



# La evolución de las imágenes en cirugía biliar

## Imaging Evolution in Biliary Surgery

## Evolução da imagem em cirurgia biliar

Luís Ruso Martínez<sup>1</sup>

### RESUMEN

La cirugía hepato-bilio-pancreática (HPB) ha evolucionado desde ser una disciplina de alto riesgo a una especialidad segura y precisa, gracias a la integración de técnicas de imagenología.

Inicialmente, en la era pre-imagenológica -previo a 1895- solo los síntomas clínicos guiaban las decisiones quirúrgicas- haciendo de las intervenciones biliares procedimientos excepcionales y peligrosos. El punto de inflexión fue el descubrimiento de los rayos X, que permitió la primera detección de cálculos biliares en 1900.

Un avance crucial fue la colangiografía intraoperatoria (CIO), desarrollada en 1932, que permitió al cirujano la visualización intraoperatoria del árbol biliar, mejorando enormemente la seguridad y la precisión. recién actualmente, la fluoroscopia se postula como una alternativa innovadora que aumenta la precisión anatómica en tiempo real y podría reducir el uso de la CIO.

También la ecografía, se volvió crucial para diferenciar estructuras y la Tomografía Axial Computarizada (TAC) revolucionó la medicina con imágenes detalladas que facilitan el diálogo multidisciplinario. Con la colangiografía magnética se incorporó el diagnóstico no invasivo del árbol biliar mediante imágenes 3D ideales para la planificación quirúrgica.

Las técnicas de visión directa, como la Colangiopancreatografía Retrógrada Endoscópica, transformaron el tratamiento al integrar procedimientos terapéuticos y reducir la necesidad de cirugías abiertas. La eco-endoscopia se ha vuelto fundamental para diagnosticar tumores pancreáticos.

A pesar de estos avances, persisten desafíos como los altos costos y la falta de accesibilidad.- El futuro de la cirugía HPB con la integración de la Inteligencia Artificial y la realidad aumentada, ofrecen una precisión diagnóstica y seguridad terapéutica sin

---

<sup>1</sup> *Luis Ruso Martínez*. Profesor Titular de Clínica Quirúrgica. Facultad de Medicina. Universidad de la República (Udelar). E-mail: [lrusomartinez@gmail.com](mailto:lrusomartinez@gmail.com). ORCID: 0000-0003-4206-4304.



precedentes; más allá del debate de aspectos éticos vinculados al diagnóstico imagenológico digital, su margen de error y la responsabilidad subsecuente de la toma de decisión terapéutica. En definitiva: la mano del hombre aun gobierna la cirugía biliar, aunque el desarrollo de la imagenología, que ha sido una herramienta imprescindible para lograr precisión y seguridad a los pacientes.

**Palabras clave:** cirugía hepato biliar, historia, imagenología, colangiografía.

## ABSTRACT

Hepatobiliary-pancreatic (HBP) surgery has evolved from a high-risk discipline to a safe and precise specialty, due to the integration of imaging techniques.

Initially, in the pre-imaging era—before 1895—only clinical symptoms guided surgical decisions, making biliary interventions rare and dangerous procedures. The turning point was the discovery of X-rays, which allowed the first detection of gallstones in 1900.

A crucial breakthrough was intraoperative cholangiography (IOC), developed in 1932, which allowed intraoperative visualization of the biliary tree, greatly improving safety and accuracy. Fluoroscopy, only recently emerging as an innovative alternative that increases anatomical precision in real time and could reduce the use of IOC.

Ultrasound also became very important for differentiating structures, and Computed Tomography (CT) revolutionized medicine with detailed images that facilitate multidisciplinary approach. Magnetic resonance cholangiography (MRC) incorporated noninvasive diagnosis of the biliary tree through 3D images ideal for surgical planning.

Direct vision techniques, such as Endoscopic Retrograde cholangiopancreatography (ERCP), transformed treatment by integrating therapeutic procedures and reducing the need for open surgery. Endoscopic ultrasound has become essential for diagnosing pancreatic tumors.

Despite these advances, challenges such as high costs and lack of accessibility persist. The future of HPB surgery, with the integration of Artificial Intelligence and augmented reality, offers unprecedented diagnostic accuracy and therapeutic safety; beyond the debate on ethical aspects linked to digital diagnostic imaging, its margin of error, and the subsequent responsibility for therapeutic decision-making. In short, the human hand still governs biliary surgery, despite the development of imaging, which has been an essential tool for achieving precision and patient safety.

**Keywords:** Hepatobiliary surgery, history, imaging, cholangiography.



## RESUMO

A cirurgia hepatobiliar-pancreática (HBP) evoluiu de uma disciplina de alto risco para uma especialidade segura e precisa, graças à integração de técnicas de imagem.

Inicialmente, na era pré-imagem — antes de 1895 — apenas os sintomas clínicos orientavam as decisões cirúrgicas, tornando as intervenções biliares procedimentos raros e perigosos. O ponto de virada foi a descoberta dos raios X, que permitiram a primeira detecção de cálculos biliares em 1900.

Um avanço crucial foi a colangiografia intraoperatória (COI), desenvolvida em 1932, que permitiu ao cirurgião a visualização intraoperatória da árvore biliar, melhorando significativamente a segurança e a precisão. Apenas recentemente a fluoroscopia emergiu como uma alternativa inovadora que aumenta a precisão anatômica em tempo real e pode reduzir o uso de COI.

O ultrassom também se tornou crucial para a diferenciação de estruturas, e a tomografia computadorizada (TC) revolucionou a medicina com imagens detalhadas que facilitam o diálogo multidisciplinar. A colangiografia por ressonância magnética (CRM) incorporou o diagnóstico não invasivo da árvore biliar por meio de imagens 3D, ideal para o planejamento cirúrgico.

Técnicas de visão direta, como a Colangiopancreatografia Retrógrada Endoscópica (CPRE), transformaram o tratamento ao integrar procedimentos terapêuticos e reduzir a necessidade de cirurgia aberta. A ultrassonografia endoscópica tornou-se essencial para o diagnóstico de tumores pancreáticos.

