

Utilidad de la segmentación y modelos 3D en la planificación de la cirugía hepática compleja

Sergi Quiroga Gómez, Eva Castellà Fierro, José Miguel Rodríguez Sánchez, Sandra Ruiz Osuna, Laura Martínez Carnicero, Laura Escot García, Richard Mast Vilaseca



Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona



OBJETIVO DOCENTE

El objetivo de esta comunicación es presentar los protocolos de adquisición y algoritmos de reconstrucción de TC utilizados en nuestro hospital para obtener imágenes óptimas con la finalidad de realizar el postproceso de segmentación y modelado 3D en casos de cirugía hepática compleja, así como la realización de segmentación manual para la obtención de un modelo que nos permita planificar la técnica quirúrgica y realizar una hepatectomía virtual, con especial atención al volumen hepático residual y al mantenimiento de una correcta perfusión y drenaje del remanente hepático.

Los casos presentados corresponden a planificación prequirúrgica de casos complejos (hepatectomía mayor, hepatectomía central, re-hepatectomía y casos de resección hepática después de la embolización portal por volumen hepático inicial insuficiente). Las lesiones hepáticas motivo de tratamiento quirúrgico incluyen carcinoma hepatocelular, colangiocarcinoma, metástasis hepáticas, tumor neuroendocrino y adenoma hepático. En todos los casos se realizaron reconstrucciones 3D prequirúrgicas y de hepatectomía virtual con cálculo de volumetría total y del remanente hepático, así como reconstrucción 3D postquirúrgica y volumetría final.

REVISIÓN DEL TEMA

Para realizar una hepatectomía compleja es necesario conocer con precisión la vascularización hepática, especialmente venosa portal (“inflow”) y hepática (“outflow”) para asegurar un correcto aporte y drenaje vascular y evitar dejar zonas isquémicas o sin drenaje. Para ello debemos utilizar una división funcional (no anatómica) del hígado, propuesta por Couinaud, en la que tiene gran importancia la vascularización portal, de forma que la división primaria de la vena porta divide al hígado en dos lóbulos, derecho e izquierdo, la división portal secundaria los divide en sectores (anterior y posterior derechos y lateral y medial izquierdos) y la división de tercer orden da lugar a ramas segmentarias terminales, de forma que cada segmento tiene una rama portal propia. Las venas hepáticas discurren por planos intersegmentarios. Ello permite resecciones anatómicas segmentarias, base de la cirugía hepática en la actualidad. Sin embargo la anatomía hepática es frecuentemente compleja, existen múltiples variantes vasculares y es difícil de visualizar únicamente en imágenes 2D, por lo que la planificación 3D es esencial para evitar tener que hacer modificaciones intraoperatorias sobre la estrategia quirúrgica inicial, que suponen un aumento de la morbilidad. La visualización del modelo en 3D permite una mejor comprensión de la anatomía vascular y de la relación del tumor con estructuras adyacentes, permitiendo un abordaje quirúrgico adecuado para cada paciente.

Técnica TC:

- El proceso de valoración 3D se inicia con la adquisición de un estudio lo más óptimo posible y dirigido al estudio vascular, optimizando los parámetros para facilitar la segmentación:
 - Instruir al paciente para que mantenga una apnea con un grado de inspiración lo más semejante posible en todas las fases, con el objetivo de que no hayan variaciones significativas en la posición del hígado debido al movimiento del diafragma. En caso de no conseguirlo, deberemos realizar un registro (alineación) de las diferentes secuencias obtenidas para obtener una geometría lo más exacta posible.
 - Inyección de contraste a alto débito (4-5 ml por segundo) y concentración de yodo (350 mg /ml)
 - Obtención de una fase arterial precoz (ROI en aorta + 6s aprox.) para una buena reconstrucción arterial.
 - Obtención de una fase venosa unos 20 s después de la arterial para conseguir una opacificación óptima de la vena porta (superior a la de las venas hepáticas), lo que facilitará la segmentación venosa.
 - Obtención de una tercera fase de unos 30 segundos después de la venosa con el objetivo de obtener una opacificación de las venas hepáticas superior a las ramas portales (no siempre posible) o, en todo caso, asegurar una fase con una opacificación venosa correcta.
 - Usar colimaciones bajas (1 mm para obtener una buena definición de ramas arteriales y venosas distales).
 - Uso de algoritmos de reconstrucción iterativos y kilovoltaje bajo, que nos permitan minimizar ruido y dosis de radiación, así como disminuir artefactos [1].
 - Utilizar algoritmos de reducción de artefacto metálico (“MAR” por sus siglas en inglés: “*metal artifact reduction*”), en caso pacientes con osteosíntesis en columna dorsolumbar o presencia de cuerpos extraños (coils, dispositivos ocluidores, stents vasculares, material de embolización en vena porta ...).
 - Registro de las series en caso de ser necesario.
-

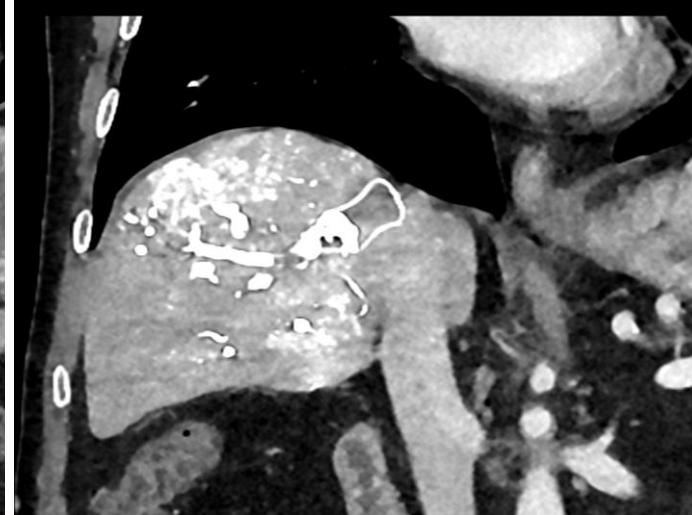
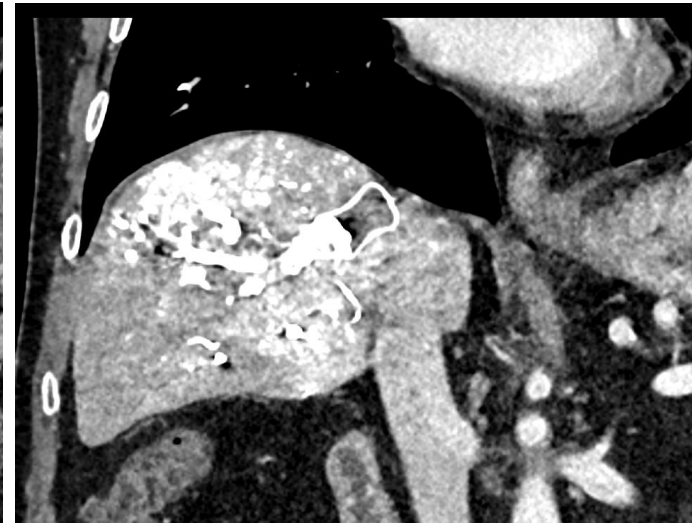
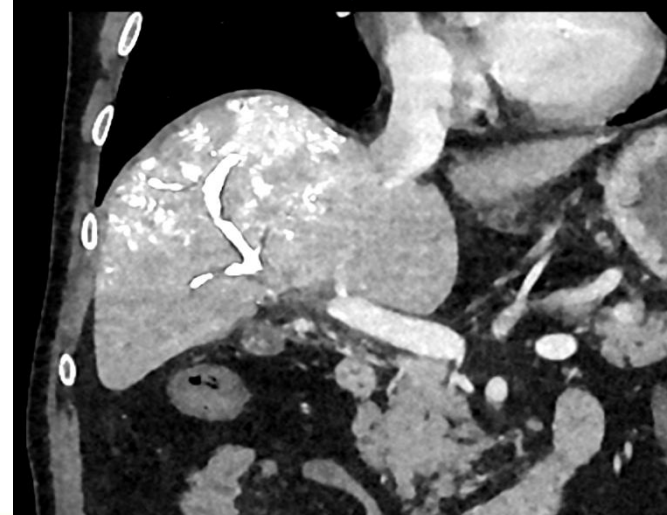
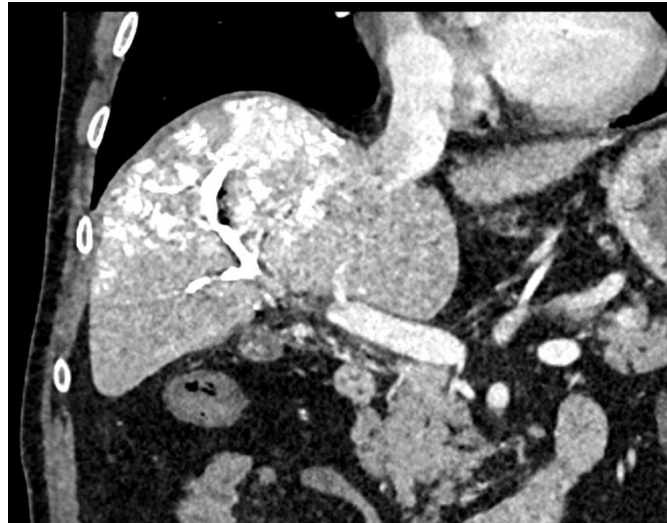
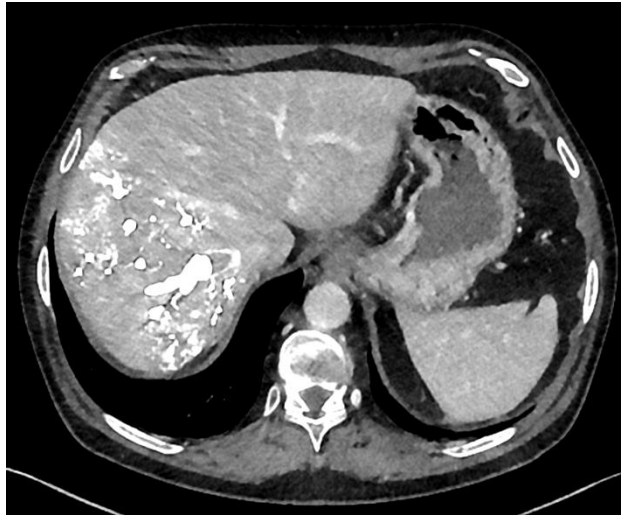
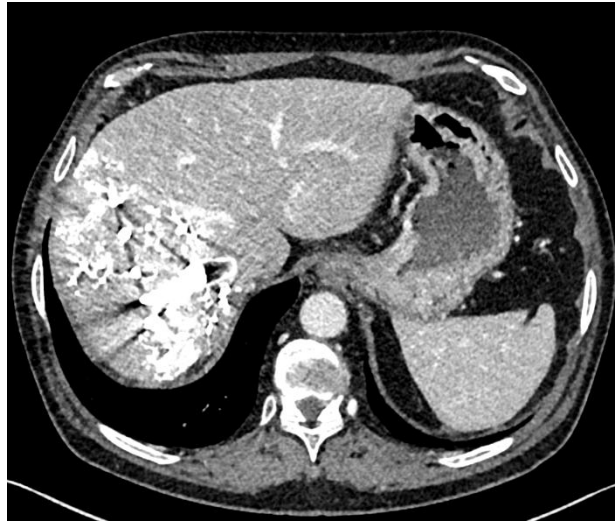
Algoritmos iterativos:

El uso de algoritmos de reconstrucción iterativos permite reducir el ruido y obtener una imagen más nítida y homogénea, lo que facilita su segmentación.



Algoritmos de reducción del artefacto metálico:

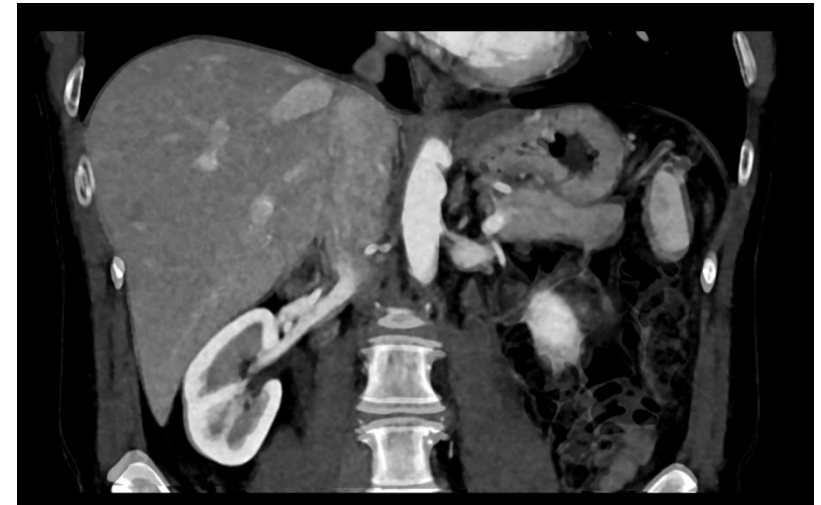
El uso de algoritmos de reducción del artefacto metálico (MAR), asociados a algoritmos iterativos, permite optimizar la imagen, reduciendo los artefactos, como en el caso mostrado de un paciente con embolización portal, embolización de vena hepática y portador de un Amplatzer en esta última. La reducción de estos artefactos facilitan la segmentación tanto de los vasos embolizados como del parénquima adyacente.



Registro de series:

En caso de mala alineación entre las diversas fases obtenidas (movimientos o diferente respiración del paciente), es necesario corregirla realizando un registro de las series para obtener una geometría adecuada.

