ofrecen baja precisión y sensibilidad, mientras que dispositivos aprobados por la FDA como MarginProbe® muestran limitaciones en sensibilidad y especificidad, dependiendo de un escaneo puntual guiado por el usuario que puede ser inconsistente. El análisis histopatológico posoperatorio, aunque es el procedimiento de referencia (estándar de oro), consume tiempo (a menudo días o semanas), genera estrés en las pacientes debido a la espera de resultados y presenta desafíos en la correlación entre la muestra extirpada y los sitios críticos donde las células tumorales están cerca de la superficie. Estas limitaciones subrayan la necesidad de técnicas de imagen intraoperatorias que permitan una evaluación inmediata y precisa de los márgenes en el quirófano.

Las técnicas ópticas emergentes, como la imagen de tiempo de vida de fluorescencia (FLIm) sin etiquetas, ofrecen un enfoque no destructivo para identificar cambios fisiológicos, químicos y morfológicos asociados al cáncer. La FLIm ha demostrado capacidad para identificar regiones tumorales en mama con rapidez en la adquisición y procesamiento de datos diagnósticos, lo que podría complementar o incluso reemplazar métodos más invasivos o tardados. Su integración en sistemas quirúrgicos podría reducir significativamente los tiempos de espera y mejorar la toma de decisiones en tiempo real.

### **Desafíos y futuro de las tecnologías fluorescentes**

A pesar de los avances, las tecnologías fluorescentes enfrentan desafíos que deben abordarse para su adopción generalizada. La ICG, aunque eficaz, tiene una especificidad limitada en ciertos contextos debido a su acumulación no específica en tejidos inflamados o vascularizados, lo que puede generar falsos positivos. La pegulicianina y otros agentes en desarrollo buscan superar esta limitación mediante una mayor selectividad tumoral, pero aún requieren ajustes en sensibilidad y protocolos de administración. Además, la implementación de estas tecnologías implica costos asociados a equipos de imagen NIR y capacitación del personal quirúrgico, lo que puede limitar su acceso en centros con recursos restringidos. Por otro lado, las nuevas sus-

tancias fluorescentes y nanopartículas en investigación enfrentan barreras regulatorias y necesitan ensayos clínicos más extensos para validar su seguridad y eficacia en poblaciones diversas.

El futuro de la evaluación de márgenes en cirugía de mama probablemente estará marcado por la integración de múltiples tecnologías, combinando agentes fluorescentes con inteligencia artificial (IA) para el análisis automatizado de imágenes y la predicción de márgenes positivos en tiempo real. La IA podría mejorar la interpretación de datos de fluorescencia, reduciendo la subjetividad y aumentando la precisión diagnóstica. Asimismo, el desarrollo de agentes fluorescentes personalizados según el perfil molecular del tumor (por ejemplo, dirigidos a subtipos específicos de cáncer de mama como luminal, HER2-positivo o triple negativo) podría maximizar la eficacia de estas técnicas, llevando la cirugía oncológica mamaria hacia un enfoque más preciso y personalizado.

### **Conclusiones y perspectivas**

Las tecnologías emergentes para la evaluación de márgenes tumorales, como la fluorescencia con ICG, pegulicianina y nuevos fármacos fluorescentes en desarrollo, representan un cambio paradigmático en la cirugía de mama. La ICG ha demostrado un impacto significativo en la reducción de reoperaciones y la preservación de tejido sano, especialmente en lesiones no palpables, mientras que agentes como la pegulicianina y los conjugados de anticuerpos fluorescentes ofrecen un potencial aún mayor al aumentar la especificidad tumoral. Técnicas complementarias como la DUV-FSM y la FLIm refuerzan la capacidad de los cirujanos para tomar decisiones intraoperatorias basadas en datos inmediatos y precisos. Sin embargo, se necesitan ensayos clínicos adicionales para estandarizar protocolos, optimizar dosis y umbrales de sensibilidad/especificidad, y evaluar el impacto a largo plazo en la recurrencia y supervivencia. La integración de estas herramientas en la práctica clínica, junto con avances en IA y personalización molecular, tiene el potencial de transformar la cirugía oncológica mamaria, mejorando los resultados oncológicos y oncoplásticos, y elevando la calidad de vida de las pacientes.

### **Preservación nerviosa y sensibilidad en mastectomías con reconstrucción**

La preservación de la sensibilidad mamaria y del complejo pezón-areola (NAC) durante las mastectomías con preservación del pezón (NSM) y reconstrucción inmediata se ha convertido en un objetivo fundamental en la cirugía oncoplástica. Este enfoque busca no solo resultados estéticos, sino también fun-

cionales y psicológicos, impactando directamente en la calidad de vida de las pacientes. En este contexto, las técnicas de fluorescencia bajo luz ultravioleta cercana (NUVL) y el uso de agentes de marcado nervioso, como los desarrollados por empresas como AlumeBiosciences, han emergido como herramientas revolucionarias para la identificación y preservación intraoperatoria de los nervios sensitivos. Este texto aborda de manera exhaustiva los avances en este campo, centrándose en la sensibilidad posoperatoria y los métodos innovadores que permiten proteger las estructuras nerviosas críticas durante estos procedimientos.

### **Importancia de la sensibilidad mamaria y del complejo pezón-areola**

La pérdida de sensibilidad en el NAC tras una mastectomía es una complicación frecuente en las técnicas quirúrgicas tradicionales, debido a la dificultad de identificar y proteger los nervios sensoriales durante la disección. Estos nervios, más pequeños y menos visibles que los motores, son esenciales para la percepción táctil y térmica, elementos clave en la identidad corporal y la satisfacción psicológica de las pacientes después de una mastectomía. La neuropatía resultante no solo afecta la funcionalidad, sino también puede tener un impacto emocional significativo, ya que la sensibilidad mamaria está intrínsecamente ligada a la percepción de feminidad y bienestar personal. Por ello, preservar estas estructuras nerviosas se ha convertido en una prioridad en la cirugía moderna, especialmente con el auge de las mastectomías con preservación del pezón.

### **Técnicas de fluorescencia para la identificación nerviosa**

Una de las innovaciones más prometedoras en este ámbito es el uso de la fluorescencia bajo luz ultravioleta cercana (NUVL) para la identificación intraoperatoria de nervios sensitivos. Esta tecnología aprovecha la autofluorescencia natural de los nervios bajo ciertas longitudes de onda, permitiendo a los cirujanos visualizar estructuras que de otro modo serían indistinguibles a simple vista o bajo luz quirúrgica convencional. Cámaras especializadas emiten luz NUVL y capturan imágenes en tiempo real que se proyectan en un monitor, ofreciendo una guía precisa durante la disección.

Rancatiy cols. (2022) ilustran el impacto de esta técnica en una paciente de 41 años con cáncer de mama BRCA (+) sometida a mastectomías bilaterales profilácticas con preservación del pezón y reconstrucción inmediata con implantes. Antes de la cirugía, se realizaron pruebas de sensibilidad táctil y térmica para establecer una línea basal. Durante el procedimiento, se empleó una cámara prototipo de fluorescencia NUVL que permitió identificar con claridad las ramas

sensoriales del quinto nervio intercostal, así como el pedículo neurovascular asociado. Esta visualización precisa evitó lesiones iatrogénicas, y a los tres meses de seguimiento, la paciente informó una sensibilidad completa en ambas mamas y el NAC, confirmada por pruebas cuantitativas (umbral táctil de 2 g y discriminación térmica de  $\pm 2$  °C). Además, expresó una satisfacción de 10/10 en una escala subjetiva, sin complicaciones posoperatorias.

El quinto nervio intercostal, ubicado frecuentemente en la posición de las 6 en punto en la mama, es particularmente relevante para la sensibilidad del NAC. Su preservación reduce significativamente la incidencia de neuropatía posoperatoria, un hallazgo respaldado por estudios como el de Peledy cols. (2021). En este estudio, que incluyó a 30 pacientes sometidas a NSM, la preservación nerviosa guiada por fluorescencia derivó en una retención de sensibilidad del 80% a los seis meses posoperatorios, en comparación con solo un 40% en el grupo control sin visualización nerviosa ( $p < 0,05$ ). Estos resultados subrayan el potencial de la fluorescencia para transformar los desenlaces funcionales en cirugía mamaria.

### **Agentes de marcado nervioso: innovaciones de AlumeBiosciences**

Además de las técnicas de autofluorescencia, el desarrollo de agentes de marcado nervioso específicos ha abierto nuevas posibilidades para la identificación de nervios durante la cirugía. AlumeBiosciences, una empresa líder en este campo, ha desarrollado un compuesto fluorescente innovador conocido como ALM-488<sup>®</sup>, diseñado para unirse selectivamente a los nervios periféricos y emitir fluorescencia bajo luz cercana al infrarrojo. Este agente, administrado por vía intravenosa antes o durante la cirugía, se acumula en los tejidos nerviosos, permitiendo a los cirujanos visualizarlos con claridad mediante sistemas de imagen especializados.

ALM-488 ha mostrado resultados prometedores en ensayos preclínicos y clínicos iniciales, destacando su capacidad para delinear con precisión los nervios sensoriales y motores durante procedimientos quirúrgicos complejos. En el contexto de las mastectomías con preservación del pezón, este agente podría facilitar la identificación de las ramas del quinto nervio intercostal y otras estructuras críticas, reduciendo el riesgo de daño iatrogénico. A diferencia de la autofluorescencia, que depende de las propiedades naturales de los tejidos, ALM-488 ofrece un contraste más específico y una señal más intensa, lo que puede ser particularmente útil en casos donde la visualización natural es limitada debido a factores como inflamación o tejido cicatricial.

Un estudio preliminar presentado por AlumeBiosciences en conferencias científicas recientes

informó que el uso de ALM-488 en cirugías de mama permitió una identificación nerviosa exitosa en más del 90% de los casos evaluados, con una disminución significativa en las tasas de neuropatía posoperatoria. Aunque los datos aún están en fase de validación, estos hallazgos sugieren que los agentes de marcado nervioso podrían complementar o incluso superar las técnicas de autofluorescencia en ciertos escenarios quirúrgicos. Además, la capacidad de ALM-488 para unirse específicamente a los nervios minimiza la interferencia con otras estructuras tisulares, proporcionando una herramienta más precisa para los cirujanos.

### **Casos clínicos y aplicaciones prácticas de técnicas combinadas**

Un ejemplo ilustrativo del impacto de estas tecnologías es el caso de una mujer de 52 años con hipertrofia mamaria sometida a una mamoplastia de reducción bilateral utilizando la técnica de pedículo inferior y una incisión en T invertida. Durante la cirugía, se emplearon tijeras quirúrgicas en lugar de electrocauterio para disecar el pedículo inferior, reduciendo el riesgo de lesión nerviosa iatrogénica. Una cámara de fluorescencia permitió visualizar las ramas sensoriales del quinto nervio intercostal, que no eran discernibles bajo la luz normal del quirófano. Aunque en este caso no se menciona el uso de agentes de marcado como ALM-488, su incorporación podría haber proporcionado una delimitación aún más clara de las estructuras nerviosas, especialmente en áreas de disección compleja. A las 72 horas posoperatorias, la paciente refirió sensibilidad total en ambas mamas, y las pruebas formales a 1 y 3 meses confirmaron una sensibilidad cutánea y del NAC completa, incluyendo discriminación de dos puntos, tacto fino y percepción térmica. Este caso resalta cómo la técnica de pedículo inferior, combinada con la imagen de fluorescencia, puede mejorar significativamente los resultados sensoriales en procedimientos de reducción mamaria.

La integración de agentes de marcado nervioso como ALM-488 en procedimientos futuros podría potenciar aún más estos resultados. Por ejemplo, en mastectomías bilaterales profilácticas, donde la preservación nerviosa es especialmente desafiante debido a la extensión de la disección, la administración de un agente fluorescente específico podría garantizar una identificación más rápida y precisa de los nervios críticos. Esto no solo reduciría el tiempo quirúrgico, sino también minimizaría el riesgo de lesiones accidentales, mejorando los resultados funcionales para las pacientes.

### **Implicaciones psicológicas y funcionales de la preservación nerviosa**

Más allá de los aspectos técnicos, la preservación de la sensibilidad tiene profundas implicaciones psicológicas. La percepción sensorial del NAC es un componente integral de la identidad corporal, y su pérdida puede generar sentimientos de desconexión o insatisfacción tras la mastectomía. Mantener esta función no solo mejora la calidad de vida, sino también refuerza la confianza y el bienestar emocional de las pacientes. Varios estudios han informado niveles de satisfacción significativamente más altos en pacientes con sensibilidad preservada, lo que subraya la importancia de integrar tecnologías como la fluorescencia y los agentes de marcado nervioso en la práctica quirúrgica estándar.