Apesar desses avanços, desafios como altos custos e falta de acessibilidade persistem. O futuro da cirurgia de HPB, com a integração da Inteligência Artificial e da realidade aumentada, oferece precisão diagnóstica e segurança terapêutica sem precedentes; além do debate sobre aspectos éticos vinculados à imagem diagnóstica digital, sua margem de erro e a consequente responsabilidade pela tomada de decisão terapêutica. Em suma: a mão humana ainda rege a cirurgia biliar, embora o desenvolvimento da imagem tenha sido uma ferramenta essencial para alcançar precisão e segurança para os pacientes.

**Palavras-chave:** Cirurgia hepatobiliar, história, imagem, colangiografia.



## ***Introducción***

La cirugía hepato-bilio-pancreática (HPB) pasó de ser una disciplina de incertidumbre y riesgo a convertirse en una especialidad segura y precisa, debido a la integración de imágenes diagnósticas; que permitieron el desarrollo quirúrgico, hasta las actuales técnicas mínimamente invasivas guiadas por imágenes. De este vasto universo, esta comunicación toma una miscelánea de la evolución de los principales tipos de imágenes que impulsaron el desarrollo de la cirugía biliar.

En la Mesopotamia antigua se pensaba que el hígado era el asiento del alma. Muchos hígados de animales eran usados por los oráculos para la adivinación, incluso hay modelos de hígados de ovejas con inscripciones. Estos modelos eran de cerámica o piedra; incluso se encontró un modelo en bronce, en Piacenza (Italia), con inscripciones etruscas.

En el museo del Royal College of Surgeons en Londres, existió la momia de la princesa Amenón de la XXI dinastía (c. 1.500 a. C.) que conservaba el hígado y una gran vesícula con 30 cálculos en ella, lamentablemente fue destruida durante un bombardeo en la Segunda Guerra Mundial.

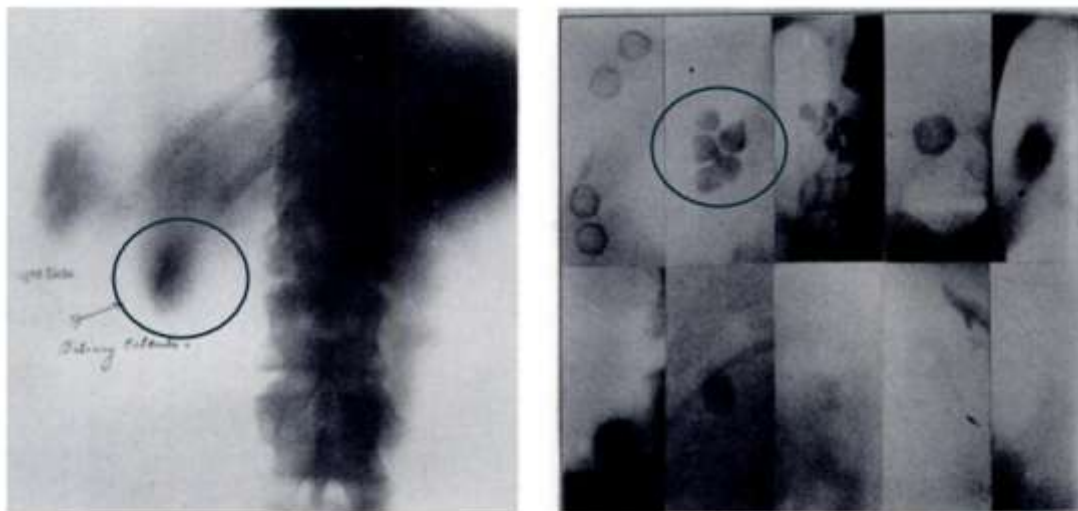
El registro de imágenes en el Río de la Plata comenzó a fines del siglo XIX (1899) con la filmación de una cirugía de hidatidosis pulmonar que fue una de las primeras películas del cine argentino y uno de los primeros films médicos en el mundo. El camarógrafo fue el destacado fotógrafo y cineasta francés Eugène Py (1859-1924) pionero del cine en Argentina y el cirujano fue el Dr. Alejandro Posadas (1870-1902); quien describió la quistectomía pulmonar, operación que lleva su nombre y consiste en la punción, aspiración y extracción de la membrana hidática y el contenido del saco adventicial, terminando por cerrar la brecha pulmonar sin drenaje (1). También descubrió la *Coccidioïdomicosis pulmonar*, (1892) afección que se conoce como enfermedad de Posadas-Wernicke, por la colaboración del médico microbiólogo Robert Wernicke (1854-1922) (2). La cirugía como disciplina científica, comienza en la segunda mitad del siglo XIX con los trabajos de anestesia de Morton (1846) y Semmelweis (1847) y Lister (1867), venciendo la imposibilidad de controlar el dolor y la infección que hacían de cada acto quirúrgico una aventura contra el tiempo y la hemorragia, con resultados aleatorios y por lo general malos. Desde la primera colecistectomía de Carl Langenbuch (1882) en 1882 y la colecistectomía laparoscópica de Erich Muhe (1938 – 2005) en 1985 trascurrió íntegramente el desarrollo de la cirugía biliar, cuyos principios técnico-tácticos se han mantenido iguales, pero a los cuales el desarrollo de las imágenes contribuyó para lograr la seguridad, precisión técnica y los resultados que hoy tenemos.

Podemos decir que la era pre-imagenológica se extendió hasta que el alemán Wilhem Conrad Röntgen en 1895 descubrió los rayos X. Por consecuencia las decisiones quirúrgicas se tomaban exclusivamente en base los síntomas evidentes: ictericia, dolor en hipocondrio derecho y la palpación abdominal. Era la época de la clínica pura y las cirugías biliares eran raras y de alto riesgo. Observando la evolución de las ideas que facilitaron el crecimiento exponencial de las imágenes, podemos decir que la cirugía biliar viajó sobre hombros de gigantes. Varios factores incidieron en esto. Las bases



conceptuales del descubrimiento y mejoramiento de las fuentes (rayos X - ultrasonido), la capacidad de integrar las imágenes y moverlas en el espacio a partir de algoritmos matemáticos y la interpretación de las necesidades de los cirujanos por parte de ingenieros y colegas imagenólogos, forjaron el avance de la seguridad y la eficiencia desde el diagnóstico a los procedimientos terapéuticos mínimamente invasivos.