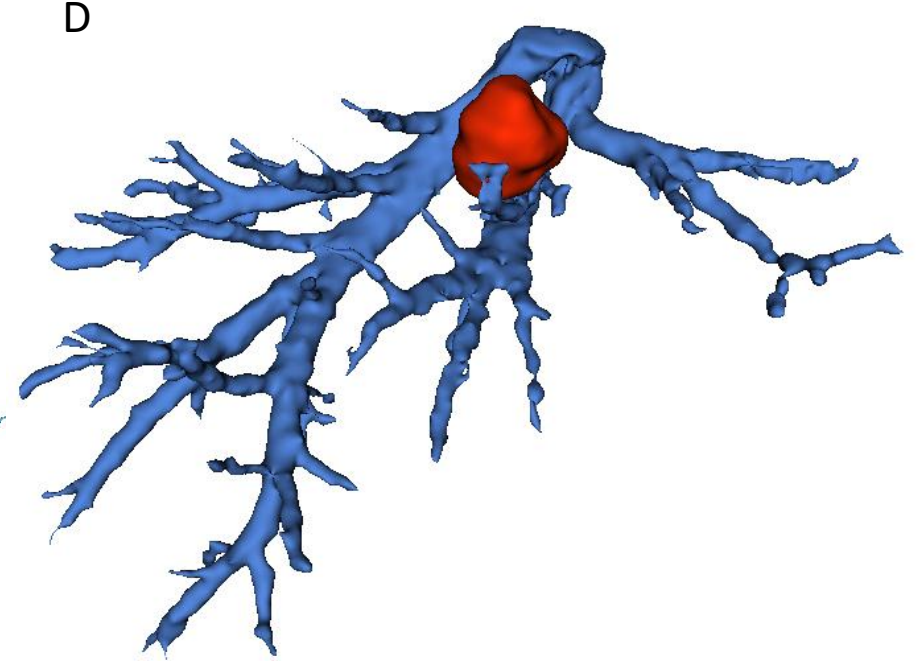
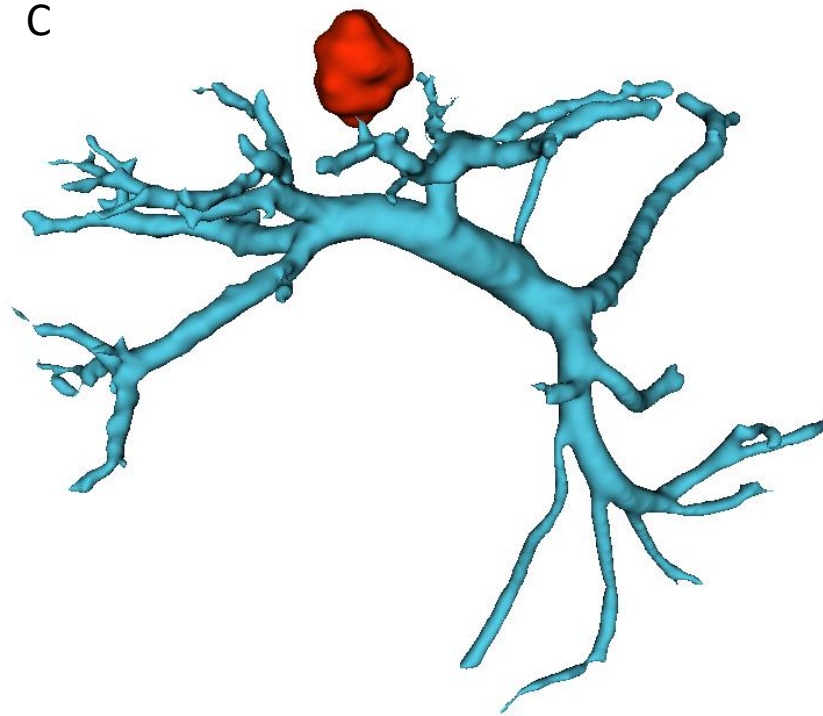
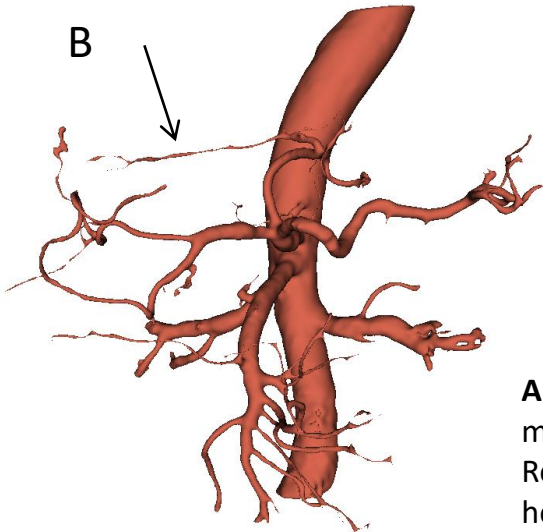
También es imprescindible si utilizamos diferentes exploraciones p.e. un TC e imágenes de colangiografía, con el fin de obtener una geometría lo más parecida posible.



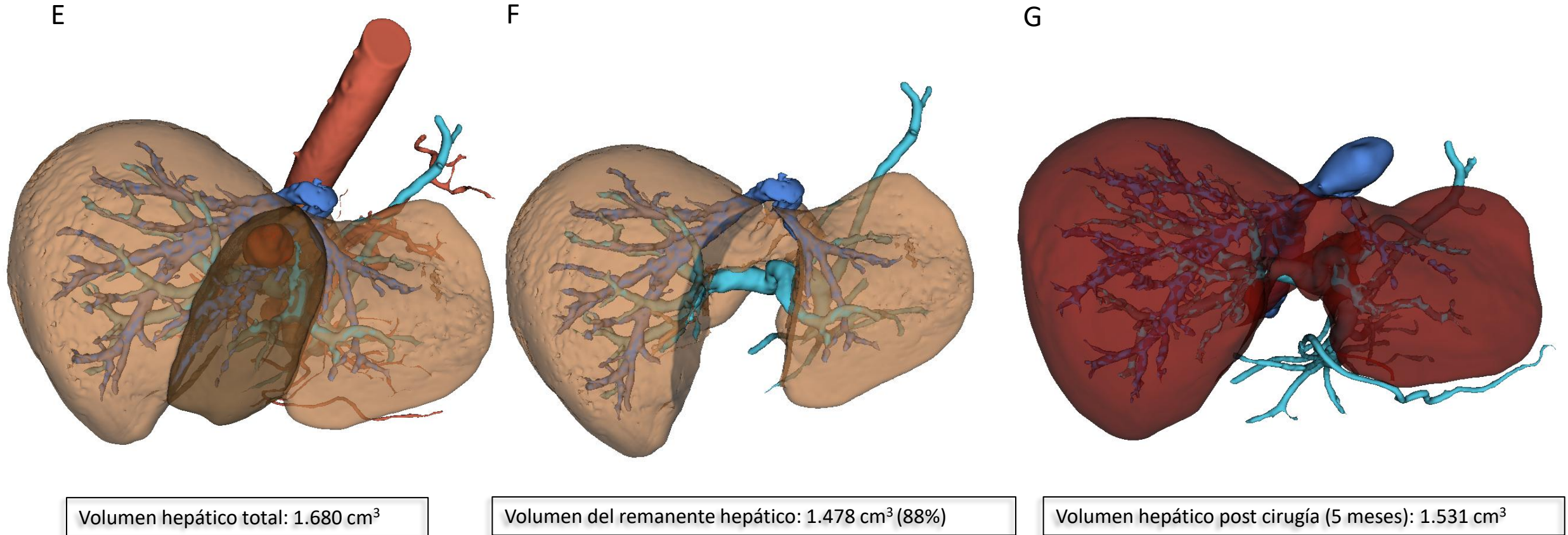
Segmentación de imágenes:

- En nuestro caso realizamos una segmentación manual, considerado hasta ahora como el “gold standard”, utilizado un umbral de densidades adecuado a cada tejido, con reconstrucción, al menos de las siguientes estructuras:
 - Arteria hepática incluyendo tronco celíaco y posibles variantes anatómicas (solo el 55% de casos presenta una anatomía típica).
 - Sistema portal, lo más detallada posible para determinar los segmentos hepáticos y el aporte vascular ("inflow") de los mismos, teniendo en cuenta que la división de Couinaud tiene múltiples variantes y las ramas de tercer orden que definen los ocho segmentos clásicos en la práctica pueden llegar a ser 20 divisiones [2].
 - Sistema venoso para conocer del drenaje ("outflow") del parénquima hepático, así como el plano de corte, frecuentemente paralelo a una de las venas hepáticas. Incluir venas hepáticas accesorias, frecuentes en segmento V-VI. Mostrar el drenaje en la vena cava (entre 65-85% de casos existe un drenaje común de las venas hepáticas media e izquierda, lo que dificulta un clampaje selectivo).
 - Parénquima hepático. El hígado es uno de los órganos más difíciles de segmentar debido a la variedad de morfología que puede presentar y su densidad, semejante a otras estructuras con las que puede estar en contacto (estómago, duodeno, cabeza de páncreas, musculatura de pared abdominal, vasos no contrastados, etc.).
 - Lesión / lesiones hepáticas, utilizando la fase de adquisición (arterial o venosa) en que exista un mayor contraste con el parénquima sano.
 - La reconstrucción de la vía biliar también es importante, especialmente en resecciones complejas, para evitar fugas o dejar parénquima hepático sin drenaje biliar. Si la vía biliar está dilatada, es posible reconstruirla a partir de las imágenes de TC. En caso contrario puede reconstruirse a partir de imágenes de colangioRM, aunque en este caso será necesario un registro (alineación) de la RM con las imágenes de TC para intentar aproximar la geometría de ambos estudios.

Caso 1: paciente con carcinoma hepatocelular (CHC) y planificación de hepatectomía central



A: Reconstrucción coronal de TC que muestra un CHC en localización central (segmento IVa, flecha blanca). **B:** Reconstrucción arterial que muestra una arteria hepática izquierda accesoria originada en la arteria gástrica izquierda como variante anatómica (flecha). **C:** Reconstrucción venosa portal y del CHC. **D:** Reconstrucción de venas hepáticas y CHC mostrando el contacto del mismo con la vena hepática media.



E: Reconstrucción volumétrica que muestra la localización central del CHC. **F:** Hepatectomía central virtual eliminando el segmento IV y su aporte vascular **G:** Reconstrucción volumétrica del TC postquirúrgico (5 meses post cirugía laparoscópica). A.P.: Carcinoma hepatocelular bien diferenciado p1b.

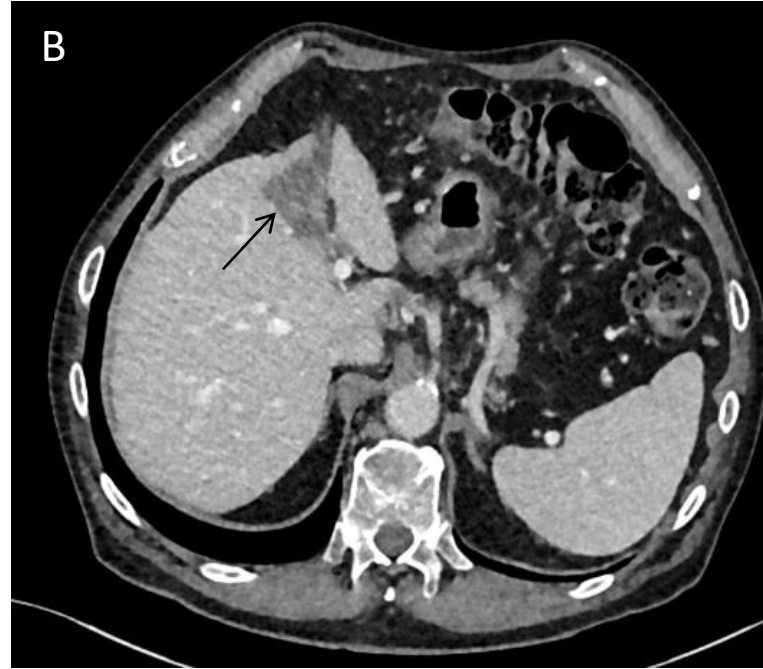
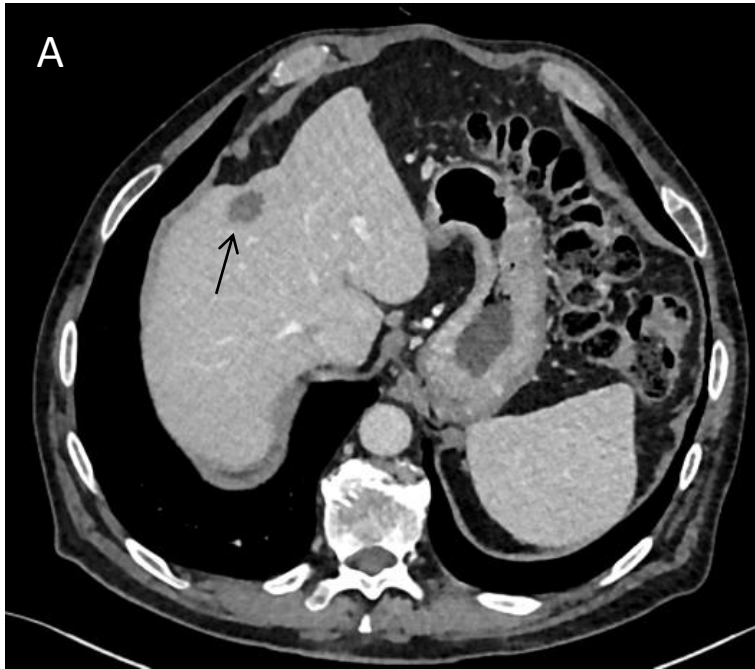
Planificación quirúrgica:

- La cirugía hepática puede ser un tratamiento curativo tanto para neoplasias primarias como el carcinoma hepatocelular o el colangiocarcinoma, como para otros tumores con potencial maligno (adenomas), o benignos de gran tamaño que causen síntomas por compresión. También puede representar una opción terapéutica en casos de metástasis hepáticas (p.e. de carcinoma colorectal) en pacientes seleccionados. Sin embargo las resecciones hepáticas presentan una morbilidad asociada significativa, por lo que es importante proporcionar la máxima información posible en relación a la lesión y estructuras vasculares, para hacer un abordaje quirúrgico planificado y minimizar los riesgos de complicaciones.
- Para determinar el plano de corte y la realizar una hepatectomía "virtual", es necesario conocer el planteamiento quirúrgico inicial y a ser posible realizarla conjuntamente con el Servicio de Cirugía, con el objetivo de obtener una estrategia quirúrgica personalizada, adaptada a cada caso [3].
- Debemos seleccionar un plano de corte adecuado para preservar el máximo de parénquima sano [4], teniendo en cuenta los siguientes parámetros:
 - Dejar un margen de seguridad alrededor de la lesión / lesiones hepáticas.
 - Mantener una correcta vascularización del remanente hepático ("inflow").
 - Preservar el drenaje venoso del remanente hepático ("outflow") y evitar una congestión venosa y riesgo de sangrado.
 - No dejar parénquima hepático sin drenaje biliar para evitar fugas biliares e infecciones postquirúrgicas.
 - Disponer de un volumen del remanente hepático suficiente para evitar la insuficiencia hepática.

