

# Experiencia piloto con navegación mediante fluorescencia con verde de indocianina en cirugía pediátrica

G. Guillén, S. López-Fernández, J.A. Molino, J. Bueno, M. López

*Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Universitario Vall d'Hebron. Barcelona*

## RESUMEN

**Introducción.** La fluorescencia con verde de indocianina (ICG) es una nueva herramienta de navegación por imagen con múltiples posibles aplicaciones, orientada a aumentar la seguridad y mejorar los resultados quirúrgicos, facilitando la toma de decisiones. Presentamos nuestra serie piloto con el uso del ICG en distintos procedimientos de cirugía pediátrica.

**Material y métodos.** A modo de prueba piloto, entre mayo 2017 y marzo de 2019, hemos usado dicha técnica como ayuda en la toma de decisiones en los siguientes supuestos: visualización de vía biliar, estructuras vasculares y linfáticas, tejido tumoral y otras estructuras. El momento y dosis de ICG varió en función de la indicación. Se utilizó una óptica de 30°, con un emisor de luz convencional y de luz cercana al infrarrojo, conectada a un sistema de alta definición especialmente equipado.

**Resultados.** Se consideró que la técnica podría ser de utilidad en 20 pacientes (22 procedimientos): 6 sobre la vía biliar (5 colecistectomías, 1 estenosis de la vía biliar), 9 procedimientos oncológicos (5 laparoscópicos y 4 abiertos), 7 procedimientos miscelánea (resección nódulos pulmonares, atresia esófago, fallo sutura, etc.). No hubo complicaciones relacionadas con la inyección del ICG. Se consideró que aportó información relevante o influyó en la toma de decisiones en un 90% de los casos.

**Conclusiones.** El uso del ICG resultó sencillo y exento de complicaciones. Nuestros resultados sugieren que la navegación mediante ICG, en cirugía laparoscópica y abierta, puede suponer un salto cualitativo en seguridad y facilitar la realización de determinados procedimientos, especialmente en oncología, cirugía hepática y cirugía neonatal.

**PALABRAS CLAVE:** Verde de indocianina; Cirugía laparoscópica; Cirugía oncológica; Pediatría; Neonato; Fluorescencia.

**Correspondencia:** Dra. Gabriela Guillén Burrieza. Servicio de Cirugía Pediátrica. Hospital Infantil Vall d'Hebron. Passeig de la Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona.

E-mail: gguillen@vhebron.net

*Trabajo presentado en el LVIII Congreso de la SECP. Premio a la mejor comunicación del LVIII Congreso de la SECP*

Recibido: Mayo 2019 Aceptado: Julio 2019

## PILOT EXPERIENCE WITH INDOCYANINE GREEN NAVIGATION IN PEDIATRIC SURGERY

### ABSTRACT

**Introduction.** Indocyanine Green (ICG) fluorescence is a new tool for navigated minimal invasive and open surgery, with multiple possible uses, that can increase safety and improve surgical results, facilitating intraoperative decision making. We hereby present our pilot series using ICG navigation in different procedures of pediatric surgery.

**Material and methods.** As a proof of concept, between May 2017 and March 2019, we have used this technique as a help for decision making in these scenarios: visualization of the biliary tract, vascular and lymphatic structures, neoplastic tissue and other anatomic landmarks. The route of administration, timing and dosage changed depending on the indication. A 30° optic, with a conventional and near-infrared light emitter, connected to a high definition system specially equipped was used.

**Results.** We considered that the technique might be useful in 20 patients (22 procedures): 6 involving the biliary tract (5 cholecystectomies, 1 choledochal stenosis), 9 oncologic procedures (5 laparoscopic and 4 open), 7 miscellaneous (pulmonary nodule resections, long-gap esophageal atresia, anastomotic leak, etc). There were no complications regarding ICG administration. We considered that the system provided relevant information or affected intraoperative decision making in 90% of the cases.

**Conclusions.** ICG navigation was easy to perform and complication free. Our preliminary results suggest that ICG navigation, in open and endoscopic procedures, might provide a qualitative leap regarding safety and facilitate the performance of certain pediatric surgical procedures, particularly in oncology, liver surgery and neonatal surgery.

**KEY WORDS:** Indocyanine green; Laparoscopic surgery; Surgical oncology; Pediatrics; Newborn; Fluorescence.

## INTRODUCCIÓN

La cirugía mínimamente invasiva pediátrica (convencional y robótica) ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década, de la mano de instrumental y tecnología cada vez más adaptados al niño. Sin embargo, su aplicación

en ciertas áreas está limitada, entre otros factores, por la dificultad de identificar la anatomía quirúrgica. Además, la curva de aprendizaje suele ser más compleja por la baja frecuencia de las patologías quirúrgicas pediátricas.