Por ejemplo, las pacientes que han experimentado una retención de sensibilidad posoperatoria gracias a estas técnicas a menudo describen una mayor conexión con su cuerpo y una recuperación psicológica más rápida. Este impacto emocional no debe subestimarse, ya que la mastectomía, incluso cuando se realiza con fines profilácticos, puede ser una experiencia profundamente transformadora. La capacidad de preservar aspectos de la funcionalidad mamaria, como la sensibilidad, contribuye a mitigar los efectos negativos de la cirugía en la autoestima y la percepción de la femineidad.

### **Desafíos y futuro de las técnicas de fluorescencia y agentes de marcado**

A pesar de los avances, la implementación de técnicas de fluorescencia y agentes de marcado nervioso enfrenta varios desafíos. La disponibilidad de equipos especializados, como cámaras de NUVL y sistemas de imagen para agentes como ALM-488, puede ser limitada en algunos centros quirúrgicos, especialmente en regiones con recursos restringidos. Además, se requiere capacitación específica para que los cirujanos interpreten correctamente las imágenes de fluorescencia y administren los agentes de manera segura y eficaz. La estandarización de protocolos también es un área pendiente, ya que las variaciones en las técnicas, los equipos y las dosis de los agentes pueden influir en los resultados.

Otro desafío importante es el costo asociado con estas tecnologías. Los agentes de marcado nervioso, como ALM-488, aún están en fases de desarrollo y aprobación regulatoria en muchos países, y su incorporación a la práctica clínica podría implicar un gasto significativo para los sistemas de salud. Asimismo, los

ensayos clínicos a mayor escala son necesarios para validar la seguridad y eficacia de estos compuestos a largo plazo, así como para determinar las poblaciones de pacientes que más se beneficiarían de su uso.

En el futuro, investigaciones adicionales podrían explorar la combinación de autofluorescencia y agentes de marcado para maximizar la precisión en la identificación nerviosa. Por ejemplo, el uso de ALM-488 podría reservarse para casos donde la autofluorescencia no proporciona suficiente contraste, mientras que las técnicas de NUVL podrían seguir siendo la primera línea en procedimientos más rutinarios. Además, el desarrollo de sistemas portátiles y más accesibles de fluorescencia, junto con agentes de marcado de menor costo, podría democratizar el acceso a estas herramientas, beneficiando a un mayor número de pacientes.

### **Innovaciones complementarias en la preservación nerviosa**

Además de las técnicas de fluorescencia y los agentes de marcado, otros enfoques quirúrgicos y tecnológicos están siendo investigados para mejorar la preservación nerviosa en mastectomías. Por ejemplo, el uso de microscopios quirúrgicos de alta resolución y sistemas de realidad aumentada podría proporcionar una visualización aún más detallada de las estructuras nerviosas durante la disección. Estas tecnologías, combinadas con la fluorescencia, podrían ofrecer a los cirujanos una guía tridimensional en tiempo real, reduciendo aún más el riesgo de daño iatrogénico.

Otro campo emergente es el desarrollo de biomarcadores específicos para nervios sensoriales que puedan ser detectados mediante técnicas de imagen no invasivas antes de la cirugía. Esto permitiría una planificación quirúrgica más precisa, identificando las ubicaciones exactas de los nervios críticos incluso antes de realizar la primera incisión. Aunque estas innovaciones aún están en etapas experimentales, su integración con agentes como ALM-488 y sistemas de fluorescencia podría revolucionar la forma en que se abordan las mastectomías con preservación del pezón.

### **Aplicación en reconstrucción mamaria autóloga con colgajos DIEP y TRAM**

Otros patrones de perfusión en colgajos TRAM (por su sigla en inglés, *transverse rectus abdominis musculocutaneous*) pediculados, clasificados como secuencial (perfusión que sigue un orden específico en las zonas del colgajo), simultáneo (perfusión concurrente en varias zonas), cicatriz de línea media baja (influenciada por cicatrices quirúrgicas previas) y retardado (perfusión tardía en ciertas áreas), han sido descriptos

mediante angiografía con ICG. Un estudio de Losken y cols. (2020) analizó estos patrones en 40 pacientes, concluyendo que, aunque no siempre se correlacionan con resultados clínicos significativos, pueden servir como guía en casos complejos con anatomía vascular alterada, permitiendo ajustes intraoperatorios en el diseño del colgajo para maximizar la viabilidad tisular. Este enfoque es particularmente útil en pacientes con antecedentes de cirugía abdominal previa, donde las cicatrices pueden alterar los patrones de perfusión esperados.

Además de la ICG, otras técnicas de imagenología óptica complementan la evaluación de colgajos DIEP y TRAM. La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) permite la monitorización continua de la oxigenación tisular, proporcionando datos sobre la vitalidad del colgajo en tiempo real. La imagenología de contraste de motas láser, una técnica no invasiva de alta sensibilidad, detecta cambios microvasculares sutiles, siendo especialmente útil en la detección temprana de isquemia. Por su parte, la imagenología hiperespectral ofrece una evaluación no invasiva de la saturación de oxígeno, aunque su análisis de datos es más complejo y requiere *software* especializado. Finalmente, la termografía infrarroja dinámica y de onda corta se utiliza en la cartografía de perforantes y la monitorización de la salud del colgajo, con alta penetración de profundidad y sin necesidad de contacto directo, según un análisis de deWeerd y cols. (2019) que informó una precisión del 85% en la identificación de perforantes dominantes.

Ciertos factores como la selección de la fila de perforantes (medial vs. lateral) y el número de perforantes incorporados no siempre tienen un impacto significativo en la perfusión global del colgajo DIEP, según estudios con ICG. Sin embargo, la variabilidad anatómica individual y la distribución de perforantes son determinantes clave. Un estudio de Casey y cols. (2021) encontró una correlación negativa no estadísticamente significativa entre el diámetro de la perforante y la perfusión de la zona 4 ( $r = -0,28$ ,  $p = 0,09$ ), sugiriendo que la calidad de la vascularización no depende exclusivamente de factores anatómicos cuantitativos, sino de una evaluación dinámica intraoperatoria.

En términos de ensayos clínicos, el estudio multicéntrico aleatorizado FAFI (*Fluorescence-Assisted Flap Imaging*) realizado en los Países Bajos está evaluando si la angiografía con ICG reduce la incidencia de necrosis grasa tras reconstrucciones con DIEP o MS TRAM. En este ensayo, el brazo de intervención utiliza imágenes fluorescentes junto con parámetros clínicos para guiar decisiones quirúrgicas, mientras que el brazo control solo registra imágenes sin acceso del cirujano. Resultados preliminares de 2022 muestran una reducción del 12 al 4% en necrosis grasa en el grupo de intervención ( $p < 0,05$ ), validando el valor predictivo de esta tecnología.

## Monitorización posoperatoria y reducción de complicaciones

El uso de la fluorescencia con ICG no se limita al intraoperatorio; su aplicación en la monitorización posoperatoria ha demostrado ser igualmente valiosa para la detección temprana de complicaciones y la optimización de los resultados en cirugía oncológica de mama. La capacidad de evaluar la perfusión tisular en las primeras 24-48 horas tras la cirugía permite identificar áreas de riesgo de necrosis antes de que se manifiesten clínicamente, facilitando intervenciones oportunas.

Un estudio retrospectivo de Venturi y cols. (2022) analizó a 45 pacientes sometidas a mastectomía con preservación del complejo pezón-areola (NSM) y reconstrucción prepectoral inmediata, evaluando la viabilidad del colgajo cutáneo mediante angiografía con ICG (sistema IC-Flow™, Diagnostic Green, Múnich, Alemania) y termografía (dispositivo FLIR ONE®, Teledyne FLIR LLC, Wilsonville, OR). Las evaluaciones se realizaron intraoperatoriamente tras la colocación de un implante de prueba y a las 24 horas posoperatorias. Las imágenes de fluorescencia y termografía se superpusieron a fotografías macroscópicas de la mama en una escala 1:1, clasificando la viabilidad del colgajo con el SKIN score de la Clínica Mayo. Los resultados mostraron una correlación del 87,95% entre ambas técnicas intraoperatoriamente, aumentando al 95,95% en la evaluación posoperatoria. La angiografía con ICG fue significativamente más precisa para predecir necrosis intraoperatoria (sensibilidad del 92% frente al 78% de la termografía,  $p < 0,05$ ), mientras que la termografía mostró un rendimiento comparable en el posoperatorio, detectando cambios sutiles en la perfusión con una especificidad del 88%.

Estos hallazgos destacan el papel complementario de ambas tecnologías: la ICG es ideal para decisiones intraoperatorias, pues permite ajustes estratégicos como la resección adicional de tejido isquémico o la modificación de la posición del implante, mientras que la termografía ofrece una alternativa no invasiva y de bajo costo para la monitorización posoperatoria, facilitando la detección temprana de compromiso vascular. En este estudio, la incidencia de necrosis cutánea se redujo del 15% (grupo histórico sin monitorización avanzada) al 5% con el uso combinado de estas herramientas, y la necesidad de revisiones quirúrgicas disminuyó en un 30%.

Además, un análisis prospectivo de Duggal y cols. (2021) en 75 pacientes sometidas a reconstrucción mamaria (autóloga e implantes) encontró que la monitorización posoperatoria con ICG a las 24 y 48 horas permitió identificar áreas de isquemia subclínica en el 18% de los casos, de los cuales el 70% fueron tratados con intervenciones menores (como ajustes de drenaje o terapia hiperbárica) antes de que progresaran a

necrosis clínica. Este enfoque redujo la tasa de rehospitalización por complicaciones del 12 al 4% ( $p < 0,01$ ), mejorando los resultados a largo plazo y la satisfacción de las pacientes.

La integración de sistemas de imagen más avanzados, como Avata® (OnLume Inc.), que permiten cuantificar la perfusión bajo luz ambiental, está revolucionando la monitorización posoperatoria. Estos sistemas ofrecen métricas objetivas (RI y RA) que se correlacionan con el riesgo de complicaciones, proporcionando umbrales específicos (RI  $< 25\%$  asociado a un riesgo de necrosis del 20%) que guían la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, algunos factores como la luz ambiental, la distancia de trabajo (recomendada entre 20-30 cm) y el ángulo de la cámara (60°-90°) deben estandarizarse para garantizar la reproducibilidad de los resultados, como sugieren las guías preliminares de la Sociedad Internacional de Cirugía Plástica Reconstructiva (ISPRS, 2022).

## Conclusiones y perspectivas futuras

La integración de la fluorescencia con ICG en la cirugía oncológica de mama ha transformado el manejo de procedimientos conservadores y reconstructivos al mejorar la evaluación de la perfusión tisular, el mapeo linfático, la identificación de márgenes quirúrgicos, la preservación nerviosa y la monitorización posoperatoria. Varios estudios consistentes han demostrado una reducción significativa en complicaciones posoperatorias, como necrosis cutánea (del 15-20 al 5-8%), necrosis grasa en reconstrucciones autólogas (del 15 al 5%) y márgenes positivos en cirugía conservadora (del 20-25 al 5-10%), lo que se traduce en mejores resultados oncológicos, funcionales y estéticos, así como en una mayor calidad de vida para las pacientes.

Las perspectivas futuras se centran en varios ejes de desarrollo. Primero, la estandarización de protocolos técnicos es crucial para optimizar la reproducibilidad de los resultados. Esto incluye definir dosis óptimas de ICG (0,5-1,0 mg/kg según sensibilidad/especificidad requerida), tiempos de evaluación (primer minuto pos-inyección para perfusión inicial), distancias de trabajo (20-30 cm) y ángulos de cámara (60°-90°), como recomiendan algunos estudios recientes y guías emergentes. Segundo, el desarrollo de sistemas de imagen más avanzados, como Avata® y Lumifinder™, promete una mayor precisión en la cuantificación de perfusión y detección de estructuras profundas, integrando inteligencia artificial para el análisis predictivo de complicaciones.

Tercero, la identificación de umbrales críticos de perfusión (por ejemplo, RI  $< 25\%$  como predictor de necrosis) mediante estudios prospectivos a gran escala permitirá una toma de decisiones más precisa. Cuarto, la integración de tecnologías complementarias, como

la termografía infrarroja, la espectroscopia de NIR y la imagenología hiperespectral, ofrece un enfoque multimodal para la monitorización intraoperatoria y posoperatoria, maximizando la seguridad y eficacia de los procedimientos. Finalmente, varios ensayos clínicos como el FAFI en curso están proporcionando evidencia de alto nivel sobre el impacto de la fluorescencia en resultados clínicos específicos, lo que podría consolidar su

adopción en guías internacionales de práctica clínica.

En conclusión, la fluorescencia con ICG representa un avance disruptivo en la cirugía oncológica de mama, con un impacto demostrable en la reducción de complicaciones y la mejora de resultados. La investigación continua y la estandarización de su uso son esenciales para maximizar su potencial y garantizar su integración en la práctica quirúrgica rutinaria.