En 1897, William Osler (1849 – 1919) preguntó con escepticismo: "¿Se pueden ver los cálculos biliares con la radiografía?". Nadie pudo darle una respuesta. Pero apenas tres años después, en 1900, Carl Beck (1856 – 1911) publicó el primer informe sobre la detección radiológica de cálculos biliares en un paciente. Presentó dos casos en la Sociedad Médica del Condado de Nueva York, pero el público se mostró reacio a aceptar su interpretación como correcta, aunque ya otros estaban visualizando cálculos biliares radiopacos, mediante radiografía simple, en forma más convincente (3,4,5). **Figura 1.** Aunque, considerado que las litiasis biliares radiopacas son aproximadamente el 15 %, la posibilidad de detectar cálculos por este método era muy baja.

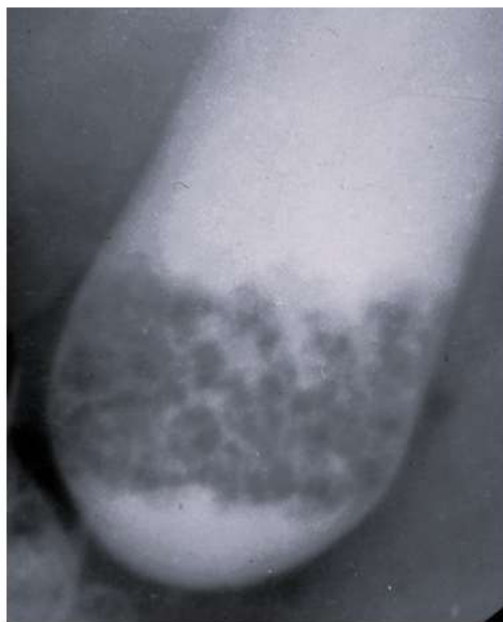


**Figura 1.** Las primeras radiografías de Beck (izq) de 1900 y Cole (der) 1914, mostrando cálculos vesiculares. Entre ambas se aprecia el rápido avance en la nitidez de las imágenes). Tomado de Beck y Cole).

El trabajo de 1924 de Graham y Cole (6) introdujo la colangiografía Intra venosa. Usaron un compuesto yodado llamado Tetrabromofenoltaleína, que era absorbido por el intestino, procesado por el hígado y excretado hacia la vesícula, permitiendo su visualización con rayos X. Funcionó en experimentos con perros, pero resultó tóxica para los humanos, por sus efectos de provocar náuseas, vómitos y dolor abdominal. Por consecuencia no se adoptó en la práctica clínica. Luego, se creó su versión yodada, la Tetrayodofenoltaleína, que resultó menos tóxica, por consecuencia mejor tolerada y se usó en los primeros ensayos de colecistografía intravenosa en 1924. Apenas un año después, su forma de sal sódica, permitió el desarrollo de la colecistografía oral, que rápidamente se popularizó por su fácil administración y eficacia (7).



En esa época, estos procedimientos eran exclusivamente colecistográficos, es decir que no se podía visualizar la vía biliar intra ni extrahepática ni las características de la pared vesicular y por tanto solo servían para el diagnóstico de litiasis vesicular. Muy popular fue el signo de Akerlund; descrito en 1931 por Ake Akerlund (1887 – 1958 ) un radiólogo sueco. Se observaba con gran nitidez un triple nivel intravesicular de: contraste arriba, litiasis flotando por debajo y sedimento biliar en el fondo vesicular. **Figura 2.**



**Figura 2.** Signo de Akerlund. Imagen clásica de la colecistografía oral. Se observa el triple nivel : Contraste, litiasis y el sedimento biliar. Fuente: archivo del autor.

Aun así, las dificultades sobrevivieron durante muchos años. Las técnicas quirúrgicas eran rudimentarias, la colecistectomía era una cirugía mayor de alto riesgo, no existía la colangiografía ni medidas de asepsia quirúrgica bien establecidas y la anatomía quirúrgica de la vía biliar no estaba estandarizada.

Las lesiones de la vía biliar ocurrían en aproximadamente 10% a 30% de las cirugías biliares, dependiendo de la experiencia del cirujano y sobre todo de las condiciones del procedimiento. La mortalidad por complicaciones -como peritonitis biliar o sepsis- era muy alta, superando el 20-50% de los casos (9). Aun así, ya se comenzaban a establecer principios de seguridad –como la identificación del conducto cístico. Theodor Kocher (1841 – 1917) decía: “no aconsejamos la extirpación de la vesicular biliar sino solo cuando el conducto cístico se pueda sentir bien al el tacto y se vea que no está muy alterado , de modo que haya motivo para esperar que una ligadura colocada alrededor del mismo, lejos de cortar los tejidos, habrá de producir una oclusión segura de dicho conducto” (10). Uno piensa...como serían los hilos y la fuerza de los cirujanos.



En la década de 1920 ya estaban bien establecidas en la práctica quirúrgica dos claves técnicas - ambas referidas en una película filmada en 1929 por John Mortimer Woof (11), cirujano de Leeds (UK) , sobre el concepto de colecistectomía segura, expresaba “ *la disección roma que expone la unión de los conductos cístico y hepático común es el paso crucial de la operación*” y del mismo film se infiere que la disección del pedículo cístico sigue los principios técnicos de lo que a partir de 1995 se conoce como la visión crítica de seguridad de Strasberg (12), que consiste en la identificación a nivel del triángulo de Calot de tres estructuras anatómicas específicas: el conducto cístico, la arteria cística y el conducto hepático común para evitar las lesiones biliares. Asimismo, de la estructura de la película de Woof, se destaca su carácter docente por la enseñanza metódica de una técnica depurada y exangüe que continuó sin mayores modificaciones hasta la declinación de la cirugía convencional por vía laparotomía.