Existen diferentes propuestas técnicas enfocadas a solventar estas dificultades, algunas de ellas, como la realidad aumentada, muy prometedoras, pero todavía en fase de desarrollo y de difícil aplicación en la práctica actual. Una de las opciones que destaca por su accesibilidad, versatilidad, facilidad de realización, bajo coste y escasas complicaciones, es la navegación mediante fluorescencia con verde de indocianina (en inglés, *Indocyanine Green* o ICG).

Este tinte fluorescente, cuyo uso médico se aprobó en 1959<sup>(1)</sup>, puede utilizarse por diversas vías, incluyendo la endovenosa, subcutánea, inyección directa sobre tejidos y la administración a través de sondas a las vías digestiva y urinaria. La estructura a visualizar determinará la vía y el momento de administración.

La aparición de nuevos equipos de cirugía mínimamente invasiva que incorporan la posibilidad de utilizar luz cercana al infrarrojo y cámaras capaces de detectar fluorescencia, así como equipos específicos para cirugía abierta, ha supuesto una revolución que poco a poco va ampliando sus posibles utilidades<sup>(2)</sup>. Desde su uso en cirugía general para valorar la anatomía biliar y localizar tumores hepáticos o comprobar la perfusión de las anastomosis intestinales<sup>(3)</sup>, en cirugía torácica para realizar resecciones pulmonares anatómicas<sup>(4)</sup>, pasando por la detección de ganglios centinela en diferentes especialidades<sup>(5,6)</sup>, se han descrito múltiples aplicaciones en pacientes adultos prácticamente en todas las especialidades quirúrgicas. Sin embargo, su uso en cirugía pediátrica es todavía anecdótico, aunque muy prometedor. El objetivo de este trabajo es presentar nuestros resultados en las primeras aplicaciones en las que hemos utilizado esta técnica en población pediátrica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el periodo comprendido entre mayo de 2017 y marzo de 2019, realizamos una prueba piloto en las unidades de Cirugía Oncológica, Neonatal y Hepatobiliopancreática para valorar la utilidad de la fluorescencia con ICG en diversas intervenciones quirúrgicas. Su uso, en niños de todas las edades, es habitual en nuestro centro desde que hace una década se introdujo la técnica LiMON® (Pulsion Medical Systems, Munich, Germany) para la valoración no invasiva de la función hepática. Se consideraron criterios de exclusión el hipotiroidismo y la alergia a contrastes yodados. Dado que la técnica añade información complementaria, pero no sustituye el *gold standard* en los procedimientos realizados, y puesto que el ICG es una sustancia de uso habitual en nuestro centro, con probada seguridad, sin efectos secundarios y que empleamos dosis validadas en la literatura, se informó a las familias de su uso, sin considerarse preciso un consentimiento específico.

Por el mismo motivo tampoco se consideró necesaria una autorización del comité ético del centro.

Utilizamos el preparado liofilizado Verdye® 5 mg/ml (Diagnostic Green Pharmaceuticals, Germany). En todos los casos, se utilizó una óptica de 5 mm y 30°, conectada con un emisor de luz convencional blanca y de luz cercana al infrarrojo (NIR), y a una cámara conectada a su vez a un sistema de alta definición 4K especialmente equipado (Plataforma 1588 AIM®, Stryker Endoscopy, San José, California, USA).

Basándonos en lo publicado en la literatura, se contempló su aplicación en cirugías mínimamente invasivas que, por su naturaleza o por su dificultad, podían beneficiarse de información complementaria en la toma de decisiones intraoperatorias. También ampliamos la indicación a algunas intervenciones oncológicas abiertas. Las principales indicaciones de entrada correspondieron a: visualización de la anatomía biliar, visualización de estructuras vasculares o linfáticas, identificación de tejido tumoral e identificación de otras estructuras anatómicas (vísceras huecas, etc.). Las nuevas indicaciones que surgieron durante el periodo a estudio se incluyeron para su registro. Al tratarse de una prueba piloto, la selección de casos no fue sistemática y se dejó a criterio del cirujano principal, estando además condicionada por la disponibilidad del sistema endoscópico.

Los datos y resultados se recogieron de forma prospectiva, incluyendo: edad y peso, patología de base, procedimiento, dosis y momento de administración, tipo de visualización (fluorescencia, sombra, sin diferencias) y efectos secundarios. La utilidad del procedimiento (si la administración del tinte proporcionó la información deseada) fue determinada en cada caso por el cirujano principal (sí/no). El momento y dosis de ICG varió en función de la indicación, y se describen a continuación.

## RESULTADOS

### Población a estudio

Se consideró que la técnica podría ser de utilidad en 22 procedimientos, realizados en 20 pacientes: 6 sobre la vía biliar, 5 oncológicos laparoscópicos, 4 oncológicos abiertos y 7 miscelánea (resecciones de nódulos pulmonares, atresia esófago *long-gap*, fallo de sutura duodenal). La mediana de edad de los pacientes fue de 10,9 años (7 días-19 años), y el peso 44,8 kg (2,7-120 kg).