## Bibliografía

- Anker AM, Prantl L, Strauss C, Bréban V, Baringer M, Ruede M, et al. Clinical Impact of DIEP Flap Perforator Characteristics - A Prospective Indocyanine Green Fluorescence Imaging Study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2020;73(8):1526-1533. doi: 10.1016/j.bjps.2020.01.019. Epub 2020 Jan 23. PMID: 32507580.
- Chirappappa P, Chansoon T, Bureewong S, Phosuwat S, Lertsithichai P, Sukarayothin T, et al. Is It Reasonable to Use Indocyanine Green Fluorescence Imaging to Determine the Border of Pedicled TRAM Flap Zone IV? *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2020; 8(9):e3093. doi: 10.1097/GOX.0000000000003093. PMID: 33133946; PMCID: PMC7544314.
- De Francesco F, Zingaretti N, Parodi PC, Riccio M. The Evolution of Current Concept of the Reconstructive Ladder in Plastic Surgery: The Emerging Role of Translational Medicine. *Cells.* 2023; 12(21):2567. doi: 10.3390/cells12212567. PMID: 37947645; PMCID: PMC10649097.
- Ebihara Y, Li L, Noji T, Kurashima Y, Murakami S, Shichinohe T, et al. A novel laparoscopic near-infrared fluorescence spectrum system with indocyanine green fluorescence overcomes limitations of near-infrared fluorescence image-guided surgery. *J Minim Access Surg.* 2022; 18(1):125-128. doi: 10.4103/jmas.JMAS\_165\_20. PMID: 35017402; PMCID: PMC8830575.
- Geierlehner A, Horch RE, Ludolph I, Arkudas A. Intraoperative Blood Flow Analysis of DIEP vs. ms-TRAM Flap Breast Reconstruction Combining Transit-Time Flowmetry and Microvascular Indocyanine Green Angiography. *J Pers Med.* 2022; 12(3):482. doi: 10.3390/jpm12030482. PMID: 35330481; PMCID: PMC8950170.
- Giordano L, Galli A, Familiari M, Canta D, Irem A, Biafora M, et al. Head and neck pedicled flap autonomization using a new high-resolution indocyanine green fluorescence video-angiography device. *Head Neck.* 2022;44(6):1496-1499. doi: 10.1002/hed.27051. Epub 2022 Apr 2. PMID: 35366038; PMCID: PMC9321191.
- Han T, Khavanin N, Wu J, Zang M, Zhu S, Chen B, et al. Indocyanine Green Angiography Predicts Tissue Necrosis More Accurately Than Thermal Imaging and Near-Infrared Spectroscopy in a Rat Perforator Flap Model. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(5):1044-1054. doi: 10.1097/PRS.0000000000007278. PMID: 33141531.
- Hembd AS, Yan J, Zhu H, Haddock NT, Teotia SS. Intraoperative Assessment of DIEP Flap Breast Reconstruction Using Indocyanine Green Angiography: Reduction of Fat Necrosis, Resection Volumes, and Postoperative Surveillance. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(1):1e-10e. doi: 10.1097/PRS.0000000000006888. PMID: 32590635.
- Kim HH, Song IS, Cha RJ. Advancing DIEP Flap Monitoring with Optical Imaging Techniques: A Narrative Review. *Sensors (Basel).* 2024;24(14):4457. doi: 10.3390/s24144457. PMID: 39065854; PMCID: PMC11280549.
- Kong J, Bandyopadhyay S, Chen W, Al-Mufarreh F, Choi L, Kosir MA. Improved Rate of Negative Margins for Inflammatory Breast Cancer Using Intraoperative Frozen Section Analysis. *Cancers (Basel).* 2023;15(18):4597. doi: 10.3390/cancers15184597. PMID: 37760566; PMCID: PMC10526412.
- Lee EG, Kim SK, Han JH, Lee DE, Jung SY, Lee S. Surgical outcomes of localization using indocyanine green fluorescence in breast conserving surgery: a prospective study. *Sci Rep.* 2021;11(1):9997. doi: 10.1038/s41598-021-89423-w. PMID: 33976314; PMCID: PMC8113252.
- Lin Y, Li H, Li Z, Chen L, Xing W, Zhang X, et al. Pedicle Selection and Design in Reduction Mammoplasty: The Role of Preoperative Fluorescence Imaging. *Aesthet Surg J.* 2024;44(6):597-604. doi: 10.1093/asj/sjae011. PMID: 38271223.
- Lu T, Jorns JM, Patton M, Fisher R, Emmrich A, Doehring T, et al. Rapid assessment of breast tumor margins using deep ultraviolet fluorescence scanning microscopy. *J Biomed Opt.* 2020;25(12):126501. doi: 10.1117/1.JBO.25.12.126501. PMID: 33241673; PMCID: PMC7688317.
- Ludolph I, Bettray D, Beier JP, Horch RE, Arkudas A. Leaving the perfusion zones? Individualized flap design in 100 free DIEP and ms-TRAM flaps for autologous breast reconstruction using indocyanine green angiography. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2022;75(1):52-60. doi: 10.1016/j.bjps.2021.08.002. Epub 2021 Aug 17. PMID: 34511387.
- Malagón-López P, Vilà J, Carrasco-López C, García-Senosiain O, Priego D, Julian Ibañez JF, et al. Intraoperative Indocyanine Green Angiography for Fat Necrosis Reduction in the Deep Inferior Epigastric Perforator (DIEP) Flap. *Aesthet Surg J.* 2019;39(4):NP45-NP54. doi: 10.1093/asj/sjy256. PMID: 30358820.
- Mücke T, Hapfelmeier A, Schmidt LH, Fichter AM, Kanatas A, Wolff KD, Ritschl LM. A comparative analysis using flowmeter, laser-Doppler spectrophotometry, and indocyanine green videoangiography for detection of vascular stenosis in free flaps. *Sci Rep.* 2020;10(1):939. doi: 10.1038/s41598-020-57777-2. Erratum in: *Sci Rep.* 2020 Feb 28;10(1):3997. doi: 10.1038/s41598-020-60910-w. PMID: 31969630; PMCID: PMC6976589.
- Nguyen CL, Dayaratna N, Graham S, Azimi F, Mak C, Pulitano C, et al. Evolution of Indocyanine Green Fluorescence in Breast and Axilla Surgery: An Australasian Experience. *Life (Basel).* 2024;14(1):135. doi: 10.3390/life14010135. PMID: 38255750; PMCID: PMC10821188.
- Pagliara D, Serra PL, Pili N, Giardino FR, Grieco F, Schiavone L, et al. Prediction of Mastectomy Skin Flap Necrosis With Indocyanine Green Angiography and Thermography: A Retrospective Comparative Study. *Clin Breast Cancer.* 2024;24(8):755-762. doi: 10.1016/j.clbc.2024.08.024. Epub 2024 Sep 4. PMID: 39341758.
- Pruumboom T, van Kuijk SMJ, Qiu SS, van den Bos J, Wieringa FP, van der Hulst RRWJ, et al. Optimizing Indocyanine Green Fluorescence Angiography in Reconstructive Flap Surgery: A Systematic Review and Ex Vivo Experiments. *Surg Innov.* 2020;27(1):103-119. doi: 10.1177/1553350619862097. Epub 2019 Jul 26. PMID: 31347468.
- Ramírez MF, Nahabedian MY, Santos HM, Rancati A, Angrigiani C, Dip F, et al. Intraoperative Fluorescence Imaging to Identify and Preserve the Fifth Anterior Intercostal Sensory Nerves during Inferior Pedicle Reduction Mammoplasty. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2024 Mar 28;12(3):e5699. doi: 10.1097/GOX.0000000000005699. PMID: 38549706; PMCID: PMC10977593.
- Rancati AO, Angrigiani C, Nahabedian MY, Rancati A, White KP. Fluorescence Imaging to Identify and Preserve Fifth Intercostal Sensory Nerves during Bilateral Nipple-sparing Mastectomies. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2023;11(6):e5048. doi: 10.1097/GOX.0000000000005048. PMID: 37456130; PMCID: PMC10348728.
- Shaffrey EC, Moura SP, Jupitz S, Seets T, Kawahara T, Uselmann A, et al. Predicting Nipple Necrosis with a "Lights-on" Indocyanine Green Imaging System: A Report of Two Patients. *Arch Plast Surg.* 2024;51(3):337-341. doi: 10.1055/s-0043-1777068. PMID: 38737846; PMCID: PMC11081719.
- Shaffrey EC, Moura SP, Seitz AJ, Jupitz S, Seets T, Kawahara T, et al. Use of Ambient Light Compatible Fluorescence-Guided Surgical Technology for Objective Assessment of Flap Perfusion in Autologous Breast Reconstruction. *J Reconstr Microsurg.* 2025;41(2):85-99. doi: 10.1055/s-0044-1787267. Epub 2024 Jun 5. PMID: 38838710.
- Shokri T, Lighthall JG. Perfusion dynamics in pedicled and free tissue reconstruction: Infrared thermography and laser fluorescence video angiography. *Am J Otolaryngol.* 2021;42(2):102751. doi: 10.1016/j.amjoto.2020.102751. Epub 2020 Oct 17. PMID: 33485567.
- Smith BL, Hunt KK, Carr D, Blumencranz PW, Hwang ES, Gadd MA, et al. Intraoperative Fluorescence Guidance for Breast Cancer Lumpectomy Surgery. *NEJM Evid.* 2023;2(7):EVID0a2200333. doi: 10.1056/EVID0a2200333. Epub 2023 Apr 27. PMID: 38320161.
- Somashekhar SP, Kumar CR, Ashwin KR, Zaveri SS, Jampani A, Ramya

- Y, et al. Can Low-cost Indo Cyanine Green Florescence Technique for Sentinel Lymph Node Biopsy Replace Dual Dye (Radio-colloid and Blue Dye) Technique in Early Breast Cancer: A Prospective Two-arm Comparative Study. *Clin Breast Cancer*. 2020;20(5):e576-e583. doi: 10.1016/j.clbc.2020.03.013. Epub 2020 Apr 6. PMID: 32389561.
- Sutton PA, van Dam MA, Cahill RA, Mieog S, Polom K, Vahrmeijer AL, et al. Fluorescence-guided surgery: comprehensive review. *BJS Open*. 2023;7(3):zrad049. doi: 10.1093/bjsopen/zrad049. PMID: 37183598; PMCID: PMC10183714.
  - Tange FP, Verduijn PS, Sibinga Mulder BG, van Capelle L, Koning S, Driessen C, et al. Near-infrared fluorescence angiography with indocyanine green for perfusion assessment of DIEP and msTRAM flaps: A Dutch multicenter randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials Commun*. 2023;33:101128. doi: 10.1016/j.conctc.2023.101128. PMID: 37091505; PMCID: PMC10119502.
  - Unger J, Hebisch C, Phipps JE, Lagarto JL, Kim H, Darrow MA, et al. Real-time diagnosis and visualization of tumor margins in excised breast specimens using fluorescence lifetime imaging and machine learning. *Biomed Opt Express*. 2020;11(3):1216-1230. doi: 10.1364/BOE.381358. PMID: 32206404; PMCID: PMC7075618.
  - White KP, Sinagra D, Dip F, Rosenthal RJ, Mueller EA, Lo Menzo E, et al. Indocyanine green fluorescence versus blue dye, technetium-99m, and the dual-marker combination of technetium-99m + blue dye for sentinel lymph node detection in early breast cancer-meta-analysis including consistency analysis. *Surgery*. 2024;175(4):963-973. doi: 10.1016/j.surg.2023.10.021. Epub 2023 Dec 13. PMID: 38097484.
  - Yu H, Yao Y, Zhu T, Sun Y, Zhang M, Zhang Y, et al. The potential of indocyanine green fluorescence detection in surgical cut margin of breast conserving surgery. *Gland Surg*. 2024;13(6):1031-1044. doi: 10.21037/gs-24-195. Epub 2024 Jun 27. PMID: 39015719; PMCID: PMC11247585.

## Futuro de la cirugía guiada por fluorescencia

La CGF representa un campo en evolución constante, impulsado por la necesidad de mejorar la precisión en el quirófano. Esta tecnología permite a los cirujanos visualizar tejidos y estructuras objetivo en tiempo real durante la intervención, prometiendo una mejor resección tumoral y la preservación de tejidos vitales. Para alcanzar este potencial, es crucial continuar desarrollando el *hardware* y el *software* necesarios para la captura y el análisis de imágenes intraoperatorias. La rápida evolución en este ámbito permite clasificaciones de tejidos en tiempo real, integrándose al flujo de trabajo quirúrgico sin interrupciones. Un aspecto clave de esta evolución es la adquisición de imágenes de fluorescencia en el espectro del NIR. Esta técnica ofrece ventajas significativas, como una mayor penetración en los tejidos, menor dispersión de la luz y la capacidad de evitar la autofluorescencia del tejido, lo que se traduce en una mejor relación señal-ruido y una mayor resolución de imagen.