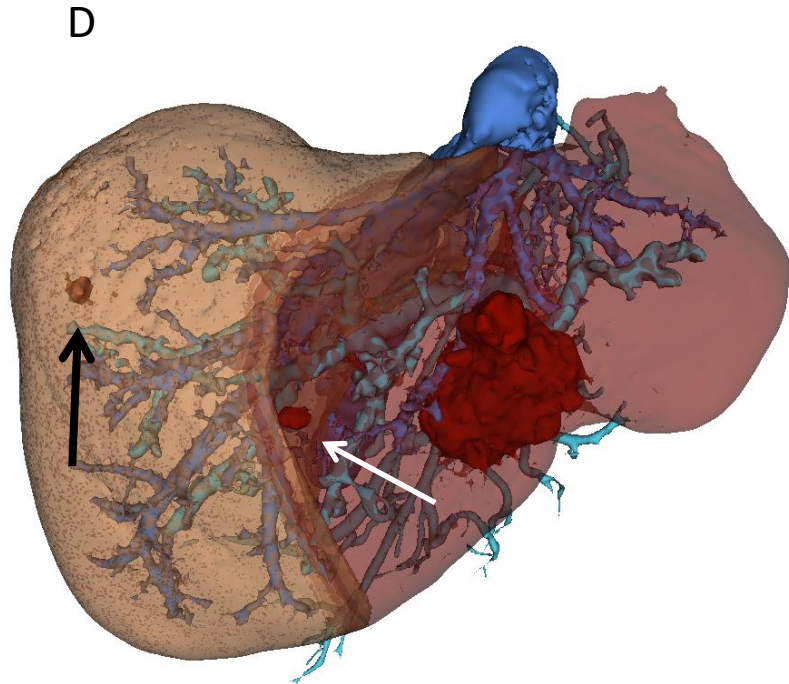
Planificación quirúrgica:

- Debe preservarse el máximo parénquima posible en casos de:
 - Carcinoma hepatocelular, ya que suelen ser hígados con cirrosis o fibrosis con una reserva funcional hepática disminuida.
 - Metástasis, puesto que los cambios hepáticos secundarios a la quimioterapia también disminuyen la reserva funcional hepática y pueden requerir re-hepatectomías en caso de recidivas.
 - Esteatosis o colostasis, con una función hepática alterada.
 - Donantes vivos de hígado, para no causar una insuficiencia hepática.
- La segmentación y reconstrucción 3D para la planificación quirúrgica permite, respecto a las imágenes 2D [5-9]:
 - Proporcionar un modelo vascular más intuitivo y que correlaciona con la anatomía que el cirujano encontrará en el quirófano.
 - Mejor delimitación del plano de resección hepática.
 - Menor frecuencia de cambios de estrategia durante la cirugía.
 - Disminuir el tiempo operatorio.
 - Disminuir el sangrado quirúrgico y la necesidad de transfusiones.
 - Disminuir la tasa de complicaciones postquirúrgicas.
 - Cambiar las “tumorectomías” por subsegmentectomías anatómicas en función de la vascularización portal.
 - Mejorar la comprensión de la anatomía hepática quirúrgica como objetivo docente para residentes.
 - Proporcionar una información más clara al paciente sobre su patología e intención del tratamiento quirúrgico

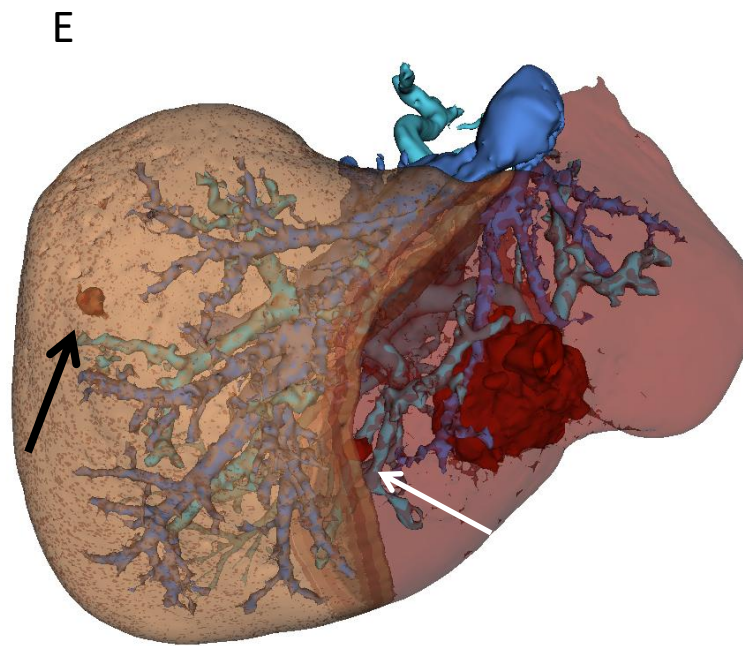
Caso 2: Metástasis hepáticas bilobares de carcinoma de colon. Planificación de hepatectomía izquierda ampliada y resección de lesión en lóbulo derecho.



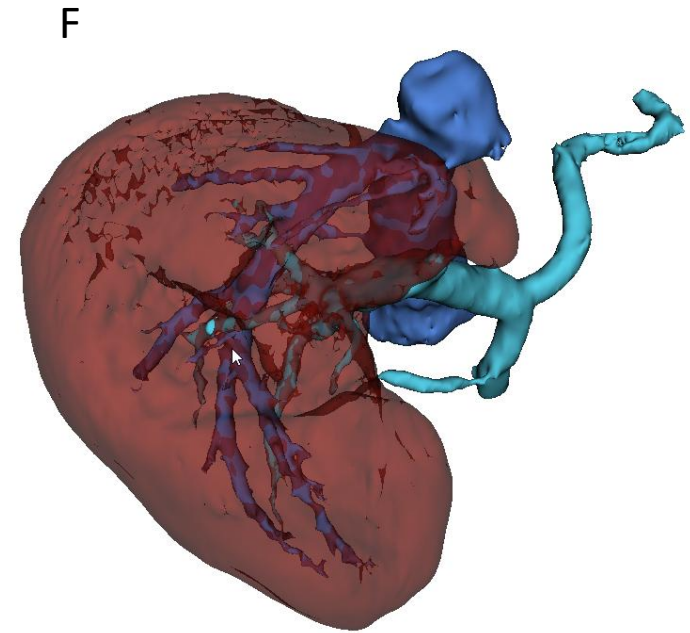
Imágenes de TC que muestran lesiones focales compatibles con metástasis en segmento VIII (A), la de mayor tamaño en lóbulo izquierdo en segmento IV (B) y en segmento VII (C). Se plantea una hepatectomía izquierda incluyendo la lesión del segmento VIII y tumorectomía de la localizada en el segmento VII.



Volumen hepático total: 1.646 cm³



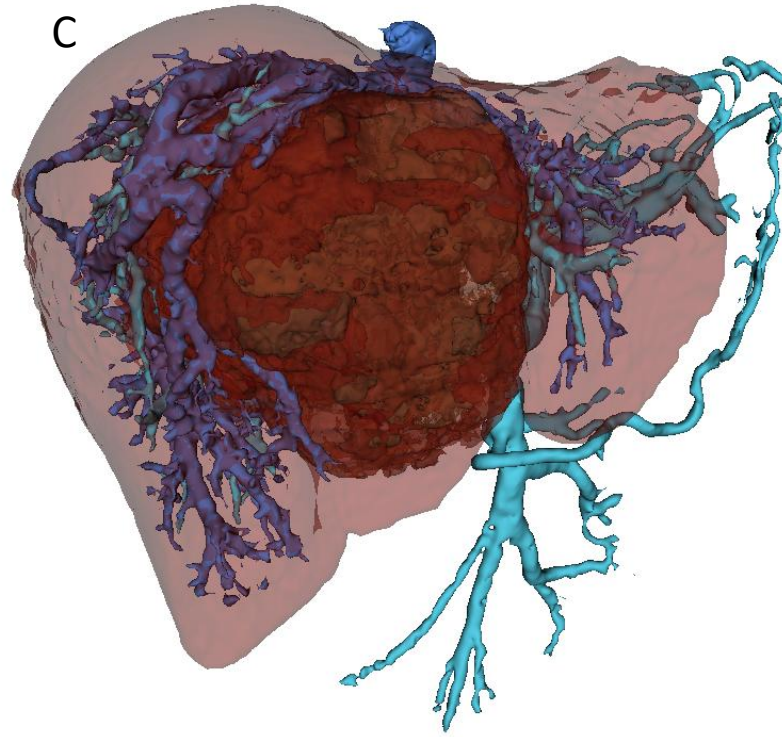
Volumen del remanente hepático: 1.060 cm³ (64,4%)



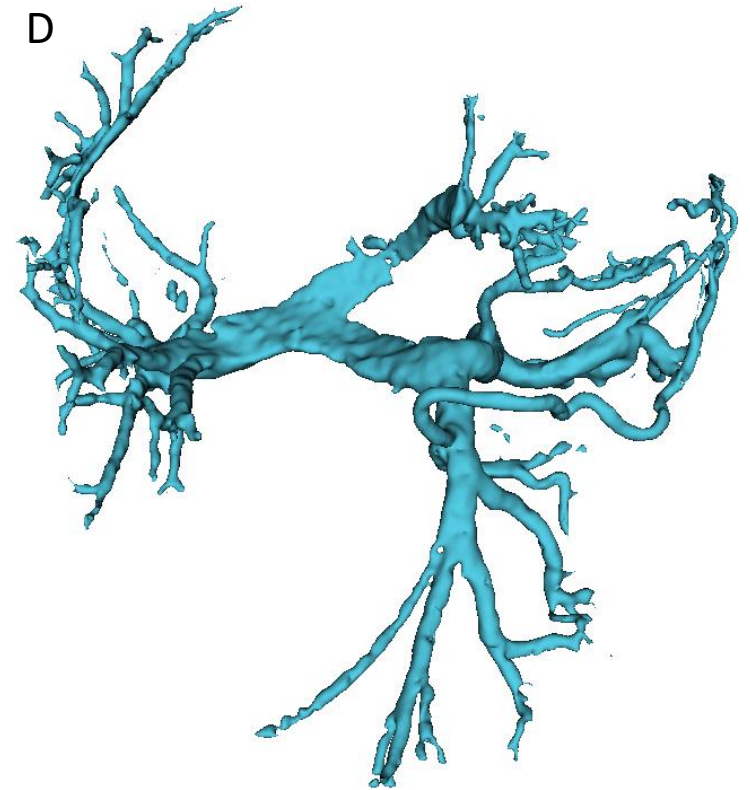
Volumen hepático post cirugía : 1.180 cm³

D y E: Reconstrucciones volumétricas que muestran la localización de las lesiones y el plano de corte para realizar la hepatectomía izquierda, incluyendo la lesión del segmento VIII (flechas blancas). La lesión de menor tamaño, en segmento VII (flechas negras) quedaría en el remanente hepático, tributaria de tumorectomía o radiofrecuencia, aunque el volumen residual del hígado (64,4%) permitiría su resección. **F:** Reconstrucción volumétrica del TC postquirúrgico realizado 48h tras la cirugía por sospecha de complicación infecciosa, que confirma un volumen residual aceptable, semejante al calculado.

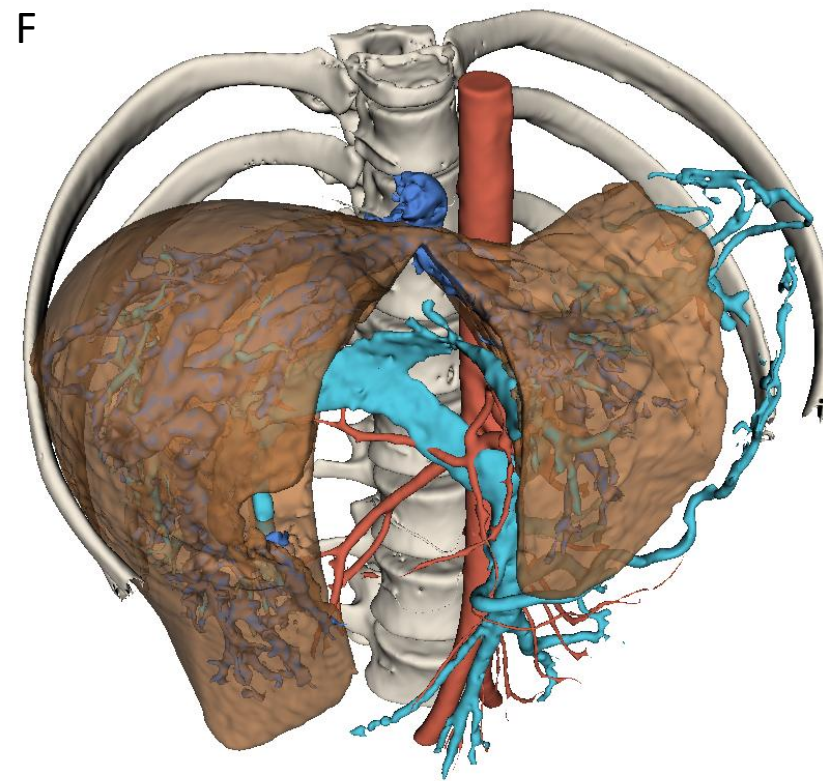
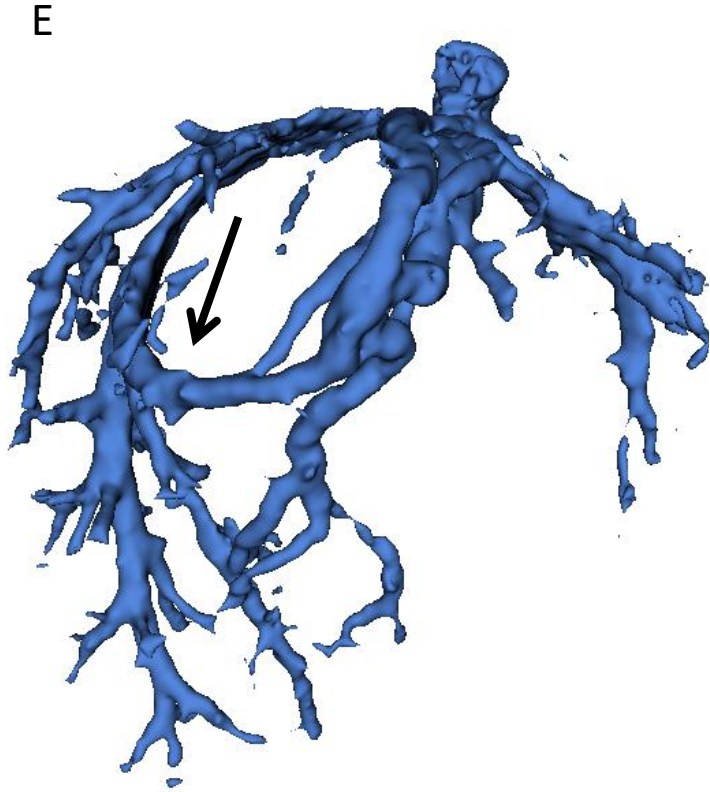
Caso 3: Tumor neuroendocrino hepático. Planificación de hepatectomía central.