### Procedimientos realizados

El resumen de los casos, características de base y detalles del procedimiento figuran en la tabla I.

- **Vía biliar.** Se administraron 0,25 mg/kg 45 minutos antes de la cirugía (a la llegada del paciente a quirófano). Se intervinieron 5 colecistectomías y una estenosis idiopática de la vía biliar, y en todas fue posible visualizar los elementos de la vía biliar extrahepática, evitando disecciones extensas e identificando variaciones anatómicas como, por ejemplo, un conducto cístico de implantación baja.

**Tabla I. Listado de pacientes y procedimientos.**

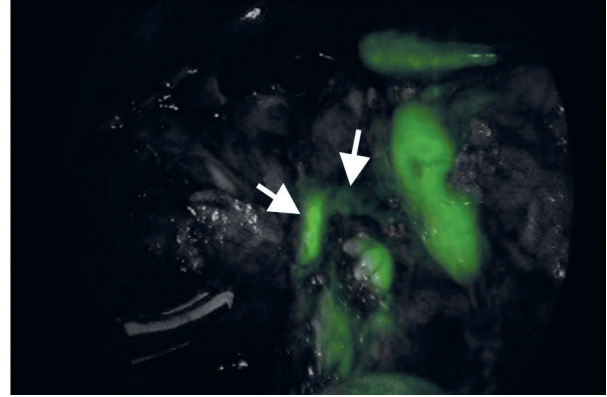
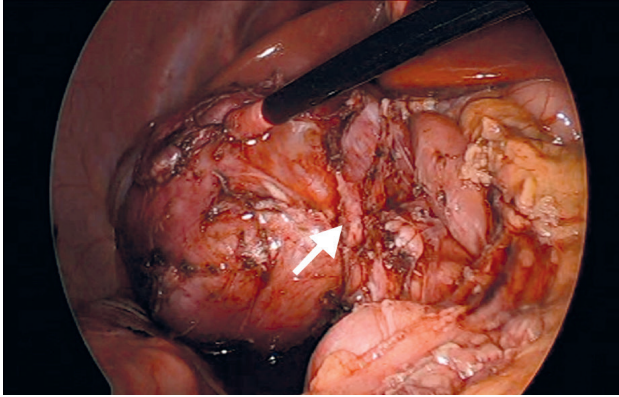
Caso	Patología	Comorbilidades	Edad (m)	Peso (kg)	Indicación	Abordaje	Dosis (mg/kg)	Momento	Útil
<b>Vía biliar</b>									
1	Colelitiasis	Drepanocitosis	180	64	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
2	Colelitiasis	Drepanocitosis	72	21,2	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
3	Colelitiasis	Colangitis esclerosante	168	53	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
4	Colelitiasis	Obesidad mórbida	192	120	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
5	Estenosis colédoco		108	24	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
6	Colelitiasis	Obesidad	168	100	Visualización vía biliar	CMI	0,25	45' preIQ	Sí
<b>Oncología</b>									
7	Sospecha SLPT intestinal	Trasplante renal	46	12,7	Identificación tumoral	CMI	0,25 0,15	45' preIQ IntraIQ	No Sí
8	M1 pulmonares	Sarcoma de Ewing	156	47	Identificación tumoral	CMI	0,25	45' preIQ	No
9	Ganglioneuroma paraórtico		60	23	Angiografía intraoperatoria	CMI	0,15	IntraIQ	Sí
10	M1 pulmonares	Hepatocarcinoma	132	37,3	Identificación tumoral	CA	0,5	IntraIQ	Sí
11	Estenosis ileal	Linfoma Burkitt (sospecha resto)	132	32	Identificación tumoral Perfusión anastomosis	CMI CA	0,15 0,15	IntraIQ IntraIQ	Sí Sí
12	Hepatoblastoma multifocal	Trombo tumoral en aurícula	132	33	Identificación tumoral	CA	0,5	24 h preIQ	Sí
13	Sarcoma epiteliode de pared torácica	Recidiva 10 años post-cirugía y radioterapia	228	50	Identificación tumoral Ganglio centinela	CA CA	3 2	24 h preIQ 30' antes	Sí Sí
<b>Miscelánea</b>									
14	Aspergilosis pulmonar	Leucemia linfoblástica	96	24,4	Identificación nódulo	CMI	0,5	IntraIQ	No
15	Atresia esófago long gap		5	3	Visualización bolsón distal	CMI	*1 cc en 50 cc SF	IntraIQ	Sí
16	Nódulo pulmonar post-TPH	Linfoma en 2ª recaída	216	55	Identificación nódulo	CMI	0,25	IntraIQ	Sí
17	Malf. venolinfática bazo		132	57,6	Angiografía	CMI	0,15	IntraIQ	Sí
18	Aspergilosis pulmonar	Linfoma en 2ª recaída	228	51,5	Identificación nódulo	CMI	0,15	IntraIQ	Sí
19	Nódulo cavitado pre-TPH	Leucemia linfoblástica	168	85	Identificación nódulo	CMI	0,15	IntraIQ	No
20	Fallo sutura duodenal	Atresia duodenal y esofágica	0,23	2,7	Visualización fuga	CMI	*1 cc en 50 cc SF	IntraIQ	Sí