El objetivo final es diferenciar con precisión el tejido objetivo del entorno circundante, permitiendo una distinción clara entre tejido sano y maligno. Esta capacidad es fundamental para guiar la resección tumoral y minimizar el daño a los tejidos sanos adyacentes. Los sistemas actuales, basados en la óptica convencional, presentan limitaciones en cuanto a maniobrabilidad, detección a macroescala y capacidad de imagen multicanal. Para superar estas limitaciones, se están desarrollando nuevas tecnologías, como (Versatile imaging Sensor for intra-Operative Navigation<sup>®</sup>, por sus siglas en inglés [VISION]). VISION aprovecha la imagen de contacto sin lente y la tecnología computarización de microsistemas operativos para lograr una recogida eficaz de las emisiones de fluorescencia y la resolución necesaria para la detección microscópica. Este enfoque permite una mayor precisión en la identificación de tejido tumoral, incluso microscópico. La flexibilidad en el diseño de estos sistemas es crucial para generar nuevas aplicaciones que aprovechen sondas ópticas y técnicas de imagen multicanal. Esto abre la puerta a la visualización simultánea de diferentes marcadores tumorales y estructuras anatómicas, mejorando la información disponible para el cirujano. Los resultados obtenidos con VISION demuestran su potencial para ayudar a los cirujanos a identificar enfermedad residual microscópica, superando las limitaciones de sensibilidad de las plataformas de imagen intraoperatorias convencionales.

En el ámbito de los gliomas de bajo grado (DLGG), donde la diferenciación entre tejido tumoral e infiltrado es particularmente desafiante, los enfoques espectroscópicos intraoperatorios prometen mejorar la identificación del tumor y guiar su resección. Para mejorar aún más la precisión y utilidad de la CGF, se están explorando nuevas técnicas de imagen hiperespectral. Estas técnicas permiten medir simultáneamente la autofluorescencia y la fluorescencia inducida utilizando diferentes longitudes de onda de excitación. La medición simultánea de la autofluorescencia y la fluorescencia inducida, junto con la introducción de tecnologías de detección de fluorescencia que proporcionen un campo de visión más amplio, podría conducir al desarrollo de herramientas fáciles de usar e implementables en la rutina operatoria. Se están investigando sistemas basados en la detección de la autofluorescencia tumoral, lo que evitaría la necesidad de administrar tintes exógenos. Esta línea de investigación podría simplificar el proceso quirúrgico y reducir los posibles efectos secundarios asociados con los tintes fluorescentes.

La cirugía tumoral sin una guía visual adecuada es un desafío significativo. Por ello, se han desarrollado diversas modalidades de imagen para mejorar el diagnóstico y la extirpación del tumor durante la cirugía. La exploración de la imagen de fluorescencia NIR-III abre nuevas perspectivas con una mayor penetración en los tejidos, aunque también presenta desafíos inherentes. Esta técnica podría permitir la visualización de estructuras tumorales más profundas, mejorando la resección en casos complejos. A pesar de su potencial, la implementación de la imagen NIR enfrenta desafíos significativos. Uno de los principales obstáculos es el desarrollo de fluoróforos específicos y eficaces que emitan en este rango espectral, que posean tanto un alto rendimiento cuántico (QY) como una alta especificidad por el tejido tumoral. Para materializar el potencial transformador de la imagen NIR, es fundamental establecer protocolos estandarizados y validar su fiabilidad en diferentes plataformas. La integración de la imagen NIR con otras modalidades de imagen, como la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC), podría proporcionar una visión más completa de las condiciones fisiológicas y patológicas. A medida que avance la tecnología y se superen los desafíos actuales, la imagen NIR tiene el potencial de revolucionar la detección, el diagnóstico y el tratamiento del cáncer, ofreciendo una

herramienta valiosa para la cirugía de precisión y la mejora de los resultados clínicos.

Además, es crucial garantizar la biocompatibilidad de estos fluoróforos para su uso seguro en los seres humanos, abordando posibles problemas de toxicidad y efectos secundarios. La complejidad de los sistemas de imagen NIR, así como la necesidad de instrumentación especializada, también representan barreras para su adopción generalizada. Se considera importante eliminar los retrasos prolongados entre la administración del fluoróforo y la adquisición de imágenes, idealmente integrando ambos procesos durante la operación sin interrumpir el flujo de trabajo quirúrgico. La implementación de fluoróforos NIR representa un avance significativo en la profundidad y resolución de la imagen, proporcionando una penetración de tejido superior en comparación con los fluoróforos NIR convencionales. Esto se debe a la reducción de la dispersión de fotones y la mínima absorción de tejido en la ventana NIR.

Los avances en la microscopía de imagen del tiempo de vida de la fluorescencia (FLIM) están permitiendo la adquisición de imágenes de alta velocidad y en 3 dimensiones. Esta tecnología proporciona información adicional sobre el microentorno tumoral, lo que puede mejorar la precisión del diagnóstico y la resección. La medición simultánea de la autofluorescencia y la fluorescencia inducida, junto con la introducción de tecnologías de detección de fluorescencia que proporcionen un campo de visión más amplio, podría conducir al desarrollo de herramientas fáciles de usar e implementables en la rutina operatoria. Se están investigando sistemas basados en la detección de la autofluorescencia tumoral, lo que evitaría la necesidad de administrar tintes exógenos.

### Desarrollo de nuevos agentes fluorescentes específicos

En los últimos años se ha prestado especial atención al desarrollo de agentes fluorescentes que operan en la segunda ventana del NIR, ya que ofrecen una mejor penetración en los tejidos, una mínima absorción tisular y una baja autofluorescencia. Estos agentes tienen un gran potencial para mejorar la precisión y la seguridad de la cirugía guiada por imágenes. Su diseño implica la selección cuidadosa de fluoróforos, quelantes y enlaces, así como la optimización de sus propiedades farmacocinéticas para garantizar una alta captación tumoral y una rápida eliminación de los tejidos no diana. La ingeniería genética también ha surgido como una estrategia para modificar los fluoróforos NIR, mejorando aún más sus características.

Entre los nuevos agentes fluorescentes específicos que se están desarrollando, se destacan:

▪ **Colorantes de cianina:** la modificación de los colorantes de cianina para desplazar su emisión hacia la longitud de onda NIR ha sido un área de investigación activa. Se han desarrollado colorantes de polimetina como IR-26, IR-1048 e IR-1061, así como otros colorantes de cianina NIR innovadores con biocompatibilidad y rendimiento cuántico de fluorescencia mejorados. Los colorantes de cianina se investigan para cambiar su emisión hacia la longitud de onda NIR. Algunos colorantes de polimetina producidos comercialmente son IR-26, IR-1048 e IR-1061. Los colorantes de cianina se utilizan en la imagenología tumoral guiada por fluorescencia.

Para aumentar el rendimiento cuántico de la fluorescencia, un estudio experimentó con el reemplazo del átomo de S en IR-26 con un átomo de O, creando el fluoróforo de polimetina de flavilio Flav7. En contraste, otro estudio investigó la cadena de heptametina de IR-26 y la transición a una cadena de pentametina más pequeña, creando el tinte BTC1070 que demostró una mayor fotoestabilidad en soluciones acuosas y una menor extinción solvatocrómica en comparación con IR-26.

▪ **Sondas BODIPY:** los fluoróforos de borodipirrometeno (BODIPY) se han modificado para crear derivados de aza-BODIPY que exhiben longitudes de onda de emisión desplazadas hacia el extremo rojo del espectro. Estos se utilizan para la imagenología de ganglios linfáticos y la cirugía guiada por fluorescencia. Los fluoróforos derivados de dipirrometenoborodifluoruro (BODIPY) exhiben características sobresalientes como una robusta fotoestabilidad, versatilidad en enmiendas químicas, un mayor coeficiente de extinción molar y compatibilidad con sistemas biológicos.

De manera similar, otro estudio preparó un mes-[2.2]paraciclofano-3,5-bis-N,N-dimetilaminostiril BODIPY (PCP-BDP2) como un tinte BODIPY ejemplar con agregación J que produce fluorescencia NIR, con una longitud de onda de emisión a 1010 nm en el estado de agregación J. El estudio muestra que el tinte BODIPY puede ser un sustituto de la agregación J mioty para la ingeniería de materiales fluorescentes NIR.

▪ **Sondas AIE:** los luminógenos de emisión inducida por agregación (AIEgens) se vuelven más brillantes en forma sólida o agregada, lo que los hace adecuados para la creación de nanopartículas AIE con alta intensidad de fluorescencia. La encapsulación de AIEgens en nanopartículas puede crear 'nanopartículas AIE', que tienen una mayor fluorescencia al aumentar los AIEgens encapsulados. Fan diseñó un material fluorescente AIE, denominado BPN-BBTD, que emite luz NIR

fuertemente, aplicándolo para visualizar vasos sanguíneos y tumores. Se usan para la visualización de vasos sanguíneos y tumores. Los AIEgens se vuelven más brillantes cuando están en forma sólida o agregada, como dentro de las nanopartículas. Esta propiedad única les da a las nanopartículas AIE un QY e intensidad de fluorescencia relativamente altos, adecuados para la imagenología *in vivo*.

Asimismo, otro estudio demostró que las nanopartículas BPN-BBTD exhiben una pérdida de fluorescencia mínima después de una irradiación continua de 1 hora con un láser de 793 nm de densidad de potencia de 1 W cm<sup>-2</sup>, lo que subraya la robusta fotoestabilidad.

▪ **Puntos cuánticos:** los puntos cuánticos de sulfuro de plata (Ag<sub>2</sub>S-QDs) han atraído la atención debido a su pequeña talla, toxicidad limitada y potentes emisiones NIR-II, lo que los convierte en herramientas prometedoras para la imagenología biomédica. Se utilizan para la detección sin autofluorescencia de células MCF-7 de cáncer de mama humano sembradas en muestras de sangre total, con un límite de detección tan bajo como 12 células por pocillo en una placa de 96 pocillos. Además, las nanosondas se utilizaron para la imagenología tumoral dirigida en ratones vivos, lo que arrojó un SBR de 5811. Estos hallazgos subrayan el potencial significativo de las nuevas nanopartículas fluorescentes CuInSe<sub>2</sub> NIR en los ámbitos del diagnóstico tumoral y la IGS.

Otro estudio ajustó hábilmente la relación Se/In para producir QDs de CuInSe<sub>2</sub> (CISe) con una longitud de onda de emisión NIR ajustable entre 920 nm y 1224 nm. Además, estos QDs de CISe mostraron una banda de excitación que abarca desde el UV hasta la región NIR, lo cual es altamente deseable para una variedad de aplicaciones biomédicas. Al aplicar una fina capa de ZnS, lograron un impresionante rendimiento cuántico de fluorescencia NIR absoluto del 21,8%, el más alto informado para QDs libres de Pb y cadmio Cd.

▪ **Nanotubos de carbono:** los nanotubos de carbono de pared simple (*single-walled carbon nanotubes*, por sus siglas en inglés [SWCNT]) recubiertos con polietilenglicol (PEG) han demostrado ser útiles en la imagenología de fluorescencia intravital dentro del rango NIR. Mediante la modificación de la superficie empleando lípidos conjugados con PEG, se eleva el QY de fluorescencia de los SWCNT, haciéndolos biocompatibles para aplicaciones *in vivo*. Estos se utilizan en el análisis de componentes principales (PCA), la imagenología tumoral dirigida y la evaluación de la hemodinámica en las arterias periféricas de ratones. La FI transcraneal del cerebro del ratón se logró con una profundidad impresionante (> 2 mm) y una resolución

fina (< 10 μm) canalizando la fluorescencia NIR-II de los SWCNT en el rango espectral de 1300-1400 nm.

Un estudio reciente informó sobre la utilización de SWCNT recubiertos con PEG en estudios pioneros que involucran fluorescencia intravital dentro del rango NIR. En solución, los SWCNT hidrofóbicos generan fluorescencia NIR como resultado de las transiciones de Van Hove a través de las separaciones de bandas. La investigación en este campo se centra en la creación de agentes que no solo sean altamente específicos para las células tumorales, sino también posean propiedades farmacocinéticas optimizadas para garantizar una captación tumoral eficaz y una rápida eliminación del cuerpo, minimizando así los efectos secundarios. Además, se están explorando estrategias para mejorar la estabilidad y el rendimiento cuántico de estos agentes, así como para desarrollar métodos de administración que permitan una distribución uniforme en el tejido tumoral.