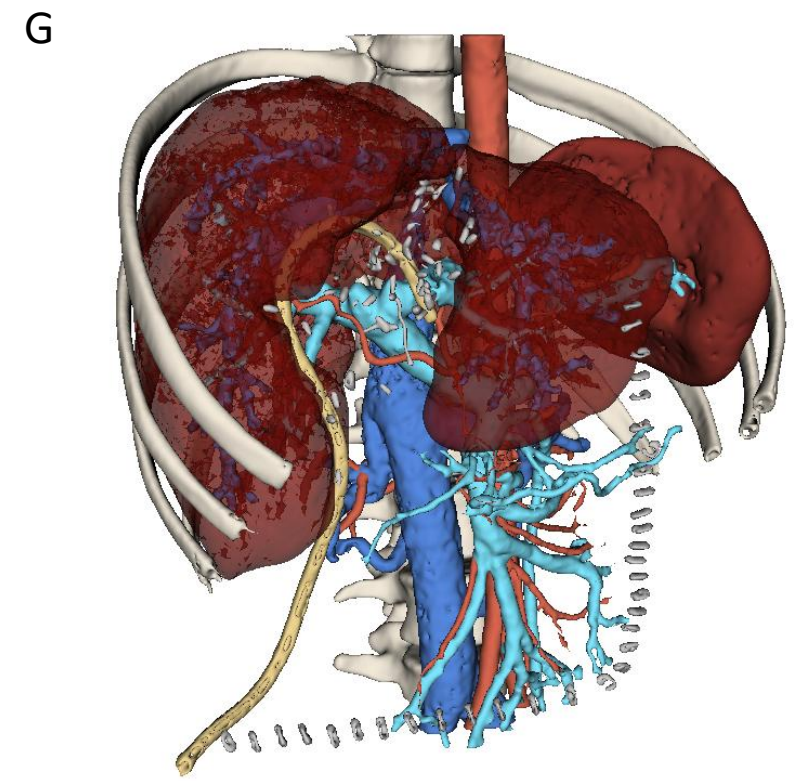
Volumen hepático total: 1.215 cm³



A y B: Imágenes de TC mostrando una gran tumoración heterogénea en segmento IV (flechas). **C:** Reconstrucción volumétrica que muestra el tumor en localización central, con un volumen hepático funcional de 1.215 cm³. **D:** Reconstrucción del sistema portal, que muestra compresión de la vena principal y ramas derecha e izquierda.



Volumen del remanente hepático total: 1.160 cm³



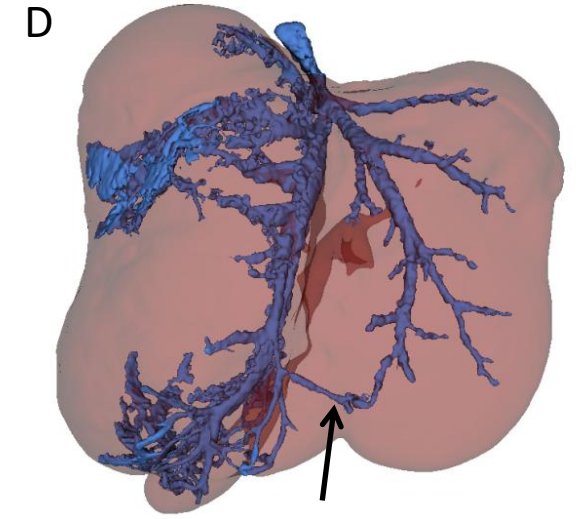
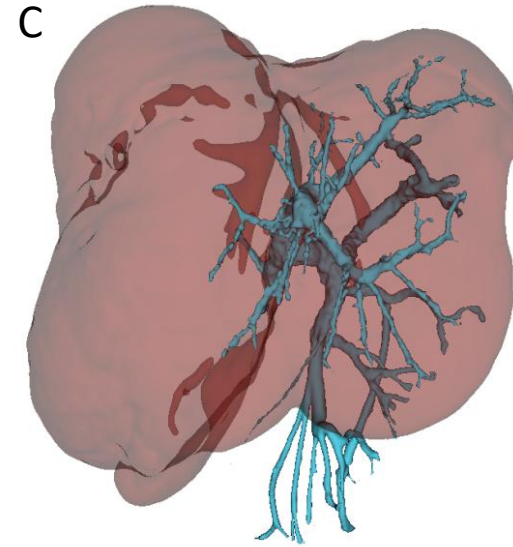
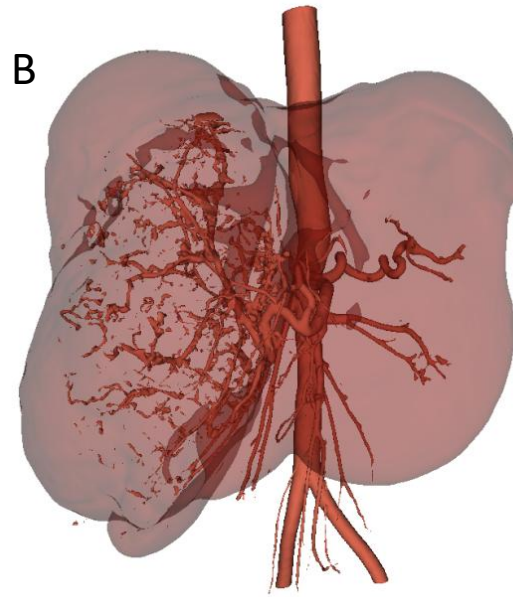
Volumen hepático postquirúrgico: 1.127 cm³

E: Reconstrucción 3D de la segmentación de venas hepáticas que muestra desplazamiento de las mismas y colaterales veno-venosas entre las venas media y derecha (flecha). **F:** Imagen de hepatectomía virtual, con un remanente hepático de 1.160 cm³ (95,5%). **G:** 3D del TC postquirúrgico realizado 2 días tras la intervención por sospecha de complicación hemorrágica, no confirmada.

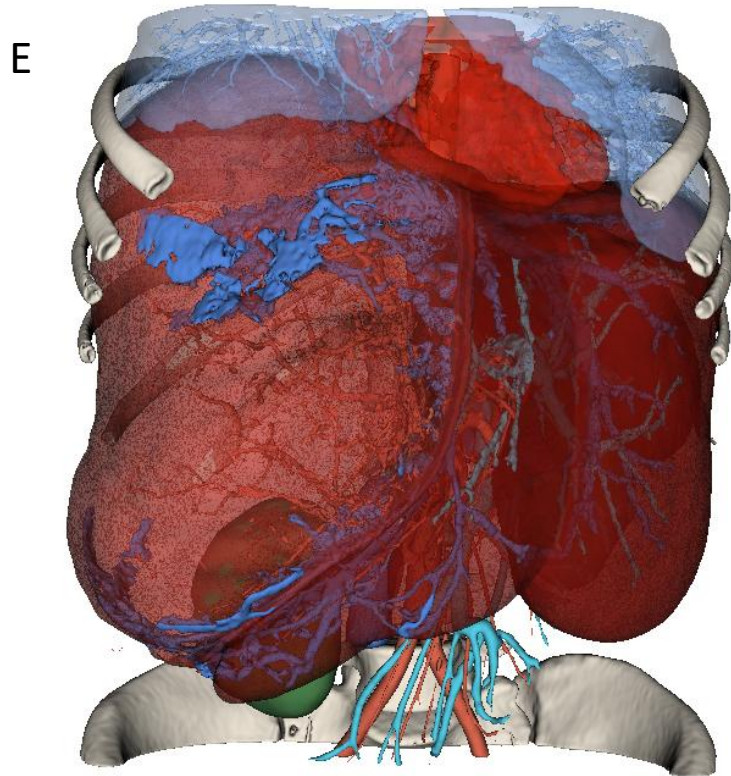
Volumetría hepática:

- Una vez seleccionado el plano de corte es necesario realizar un cálculo volumétrico de la totalidad del parénquima hepático (excluidas las estructuras vasculares y lesiones focales), así como del remanente hepático para asegurar un volumen suficiente:
 - un 25-30% en caso de un hígado sano
 - > 30% en caso de hígados esteatósicos, con colestasis o aquellos que han recibido tratamiento quimioterápico previo (especialmente con oxaliplatino o irinotecán)
 - > 40% en hígados cirróticos [10].
- En el trasplante hepático la volumetría puede ser útil en donantes vivos, para asegurar un remanente hepático de volumen suficiente (30-40%). En el caso de un receptor pediátrico, el segmento lateral del lóbulo izquierdo (II-III) suele ser suficiente para el trasplante y no suele causar problemas en el donante. En caso de un receptor adulto el volumen del injerto debe ser de un 30-40% del volumen hepático estándar calculado en función del área de superficie corporal, aunque puede variar en función del MELD del receptor [4], por lo que en estos casos el cálculo volumétrico puede ser de utilidad.

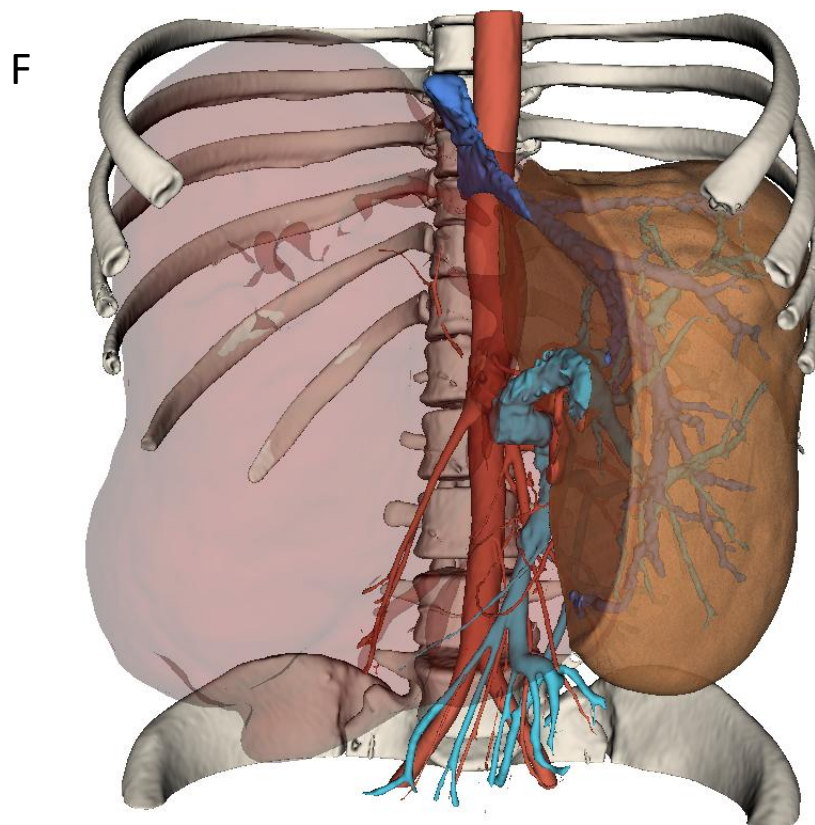
Caso 4: Tumor neuroendocrino hepático. Planificación de hepatectomía derecha ampliada



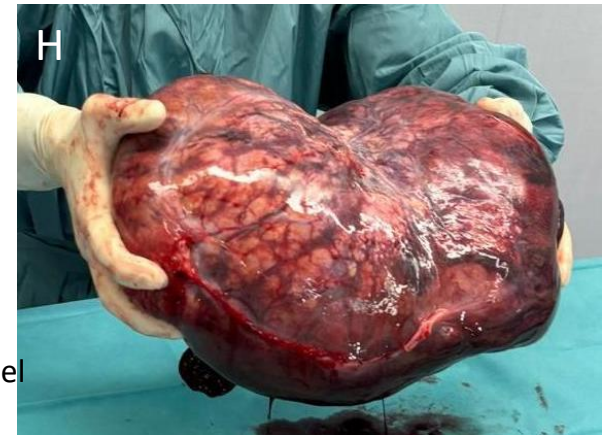
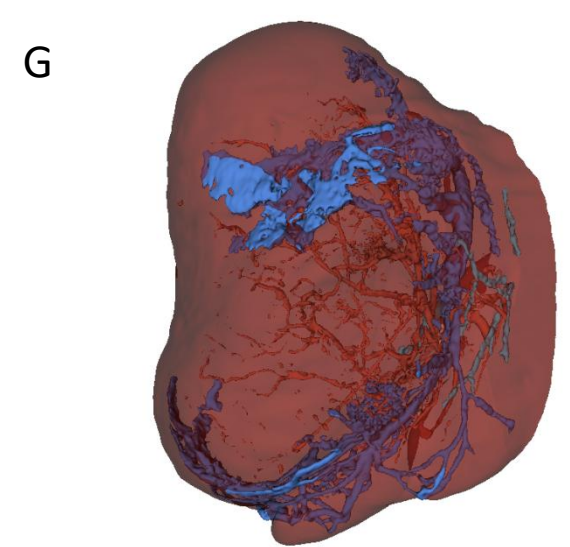
A: Imagen coronal de TC donde se observa una extensa tumoración que ocupa la práctica totalidad del lóbulo hepático derecho (flechas), con biopsia de tumor neuroendocrino. La segmentación muestra una importante vascularización arterial (**B**), práctica ausencia de vasos portales (**C**) y un retorno venoso a través de venas hepáticas media e izquierda, desplazadas y venas subcapsulares (**D**), con colaterales venosas hacia la vena hepática izquierda (flecha).