*TPH: trasplante de progenitores hematopoyéticos; M1: metástasis; CMI: cirugía mínimamente invasiva; CA: cirugía abierta; \*administración por sonda nasogástrica con aspiración posterior; SF: suero fisiológico; PreIQ: preoperatoria; IntraIQ: intraoperatoria.*

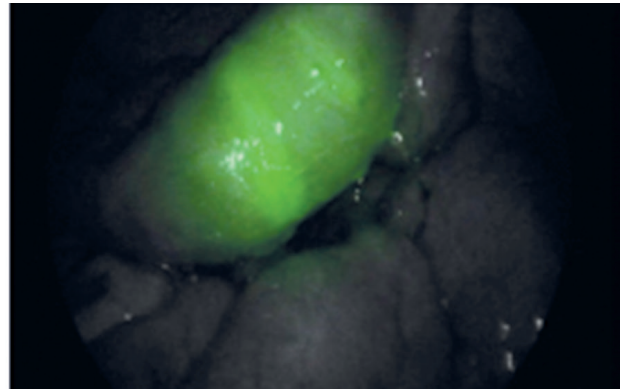
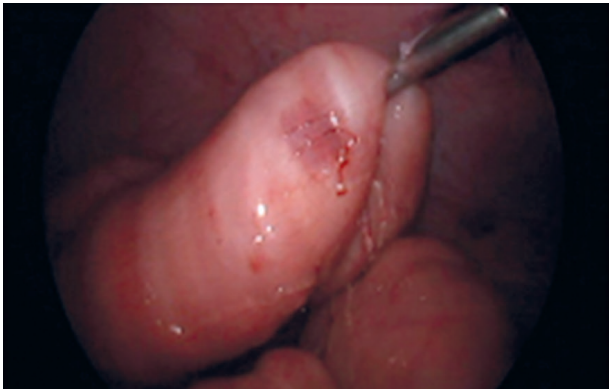
- **Angiografía.** Se administraron bolos intraoperatorios de 0,15 mg/kg en los momentos en que se precisó identificar una estructura vascular. Ello permitió resear un ganglioneuroma paraórtico por vía laparoscópica (caso 9), respetando una rama principal de la arteria mesentérica superior (Fig. 1). En un paciente con lesiones esplénicas de naturaleza dudosa (caso 17), la inyección del ICG confirmó su origen vascular (malformaciones venolinfáticas).
- **Visualización de tumores hepáticos.** En un paciente afecto de hepatoblastoma multifocal (caso 12), con un trombo tumoral desde la vena cava hasta la aurícula derecha, y una dudosa lesión extrahepática, secundaria a la biopsia

realizada en otro centro, se administraron 0,5 mg/kg de ICG en las 24 horas previas. Todas las lesiones tumorales hepáticas captaron ICG, y no se apreció captación en la masa extrahepática ni en las adenopatías, confirmando los hallazgos en el examen histológico.

- **Visualización otros tumores.** En tres ocasiones el ICG se utilizó para identificar tejido tumoral. El primer caso correspondió a una biopsia intestinal laparoscópica por sospecha de síndrome linfoproliferativo postrasplante (SLPT) en un paciente trasplantado renal (caso 7). El ICG se inyectó durante el procedimiento laparoscópico, observando un lavado rápido en el intestino sano y persis-



**Figura 1.** Ganglioneuroma paraórtico (el tumor se encuentra separado por la torunda). Izquierda, imagen convencional (rama arterial señalada con flecha). Derecha, imagen de angiografía con ICG que evidencia el trayecto de una rama principal de la arteria mesentérica superior (flechas).



**Figura 2.** Trasplantado renal con sospecha de SLPT. Izquierda, imagen convencional, la pinza intestinal sostiene el asa patológica. Derecha, imagen obtenida unos minutos tras el ICG. El intestino normal presenta un lavado completo, mientras que el asa patológica mantiene la fluorescencia.

tencia de la fluorescencia en el segmento intestinal afecto, comprobado mediante biopsia (Fig. 2). En el caso 11, una estenosis ileal en un linfoma de Burkitt, no se apreció fluorescencia en la zona patológica, confirmando el estudio histológico la ausencia de tumor viable. La anastomosis intestinal evidenció buena perfusión al administrar un bolo de ICG.