El objetivo final es traducir estos avances en aplicaciones clínicas que mejoren el diagnóstico y tratamiento del cáncer, permitiendo a los cirujanos extirpar los tumores con mayor precisión y preservar al máximo el tejido sano circundante. La colaboración entre investigadores, médicos y la industria es esencial para acelerar este proceso y garantizar que los nuevos agentes fluorescentes específicos lleguen a los pacientes que más los necesitan.

### Avances en dispositivos de visualización portátiles

Los dispositivos de visualización portátiles están experimentando un avance significativo, transformando la práctica médica con herramientas que permiten la visualización no invasiva o mínimamente invasiva de estructuras internas. Están mejorando continuamente en resolución, sensibilidad y capacidad de proporcionar información en tiempo real, lo que facilita diagnósticos más precisos y tratamientos más eficaces. Estos avances abarcan desde sistemas de endoscopia avanzados hasta técnicas de imagenología molecular que permiten la visualización de procesos biológicos celulares. Estos dispositivos han revolucionado la medicina y la cirugía, permitiendo la visualización de estructuras y procesos antes invisibles, mejorando la precisión diagnóstica, la planificación de tratamientos y la ejecución de procedimientos.

Entre estos, VISION, una plataforma de imagenología de fluorescencia sin lentes basada en chips, es una innovación prometedora para la navegación intraoperatoria. Utiliza la imagenología de contacto para eliminar lentes ópticas voluminosas y lograr una alta eficiencia en la recolección de emisiones de fluorescencia. Esta tecnología permite la detección microscópica y la

imagenología multiplexada. A diferencia de los sistemas CGF convencionales, VISION aprovecha la imagenología de contacto para eliminar las lentes ópticas. El sensor de imagen se coloca en contacto directo con el tejido para capturar las emisiones de fluorescencia antes de que se dividan, lo que permite una resolución adecuada y un alta eficacia de recolección sin lentes. VISION puede detectar focos tumorales de menos de 100 células a velocidades de fotogramas de video cercanas a las normales y puede visualizar simultáneamente tumores y nervios en tejido prostático *ex vivo*. Las mejoras futuras de VISION pueden aumentar la sensibilidad a través de optimizaciones de *hardware*. El rendimiento del sistema se puede mejorar optimizando la captación óptica con un filtro de interferencia personalizado con bandas de paso óptimas para los fluoróforos. También se puede aumentar el FWHM del FOP para mejorar la eficacia de la recolección, manteniendo la compensación de la sensibilidad al ángulo del filtro de interferencia.

Los pequeños péptidos de doble marcaje, que combinan el radiomarcaje y el marcaje de fluorescencia, ofrecen alta sensibilidad en la radioimagen para la detección de tumores y visualización óptica basada en fluorescencia para la guía quirúrgica. La radioimagen no invasiva facilita la identificación de tumores primarios y metástasis, mientras que la imagenología de fluorescencia ayuda en la toma de decisiones quirúrgicas al distinguir entre tejido maligno y no maligno.

La microscopía confocal láser endoscópica (CLE) ha surgido como una herramienta valiosa para generar biopsias ópticas intraoperatorias. La CLE permite examinar el tejido celular en tiempo real, ayudando a diferenciar entre tejido sano y tumoral. La combinación de la medición de la autofluorescencia y la fluorescencia inducida podría mejorar su precisión diagnóstica. La imagenología espectroscópica, que mide la autofluorescencia y la reflectancia difusa del tejido, también ha demostrado ser prometedora para la identificación intraoperatoria de gliomas de bajo grado. Los algoritmos que combinan estas métricas han alcanzado alta sensibilidad y especificidad para diferenciar el tejido sano del glioma. La espectroscopia de fluorescencia inducida por ácido 5-aminolevulínico (5-ALA) puede detectar concentraciones muy bajas de protoporfirina IX, mejorando la detección de gliomas de bajo grado.

Las cámaras SPAD® (*Single-Photon Avalanche Diode*) permiten realizar mediciones de TOF (*Time-of-Flight*) espacialmente resueltas en una gran matriz de píxeles. La información de TOF, junto con la reflectancia difusa, permite reconstruir la ubicación, la forma y la concentración del fluoróforo en el objeto. La alta resolución temporal del sistema permite una precisión de profundidad submilimétrica, y la sensibilidad es suficiente para cuantificar las señales TOF de fluorescencia hasta 5 mm de profundidad en tejidos humanos.

En consideración de todos los avances en imagenología, óptica y tecnología de asistencia quirúrgica, es importante recordar las limitaciones de esta innovación y el potencial de lograr crear un puente conceptual hacia la aplicación clínica. Dichas innovaciones son, sin lugar a duda, el cimiento de las herramientas quirúrgicas asociadas a la fluorescencia por ICG que serán utilizadas en el futuro.

### Integración con inteligencia artificial y realidad aumentada

El futuro de la cirugía guiada por fluorescencia está intrínsecamente ligado a la integración de la inteligencia artificial (IA) y la realidad aumentada (RA), lo que promete revolucionar la precisión, la eficacia y los resultados para los pacientes. Esta convergencia tecnológica se centra en mejorar la visualización y la demarcación tumoral, optimizar la toma de decisiones intraoperatorias y superar las limitaciones técnicas inherentes a los métodos quirúrgicos actuales. La IA se erige como un pilar fundamental en esta transformación, perfeccionando la calidad de las imágenes de fluorescencia mediante el procesamiento y análisis de datos complejos. Los algoritmos de aprendizaje profundo afinan la resolución de las imágenes y la demarcación tumoral, abordando las deficiencias de los fluoróforos disponibles. En el ámbito intraoperatorio, la IA se convierte en un aliado indispensable para la toma de decisiones, gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos abstractos, identificar patrones y realizar análisis de imágenes con una precisión inigualable. La IA puede detectar diferencias sutiles y analizar información médica multimodal que escapa a la percepción humana, lo que aumenta la sensibilidad, la exactitud y la exhaustividad de las imágenes.

La clasificación y el procesamiento de datos son otras áreas donde la IA aporta un valor significativo. Al identificar las características espectrales óptimas, la IA puede discriminar entre tumores y tejidos normales, presentando contrastes claros que facilitan la diferenciación. Los modelos de aprendizaje automático, como las redes neuronales de retropropagación (BPNN), el análisis de componentes principales (PCA) y las máquinas de vectores de soporte (SVM), analizan espectros de fluorescencia para distinguir tejidos cancerosos y no cancerosos, lo que mejora la precisión del diagnóstico.

La integración de información multimodal es crucial para proporcionar una visión holística de la enfermedad. Al combinar las imágenes de fluorescencia con datos de otras modalidades, como imágenes radiológicas, características patológicas y datos ómicos, la IA puede ofrecer un apoyo a la toma de decisiones más completo y personalizado. Los modelos de CNN, por

ejemplo, pueden discriminar tumores de muestras no tumorales y lograr la clasificación patológica en tiempo real, lo que agiliza el proceso diagnóstico.

En contraste, la RA desempeña un papel clave en la mejora de la visualización y la interacción en los sistemas de imagenología. Al integrar la información generada por la IA en el campo de visión del cirujano, la RA permite una visualización perfecta de los datos relevantes, lo que aumenta la maniobrabilidad y mejora la experiencia del usuario.

La IA también contribuye a superar las limitaciones técnicas inherentes a las técnicas de imagenología de fluorescencia, como la profundidad de imagen superficial, la relación señal a ruido insuficiente (TBR) y la baja resolución. Los algoritmos de aprendizaje profundo mejoran la calidad de imagen de los fluoróforos, lo que aumenta el TBR y define mejor los bordes del tumor.

En el ámbito de la robótica quirúrgica, la IA permite la planificación quirúrgica basada en imágenes de fluorescencia, lo que facilita la transferencia de experiencia quirúrgica entre instituciones e incluso extiende su alcance a la robótica quirúrgica. La información multimodal, que incluye el diseño del corte quirúrgico, las imágenes radiológicas y los resultados histopatológicos, se utiliza para 'enseñar' a la IA a diseñar planes quirúrgicos óptimos, lo que mejora la precisión y la eficacia de la intervención.

A pesar de los avances prometedores, existen desafíos que deben abordarse para garantizar una implementación exitosa de estas tecnologías. Tales desafíos incluyen la necesidad de ensayos clínicos de fase III, la alineación de los resultados de la imagenología de fluorescencia con los resultados patológicos y la construcción de modelos de IA que puedan formular planes quirúrgicos. Para superar estos retos es esencial fomentar la colaboración interdisciplinaria entre comunidades médicas, químicas, industriales e informáticas. Los cirujanos deben liderar esta colaboración, guiando las innovaciones tecnológicas y asegurando que se satisfagan las necesidades clínicas.

### Uso de IA para análisis en tiempo real de imágenes fluorescentes

En lugar de depender de la interpretación humana de imágenes estáticas, el análisis de IA de los cambios dinámicos en las imágenes puede generar mapas de clasificación del tejido que se está resecaando. La IA puede procesar y analizar datos para diferenciar tumores de tejidos normales, un proceso que implica umbrales de relación y datos paramétricos relacionados con espectros de fluorescencia. La IA también puede gestionar la heterogeneidad inherente en las imágenes

de fluorescencia, que surge de características histopatológicas sutiles, variaciones en los sitios de la lesión, diferentes entornos de imagen, niveles fluctuantes de intensidad de fluorescencia y diferencias individuales del paciente.

Las técnicas relacionadas con la IA hacen posible una mejora adicional durante el procesamiento de imágenes que compensa la reducción en la resolución causada por la dispersión de la luz. La IA puede cuantificar y analizar diferencias sutiles, así como información médica multimodal, que podría escapar a la percepción humana, mejorando así la sensibilidad, precisión e integridad de esta modalidad de imagen.

Un ensayo clínico demostró la capacidad de la IA para clasificar tejidos intraoperatoriamente sin impedir el flujo de trabajo quirúrgico normal. Este ensayo se centró en el uso de la IA para la clasificación de tejidos durante la cirugía de cáncer colorrectal, utilizando la perfusión de ICG. El objetivo principal fue empoderar a los cirujanos con clasificaciones de tejido basadas en datos durante la operación, lo que podría mejorar las decisiones quirúrgicas. El ensayo utilizó un método de análisis basado en IA de la angiografía con ICG para predecir complicaciones anastomóticas después de la cirugía laparoscópica de colon. Se administró ICG en dos momentos intraoperatorios críticos: antes de la resección intestinal para evaluar la perfusión del tejido colónico y después de la construcción de la anastomosis para evaluar la suficiencia vascular. La velocidad de adquisición de datos de fluorescencia y el análisis de IA permitieron clasificaciones de tejidos intraoperatoriamente sin impedir el flujo de trabajo quirúrgico normal. Los resultados mostraron que 19 de 20 cánceres se diagnosticaron correctamente, con una alta precisión del 95%. Este estudio marca un avance significativo sobre los enfoques de imagen tradicionales, ya que la información del tejido se obtiene a través de la comprensión asistida por IA de la perfusión tisular dinámica, en lugar de depender de las diferencias observables por el ser humano en los patrones de intensidad de fluorescencia en un solo punto de tiempo. Se propuso que este enfoque podría ser aplicable para su uso con otros fluoróforos, así como con otros tipos de tejido.

La velocidad de adquisición de datos de fluorescencia y el análisis de IA permitieron producir clasificaciones de tejidos intraoperatoriamente sin impedir el flujo de trabajo quirúrgico normal. Este avance marca una mejora significativa con respecto a los enfoques de imagen tradicionales, ya que la información del tejido se obtiene sin necesidad de diferencias observables por el ser humano en los patrones de intensidad de fluorescencia en un solo punto de tiempo, sino más bien a través de la comprensión asistida por IA de la perfusión tisular dinámica. Además, la IA puede mejorar la precisión diagnóstica de la endomicroscopia láser confocal.

La combinación de tecnologías de IA aporta contribuciones técnicas positivas a las imágenes de fluorescencia. Los fluoróforos disponibles actualmente no pueden proporcionar una relación tumor-fondo (TBR) satisfactoria para delinear los tumores de forma sensible y precisa de su entorno. En este sentido, la IA puede ayudar a superar las limitaciones de los fluoróforos. En la cirugía, la IA ofrece la posibilidad de analizar imágenes dinámicas en lugar de depender de la interpretación humana de imágenes estáticas. El análisis de IA de los cambios dinámicos en las imágenes podría emplearse para producir intraoperatoriamente mapas de clasificación del tejido que se está reseando.