Volumen hepático: 1.690 cm³
Tumor: 4.721 cm³



Volumen hepático remanente: 1.130 cm³



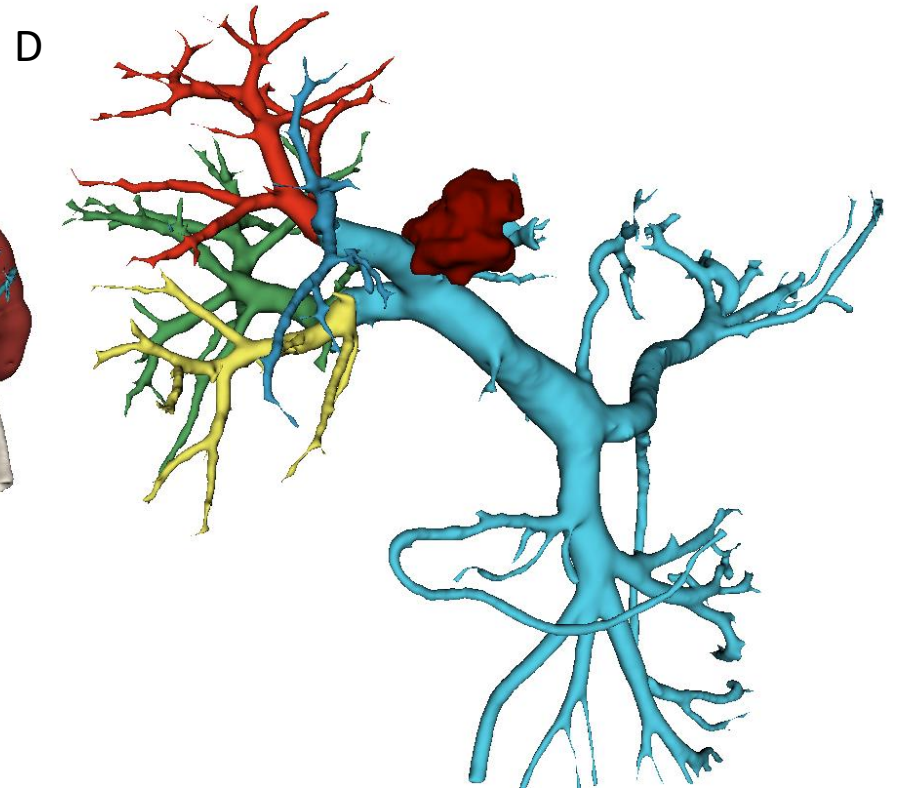
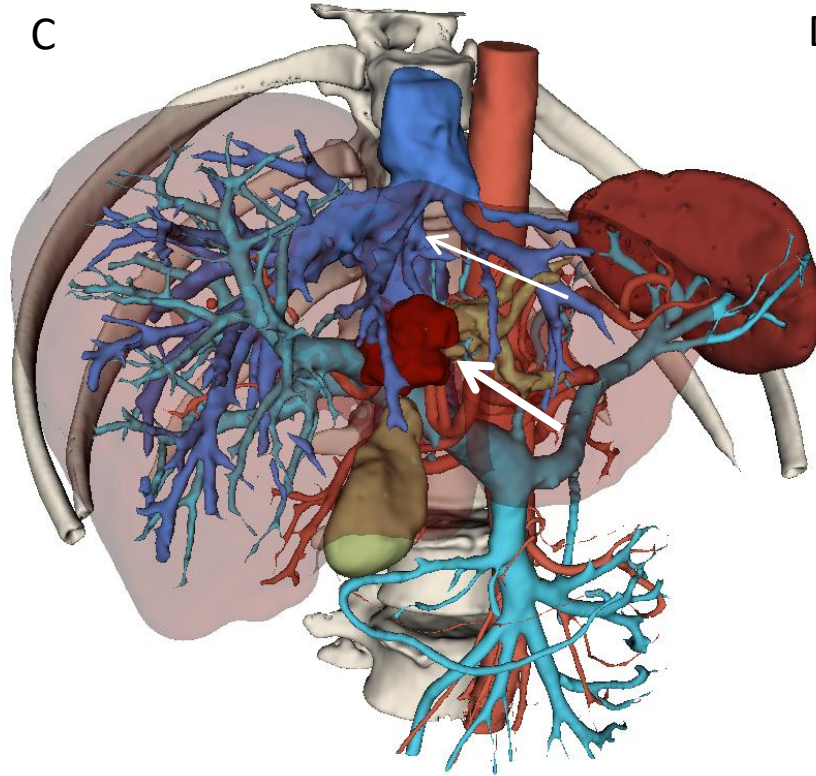
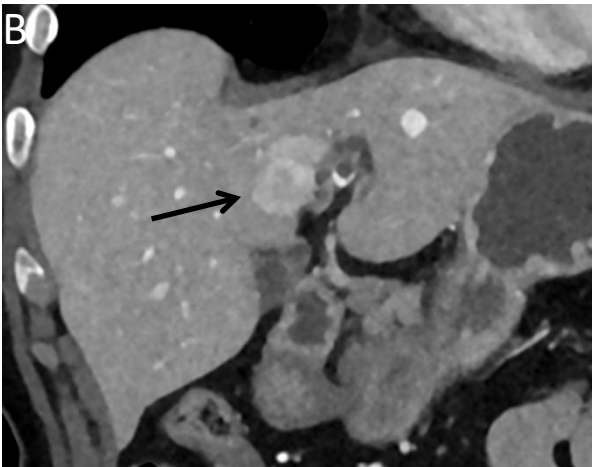
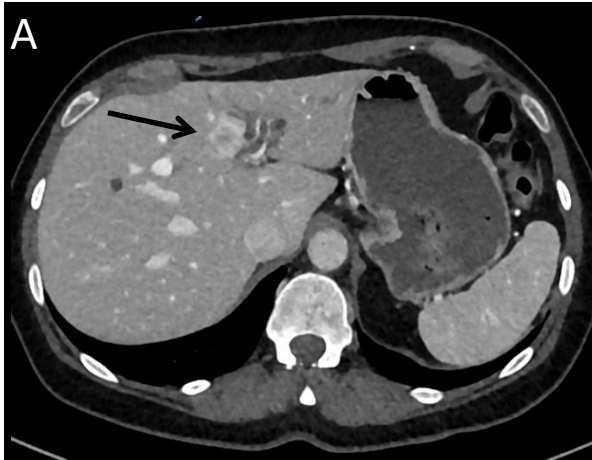
E: Reconstrucción volumétrica incluyendo hígado, tumor, vasos hepáticos y estructuras adyacentes. **F:** Reconstrucción 3D mostrando el remanente hepático (segmentos II-III), con un volumen de 1.130 cm³ (66,8% del hígado funcional). **G:** 3D de la hepatectomía virtual.

H: Fotografía de la pieza extraída.

Foto quirúrgica cortesía de Drs. E.Hidalgo y C.Dopazo.
Servicio de Cirugía. Hospital Vall d'Hebron

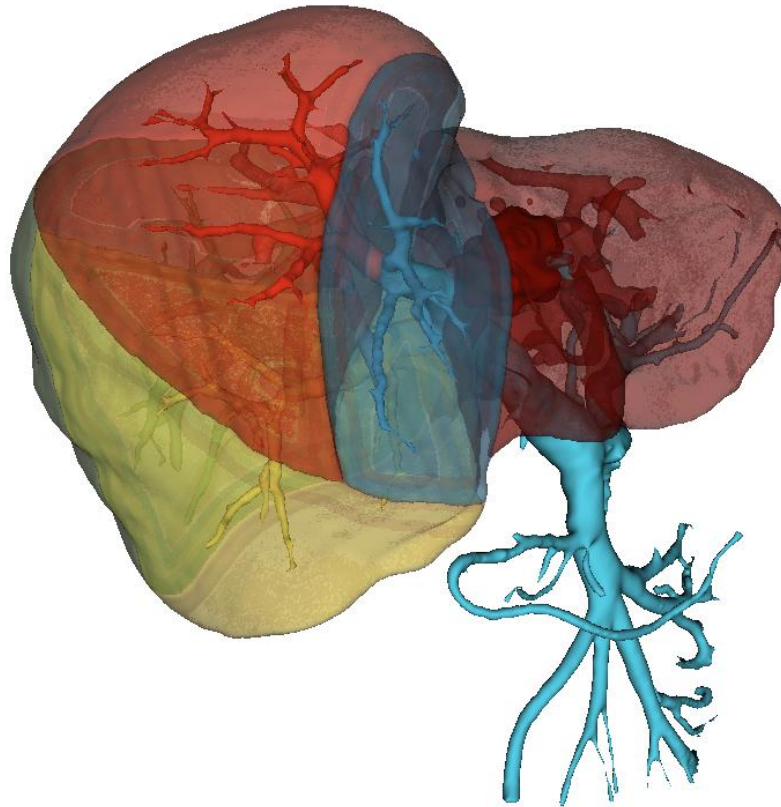
A.P.: COLANGIOCARCINOMA INTRAHEPÁTICO CON EXPRESIÓN INMUNOHISTOQUÍMICA DE MARCADORES NEUROENDOCRINOS (30-35%)

Caso 5: Colangiocarcinoma intrahepático. Planificación de hepatectomía izquierda ampliada



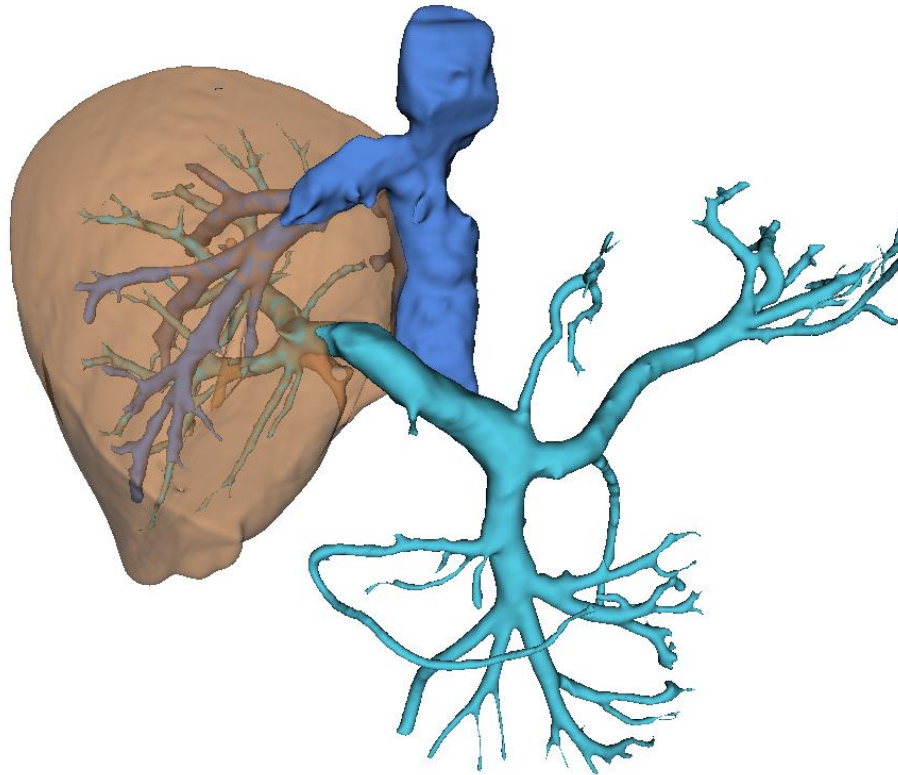
A y B: Imágenes de TC que muestran una tumoración en segmento IV (flechas). **C:** Reconstrucción volumétrica que muestra el tumor en localización central (flecha blanca gruesa), adyacente a la vena hepática media, atrófica (flecha blanca fina). **D:** Reconstrucción del sistema portal, que muestra práctica ausencia de ramas intrahepáticas izquierdas, en contacto con el tumor.

E



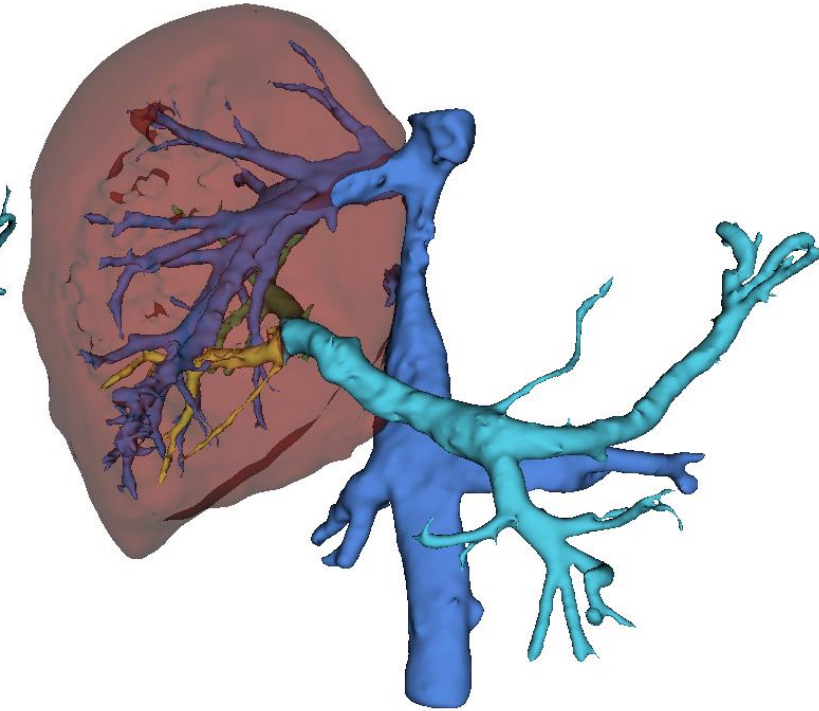
Volumen hepático total: 1.278 cm³

F



Volumen hepático remanente: 652 cm³

G



Volumen hepático: 1.261 cm³

E: Reconstrucción volumétrica de lóbulo izquierdo y segmentos derechos, ya que existían dudas entre poder hacer una hepatectomía izquierda o tener que incluir también los segmentos anteriores derechos. **F:** Reconstrucción 3D de hepatectomía izquierda ampliada virtual con un volumen remanente de segmentos VI y VII de 652 cm³ (51% del hígado funcional). **G:** 3D de estudio postquirúrgico a los 3 meses, con un volumen hepático de 1.261 cm³.