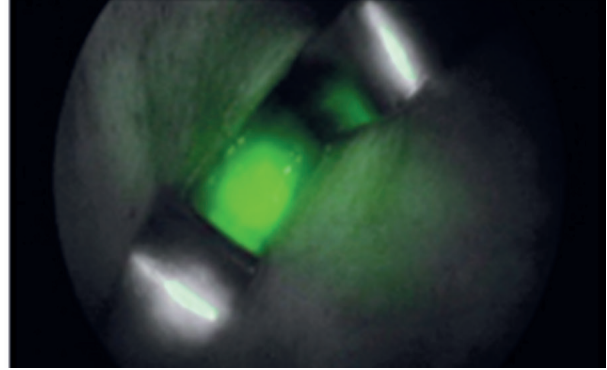
El tercer caso (caso 13) se trataba de una resección de un sarcoma epitelióide de pared torácica con márgenes muy mal definidos por pruebas de imagen, al tratarse de una lesión infiltrativa. El verde de indocianina se inyectó el día previo a la intervención (3 mg/kg). Con la óptica de laparoscopia y las luces de quirófano apagadas, pudimos delimitar los márgenes de resección tumoral, que se confirmaron mediante examen peroperatorio. También inyectamos ICG en los cuatro puntos cardinales de la lesión (unos 30 minutos antes) para realizar un estudio de ganglio centinela axilar, constatando que correspondía al drenaje de la lesión (Fig. 3).

- **Visualización metástasis pulmonares.** Se utilizó en dos pacientes. El caso 8, un sarcoma de Ewing metastásico,

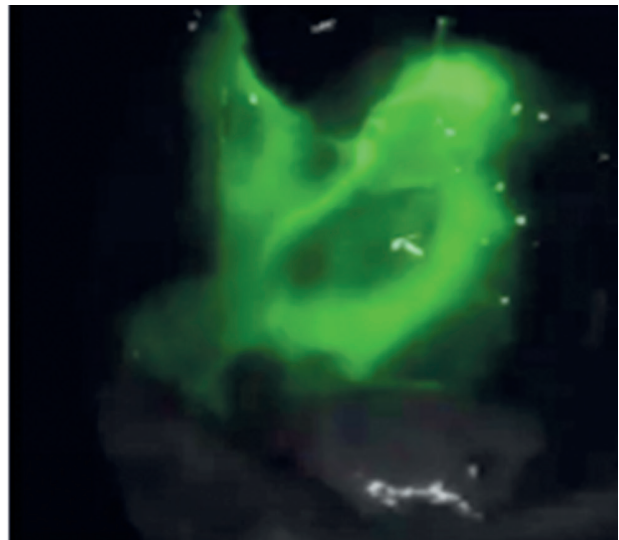
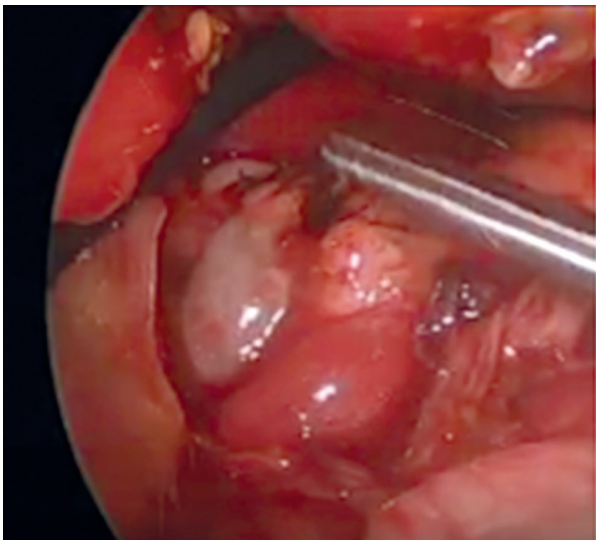
no mostró fluorescencia en la metástasis tras administrar 0,25 mg/kg en los 45 minutos previos. El caso 10, un hepatocarcinoma metastásico, sí mostró fluorescencia en todas las lesiones metastásicas, aunque con cierto grado de artefacto por fluorescencia de fondo; se administraron 0,5 mg/kg intraoperatorios (ya que no fue posible hacerlo el día previo).

- **Otros procedimientos:**

- *Atresia de esófago long-gap.* La administración de ICG por la gastrostomía (aspirándolo posteriormente), permitió localizar el cabo distal en un alargamiento tipo Foker toracoscópico (caso 15), acortando el tiempo operatorio.
- *Atresia duodenal.* En un paciente operado de atresia de esófago y atresia duodenal (caso 20), con sospecha clínica de fallo en la sutura duodenal no constatada en el tránsito esofagogastroduodenal, la administración de ICG a través de la sonda nasogástrica (aspirándolo a continuación) permitió confirmar la fuga, no apreciable a simple vista (Fig. 4).
- *Nódulos pulmonares no tumorales.* Se utilizaron 0,15 mg/kg intraoperatoriamente, de forma similar a las



**Figura 3.** Ganglios centinela axilares en un paciente con sarcoma epiteloide de la pared torácica, izquierda imagen convencional, derecha imagen con fluorescencia.