La espectroscopia combinada con la adquisición de espectros de reflectancia difusa también se utiliza para analizar el tejido cerebral normal y tumoral, donde los algoritmos que combinan estas métricas alcanzan una sensibilidad y especificidad máximas respectivas del 97 y 96% para diferenciar el tejido sano del glioma, independientemente del grado. Se están desarrollando herramientas de *software* basadas en IA para ayudar a los cirujanos a interpretar datos espectroscópicos y mejorar la precisión del diagnóstico. En particular, la espectroscopia puede detectar concentraciones bajas de PpIX, lo que lleva a un mejor rendimiento en la detección de gliomas de bajo grado, y puede distinguir estos tumores del cerebro sano y de los gliomas de alto grado. La espectroscopia, sin embargo, proporciona mediciones focales, lo que requiere técnicas adicionales como la imagen de tiempo de vida de la fluorescencia (FLIM) y la imagen de fluorescencia cuantitativa resuelta espectralmente de campo amplio para producir un mapa de PpIX en todo el campo quirúrgico. Además, los algoritmos de aprendizaje automático se están utilizando para analizar imágenes hiperespectrales a fin de mejorar el contraste de PpIX y suprimir áreas falsas positivas causadas por la reflexión. Aunque estos sistemas han sido probados clínicamente solo en gliomas de alto grado hasta ahora y están limitados por largos tiempos de adquisición, representan pasos prometedores hacia herramientas de imagenología intraoperatoria más precisas.

El uso de la IA en la cirugía guiada por fluorescencia está evolucionando rápidamente y se espera que mejore la precisión y la eficacia de la resección tumoral y sea implementada como una herramienta para la cirugía guiada. La IA está preparada para cambiar la forma en que se presenta la información al equipo quirúrgico. Los estudios futuros se centrarán en el desarrollo de algoritmos de IA más complejos y exhaustivos con la capacidad de incrementar la precisión del diagnóstico, reducir los tiempos de adquisición e integrar datos multimodales.

## Visualización aumentada de estructuras anatómicas críticas

La visualización aumentada se logra mediante el uso de fluoróforos moleculares que, al ser excitados, emiten luz, marcando selectivamente tejidos específicos, como tumores o nervios, permitiendo así una mejor diferenciación entre tejido sano y enfermo. La IA mejora la visualización aumentada al optimizar la calidad de las imágenes de fluorescencia y facilitar la interpretación de los datos intraoperatorios. Los algoritmos de aprendizaje profundo pueden procesar grandes cantidades de datos de imágenes de fluorescencia para reducir el ruido, aumentar el contraste y mejorar la resolución. Por ejemplo, se han utilizado modelos CycleGAN® para mejorar la calidad de las imágenes de ICG, un fluoróforo común, logrando resultados comparables a las imágenes obtenidas en el rango del NIR, que generalmente ofrece mejor calidad en la imagen pero requiere equipos más especializados.

La IA posee el potencial de procesar imágenes de fluorescencia para segmentar automáticamente diferentes tipos de tejidos, como tumores, vasos sanguíneos y nervios. Esto permite a los cirujanos identificar y preservar estructuras anatómicas críticas durante la cirugía. Los modelos de aprendizaje profundo pueden ser entrenados para reconocer patrones sutiles en las imágenes de fluorescencia que son imperceptibles para el ojo humano, lo que facilita una detección más precisa de los márgenes tumorales y una mejor delimitación de las estructuras circundantes. Igualmente, la IA podría llegar a analizar imágenes de fluorescencia en tiempo real para proporcionar a los cirujanos información sobre la ubicación y extensión del tumor, así como la proximidad de estructuras anatómicas críticas. Esta guía quirúrgica en tiempo real puede ayudar a los cirujanos a realizar resecciones más precisas y completas, minimizando el daño a los tejidos sanos circundantes.

Notablemente, el alcance de la IA podría utilizar datos de imágenes de fluorescencia y otra información del paciente para predecir los resultados quirúrgicos, como el riesgo de recurrencia tumoral o complicaciones posoperatorias. Esto supondría una asistencia adicional a los cirujanos en la selección de la estrategia quirúrgica más adecuada para cada paciente y para optimizar los resultados posoperatorios.

En el futuro, se espera que la visualización aumentada de estructuras anatómicas críticas impulsada por la IA se convierta en una herramienta indispensable en la cirugía oncológica y otras especialidades quirúrgicas. El desarrollo de nuevos fluoróforos con mayor especificidad y brillo, junto con algoritmos de IA más avanzados, permitirá a los cirujanos visualizar estructuras

anatómicas con una precisión sin precedentes y realizar cirugías más seguras y eficaces. La integración de la RA en los sistemas de visualización quirúrgica facultará a los cirujanos superponer información de imágenes de fluorescencia directamente sobre el campo quirúrgico, mejorando aún más la precisión y la seguridad de la cirugía.

### Expansión de indicaciones clínicas

La CGF ha experimentado una notable expansión en sus indicaciones clínicas durante la última década. Este crecimiento está impulsado por los continuos avances en la ciencia de los materiales, el desarrollo de fluoróforos moleculares específicos y la integración de la inteligencia artificial (IA). A medida que la tecnología continúa evolucionando, la CGF está preparada para revolucionar diversas especialidades quirúrgicas, ofreciendo una visualización, orientación y capacidades de toma de decisiones intraoperatorias sin precedentes.

La oncología ha sido una de las principales beneficiarias de la expansión de la CGF, con aplicaciones que van desde la detección de tumores hasta el mapeo de ganglios linfáticos centinela y la evaluación de la perfusión. Más allá de la oncología, la CGF está encontrando un creciente uso en otras disciplinas quirúrgicas. En la cirugía de tiroides y paratiroides, el azul de metileno y la fluorescencia del infrarrojo cercano ayudan en la identificación y preservación de las glándulas paratiroides, minimizando el riesgo de hipoparatiroidismo posoperatorio. La CGF también se está utilizando en la evaluación de la perfusión durante cirugías abdominales y reconstructivas, asegurando una vascularización adecuada de los tejidos y reduciendo las complicaciones. Además, ha mostrado potencial en urología, donde puede ayudar en la visualización de estructuras críticas durante procedimientos laparoscópicos.

A pesar de los notables avances en la CGF, todavía existen varios desafíos que deben abordarse para una adopción generalizada. Un desafío importante es la disponibilidad limitada de colorantes clínicamente aprobados, lo que impulsa la investigación para diseñar y optimizar nuevos fluoróforos con propiedades de imagen mejoradas y especificidad tisular. Otro desafío es la necesidad de protocolos estandarizados para el desarrollo, caracterización y control de calidad de los compuestos de doble marcaje, lo que agilizaría el proceso de aprobación regulatoria y facilitaría los ensayos clínicos multicéntricos. Además, la mejora de la usabilidad y la practicidad de los sistemas de CGF en entornos clínicos es crucial para su transición de aplicaciones especializadas a la atención quirúrgica rutinaria.

Para acelerar la traducción clínica de la CGF, es esencial fomentar la colaboración entre instituciones académicas, centros médicos y socios de la industria. Las redes de investigación dedicadas pueden facilitar el intercambio de recursos, experiencia y poblaciones de

pacientes, permitiendo ensayos clínicos más eficientes y el desarrollo de protocolos de imagen estandarizados y métodos de análisis. Además, la inversión continua en innovación tecnológica, como el desarrollo de sistemas de imagenología basados en chips y técnicas espectroscópicas avanzadas, impulsará aún más las capacidades y aplicaciones de la CGF.

### Uso en procedimientos no quirúrgicos

El uso de la fluorescencia ha revolucionado los procedimientos no quirúrgicos, especialmente en endoscopias e intervencionismo, ofreciendo diagnósticos más precisos y detecciones tempranas de enfermedades. La capacidad de visualizar tejidos y estructuras moleculares ha superado las limitaciones de las técnicas tradicionales, permitiendo intervenciones más eficaces y menos invasivas.

En el ámbito de la endoscopia, la imagen de fluorescencia (FI) se destaca como una modalidad de vanguardia para la visualización *in vivo* de tumores y la detección de cáncer. A diferencia de las modalidades de imagen convencionales que dependen de cambios morfológicos generales, la FI puede identificar cambios precancerosos y tumores tempranos mediante el examen de las características microestructurales, bioquímicas y moleculares. Esta capacidad es crucial, ya que la endoscopia tradicional puede pasar por alto lesiones debido a su enfoque limitado en la morfología. La imagen de autofluorescencia ofrece una ventaja adicional al no requerir el uso de sondas exógenas ni la remoción de muestras de tejido. Esta característica minimiza el daño a órganos vitales como el hígado y los riñones, además de evitar reacciones adversas causadas por trazadores exógenos. La sensibilidad superior de la imagen por fluorescencia, combinada con la amplia disponibilidad de endoscopios en la práctica clínica, ha mejorado significativamente el diagnóstico de lesiones precancerosas y tumores tempranos.

Por otro lado, el diagnóstico fotodinámico (PDD) emplea fotosensibilizadores (PS) como mecanismo de contraste para identificar tejido patológico. Múltiples ensayos clínicos han demostrado que las capacidades de detección de tumores de PDD superan a la endoscopia de luz blanca convencional mejorando el diagnóstico temprano. La PDD permite visualizar tejidos biológicos e identificar áreas enfermas, lo que facilita la toma de decisiones clínicas más informadas y precisas. La fluorescencia no solo mejora la detección, sino también proporciona una guía en tiempo real durante los procedimientos. La PDD y AFI ofrecen guía de imagen fluorescente en tiempo real, lo que es conveniente y preciso para la cirugía. Esta capacidad resulta especialmente útil en el diagnóstico temprano de cáncer y la localización intraoperatoria precisa, mejorando así el pronóstico del paciente.

Un estudio sobre la optimización y aplicación del diagnóstico fotodinámico en CGF destaca el uso del procesamiento de imágenes pseudocolor en imágenes de autofluorescencia compuestas para diferenciar tejidos normales de cancerosos. Este enfoque permitió visualizar las diferencias entre ambos tipos de tejidos, facilitando una mejor detección del cáncer durante los procedimientos no quirúrgicos. La autofluorescencia, al no requerir el uso de contrastes exógenos, reduce los riesgos asociados con la toxicidad y las reacciones adversas. Los resultados del estudio demostraron una sensibilidad diagnóstica del 96,7% y una especificidad del 53,8%. Estos valores indican que la técnica es muy eficaz para identificar correctamente los tejidos cancerosos, aunque su capacidad para descartar correctamente los tejidos no cancerosos es moderada. A pesar de esta limitación en la especificidad, la alta sensibilidad la convierte en una herramienta valiosa para la detección temprana y precisa del cáncer. Este estudio subraya el potencial de las imágenes de autofluorescencia y el procesamiento de imágenes pseudocolor para mejorar la precisión diagnóstica en la detección del cáncer, especialmente en procedimientos como la endoscopia. La capacidad de diferenciar entre tejidos normales y cancerosos sin necesidad de equipos complejos hace que esta técnica sea particularmente útil en aplicaciones clínicas, facilitando diagnósticos más rápidos y precisos.

Las técnicas de diagnóstico óptico ideales deben ser no invasivas, objetivas y reutilizables, ofreciendo alta precisión diagnóstica y baja toxicidad. Sin embargo, ninguna técnica de imagen óptica incorpora todas estas propiedades. Por lo tanto, se están optimizando y refinando continuamente para mejorar su eficacia y seguridad. En la práctica clínica, los endoscopios equipados con AFI pueden detectar el carcinoma de células escamosas de esófago y faringe, así como neoplasias colorrectales no polipoideas. Estas aplicaciones demuestran la versatilidad de la fluorescencia para diagnosticar y guiar intervenciones en una variedad de contextos clínicos.

Además de la endoscopia, la fluorescencia también está encontrando aplicaciones en el intervencionismo, donde se utiliza para guiar la administración de fármacos y terapias. La capacidad de visualizar la distribución de fármacos y su interacción con los tejidos permite optimizar las estrategias de tratamiento y mejorar los resultados clínicos. La combinación de la imagen de fluorescencia con otras modalidades de imagen, como la resonancia magnética (MRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET), también está ganando terreno. Estas estrategias multimodales permiten obtener una visión más completa y precisa de la enfermedad, facilitando la toma de decisiones clínicas más informadas y personalizadas.

## Retos pendientes

Uno de los principales retos técnicos es la penetración limitada de la luz del NIR. La fluorescencia NIR, que es ampliamente utilizada en CGF, solo penetra unos pocos milímetros en el tejido, lo que restringe su capacidad para detectar lesiones profundas o estructuras ocultas. Esto puede ser especialmente problemático en tumores localizados en áreas más profundas o rodeados de tejido denso. Aunque se están desarrollando fluoróforos en el espectro NIR, ofreciendo mayor sensibilidad y profundidad de penetración, su disponibilidad clínica aún es limitada y requiere validación adicional. Otro desafío importante es el *quenching* de la fluorescencia, un fenómeno en el que la intensidad de la fluorescencia disminuye debido a factores como la concentración elevada del fluoróforo o interacciones con el entorno tisular. Este problema puede dificultar la interpretación de las imágenes y reducir la precisión de la tecnología. Además, la fluorescencia puede verse afectada por la presencia de sangre, tejido inflamado u otros líquidos corporales, lo que complica aún más su uso en entornos quirúrgicos dinámicos.