### ***La colangiografía intraoperatoria***

El resumen que sigue incluye el origen, apogeo y vigencia del primer estudio imagenológico imprescindible para operar vías biliares y tal vez su ocaso a manos de la fluoroscopia intraoperatoria, con verde indocianina..

En 1932, Pablo Mirizzi, (1893-1964) , de Córdoba , Argentina, describe la colangiografía intraoperatoria. A partir de ella el cirujano tiene un mapa que lo guía en el árbol biliar y lo habilita a tomar decisiones basadas en la certeza de las imágenes. Los avances tecnológicos fueron perfeccionando la colangiografía, que fue ganando calidad de imagen y precisión en la visualización de las estructuras biliares y expandiendo su utilidad a todos los otros ámbitos de la cirugía hepato-biliar (13). **Figura 3.**



**Foto 3.** Típico aspecto de una colangiografía intraoperatoria. Se observa el catéter a través del Conducto cístico y la presencia de varios cálculos facetados en el colédoco (Foto del autor).



A pesar de los avances tecnológicos que arrasaron con las imágenes diagnósticas que hemos visto, la colangiografía intraoperatoria resiste vigente aun luego de 90 años de instaurada. Su interés continúa en un debate científico que se extiende entre su indicación selectiva o sistemática, su valor en el proceso de formación de los cirujanos. Su uso está consagrado por su bajo costo y fácil aprendizaje en base a reglas muy simples: hacerla bien, iluminando toda la vía biliar intra y extrahepática, e interpretarla bien; lo cual requiere un conocimiento adecuado del árbol biliar y sus variantes anatómicas. Una interrogante en curso la ha puesto en los últimos años la tinción biliar con fluorescencia ...

La fluoroscopia con verde de indocianina en cirugía hepatobiliar es una técnica innovadora de reciente desarrollo y en pleno proceso de evaluación de su eficacia. Es un método invasivo que combina la fluorescencia con imágenes en tiempo real para mejorar la precisión de la visión de las estructuras anatómicas que se iluminan con el contraste inyectado previamente, el cual se elimina con la bilis. Se postula que disminuye la necesidad de hacer colangiografía intraoperatoria convencional y permite detectar fugas biliares mínimas.

Su origen se remonta a los años 50, cuando la empresa fotográfica Kodak – hoy parcialmente retirada de ese rubro, luego de una severa crisis- desarrolló el verde de indocianina como un colorante para fotografía y en 1956 logró su uso médico para evaluar la función cardíaca y hepática, ya que se une a proteínas plasmáticas y es excretado por el hígado.

Pero recién 30 años más tarde se exploró su uso en oftalmología y cirugía vascular – angiografía fluoresceínica – mientras que investigadores japoneses comenzaron a usarlo para visualizar vasos biliares y tumores hepáticos bajo luz infrarroja. Entre los años 2005 y 2010 sistemas como el *SPY Imaging* (Novadaq/LifeCell) y el PDE (*Photodynamic Eye*, Hamamatsu) permitieron la visualización en tiempo real de la fluorescencia con verde de indocianina en la vía biliar. Su eficacia - en evaluación y desarrollo - incluye la detección de tumores hepáticos, porque el verde de indocianina se acumula en los hepatocitos pero no en los tumores, generando una imagen de contraste. De hecho, ya se la encuentra integrado a la cirugía laparoscópica robótica en el modelo Firefly® de Da Vinci.

Hace menos de 10 años, Conrad (14) expresaba que “la colangiografía por inmunofluorescencia es una técnica en fase de investigación que puede otorgar beneficios”, en 2024 un extenso trabajo de Parada (15) concluye que las aplicaciones de la fluorescencia en cirugía HPB son múltiples. Ayuda a disminuir errores y aporta a una mejor toma de decisión quirúrgica intraoperatoria. Conduce a una cirugía segura y de precisión. Permite la visualización de la vía biliar accesoria, el colédoco, canalículos accesorios, alteraciones anatómicas, las lesiones inadvertidas y la localización de tumores sólidos. Permite una mejor calidad de la excéresis hepática evitando resecciones inadecuadas y la visualización de fugas biliares en los sectores resecaos. Asimismo, permite la ubicación de insulinomas pancreáticos, asociando verde de indocianina.



## ***La era de la ecografía***

El descubrimiento del ultrasonido, comenzó en 1794, cuando el italiano Lazzaro Spallanzani estudió la ecolocalización en murciélagos, sentando las bases físicas del ultrasonido. Su principio fundamental se basa en el fenómeno de la piezoelectricidad (*una propiedad que presentan algunos cristales, que se deforman por la acción de fuerzas internas al ser sometidos a una energía eléctrica*) que se descubrió en el año 1877 por Pierre Curie (1859 – 1906); aunque los radiólogos pusieron muy poco interés en la ella ya que eran más bien registros de gráficas y no imágenes.

A lo largo de la primera mitad del siglo XX e impulsado por el interés militar de detectar submarinos, así como el trágico hundimiento del Titanic (1912), se inició el desarrollo de sistemas ultrasónicos marinos. Fueron Paul Levins, y Constantin Chilowsky,(16) y según otros el francés Pierre Langevin (1872 – 1946 ) que inventaron el sonar durante la Primera Guerra Mundial. Además, en 1914, el canadiense Reginald Aubrey Fessenden (1866-1932), diseñó el primer equipo de sonar funcional en Estados Unidos. El sistema de sonar podía detectar icebergs emitiendo sonidos de baja frecuencia y registrando los ecos que ellos devolvían (17).

En 1928, Sergei Sokolov (1920- 2012), - físico de la URSS- generó el uso de ondas ultrasónicas para detectar metales y en 1942, Karl Theodore Dussik (1908 – 1968), neurólogo de la Universidad de Viena, utilizó haces de ultrasonido para identificar tumores cerebrales. Este método se denominó hiperfonografía, y dio origen a la ecografía diagnóstica y en 1947, el mismo autor obtuvo imágenes del cerebro utilizando papel termosensible para registrar la transferencia de ultrasonido; estas imágenes se denominaron "ventriculogramas".