**Figura 4.** Izquierda, laparoscopia exploradora en atresia duodenal intervenida con evolución tórpida. Derecha, pequeña fuga anastomótica puesta de manifiesto tras administrar el ICG a través de la sonda nasogástrica, observándose salida del tinte por el fallo de sutura.

angiografías. En dos pacientes se identificaron áreas hipocaptantes con halo, de forma sutil, correspondiendo a una aspergilosis y una neumonía organizativa. En otros dos casos, no se evidenciaron diferencias respecto al parénquima sano (una aspergilosis y una lesión quística cicatricial).

No hubo complicaciones relacionadas con la administración del ICG por ninguna de las vías empleadas. Se consideró que el sistema aportó información relevante o influyó en la toma de decisiones en un 90% de los casos.

## DISCUSIÓN

El verde de indocianina es un tinte fluorescente, desarrollado primero por Kodak® como tinte fotográfico, y posteriormente aprobado para usos médicos por la *Food and Drug*

*Administration* (FDA) en 1959<sup>(1)</sup>. Tiene una absorción pico espectral en torno a los 800 nm (cuya fluorescencia es visible, por tanto, con luz cercana al infrarrojo en la ventana de 700-900 nm o *NIR-I window*)<sup>(7)</sup>. Se elimina exclusivamente por vía hepática a través de la bilis y no experimenta recirculación enterohepática<sup>(8)</sup>. Históricamente, se ha utilizado para valorar tanto la función hepática como la perfusión tisular. Existen diferentes preparados, la mayoría en forma de sales de sodio acompañadas de un 5% de sales yodadas para facilitar su solubilidad. El uso de verde de indocianina por lo general está exento de complicaciones<sup>(2)</sup>, aunque se han descrito raramente reacciones anafilácticas y urticariformes, en relación a su formulación con yodo.

La selección de la dosis y el momento de administración es compleja en pacientes pediátricos, al existir poca literatura relativa a su patología específica. Incluso en pacientes adultos, no existen unos estándares generalizados, siendo claramente

uno de los puntos a concretar en el procedimiento. Pasamos a continuación a discutir las aplicaciones que hemos incluido en esta prueba piloto:

1. **Identificación de la vía biliar extrahepática.** Hasta ahora la colangiografía intraoperatoria ha sido el método más utilizado para valorar la anatomía biliar en tiempo real. Sin embargo, puede ser compleja de realizar y precisa de recursos materiales, además expone a radiaciones ionizantes. Por estas razones, muchos grupos han comenzado a utilizar la fluorescencia como sustituto, con buenos resultados, en términos de fiabilidad, tiempo quirúrgico y facilidad de realización. Lo más habitual es su administración endovenosa<sup>(3,8)</sup>, dado que el ICG se elimina por vía biliar casi de forma exclusiva, aunque puede aplicarse también mediante inyección directa<sup>(9)</sup>. Existen algunos casos clínicos publicados sobre su aplicación en la atresia de vías biliares, para valorar en tiempo real la efectividad de la intervención<sup>(10)</sup>. En cuanto a la dosis y administración, no hay un consenso unánime. En nuestro caso, utilizamos la propuesta por el equipo de la Universidad de California<sup>(8)</sup>, quienes mediante un estudio prospectivo en pacientes adultos, ciego, con variación sistemática de dosis y tiempos, identificaron como óptima la administración endovenosa de 0,25 mg/kg en los 45 minutos previos, independientemente del índice de masa corporal, bilirrubinemia, clasificación de Child-Pugh o puntuación en el MELD (*Model for End-Stage Liver Disease*). Esta dosis permite seguir visualizando la vía biliar hasta 5 horas después de la administración.

Las principales limitaciones de la técnica residen en la imposibilidad de visualizar los conductos biliares cuando están rodeados por más de 5-10 mm de grasa, tejido neoplásico, inflamatorio o parénquima, y de visualizar la vía biliar intrahepática<sup>(8)</sup>.

2. **Angiografía.** El ICG, administrado por vía endovenosa, permanece en el compartimento vascular al unirse a las lipoproteínas plasmáticas<sup>(2)</sup>. Su vida media corta, así como su bajísima toxicidad, permiten administraciones repetidas en forma de bolos durante el procedimiento.

3. **Tumores hepáticos.** En cirugía oncológica hepática, además de permitir realizar colangiografía y angiografía, la fluorescencia con ICG identifica tumores subcapsulares (primarios y metastásicos) con gran precisión<sup>(11)</sup>, ya que la excreción biliar de los tejidos tumorales se ha demostrado anómala<sup>(12)</sup>. Esta característica es particularmente interesante en técnicas mínimamente invasivas, donde no disponemos de tacto. Ishizawa administra el ICG preoperatoriamente (0,5 mg/kg) hasta 2 semanas antes de la cirugía<sup>(11)</sup>, recomendando un mínimo de 48 horas.