El tiempo de administración y biodistribución de los fluoróforos específicos es otra limitación clave. Los agentes fluorescentes dirigidos, como los anticuerpos monoclonales conjugados con fluoróforos, requieren un tiempo prolongado para acumularse en el tejido tumoral y alcanzar una concentración adecuada. Esto implica que los pacientes deben recibir el fluoróforo días antes de la cirugía, lo que puede aumentar la complejidad logística y los costos del procedimiento. Además, la biodistribución de estos agentes no siempre es uniforme, lo que puede llevar a áreas de fluorescencia heterogénea y dificultar la identificación precisa de los márgenes tumorales.

En el ámbito clínico, uno de los mayores retos es la caracterización molecular de los tumores. La eficacia de la CGF depende en gran medida de la expresión de antígenos específicos en el tejido tumoral, los cuales son el objetivo de los fluoróforos dirigidos. Sin embargo, no todos los pacientes tienen tumores que expresen estos antígenos en niveles suficientes para garantizar una señal fluorescente clara. Esto requiere que se realice una evaluación molecular rutinaria de los tumores antes de la cirugía para seleccionar el fluoróforo más adecuado, lo que aumenta la complejidad del manejo preoperatorio.

Otra limitante significativa es la curva de aprendizaje asociada al uso de la tecnología. Aunque los sistemas de CGF han sido diseñados para integrarse en el flujo quirúrgico, su interpretación y uso efectivo requieren capacitación especializada. Los cirujanos deben familiarizarse con las propiedades ópticas de los fluoróforos, las configuraciones de los equipos y las posibles

fuentes de error en la interpretación de las imágenes. Esto puede ser un obstáculo en entornos quirúrgicos con recursos limitados o en hospitales donde el acceso a la tecnología y la formación es restringido.

Desde el punto de vista regulatorio, la aprobación y estandarización de los fluoróforos sigue siendo un desafío importante. Muchos agentes fluorescentes aún están en etapas experimentales o en ensayos clínicos, y su aprobación por parte de agencias regulatorias como la FDA o la EMA puede llevar años. Además, la falta de estandarización en los protocolos de uso y en los sistemas de imagen dificulta la comparación de resultados entre diferentes centros y estudios, lo que lentifica la adopción generalizada de la tecnología.

En términos económicos, el alto costo de los equipos y fluoróforos representa una barrera significativa para la implementación de la CGF en hospitales de bajos y medianos recursos. Los sistemas avanzados de imagen de fluorescencia, como los utilizados en cirugía robótica o mínimamente invasiva, requieren inversiones considerables en infraestructura y mantenimiento. Además, los fluoróforos específicos, como los anticuerpos monoclonales conjugados, son costosos de producir y administrar, lo que puede limitar su accesibilidad para pacientes y sistemas de salud con presupuestos ajustados.

Por último, un reto emergente es la integración de tecnologías avanzadas, como la IA y la imagen hiperespectral, en la CGF. Estas herramientas tienen el potencial de automatizar la interpretación de imágenes y mejorar la precisión diagnóstica, pero su desarrollo e implementación requieren una inversión significativa en investigación y desarrollo, así como en capacitación para los equipos quirúrgicos. Además, la interoperabilidad de diferentes plataformas tecnológicas sigue siendo un área de mejora.

### Costos y accesibilidad de la tecnología

La CGF ha demostrado ser ampliamente aplicable en muchos campos de la cirugía. Sin embargo, a pesar de su potencial, la adopción generalizada de la CGF se enfrenta a desafíos relacionados con los costos y la accesibilidad. Un estudio de evaluación de tecnología de la salud (HTA) realizado por la Sociedad Italiana de Cirugía Endoscópica (SICE) investigó las implicaciones económicas, sociales, éticas y organizativas relacionadas con la adopción de la CGF, con un enfoque en el abordaje mínimamente invasivo. El estudio reveló que la CGF puede ser una tecnología eficaz y económicamente sostenible en cirugía mínimamente invasiva, particularmente en cirugía colorrectal, ginecológica, urológica y torácica. El análisis económico del estudio HTA consideró dos fases diferentes: la 'vía quirúrgica', que incluye todos los costos de cirugía y tecnología, y la 'vía médica', que incluye la duración de la estancia

hospitalaria, los análisis de laboratorio y otros costos de procedimientos de diagnóstico. El estudio encontró que la CGF se asoció con un ligero aumento en el tiempo operatorio, lo que derivó en un aumento de los costos de la "vía quirúrgica". Sin embargo, también condujo a una reducción significativa en la duración de la estancia hospitalaria, lo que se tradujo en ahorros en los costos de la "vía médica". En general, el estudio HTA estimó que la CGF podría generar un ahorro económico conservador del 12,82% debido a la reducción de las complicaciones y la optimización del tiempo de hospitalización. El análisis de costo-efectividad (ACE) reveló la naturaleza dominante de la tecnología ICG innovadora, donde un ACE más bajo indica una tecnología preferible. Un análisis de impacto presupuestario (BIA) mostró que la introducción de ICG, desde una perspectiva regional, generaría un ahorro económico que oscila entre un mínimo de 4% y un máximo de 8%, estrictamente dependiente del uso de ICG en los hospitales, en la práctica quirúrgica rutinaria. A pesar de los beneficios económicos potenciales, el estudio HTA también destacó varios desafíos de accesibilidad. El estudio encontró que la CGF aún no se usa comúnmente en Italia, y su utilización se limita a un campo de aplicación restringido. El estudio también señaló que el ICG se usa como una indicación fuera de etiqueta en muchos entornos quirúrgicos, lo que requiere la responsabilidad directa del médico y la necesidad de un consentimiento informado firmado por el paciente. Para abordar los desafíos de accesibilidad se enfatizó la necesidad de capacitar a los colaboradores, tanto a los gerentes médicos como al personal que apoya el procedimiento. El estudio también sugirió que la introducción de la CGF en la práctica clínica podría permitir una mejora en el proceso organizativo y una consiguiente optimización de la vía hospitalaria. Además de los costos y la accesibilidad, el estudio HTA también exploró las percepciones cualitativas de los cirujanos con respecto a la CGF. Los cirujanos informaron que mejoró la precisión de la técnica quirúrgica, la identificación de los vasos sanguíneos y la tasa de detección de ganglios linfáticos, lo que permitió una mejor calidad de imagen en comparación con la luz blanca estándar. Sin embargo, los cirujanos también expresaron su preocupación por la posible incidencia de una reacción alérgica al ICG, con un consiguiente impacto en su uso repetido.

Otro factor que influye en la accesibilidad es el requisito de planificación preoperatoria, incluida la administración del agente mucho antes de la operación prevista, con una ventana limitada para condiciones visuales óptimas. Este protocolo exige una coordinación precisa y una ventana de tiempo limitada para obtener condiciones visuales óptimas. La necesidad de programar la administración del agente con suficiente antelación introduce una capa adicional de complejidad logística, pudiendo restringir la flexibilidad en la programación quirúrgica y limitar la disponibilidad del

procedimiento para casos urgentes o pacientes con dificultades para cumplir con los plazos preoperatorios. Además, la dependencia de un intervalo de tiempo específico para la visualización impacta la utilidad de la información dinámica temprana. Aunque la captación del colorante por el tumor es un proceso dinámico, la visualización se realiza en un intervalo estable, lo que implica la pérdida de información potencialmente útil de la fase dinámica inicial. Esta limitación en la flexibilidad temporal puede afectar la capacidad del cirujano para adaptarse a hallazgos intraoperatorios inesperados o para optimizar la estrategia quirúrgica en tiempo real, disminuyendo la accesibilidad de la técnica para una gama más amplia de escenarios clínicos.

A fin de mejorar aún más la accesibilidad y la adopción de la CGF, los investigadores están explorando el uso del aprendizaje automático y la IA para ayudar a la interpretación de imágenes fluorescentes y mejorar la precisión y objetividad de la técnica<sup>17</sup>. El estudio de la SICE también señala que la evaluación final de la CGF puede depender de superar la fase de introducción tecnológica, definiendo así las ventajas potenciales y una mayor practicidad de uso. Además, indica que la adopción de la tecnología ICG permitiría una optimización de la vía quirúrgica de los pacientes. La inversión debido al ligero aumento en el tiempo operatorio (solo 15 minutos), podría ser compensada por una reducción en la duración de la hospitalización. El documento señala que la CGF podría mostrar resultados prometedores en la navegación quirúrgica y el mapeo de ganglios linfáticos en la mayoría de los entornos oncológicos. Estos beneficios clínicos deben ser probados por nuevos ensayos, pero tienen que estar asociados a una sostenibilidad de los costos requeridos para la nueva tecnología. Se destaca que los resultados del estudio HTA podrían ser útiles para la creación de ensayos clínicos ad hoc que comparen el uso de ICG con la visión estándar en todos los entornos clínicos donde la evidencia es actualmente escasa, con el fin de reforzar las percepciones expuestas.

### Necesidad de formación y capacitación de equipos quirúrgicos

La introducción de nuevas tecnologías en el campo quirúrgico, como la imagenología de fluorescencia, requiere una formación y capacitación exhaustivas de los equipos quirúrgicos para garantizar la seguridad del paciente y la eficacia del procedimiento. La CGF, aunque prometedora, implica una comprensión profunda de las características de los trazadores fluorescentes y los dispositivos en tejido humano.

La capacitación es esencial para los cirujanos que no están familiarizados con la CGF, ya que deben comprender cómo las interacciones luz-tejido influyen en las señales de fluorescencia. Esto incluye factores

como la absorción de luz, la dispersión del tejido, la profundidad de penetración y la autofluorescencia. Sin un conocimiento adecuado, existe el riesgo de una interpretación errónea de los datos de la imagenología óptica en el quirófano.

Para abordar esta necesidad se han desarrollado modelos de capacitación quirúrgica que utilizan materiales orgánicos como el *konjac*, un tubérculo, con ICG para la imagenología de fluorescencia. Estos modelos permiten a los cirujanos practicar la resección tumoral guiada por fluorescencia y detectar señales fluorescentes residuales en el lecho de la herida. La capacitación no se limita solo a los cirujanos; también debe extenderse a otros miembros del equipo quirúrgico, como enfermeras y técnicos. Todos los involucrados deben comprender los protocolos de imagenología, el manejo de agentes fluorescentes y el funcionamiento de los sistemas de imagenología. La estandarización de la capacitación quirúrgica para la cirugía oncológica guiada por fluorescencia es crucial. Esto implica el desarrollo de modelos de capacitación que utilicen diferentes agentes y dispositivos fluorescentes. Además, la capacitación debe incluir la evaluación del margen quirúrgico mediante el análisis de especímenes tumorales *ex vivo*. La formación también debe abarcar los aspectos técnicos de los sistemas de imagenología de fluorescencia, como la calibración, el control de calidad y la resolución de problemas. Los físicos médicos y los ingenieros biomédicos pueden desempeñar un papel vital en este aspecto, especialmente a medida que los dispositivos se vuelven más complejos y aumenta el riesgo de uso indebido. La evaluación del desempeño del sistema es otro componente crítico de la capacitación. Esto implica la caracterización de la calidad de la imagen mediante métodos cualitativos y cuantitativos. El objetivo es identificar las características clave de la calidad de la imagen y los métodos de prueba objetivos correspondientes.

Además de la capacitación técnica, es esencial fomentar la colaboración interdisciplinaria. Los cirujanos, ingenieros ópticos, desarrolladores de cámaras y científicos preclínicos deben trabajar juntos para optimizar la *cascada de imagenología*, que incluye el agente de imagenología, el sistema de imagenología y el protocolo quirúrgico. La capacitación también debe abordar los aspectos regulatorios y de estandarización de la CGF. Esto incluye el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y las buenas prácticas clínicas (BPC). Los sistemas de gestión de calidad (SGC) son esenciales para garantizar la traducción segura y eficaz de la CGF a la práctica clínica. Para garantizar la calidad de los datos y la reproducibilidad en los ensayos clínicos multicéntricos, es fundamental involucrar a clínicos motivados fuera de los centros de experiencia. Esto requiere proporcionar protocolos bien definidos y capacitación en la adquisición e interpretación de datos de imagenología. La capacitación debe

adaptarse a las necesidades específicas de cada centro y especialidad quirúrgica. Los programas de capacitación personalizados pueden mejorar la adopción y el uso exitoso de la CGF en diversos entornos clínicos. Además, es importante establecer criterios de certificación para el personal cualificado que utiliza sistemas clínicos. Esto puede incluir la observación de casos y la realización de servicios bajo supervisión. La capacitación continua y el desarrollo profesional son esenciales para mantener a los equipos quirúrgicos actualizados sobre los últimos avances en CGF. Esto puede incluir talleres, conferencias y programas de tutoría. La formación y la educación son herramientas importantes que pueden utilizarse para mejorar la calidad en los centros de excelencia y garantizar que la técnica de resección utilizada sea reproducible de un cirujano a otro.