Volumen del remanente insuficiente:

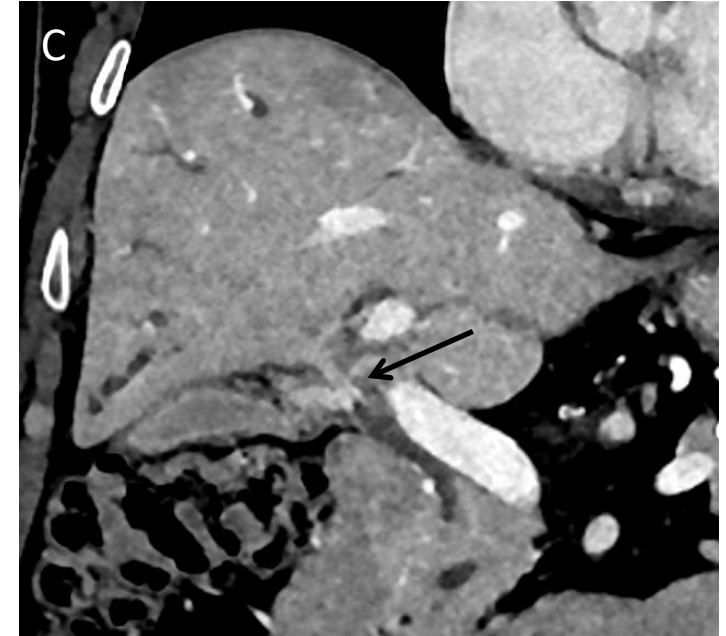
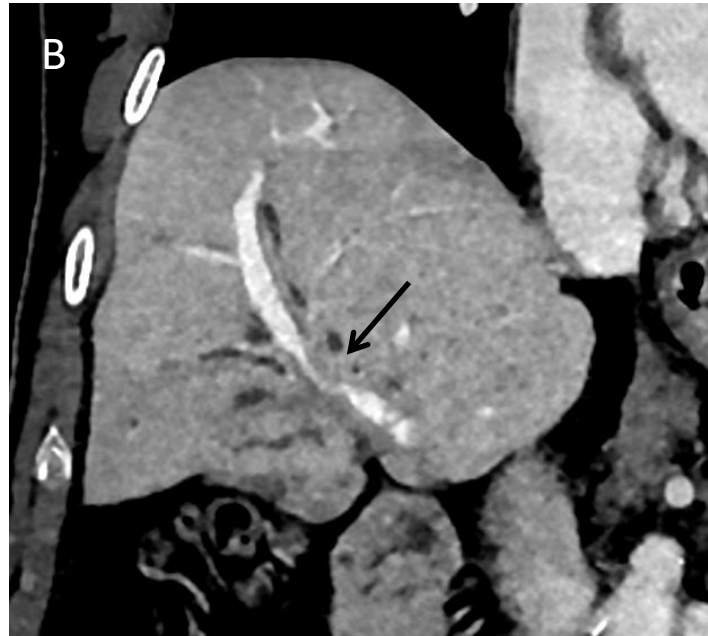
- En caso de un volumen hepático residual insuficiente puede realizarse una embolización portal del parénquima hepático a resecar, con el objetivo de hipertrofiarlo y conseguir un volumen aceptable (siempre en relación al volumen hepático inicial): 25-30% en hígado sano, >30% en hígados con esteatosis, colestasis o tratamiento quimioterápico previo , o >40 en hígados cirróticos [4, 10].
- El grado de hipertrofia del parénquima remanente respecto al estudio inicial también es un parámetro importante para valorar una adecuada respuesta a la embolización portal:

- Cálculo del incremento de volumen remanente (VR):

$$\Delta VR (\%) = \frac{VR \text{ post-embolización} - VR \text{ pre-embolización}}{VR \text{ pre-embolización}} \times 100$$

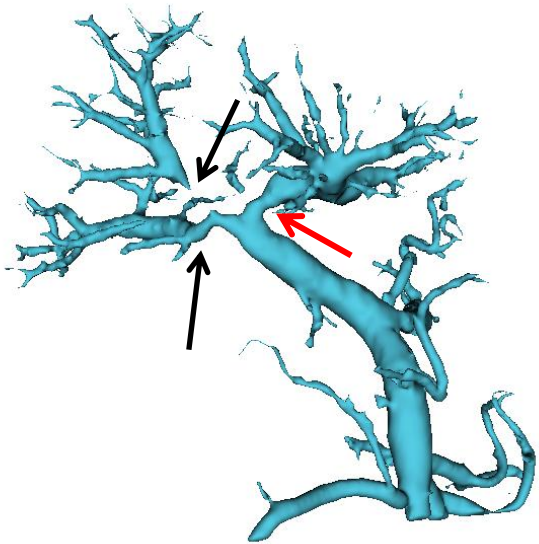
- un 5% es respuesta mínima aceptable, ya que si es inferior suele asociarse a una mayor morbilidad postoperatoria.
- Realizaremos un nuevo TC a las 3-4 semanas de la embolización portal, con el objetivo de confirmar la hipertrofia hepática (en hígados sanos suele ocurrir en unas 2 semanas post-embolización, mientras que en hígados cirróticos puede precisar hasta 6 semanas).
- El estudio se complementa con la gammagrafía hepatobiliar para asegurar que el volumen residual mantenga una función hepática adecuada ($\geq 2.7 \text{ \%}/\text{min}/\text{m}^2$ de captación hepática del trazador).
- En ocasiones puede asociarse la embolización portal a una oclusión del retorno venoso del parénquima a resecar con el objetivo de que la congestión venosa aumente el flujo arterial y portal hacia el remanente, potenciando la hipertrofia del mismo (entre el 50-90% de casos descritos). Esta asociación suele realizarse en hígados que han recibido quimioterapia o con hepatopatía crónica, ya que su regeneración es más lenta, o casos que precisen hepatectomías extensas con el fin de maximizar la hipertrofia.

Caso 6: Colangiocarcinoma perihiliar tipo IV de Bismuth-Corlette. Planificación de hepatectomía derecha ampliada.

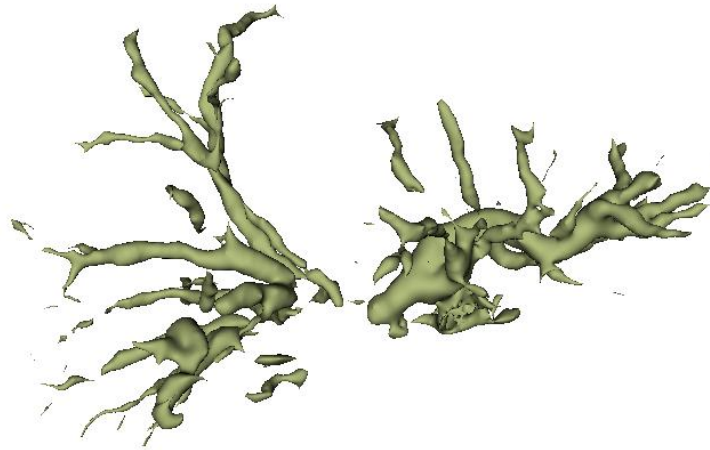


A: TC que muestra la dilatación de la vía biliar intrahepática con afectación del parénquima de lóbulo derecho (flecha) **B:** Reconstrucción coronal donde se observa estenosis de la rama portal sectorial anterior (flecha) **C:** Reconstrucción coronal que muestra engrosamiento mural del conducto hepático común (flecha).

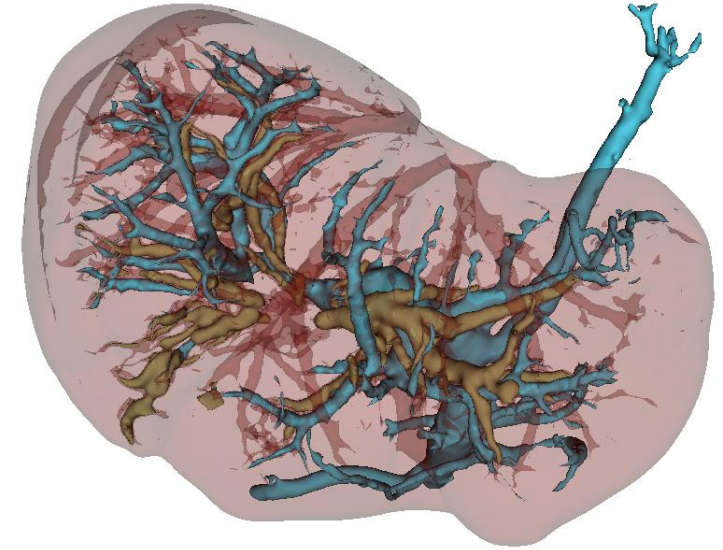
D



E

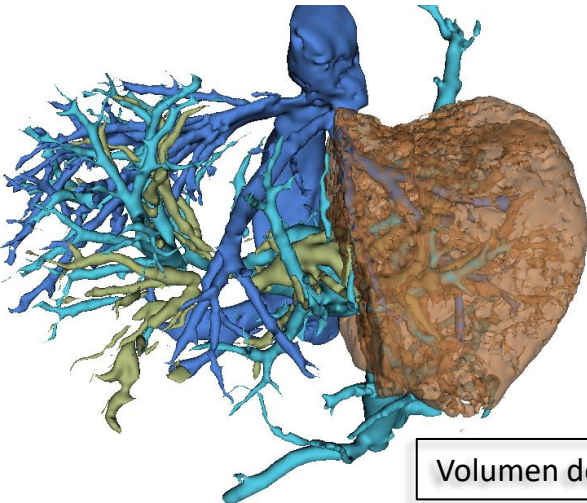


F



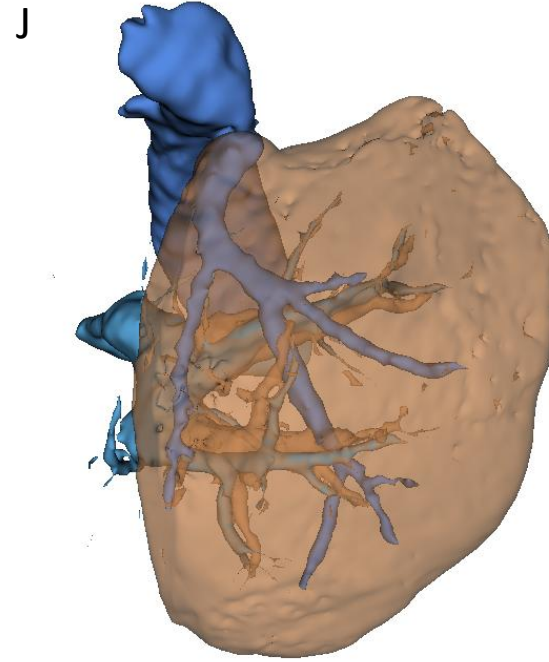
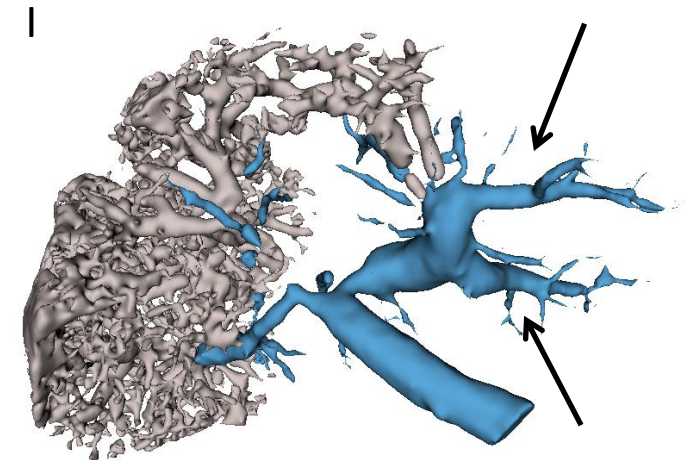
Volumen hepático total: 1.274 cm³

G

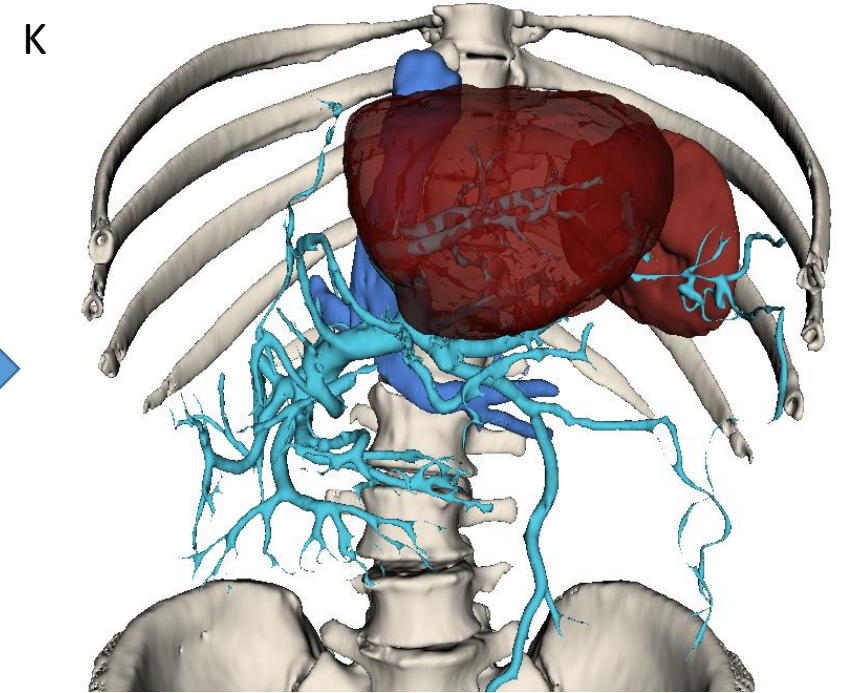


Volumen del remanente hepático: 235 cm³ (18,4%)

D: Reconstrucción venosa portal TC que muestra la afectación portal a nivel de la bifurcación, de las ramas sectoriales derechas (flechas negras) y del origen de la rama portal izquierda (flecha roja). **E:** Reconstrucción de la vía biliar intrahepática dilatada por la tumoración a nivel del confluente. **F:** Reconstrucción volumétrica incluyendo el sistema portal, la vía biliar y el parénquima hepático con un volumen total de 1.274 cm³. **G:** Imagen volumétrica de la hepatectomía virtual mostrando el hígado remanente de segmentos II-III, con un volumen de 235 cm³ (18,4 %), insuficiente en un paciente con colestasis, por lo que se replantea valorar la cirugía tras embolización de las ramas portales derechas.



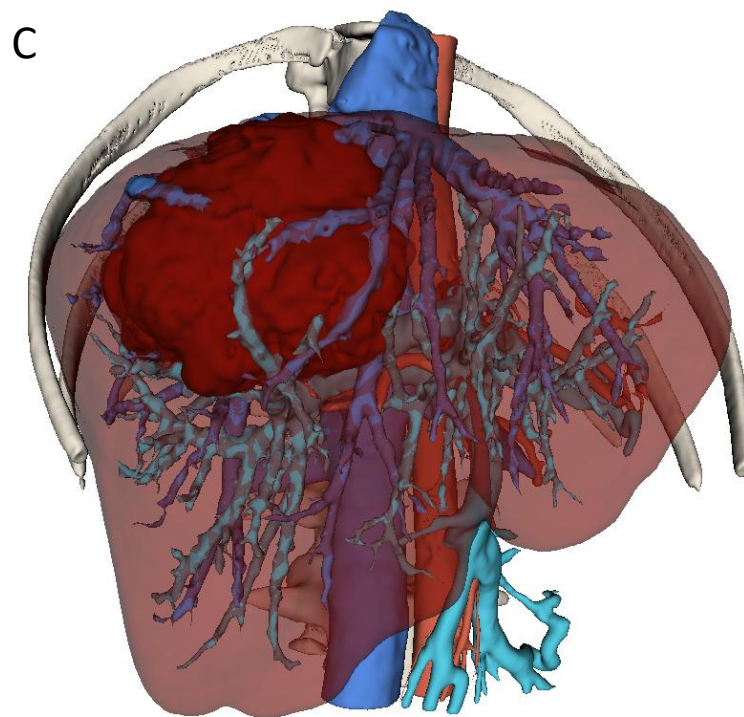
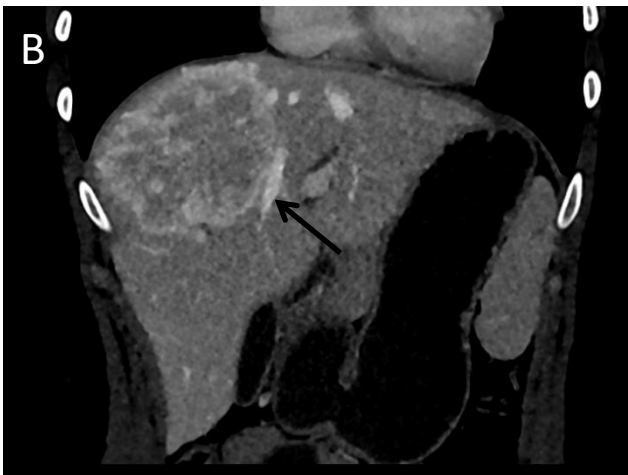
Volumen del remanente hepático: 395
cm³ (31%)