Los grupos japoneses han descrito su aplicación en hepatoblastomas<sup>(13,14)</sup> con interesantes resultados. Los tiempos de inyección son variables entre autores, pero se recomienda administrar en torno a las 60 horas previas<sup>(14)</sup>. En nuestro caso, se realizó 24 horas antes, por tratarse de un paciente procedente de otra comunidad autónoma. Esta

técnica puede presentar hasta un 40% de falsos positivos en pacientes con alteración de la función hepática, por lo que el hallazgo de lesiones no informadas mediante pruebas de imagen debe constatar con técnicas auxiliares (ecografía o palpación)<sup>(11)</sup>.

Además, el ICG identifica las metástasis pulmonares de hepatocarcinomas y hepatoblastomas, tanto en cirugía abierta como toracoscópica<sup>(15-17)</sup>. En ese caso, la mayoría coincide en recomendar su administración en las 24 horas previas<sup>(14)</sup>. No obstante, debe recordarse que su utilidad, por el momento, se limita a lesiones situadas a menos de 1 cm de profundidad.

4. **Otros tumores.** En estudios *in vivo*, se ha probado que el verde de indocianina se acumula en células tumorales, las cuales muestran captación preferencial y retención del tinte, en contraste con su rápido lavado en tejidos normales<sup>(18)</sup>.

Además, puede emplearse también en la identificación de ganglios centinela, en sustitución o combinado con otros métodos. Las primeras experiencias corresponden a cánceres cutáneos (inyectando el tinte en el tejido subcutáneo circundante), pero posteriormente se ha aplicado a multitud de tumores (ginecológicos, urológicos, colorrectales, etc.)<sup>(19)</sup>.

5. **Otras indicaciones.** Existe poca literatura referente a su uso en patología infecciosa pulmonar, a diferencia de la tumoral<sup>(20,21)</sup>. Algunos autores han publicado su uso en patología linfática, malformativa y del conducto torácico<sup>(22,23)</sup>. En cuanto a su administración digestiva, existe alguna experiencia en el manejo de la enfermedad inflamatoria intestinal<sup>(24)</sup>, pero no hemos encontrado usos similares a los propuestos en nuestra serie.

En nuestra serie pediátrica, el uso del ICG resultó sencillo y exento de complicaciones. Observamos similares limitaciones a las descritas por otros autores, principalmente la dificultad de visualizar el tinte cuando las lesiones se sitúan a más de 1 cm de espesor. En el caso de la vía biliar, el uso de ICG evitó realizar disecciones extensas del hilio hepático. A pesar de no disponer de un sistema para uso específico en cirugía abierta, obtuvimos resultados satisfactorios (aunque mejorables) empleando el sistema laparoscópico y apagando las luces del quirófano. El uso del ICG resultó, además, muy útil y fácilmente implementable ante situaciones inesperadas.

En algunas indicaciones, como los nódulos pulmonares no tumorales, su utilidad nos resultó más dudosa, aunque puede que el momento de inyección o su dosis no fuera óptima.