A partir de este trabajo George Ludwig (1922 -1973) & Francis Struthers, entre 1949/1950, midieron por primera vez la velocidad de la onda ultrasónica lo cual sentó las bases de la ecografía diagnóstica. Se estableció que el ultrasonido podía usarse para diferenciar estructuras anatómicas. Investigaron el uso del ultrasonido para detectar cálculos biliares y cuerpos extraños en tejidos (18,19).

También contribuyó el tesón de Douglas Horwry, (1920 – 1969) que con excedentes de radares de la fuerza aérea y de partes de aparatos de radio, se empeñó en construir un equipo capaz de hacer imágenes bidimensionales. En 1951, cuando era residente en el Hospital de Denver se asoció con un nefrólogo Joseph Holmes, y obtuvo el soporte institucional necesario para el proyecto. Ese mismo año Horwry y sus ingenieros desarrollaron el primer ecógrafo bidimensional y en los primeros años de la década de los 60, desarrollaron uno de contacto directo. **Figura 4.**



**Foto 4.** Ecógrafo modelo de 1957. La imagen se obtenía mediante un transductor que giraba alrededor del cuerpo sumergido en una tanque de agua. Tomado de: Tsung, J. *History of ultrasound and Thechnological Advencces*.  
[Https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.wcume.org/wp-content/uploads/2011/05/Tsung.pdf](https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.wcume.org/wp-content/uploads/2011/05/Tsung.pdf)

Después de 1980, la introducción de la técnica en radiología fue absoluta, incorporándose rápidamente en todos los servicios. La evolución de imágenes y su precisión han sido rapidísimos, mediante transductores lineales, sectoriales y convexos y pantallas de alta resolución. El presente y el futuro de la ecografía de mayor resolución tiene un abanico amplio: ecografía endocavitaria, duplex- doppler, doppler color, power color-color energía y el surgimiento del uso de contrastes en ultrasonido. Todo ello asociado a un sistema bidimensional con escala de grises de alta definición (20).

A pesar de sus múltiples virtudes, la ecografía tiene un defecto, es técnico-dependiente, lo que se observa y como se observa queda sujeto a la comprensión del operador que la realiza y eventualmente a quienes están formados en ecografía. No hay otra opinión posible, aun con formación anatomo quirúrgica. Aquí nace la necesidad de imágenes de compresión y evaluación más universal.

### ***El avance hacia la integración de imágenes. tomografía y resonancia***



La Tomografía Axial Computarizada (TC), o CT Scan (anglicismo de *Computed Tomography*), es una técnica de diagnóstico por imágenes que revolucionó la medicina en los últimos 30 años del siglo XX, porque consigue un tipo de imágenes capaces de ser interpretadas por otros especialistas con formación anatómica, además de los imagenólogos, lo cual enriquece el diálogo multidisciplinario y otorga mayor sustento a la toma de decisiones; a tal punto que tres premios nobel se vinculan con su desarrollo.

Los fundamentos teórico-matemáticos se remontan a 1917, cuando el austriaco Johann Radon (1887 -1956), que demostró que una imagen podía reconstruirse a partir de múltiples proyecciones, lo que se conoce como “Transformada de Radon”, (*La Transformada de Radon es una herramienta matemática que transforma una función de un espacio bidimensional (como una imagen) en un espacio diferente, donde cada punto representa la integral de la función a lo largo de una recta.*) Se utiliza en diversas aplicaciones para reconstruir imágenes 2D a partir de proyecciones (21).

Pasaron muchos años hasta que en 1960 el físico sudafricano Allan Cormack (1924-1998) desarrolló algoritmos para reconstruir imágenes a partir de rayos X, publicando sus hallazgos en 1963 y 1964 (22,23).

Estas investigaciones encontraron su aplicación médica en 1971 cuando el ingeniero británico Godfrey Hounsfield (1919 – 2004) trabajando para la empresa *EMI*, construyó el primer tomógrafo prototipo, con un equipo que utilizaba un haz de rayos X y detectores que rotaban alrededor del paciente, combinando los datos con algoritmos computacionales; aunque tardaban horas en procesar los resultados... lo que hoy se logra en término de segundos (24). En 1979 Hounsfield recibió el Premio Nobel de Medicina por su contribución al desarrollo de la TC (25).

A partir de entonces, el avance tecnológico fue vertiginoso, generando sucesivas generaciones que equipos en pocos años (1974 -2000), logrando cada vez imágenes más precisas con mayor resolución espacial y discriminación de densidades, logrando diagnósticos más certeros. Se amplió su uso a la dinámica vascular (angio.TC), incrementando la seguridad en la planificación estratégica de cirugías complejas con mínima invasión y mayor confort para el paciente. El desarrollo de la TC helicoidal en años '90 mejoró sensiblemente el diagnóstico de las complicaciones quirúrgicas vinculadas a la formación de abscesos y colecciones y permitió la detección de litiasis biliares poco visibles por ecografía. Entrado el siglo XXI, la TC ha continuado evolucionando, integrada a la robótica y la realidad aumentada, en los ámbitos de los blocks quirúrgicos inteligentes.

### ***La resonancia nuclear magnética y la colangiorensonancia***

La Resonancia Magnética Nuclear (RNM), o MRI (anglicismo de *Magnetic Resonance Imaging*), cuya base para la formación de imágenes son campos magnéticos y ondas de radio y de la cual deriva la colangiorensonancia (CRNM o MRCP) que es una aplicación específica de la RMN para visualizar los conductos biliares y pancreáticos, que ha mejorado el diagnóstico de la patología biliar con tres ventajas; la mejor resolución, la



visualización de todo el árbol biliar y que no requiere administración de contraste, porque la bilis actúa como tal.