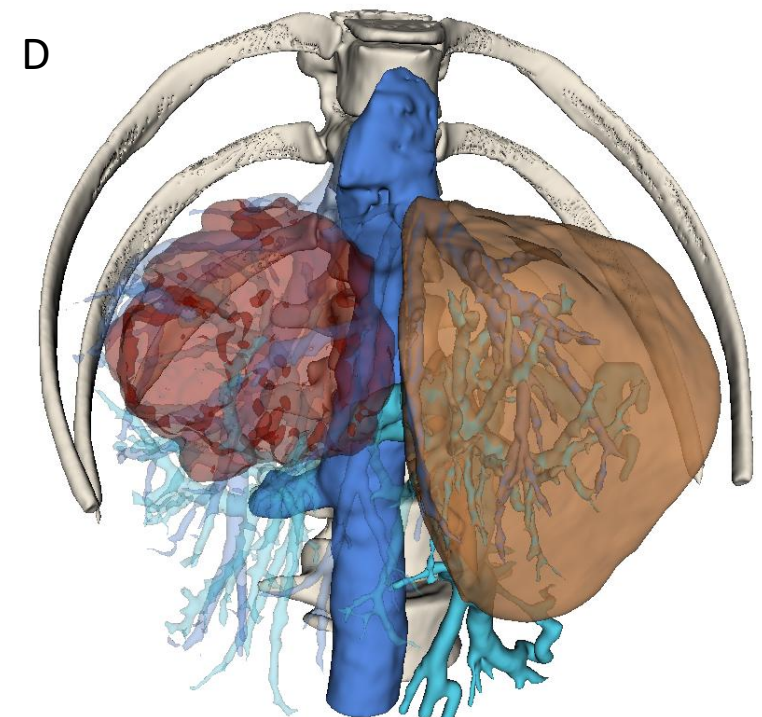
Volumen hepático postquirúrgico: 863,5 cm³

H e I: TC y reconstrucción volumétrica respectivamente, que muestran el material hiperdenso de embolización portal derecha con preservación de las ramas portales de segmentos II y III (flechas negras). **J:** Imagen de hepatectomía virtual con un volumen del remanente hepático de 395 cm³ a las 4 semanas de la embolización, lo que supone un incremento de un 68% respecto al TC previo y un volumen remanente del 31% respecto al volumen hepático total inicial, lo que permite la hepatectomía. **K:** 3D postquirúrgico a las 6 semanas, con una volumetría de 863,5 cm³. En la cirugía se realizó resección de la porción proximal de la porta izquierda y anastomosis con la porta principal.

Caso 7: Adenoma hepático. Planificación de hepatectomía derecha ampliada.

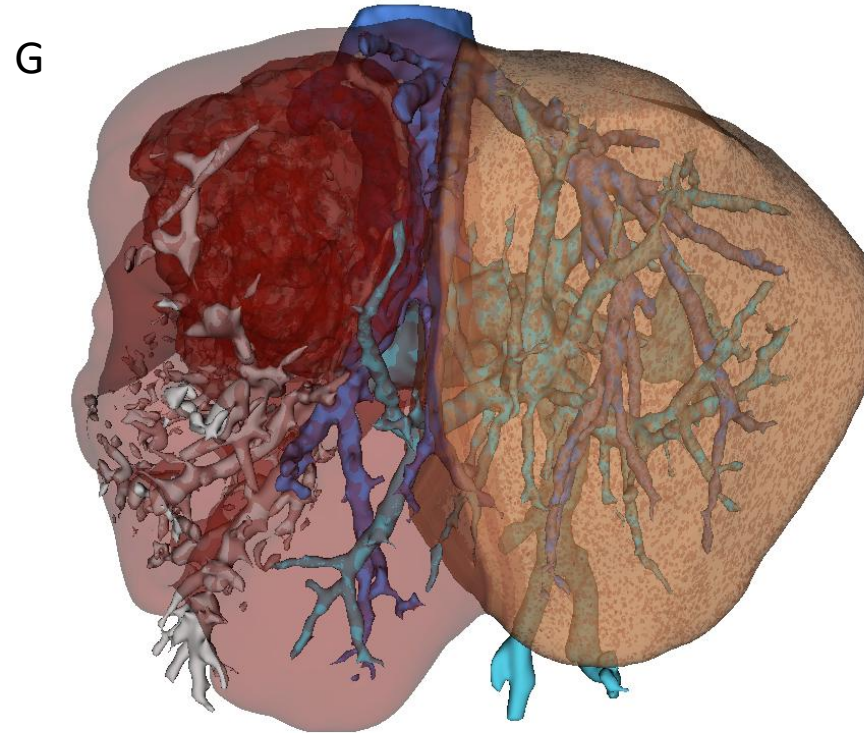
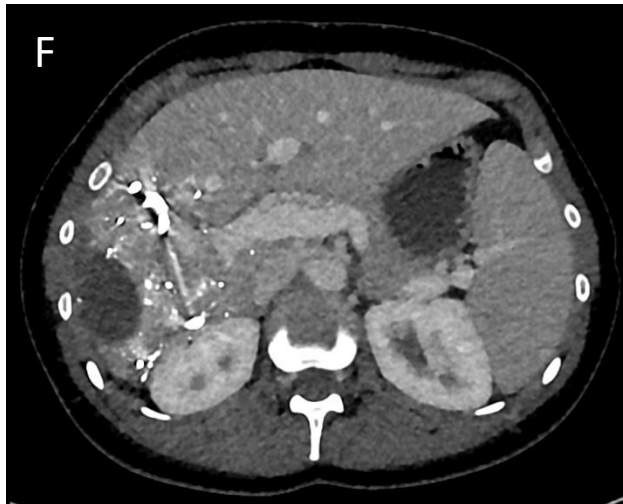


Volumen hepático total: 1155 cm³

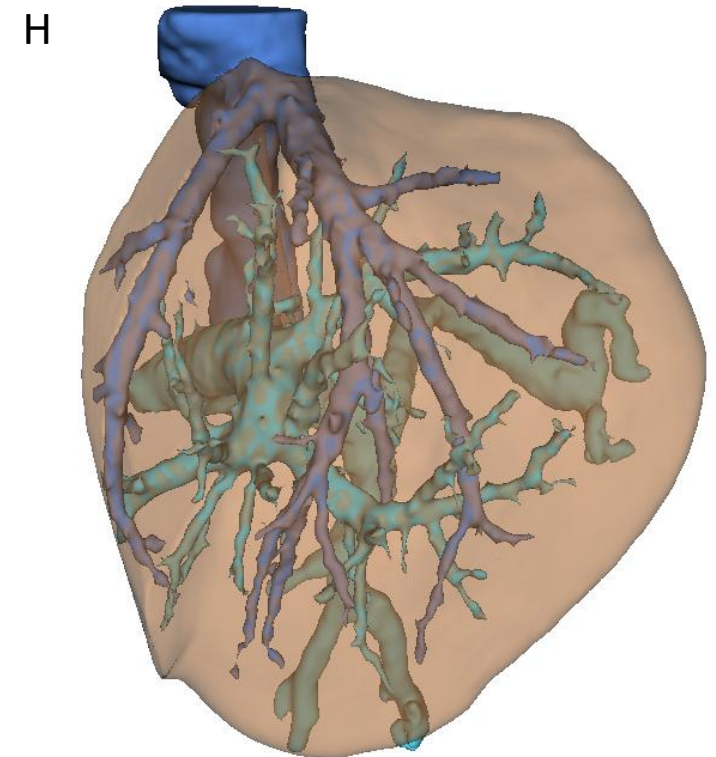


Volumen hepático remanente: 323 cm³

A: TC que muestra un gran lesión focal hipervascular en fase arterial en segmentos VII-VIII (flechas). **B:** Imagen coronal en fase venosa que muestra contacto de la lesión con la vena hepática media (flecha), por lo que se plantea una hepatectomía derecha ampliada. **C:** 3D que muestra la lesión hepática y las estructuras vasculares adyacentes. **D:** Imagen de hepatectomía virtual, con un remanente hepático de 323 cm³ (28%).

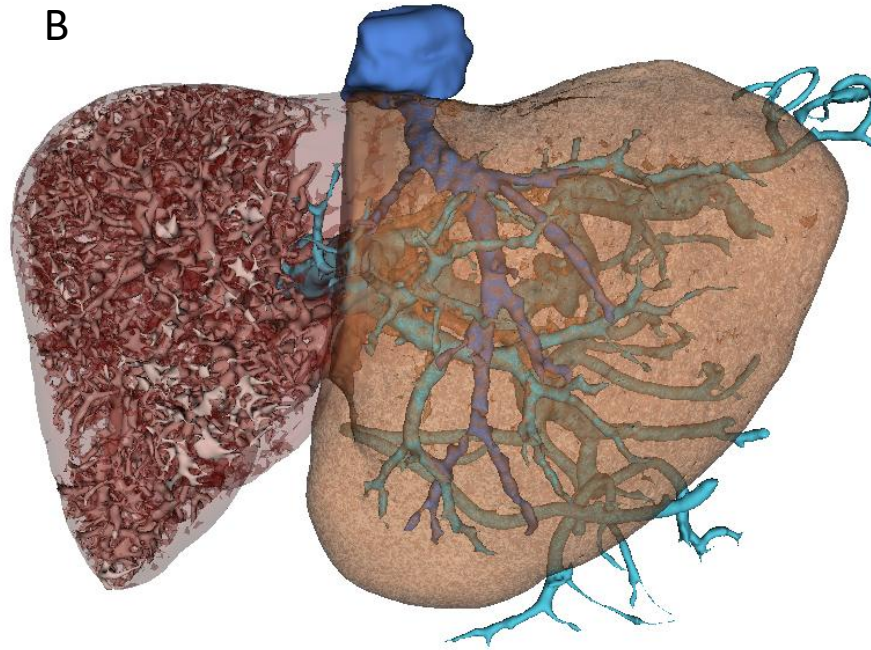
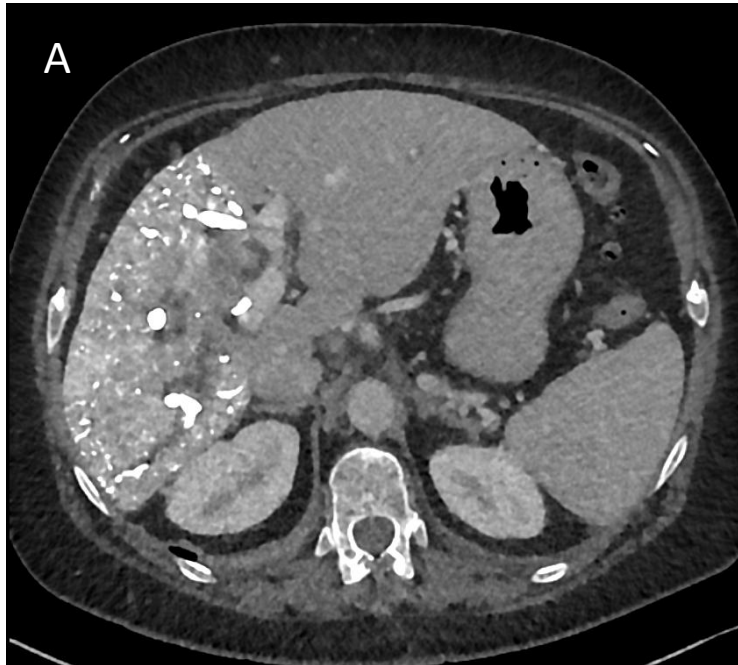


Volumen hepático remanente: 578 cm³

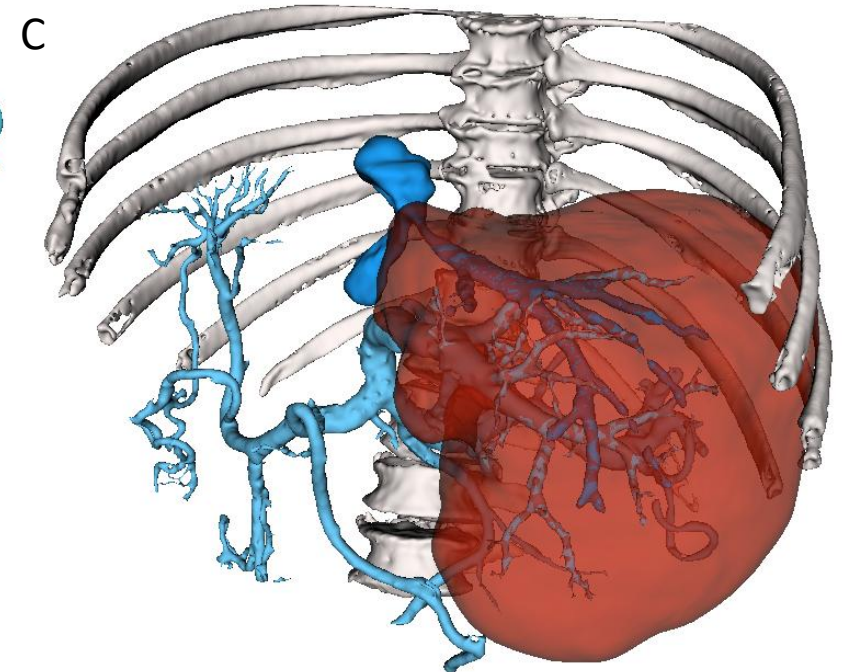


E y F: Imágenes de TC que muestran el artefacto del material de embolización portal y un hematoma subcapsular derecho como complicación post-intervencionismo. **G:** 3D que muestra el tumor, la vena porta derecha embolizada y el máximo remanente hepático manteniendo un “inflow” y “outflow” correctos, con un volumen de 578 cm³, lo que supone un aumento del mismo del 79% y un volumen respecto al parénquima hepático total inicial del 50%, con margen suficiente para realizar la hepatectomía. **H:** Imagen de la hepatectomía virtual.

Caso 8: Colangiocarcinoma perihiliar. Planificación de hepatectomía derecha ampliada.