Nuestros resultados sugieren que la navegación mediante ICG, puede suponer un salto cualitativo en seguridad y facilitar la realización de determinados procedimientos quirúrgicos pediátricos, especialmente en oncología, cirugía hepática y cirugía neonatal, aunque su uso puede hacerse extensivo a prácticamente todas las áreas de nuestra especialidad. La realización de estudios colaborativos prospectivos facilitará su estandarización en las distintas patologías pediátricas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Fox IJ, Wood EH. Indocyanine green: physical and physiologic properties. *Proc Staff Meet Mayo Clin.* 1960; 35: 732-44.
2. Alander JT, Kaartinen I, Laakso A, Pättilä T, Spillmann T, Tuchin VV, et al. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int J Biomed Imaging.* 2012; 2012: 940585.
3. Boni L, David G, Mangano A, Dionigi G, Rausei S, Spampatti S, et al. Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 2015; 29(7): 2046-55.
4. Guigard S, Triponez F, Bédarid B, Vidal-Fortuny J, Licker M, Karanovics W. Usefulness of near-infrared angiography for identifying the intersegmental plane and vascular supply during video-assisted thoracoscopic segmentectomy. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2017; 25(5): 703-9.
5. Guo J, Yang H, Wang S, Cao Y, Liu M, Xie F, et al. Comparison of sentinel lymph node biopsy guided by indocyanine green, blue dye, and their combination in breast cancer patients: a prospective cohort study. *World J Surg Oncol.* 2017; 15(1): 196.
6. He M, Jiang Z, Wang C, Hao Z, An J, Shen J. Diagnostic value of near-infrared or fluorescent indocyanine green guided sentinel lymph node mapping in gastric cancer: A systematic review and meta-analysis. *J Surg Oncol.* 2018; 118(8): 1243-56.
7. Starosolski Z, Bhavane R, Ghaghada KB, Vasudevan SA, Kaay A, Annapragada A. Indocyanine green fluorescence in second near-infrared (NIR-II) window. *PLoS One.* 2017; 12(11): e0187563.
8. Zarrinpar A, Dutson EP, Mobley C, Busuttill RW, Lewis CE, Tillou A, et al. Intraoperative Laparoscopic Near-Infrared Fluorescence Cholangiography to Facilitate Anatomical Identification: When to Give Indocyanine Green and How Much. *Surg Innov.* 2016; 23(4): 360-5.
9. Graves C, Ely S, Idowu O, Newton C, Kim S. Direct Gallbladder Indocyanine Green Injection Fluorescence Cholangiography During Laparoscopic Cholecystectomy. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2017; 27(10): 1069-73.
10. Hirayama Y, Iinuma Y, Yokoyama N, Otani T, Masui D, Komatsuzaki N, et al. Near-infrared fluorescence cholangiography with indocyanine green for biliary atresia. Real-time imaging during the Kasai procedure: a pilot study. *Pediatr Surg Int.* 2015; 31(12): 1177-82.
11. Ishizawa T, Saiura A, Kokudo N. Clinical application of indocyanine green-fluorescence imaging during hepatectomy. *Hepatobiliary Surg Nutr.* 2016; 5(4): 322-8.
12. Mechanistic background and clinical applications of indocyanine green fluorescence imaging of hepatocellular carcinoma. *Ann Surg Onc.* 2014; 21(2): 440-8.
13. Yamamichi T, Oue T, Yonekura T, Owari M, Nakahata K, Umeda S, et al. Clinical application of indocyanine green (ICG) fluorescent imaging of hepatoblastoma. *J Pediatr Surg.* 2015; 50(5): 833-6.
14. Souzaki R, Kawakubo N, Matsuura T, Yoshimaru K, Koga Y, Takemoto J, et al. Navigation surgery using indocyanine green fluorescent imaging for hepatoblastoma patients. *Pediatr Surg Int.* 2019; 35(5): 551-7.
15. Kawakita N, Takizawa H, Kondo K, Sakiyama S, Tangoku A. Indocyanine Green Fluorescence Navigation Thoracoscopic Metastectomy for Pulmonary Metastasis of Hepatocellular Carcinoma. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia.* 2016; 22(6): 367-9.
16. Kitagawa N, Shinkai M, Mochizuki K, Usui H, Miyagi H, Nakamura K, et al. Navigation using indocyanine green fluorescence imaging for hepatoblastoma pulmonary metastases surgery. *Pediatr Surg Int.* 2015; 31(4): 407-11.
17. Yamada Y, Hoshino K, Mori T, Kawaida M, Abe K, Takahashi N, et al. Metastectomy of Hepatoblastoma Utilizing a Novel Overlay Fluorescence Imaging System. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2018; 28(9): 1152-5.
18. Onda N, Kimura M, Yoshida T, Shibutani M. Preferential tumor cellular uptake and retention of indocyanine green for in vivo tumor imaging. *Int J Cancer.* 2016; 139(3): 673-82.
19. Xiong L, Gazyakan E, Yang W, Engel H, Hünerbein M, Kneser U, et al. Indocyanine green fluorescence-guided sentinel node biopsy: a meta-analysis on detection rate and diagnostic performance. *Eur J Surg Oncol.* 2014; 40(7): 843-9.
20. Okusanya OT, Holt D, Heitjan D, Deshpande C, Venegas O, Jiang J, et al. Intraoperative near-infrared imaging can identify pulmonary nodules. *Ann Thorac Surg.* 2014; 98(4): 1223-30.
21. Newton AD, Predina JD, Corbett CJ, Frenzel-Sulyok LG, Xia L, Petersson EJ, et al. Optimization of Second Window Indocyanine Green for Intraoperative Near-Infrared Imaging of Thoracic Malignancy. *J Am Coll Surg.* 2019; 228(2): 188-97.
22. Shiotsuki R, Uchida H, Tanaka Y, Shirota C, Yokota K, Murase N, et al. Novel thoracoscopic navigation surgery for neonatal chylothorax using indocyanine-green fluorescent lymphography. *J Pediatr Surg.* 2018; 53(6): 1246-9.
23. Shirota C, Hinoki A, Takahashi M, Tanaka Y, Tainaka T, Sumida W, et al. New Navigation Surgery for Resection of Lymphatic Malformations Using Indocyanine Green Fluorescence Imaging. *Am J Case Rep.* 2017; 18: 529-31.
24. Sou S, Matsui T, Yao T, Naito M, Yorioka M, Beppu T, et al. Differentiating enterocutaneous fistulae from suture abscesses complicating Crohn's disease using oral administration of indocyanine green. *J Gastroenterol Hepatol.* 2006; 21(12): 1850-3.