La idea fue desarrollada entre 1930 y 1950, supongo que el contexto de la cultura reinante de investigación militar. Isidor Rabi (1898-1988), físico-químico, nacido en Polonia y graduado en la Universidad de Cornell (USA); en 1938, descubrió el fenómeno de la *resonancia nuclear magnética* en moléculas, lo que le valió el Premio Nobel de Física en 1944. Luego, Félix Bloch (1905-1983) físico suizo y Edward Purcell (1912-1997), estadounidense, en 1946 con investigaciones independientes, avanzaron con el desarrollo de la RMN en líquidos y sólidos y ganaron el Premio Nobel de Física en 1952. Evidentemente, dos premios Nobel de física casi seguidos y luego dos de medicina, que vendrían algunos años después, demuestran el impacto científico que se otorgó al desarrollo de la RNM en esa época. Mas allá de eso, su aplicación en medicina fue más tardía. En un principio se utilizó para análisis espectroscópicos y recién en 1973 se inició como técnica de Imagen, cuando Paul Lauterbur (1929-2007) propuso el uso de gradientes de campo magnético para localizar señales de RMN y crear imágenes 2D/3D. Publicó el primer estudio en *Nature* (1973), tal vez sobre la base algunos estudios de Peter Mansfield (1928-1996) quien desarrolló algoritmos matemáticos para reconstrucción rápida de imágenes e introdujo la técnica de eco planar para lograr adquisiciones ultrarrápidas. Pero, recién en 1977 en USA a manos de Raymond Damadian (1936 - 2022), que ya había definido experimentalmente que la RNM *podía distinguir entre tejido normal y tumoral*, porque descubrió que los tiempos de relajación nuclear (T1 y T2) del agua en los tejidos tumorales eran significativamente más largos que en los tejidos normales, se construyó el primer prototipo funcional de resonador aplicable a humanos - llamado Indomitable - aunque su contribución fue controvertida, porque fue Peter Mansfield en 1978 quien logro de la primera imagen de RMN de un cuerpo humano. (26). Paul Lauterbur y Peter Mansfield recibieron el Premio Nobel en 2003 por sus contribuciones al desarrollo de la RMN como técnica de diagnóstico médico. Sin duda el desarrollo de la imagenología medica incremento los diagnósticos, su precisión y la planificación terapéutica de enfermedades complejas y previamente inaccesibles al diagnóstico y tratamientos quirúrgicos seguros. En su inicio mejoro la detección de tumores, esclerosis múltiple y accidentes cerebrovasculares, que luego se proyectaría sobre casi todas las área del cuerpo.

La Colangiorensonancia Nuclear Magnética (CRNM) también denominada Colangiopancreatografía por RMN, se generó en la década de 1990 como adaptación evolutiva de la resonancia porque permite visualizar los conductos biliares y pancreáticos sin necesidad de administración de contraste invasivo; mediante de secuencias de T2 ponderadas en las cuales los líquidos en los conductos aparecen hiperintensos. Esto determino un nuevo paradigma en estudio del árbol biliar, hígado y páncreas, por su carácter no invasivo, sin radiación ionizante y que permite la visualización integra de todos los sectores en un mismo estudio y la posibilidad de estudios 3D, que facilitan la planificación quirúrgica, mediante la evaluación de las estructuras anatómicas desde diferentes perspectivas. Precisión de imágenes, seguridad técnica, alto rendimiento diagnóstico/terapéutico; con estas virtudes la CRNM, le sale al cruce a la TC,



parcialmente a la colangiografía intraoperatoria y redujo las indicaciones diagnósticas de la ERCP.

Menos éxito clínico tuvo la colecisto-centellografía o gammagrafía hepatobiliar, también conocida por su anglicismo HIDA scan (Hepatobiliary Iminodiacetic Acid), un estudio funcional de la vesícula en tiempo real, desarrollado por Weissmann en 1981. Basado en que el patrón del flujo biliar está determinado por la permeabilidad del conducto, el tono del esfínter de Oddi y la presión intraluminal, utilizando como trazador Tecnecio 99 (Tc-99m) que – dos tercios – ingresa a la vesícula biliar a través del conducto cístico y el resto transita por el colédoco. Todo esto normalmente ocurre dentro de una hora después de la inyección del Tc-99 (27).

La demanda de un tiempo prolongado y el hecho que el radio trazador sufre una inhibición competitiva en presencia de ictericia con cifras por encima de 20 mgrs. de bilirrubina total; sumado a que la presencia de insuficiencia hepática retrasa y reduce la captación y el clearance hepático del Tc.99, lo cual interfiere en la interpretación diagnóstica, le resta eficacia a este estudio, que actualmente encuentra una de sus pocas indicaciones en la evaluación de las estenosis biliares, especialmente en las hepático yeyunostomías hiliares sin dilatación de la vía biliar intrahepática.

### ***Las imágenes de visión directa***

La visualización endoscópica de las vías biliares, tiene dos formas básicas, la coledocoscopia intraoperatoria que se realiza mediante endoscopios rígidos o flexibles insertados a través de una coledocotomía; de uso aleatorio y resultados en continuo debate y fundamentalmente la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE), que ha experimentado un desarrollo significativo desde su introducción en la década de 1970, porque logro reducir las cirugías abiertas y sobre todo la indicación de coledocotomía e integrar procedimientos terapéuticos en patología de alta incidencia como la colangitis litiasica, las estenosis biliares y los tumores obstructivos.

Su desarrollo inicial se produce en la década de 1960, cuando el grupo de McCune (1909 -1998), en 1968 realizó la primera CPRE, introduciendo un endoscopio rígido en el sistema biliar; rápidamente seguidos por Classen y Demling en Alemania que en 1970 introdujeron el uso de contraste para obtener imágenes radiológicas del árbol biliar (28).

Luego siguieron el desarrollo de duodenoscopios de visión lateral para mejor acceso a la papila y Kawai, Takagi y Nakajima de Japón, en 1974. Introdujeron la esfínterotomía endoscópica transpapilar revolucionando el tratamiento no quirúrgico y establecieron la técnica estándar para extracción de cálculos biliares (29).

El alemán Nib Soehendra (1942 - ) en 1980, introduce el emplazamiento de stents biliares plásticos para drenaje en obstrucciones malignas; seguidos por Knyrim y Huibregtse en



1985 que impusieron los modelos metálicos autoexpansibles y actualmente están en uso los stents biodegradables.