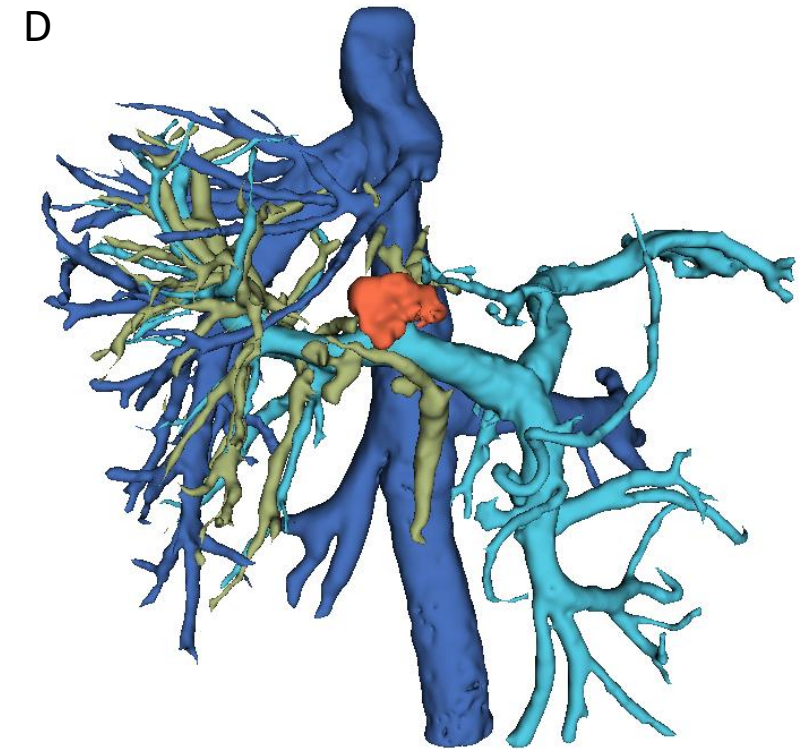
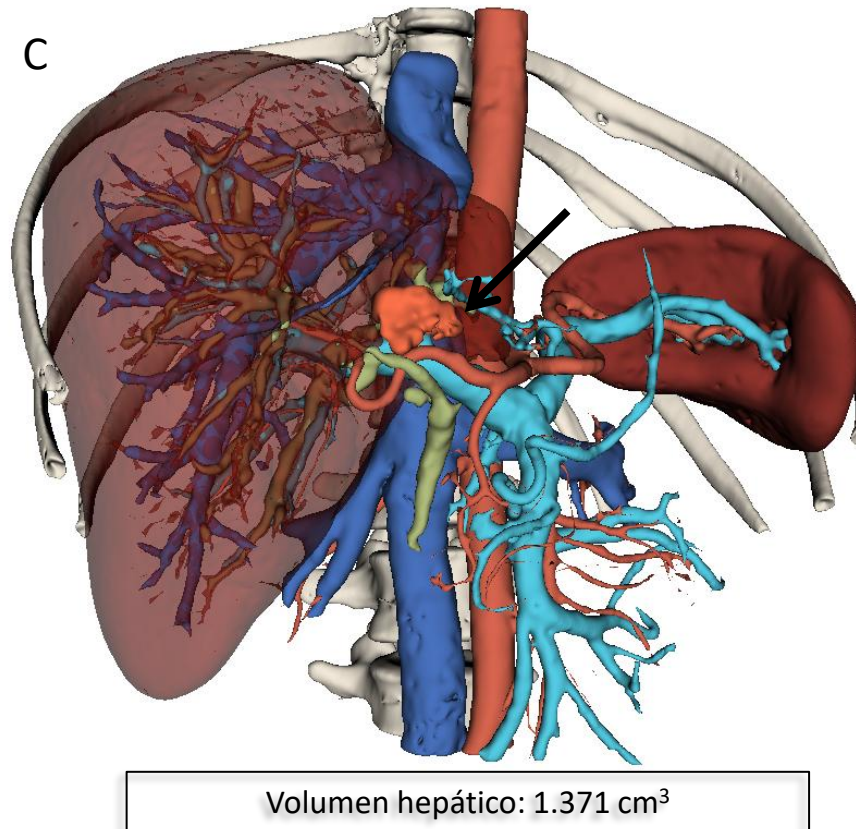
Volumen hepático remanente: 882 cm³



Volumen hepático remanente: 1.235 cm³

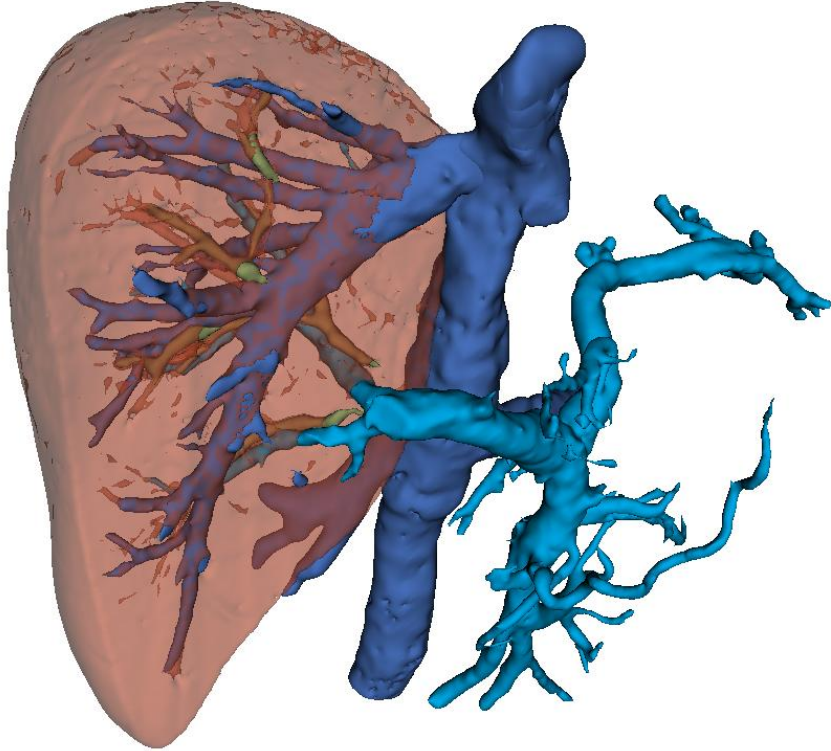
A: TC postembolización de ramas portales derechas en paciente con colangiocarcinoma perihiliar y volumetría inicial con remanente insuficiente. **B:** Reconstrucción 3D que muestra atrofia del lóbulo derecho y segmento IV post-embolización e hipertrofia del segmento lateral del lóbulo izquierdo, con un volumen de 882 cm³ (volumen inicial total funcional de 1.869 cm³), correspondiente a un 47,2%, suficiente para la cirugía planificada. **C:** Reconstrucción 3D a los 4 meses post-cirugía, con volumen hepático de 1.235 cm³.

Caso 9: Recidiva de colangiocarcinoma. Planificación de re-hepatectomía de segmentos V-VIII



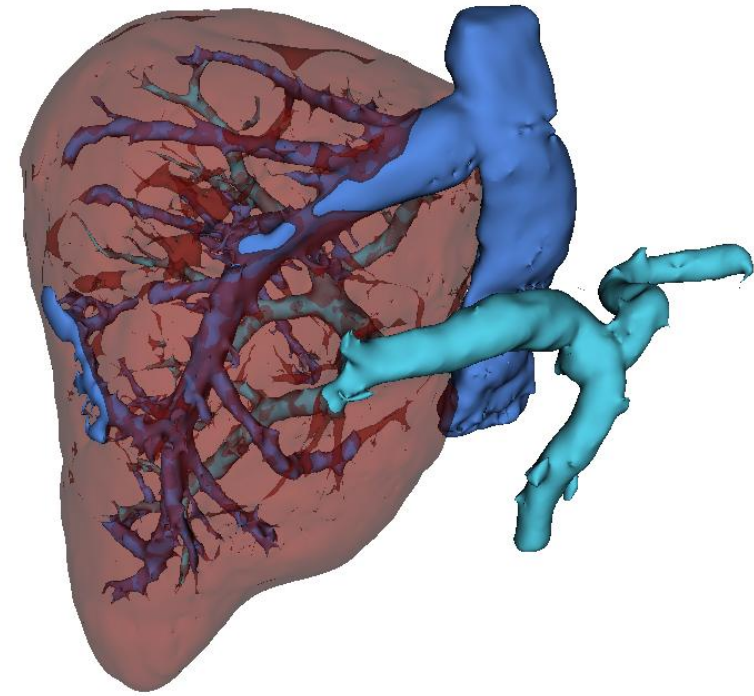
A y B: Imágenes de TC de paciente con antecedente de colangiocarcinoma hiliar intervenido mediante hepatectomía izquierda y recidiva tumoral a nivel hiliar y en superficie de resección hepática (flechas). **C:** reconstrucción 3D mostrando el tumor a nivel hiliar (flecha). **D:** Reconstrucción 3D del sistema portal, VCI y venas hepáticas y vía biliar con dilatación intrahepática.

E



Volumen hepático remanente: 772 cm³

F



Volumen hepático final: 1.221 cm³

E: 3D de hepatectomía virtual conservando los segmentos posteriores derechos, con un volumen hepático remanente de 772 cm³ (56,3%).

F: Reconstrucción 3D del TC de control a los 16 meses de la cirugía, que muestra un volumen de 1.221 cm³.

CONCLUSIONES

- La cirugía hepática, cada vez más compleja, requiere una planificación preoperatoria precisa para lograr resultados óptimos y seguros.
 - La segmentación hepática y los modelos 3D obtenidos a partir de imágenes de TC permiten visualizar la anatomía y la vascularización hepática, la ubicación precisa del tumor y estimar su resecabilidad.
 - El estudio 3D posibilita seleccionar el plano de resección más adecuado, preservando el mayor parénquima posible y planificar una cirugía virtual individualizada, con especial atención al flujo de entrada (“inflow”) y salida (“outflow”) con el fin de garantizar la viabilidad del hígado remanente, evitando áreas de isquemia o congestión venosa.
 - Asimismo permite estimar el volumen hepático remanente para evitar una insuficiencia hepática post-operatoria (asociado al estudio funcional mediante gammagrafía hepatobiliar).
 - Diversos artículos han puesto de manifiesto que la planificación 3D facilita la realización de una hepatectomía radical en pacientes con tumores, sin comprometer la supervivencia, minimizando los cambios de estrategia quirúrgica durante la intervención, reduciendo el tiempo quirúrgico, el sangrado durante la cirugía y las complicaciones postquirúrgicas.
-

REFERENCIAS:

- 1.- Geyer LL, Schoepf UJ, Meinel FG, Nance JW Jr, Bastarrika G, Leipsic JA, Paul NS, Rengo M, Laghi A, De Cecco CN. State of the art: iterative CT reconstruction techniques. *Radiology*. 2015 Aug;276(2):339–357. doi:10.1148/radiol.2015132766.
- 2.- Majno P, Mentha G, Toso C, Morel P, Peitgen HO, Fasel JHD. Anatomy of the liver: an outline with three levels of complexity—a further step towards tailored territorial liver resections. *J Hepatol*. 2014 Mar;60(3):654–662. doi:10.1016/j.jhep.2013.10.026.
- 3.- Fang C, An J, Bruno A, Cai X, Fan J, Fujimoto J, Golfieri R, Hao X, Jiang H, Jiao LR, Kulkarni AV, Lang H, Lesmana CRA, Li Q, Liu L, Liu Y, Lau W, Lu Q, Man K, Maruyama H, Mosconi C, Örmeci N, Pavlides M, Rezende G, Sohn JH, Treeprasertsuk S, Vilgrain V, Wen H, Wen S, Quan X, Ximenes R, Yang Y, Zhang B, Zhang W, Zhang P, Zhang S, Qi X. Consensus recommendations of three-dimensional visualization for diagnosis and management of liver diseases. *Hepatol Int*. 2020 Jul;14(4):437–453. doi:10.1007/s12072-020-10052-y.
- 4.-Gotra A, Sivakumaran L, Chartrand G, Vu K-N, Vandenbroucke-Menu F, Kauffmann C, Kadoury S, Gallix B, de Guise JA, Tang A. Liver segmentation: indications, techniques and future directions. *Insights Imaging*. 2017 Aug;8(4):377–392. doi:10.1007/s13244-017-0558-1.
- 5.- Felli E, Boleslawski E, Sommacale D, Scatton O, Brustia R, Schwarz L, Cherqui D, Zacharias T, Laurent A, Mabrut J-Y, Schuster C, Gallix B, Pessaux P. Paradigm shift: should preoperative 3D reconstruction models become mandatory before hepatectomy for hepatocellular carcinoma (HCC)? Results of a multicenter prospective trial. *HPB (Oxford)*. 2023 Mar;25(3):293–300. doi:10.1016/j.hpb.2022.11.007.
- 6.- Cotsoglou C, Granieri S, Bassetto S, Bagnardi V, Pugliese R, Grazi GL, Guglielmi A, Ruzzenente A, Aldrighetti L, Ratti F, De Carlis L, De Carlis R, Centonze L, De Angelis N, Memeo R, Delvecchio A, Felli E, Izzo F, Belli A, Patrone R, Ettorre GM, Berardi G, Di Benedetto F, Di Sandro S, Romano F, Garancini M, Scotti MA, Bianchi G, Germini A, Gjoni E, Bonomi A, Bruno F, Paleino S, Pugliese G. Dynamic surgical anatomy using 3D reconstruction technology in complex hepato-biliary surgery with vascular involvement: results from an international multicentric survey. *HPB (Oxford)*. 2024 Jan;26(1):83–90. doi:10.1016/j.hpb.2023.10.003.
- 7.- Zhang S, Huang Z, Cai L, Zhang W, Ding H, Zhang L, Chen Y. Three-dimensional versus two-dimensional video-assisted hepatectomy for liver disease: a meta-analysis of clinical data. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2021 Mar;16(1):1-9. doi:10.5114/wiitm.2020.100678.
- 8.- Sheng W, Yuan C, Wu L, Yan J, Ge J, Lei J. Clinical application of a three-dimensional reconstruction technique for complex liver cancer resection. *Surg Endosc*. 2022 May;36(5):3246–3253. doi:10.1007/s00464-021-08636-2.
- 9.- Ruzzenente A, Alaimo L, Conci S, De Bellis M, Marchese A, Ciangherotti A, Campagnaro T, Guglielmi A. Hyper accuracy three-dimensional (HA3D™) technology for planning complex liver resections: a preliminary single center experience. *Updates Surg*. 2023 Jan;75(1):105–114. doi:10.1007/s13304-022-01365-8.
- 10.- Entezari P, Toskich BB, Kim E, Padia S, Christopher D, Sher A, Thornburg B, Hohlastos ES, Salem R, Collins JD, Lewandowski RJ. Promoting Surgical Resection through Future Liver Remnant Hypertrophy. *Radiographics*. 2022 Nov-Dec;42(7):2166–2183. doi: 10.1148/rg.220050. Epub 2022 Oct 7. PMID: 36206182.