### Impacto de la fluorescencia en el mundo

Para analizar el interés global en la CGF y el ICG en general, Aleman R y colaboradores realizaron un estudio entre el 1 de enero de 2019 y el 31 de diciembre del 2024, publicado en la revista *Surgical endoscopy* en 2025, donde utilizando la plataforma Google Trends® lograron medir los niveles de interés en términos de búsqueda específicos en función de su popularidad relativa en un período de tiempo y en regiones geográficas determinadas. Los resultados obtenidos no representan el número absoluto de búsquedas, sino un índice relativo donde el 100% indica el punto de mayor popularidad para un término en un lugar y tiempo específico, mientras que 0% significa que no hubo suficientes datos disponibles para generar un valor. El análisis, utilizó dos términos médicos clave relacionados con CGF: 'verde de indocianina' (ICG) e 'imágenes fluorescentes' (FI).

Ambos términos incluidos como encabezados de temas médicos (MeSH, por sus siglas en inglés). Los resultados mostraron un aumento significativo en el interés global durante el período de cinco años:

- En 2019, el interés global promedio para ICG fue del 47%, mientras que para FI fue del 64%.
- Para finales de 2024, el interés global promedio para ICG creció al 88%, mientras que FI alcanzó el 69%.

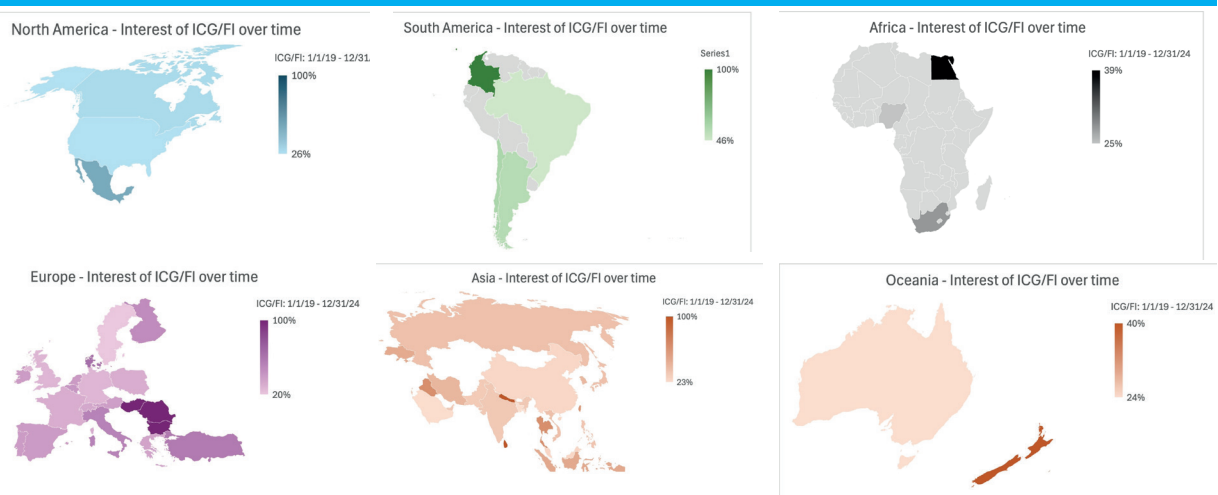
Este crecimiento refleja un aumento del 87% en el interés por el término ICG y un incremento más moderado del 8% en el interés por FI. Estos valores se calcularon mediante un análisis de regresión lineal, que mostró un crecimiento positivo y consistente en ambos términos. El coeficiente de correlación para ICG fue de un valor  $r = 0,7471$  (con un intervalo de confianza del 95%), mientras que para FI fue de un valor  $r = 0,3908$  (intervalo de confianza del 95%). Esto indica que el interés por el ICG creció más rápidamente que el interés por las imágenes fluorescentes en el transcurso del período evaluado en el ámbito global.

### Distribución geográfica del interés

El análisis también desglosó los datos por regiones y países, mostrando cómo varió el interés en FGS en el ámbito global (Fig. 14). América (incluyendo América del Sur y del Norte) lideró el interés global, representando un promedio del 58% del total de búsquedas relacionadas. Dentro de este continente:

- América del Norte tuvo un interés del 52%
- América del Sur mostró un interés superior, alcanzando el 64%

■ FIGURA 14



Distribución de interés sobre la aplicación clínica del ICG y CGF por continente durante los últimos 5 años.

Europa ocupó el segundo lugar con un 50% del interés total.

Asia siguió con un 45%, mientras que Oceanía y África registraron valores más bajos, con un 32% y un 31%, respectivamente. En lo que respecta a países, los lugares con los valores más altos de interés (100%) incluyeron Samoa Americana, Sri Lanka, Nepal, Rumanía, Bulgaria, Hungría y Colombia. Esto indica que, en estas regiones, la búsqueda de términos relacionados con CGF alcanzó su punto máximo de popularidad relativa durante el período de estudio.

### Correlación con especialidades quirúrgicas

El estudio también analizó cómo se relaciona el interés en CGF con diferentes especialidades quirúrgicas que implementan actualmente la fluorescencia con ICG. Para ello, se realizaron análisis de correlación entre los términos principales MeSH y varias especialidades quirúrgicas, como cirugía endocrina, ginecológica, urológica, entre otras. Los resultados más significativos fueron los siguientes:

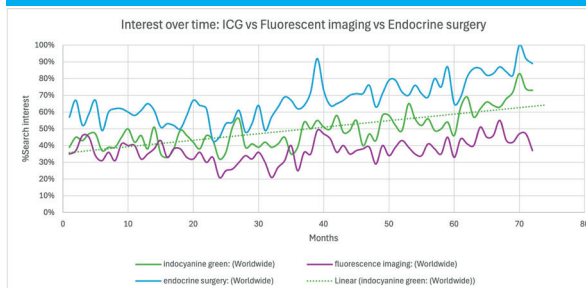
- Cirugía endocrina (Fig.15):  
Correlación con “verde de indocianina”:  $r = 0,78$  (alta y positiva,  $p < 0,0001$ ).  
Correlación con “imágenes fluorescentes”:  $r = 0,60$  (alta y positiva,  $p < 0,0001$ ).
- Cirugía ginecológica (Fig.16):  
Correlación con “verde de indocianina”:  $r = 0,57$  (moderada y positiva,  $p < 0,0001$ ).  
Correlación con “imágenes fluorescentes”:  $r = 0,33$  (baja y positiva,  $p = 0005$ ).
- Cirugía urológica (Fig.17):  
Correlación con “verde de indocianina”:  $r = 0,34$  (baja y positiva,  $p = 0,003$ ).  
Correlación con “imágenes fluorescentes”:  $r = 0,37$  (baja y positiva,  $p = 0,002$ ).

Estos valores indican que el interés en CGF está estrechamente relacionado con su adopción en estas especialidades quirúrgicas, especialmente en cirugía endocrina, donde la correlación fue más alta. Sin embargo, otras especialidades, como cirugía hepatobiliopancreática, oncológica o robótica, no mostraron correlaciones significativas, lo cual podría deberse a la menor implementación en estas áreas o a la falta de búsquedas específicas relacionadas.

### Bibliografía

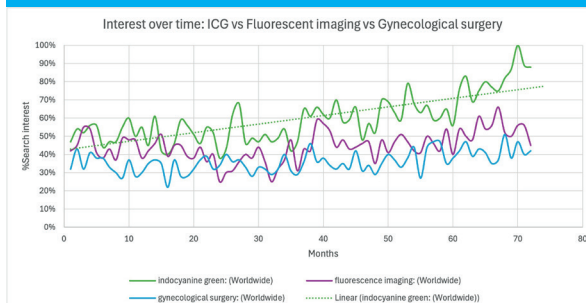
- Achterberg FB, et al. Clinical translation and implementation of optical imaging agents for precision image-guided cancer surgery. *Eur J NuclMed Mol Imaging*. 2021;48:332-9.
- Cahill RA, et al. Artificial intelligence indocyanine green (ICG) perfusion for colorectal cancer intra-operative tissue classification. *Br J Surg*. 2021;108: 5-9.
- Cheng H, et al. Illuminating the future of precision cancer surgery with fluorescence imaging and artificial intelligence convergence. *NPJ Prec Oncol*. 2024;8:196.
- Dai H, et al. SmallMolecularNIR-IIFluorophoresforCancerPhototheranostics. *Innovation (Camb)*. 2021;2: 100082.
- Fan X, et al. Aggregation-Induced Emission (AIE) Nanoparticles-

FIGURA 15



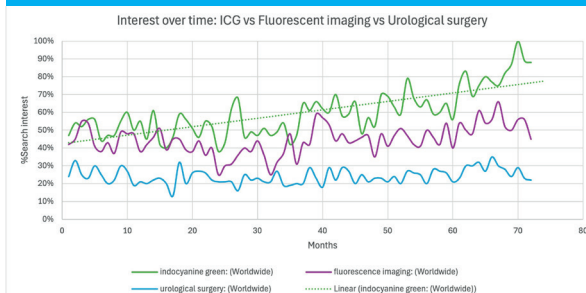
Correlación del ICG y de la CGF con cirugía endocrina

FIGURA 16



Correlación del ICG y de la CGF con cirugía ginecológica

FIGURA 17



Correlación del ICG y de la CGF con cirugía urológica

Los datos extraídos y evaluados en este estudio complementan la perspectiva del futuro de la CGF en el mundo. La implementación de estas tendencias crecientes junto al apoyo por parte de la industria y academia médica, al unísono con la educación terapéutica del paciente, la CGF posee la capacidad inerte de expandir sus aplicaciones y potencializarse como una técnica estándar en la realización de la cirugía inocua.

- Assisted NIR-II Fluorescence Imaging-Guided Diagnosis and Surgery for Inflammatory Bowel Disease (IBD). *Adv Healthc Mater.* 2021;10: e2101043.
- Ge Y, O'Shea DF. Review of Clinically Assessed Molecular Fluorophores for Intraoperative Image Guided Surgery. *Molecules.* 2024;29.
  - Kriegmair MC, Honeck P, Theuring M, Bolenz C, Ritter M. Wide-field autofluorescence-guided TUR-B for the detection of bladder cancer: a pilot study. *World J Urol.* 2018;36: 745-51.
  - Li K, et al. J-aggregates of meso-[2,2]paracyclophanyl-BODIPY dye for NIR-II imaging. *Nat Commun.* 2021;12: 2376.
  - Lian W, et al. Broadband excitable NIR-II luminescent nano-bioprobes based on CuInSe2 quantum dots for the detection of circulating tumor cells. *Nano Today.* 2020;35: 100943.
  - Minges P, Eder M, Eder A.-C. Dual-Labeled Small Peptides in Cancer Imaging and Fluorescence-Guided Surgery: Progress and Future Perspectives. *Pharmaceuticals (Basel).* 2025;18.
  - Petusseau AF, et al. Subsurface fluorescence time-of-flight imaging using a large-format single-photon avalanche diode sensor for tumor depth assessment. *J Biomed Opt.* 2024;29: 016004.
  - Picart T, et al. Fluorescence-Guided Surgical Techniques in Adult Diffuse Low-Grade Gliomas: State-of-the-Art and Emerging Techniques: A Systematic Review. *Cancers (Basel).* 2024;16.
  - Pogue BW, et al. AAPM Task Group Report 311: Guidance for performance evaluation of fluorescence-guided surgery systems. *Med Phys.* 2024;51:740-71.
  - Roschelle M, et al. Multicolor fluorescence microscopy for surgical guidance using a chip-scale imager with a low-NA fiber optic plate and a multi-bandpass interference filter. *Biomed Opt Express.* 2024;15:1761-76.
  - Shigeyama M, et al. Development of a plant-based surgical training model for fluorescence-guided cancer surgery. *Head Neck.* 2024;46: 2274-83.
  - Sutton PA, et al. Fluorescence-guided surgery: comprehensive review. *BJS Open.* 2023;7.
  - Ullah Z, et al. NIR-II Fluorescent Probes for Fluorescence-Imaging-Guided Tumor Surgery. *Biosensors (Basel).* 2024;14.
  - Vettoretto N, et al. Could fluorescence-guided surgery be an efficient and sustainable option? A SICE (Italian Society of Endoscopic Surgery) health technology assessment summary. *Surg Endosc.* 2020;34:3270-84.
  - Wan W, et al. The optimization and application of photodynamic diagnosis and autofluorescence imaging in tumor diagnosis and guided surgery: current status and future prospects. *Front Oncol.* 2024;14:1503404.
  - Zhu X, et al. High brightness NIR-II nanofluorophores based on fused-ring acceptor molecules. *Nano Res.* 2020;13:2570-5.