En este rápido desarrollo al inicio del presente siglo, surge la endoscopia biliar asistida por spyglass (2007) un sistema de colangioscopia digital ultrafino que permite la visualización y manipulación directa intraductal biliar y pancreática. Está demostrando ser una herramienta terapéutica y diagnóstica eficaz. Las posibles aplicaciones diagnósticas incluyen: la evaluación de estenosis indeterminadas, biopsia de lesiones, ubicación precisa preoperatoria y extensión de tumores intraductales biliares, diagnóstico de neoplasias mucinosas intraductales, evaluación de citomegalovirus, infecciones fúngicas y parasitarias. Permite la colocación de stents en el conducto cístico, así como terapia fotodinámica en el colangiocarcinoma y la fotocoagulación con argón en casos de neoplasia mucinosas intraductal.

Asimismo, está la ecoendoscopía, que combina visión directa y ultrasonido, que se transformó en una herramienta fundamental para diagnóstico topográfico y anatómopatológico de los tumores pancreáticos proximales.

La investigación promete la integración robótica en CPRE con sistemas tipo Da Vinci para lograr mayor precisión. En definitiva, la endoscopia de vías biliares ha evolucionado rápidamente desde un procedimiento diagnóstico a una herramienta terapéutica esencial, con mejoras en seguridad, eficacia y desarrollo de procedimientos mínimamente invasivos.

Aunque ya en 1921 Burckhardt y Muller, de Marburgo, Alemania, habían demostrado que la vesícula biliar se podía puncionar por vía transhepática percutánea con una aguja fina, de 0,8 mm. y lograron visualizar la vesícula utilizando un medio de contraste con plata y aire (30). Actualmente, asociado al desarrollo vertiginoso de los procedimientos endoscópicos y percutáneos mínimamente invasivos (MMI) en cirugía, se produjo su lógica combinación con objetivos terapéuticos, guiados por TAC o más frecuentemente por ecografía que aportaron seguridad, eficiencia, menores costos y baja morbimortalidad.

El procedimiento de colecistectomía percutánea con fines terapéuticos, fue introducido por: Radder (31), quien realizó este primer procedimiento guiado por ultrasonido en pacientes con colecistitis aguda y alto riesgo quirúrgico. Se punciona la vesícula a través de la lengüeta hepática del seg V con un catéter flexible multifenestrado tipo Dawson-Muller, que se puede dejar por largo tiempo. Se usa en pacientes críticos o en cuadros de colecistitis aguda evolucionadas para evitar una cirugía con riesgo de lesión biliar. Poco después, Elyaderani (1981) y Mc Garvey (1982) refinaron la técnica, consolidándola como una alternativa mínimamente invasiva en pacientes críticos.

### ***Impacto en la enseñanza***



El impacto de las imágenes en la enseñanza de las disciplinas quirúrgicas y gastroenterológicas, se puede vincular con tres aspectos fundamentales y complementarios: la visualización directa de los procedimientos en vivo, a través de monitores, la revisión de videos con diversos objetivos, en el ámbito de los comités hospitalarios de seguridad, ateneos clínicos científico –académicos y laboratorios de simulación. Actualmente estos laboratorios han adquirido un enorme desarrollo de la mano de la tecnología del software y las imágenes, abarcando desde niveles básicos de entrenamiento diagnóstico hasta modelos de alta complejidad que permiten reproducir una gran diversidad de eventos adversos intraoperatorios.

### ***Limitantes***

Desde la cirugía abierta, donde predomina la visión y el tacto del cirujano, hoy limitada a emergencias y cirugía de alta complejidad, hasta la visión de precisión 3D y tecnología robótica, pasando por las claras imágenes que nos proporciona la cirugía laparoscópica, queda el análisis de costos y accesibilidad, porque debemos recordar que en el mundo aún el 60 % de la cirugía se realiza por vía abierta y que 5000 millones de personas no tienen acceso al tratamientos quirúrgicos (32). Influye en esto, el permanente incremento y presión de la oferta comercial de equipamiento e instrumental quirúrgico que abre el debate del conflicto de interés y el análisis de: que es imprescindible, necesario y superfluo para lograr los mejores resultados para nuestros enfermos.

Es difícil especular sobre el futuro desarrollo de las imágenes y su impacto en los procesos de diagnóstico, seguridad y mejoría de resultados en la cirugía HPB. Para empezar el ingreso longitudinal de la Inteligencia Artificial (IA) y su aparentemente ilimitada capacidad de generar algoritmos para detectar cálculos o tumores en imágenes (33). Al igual que la realidad aumentada que superpone imágenes 3D durante cirugías en el ámbito de quirófanos inteligentes, ofreciendo posibilidades de reacciones precisas de tumores hepáticos, previamente impensables hasta el aporte de la nanotecnología generando contrastes más inocuos y marcadores tumorales para biopsias líquidas, abren un horizonte más cercano a la imaginación que a la realidad. Sin embargo, este avance explosivo, donde el futuro se transforma en presente, se realiza a través de cambios permanentes a veces con bajo nivel de evidencia y limitada evaluación de resultados. Un problema que la ética debe resolver.

En conclusión la evolución de las ideas y la ingeniería aplicada a la medicina, a lo largo de poco más de un siglo, permitieron el desarrollo de un sistema imagenológico diverso, complejo y complementario en sus aplicaciones que ha sido una de las herramientas fundamentales en el incremento de la precisión, seguridad y mejores resultados en cirugía biliar.

Asociado a este crecimiento exponencial surgen actualmente, aspectos éticos que vinculan la interpretación diagnóstica de las imágenes por IA, su margen de error y el condicionamiento de la toma de decisión terapéutica.



### **Referencias bibliográficas**

- 1) Posadas A. Historia de la Cirugía Torácica. Video. [https://es.wikipedia.org/wiki/Operaci%C3%B3n\\_de\\_quiste\\_hidat%C3%ADico\\_de\\_pulm%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Operaci%C3%B3n_de_quiste_hidat%C3%ADico_de_pulm%C3%B3n)
- 2) Turnes A.: (2014) La hidatidosis en el Río de la Plata. Una revisión de algunos hitos a través de tres siglos. Jornadas Iberoamericanas: Hidatidosis & otras zoonosis. 24, 25 y 26 de abril 2014. Bastión del Carmen, Colonia del Sacramento, Uruguay. 340 p.; pp.: 18-19.
- 3) Beck C. On the detection of calculi in the liver and gallbladder. NY Med J 1900;71 :73-77.
- 4) Cole LG. The detection of pure cholesterine gallstones by the roentgen rays. AJR 1914;2:640-651 4. .
- 5) Feld R., Kurtz,A., Zeman,R. Imaging the gallbladder: a historical perspective. AJR.1991;156: 737-740.
- 6) Graham A, Cole W. Roentgenologic examination of the gallbladder: new method utilizing intravenous injection of tetrabromphenolphthalein. JAMA 1924;82:613-614 13.)
- 7) Graham E, Cole W, Copher G.. Cholecystography: the use of sodium tetraiodophenolphthalein. JAMA 1925;84: 1175-1177 15.
- 8) Graham E, Cole W, Copher G. Cholecystography: its development and application. AJR 1925;14:490-491.
- 9) <https://chat.deepseek.com/a/chat/s/6994b69d-5d62-4f1a-8248-8a3815193a5e>
- 10) Kocher T., Tratado de Operaciones .1898. Ed: Administración de la Revista de Medicina y Cirugía Practicas. Madrid. Pag. 280.
- 11) Wolf M. British Medical Association Films Library. 1929.
- 12) Strasberg S., Hertl, M., Soper, N. An analysis of the problem of biliary injury during laparoscopic cholecystectomy J Am Coll Surg.. 1995 Jan;180:101-25.



- 13) Mirizzi LP. La colangiografía durante las operaciones de las vías biliares. Comunicación en la Sociedad de Cirugía de Buenos Aires. 5 de octubre de 1932.
- 14) Conrad C. J. *Hepatobiliary Pancreat Sci* . 2017;11:603-615
- 15) Parada U, Gambini JP, Taruselli R. Verde de indocianina (ICG): El camino hacia la cirugía segura y de precisión. *Cir. Urug.* [Internet]. 2024 Nov. 26 [cited 2025 Oct. 21];8(Especial):ecir.urug.8.1.16.[https://revista.scu.org.uy/index.php/cir\\_urug/article/view/5827](https://revista.scu.org.uy/index.php/cir_urug/article/view/5827)
- 16) Bullins A, A Review of the History of Sonography and its Effect on the Center for Medical Ultrasound at Wake Forest University. *Journal of Diagnostic Medical Sonography* 2023, Vol. 39(6): 638
- 17) Woo J: A short history of the developments of ultrasound in obstetrics and gynecology. [https://www.creatis.insalyon.fr/~cachard/master\\_is/Ultrasound\\_history.pdf](https://www.creatis.insalyon.fr/~cachard/master_is/Ultrasound_history.pdf). Accessed June 2, 2023.)
- 18) . Ludwig G.D. and Struthers, F.W. Considerations underlying the use of Ultrasound to detect Gallstones and Foreign Bodies in Tissue. *Naval Medical Research Institute Reports, Project #004 001, Report No. 4, June 1949.*
- 19) Ludwing G. The velocity of Sound through tissues and acoustic impedance of tissues. *The Journal of the Acoustical Society of America* 1950;22:862-866
- 20) Martinez Serrano C., *Historia de la ecografía. Medicina Balear.*1995;10 (extra 3) :160-162.
- 21) Armas-Costa R., Quintero-Torres, S., Acosta-Muñoz, C., Rey Torres, C. La transformada de Radon aplicada a la segmentación de imágenes digitales en escala de grises. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 2018; (17):32: 193-207.
- 22) Cormack AM. Representation of a Function by Its Line Integrals, with Some Radiological Applications. *J Appl Phys* 1963; 34:2722.
- 23) Cormack AM. Representation of a Function by Its Line Integrals, with Some Radiological Applications II. *J Appl Phys* 1964; 35:2908.
- 24) Hounsfield GN: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *Br J Radiol* 1973; 46:1016-1022.



- 25) Bosch E. Si Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada. Su contribución a la medicina moderna. *Revista Chilena de Radiología*. Vol. 10 N° 4, año 2004; 183-185.
- 26) Damadian R. "Tumor Detection by Nuclear Magnetic Resonance". *Science*, 19 de marzo de 1971, vol. 171, pp. 1151-1153.
- 27) Weissmann HS, Badia J, Sugarman LA, Kluger L, Rosenblatt R, Freeman LM. Spectrum of 99m-Tc-IDA cholescintigraphic patterns in acute cholecystitis. *Radiology*. 1981 Jan;138(1):167-75.
- 28) Mc Cune W. Shorb.P., Moskovitz,H Endoscopic cannulation of the ampulla de Vater. Preliminary report. . *Ann Surg*. 1968 May;167(5):752–756.
- 29) K Kawai Y Akasaka, K Murakami, i. Endoscopic sphincterotomy of the ampulla of Vater *Gastrointest Endosc* 1974 20:148-51.
- 30) Burckhardt H, Muller W. Versuche über die Punktion der Gallenblase und ihre Roentgendarstellung. *Dtsch Z Chir* 1921;162: 163.
- 31) Radder R. W. (1980). "Ultrasonically guided percutaneous catheter drainage for gallbladder empyema *Nuklearmedizin*, 1980; 133(6), 682-683.
- 32) Alkire B, Raykar,N., Shrime,M., Weiser,T., Bickler,S., Rose,J., et al. Global access to surgical care: a modelling study . *Lancet Glob Health* 2015;3: e316–23 . [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(15\)70115-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(15)70115-4).
- 33) Tiwari A, Mishra,S., Kuo,TR. Current AI technologies in cancer diagnostics and treatment . *Molecular Cancer* 2025; 24:159-199.
- 34) Tsung J. History of ultrasound and Thechnological Advances. <https://chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.wcume.org/wpcontent/uploads/2011/05/Tsung.pdf>