



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

APLICABILIDAD DE LA NUEVA GENERACIÓN DE
MODELADO 3D EN CIRUGÍA HEPATOBILIAR

D.^a María Jesús Crespo Castillo
2024

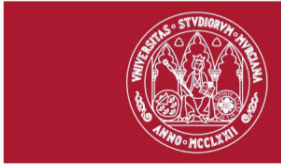


UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

APLICABILIDAD DE LA NUEVA GENERACIÓN DE
MODELADO 3D EN CIRUGÍA HEPATOBILIAR

Autora: María Jesús Crespo Castillo

Directores: D. Víctor López López
D. Ricardo Robles Campos



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el

D./Dña. Nombre y apellidos: María Jesús Crespo Castillo

doctorando del Programa de Doctorado en

Ciencias de la Salud

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Aplicabilidad de la nueva generación de modelado 3D en cirugía hepatoiliar

y dirigida por,

D. Ricardo Robles Campos

D. Víctor López López

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:

- La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia a 20 de mayo de 2024

Fdo.: María Jesús Crespo Castillo

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia



ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

D. Ricardo Robles Campos con [REDACTED] jefe de la unidad de cirugía hepatobiliar de alta complejidad del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca de Murcia, Coordinador regional de trasplantes y Doctor en medicina por la Universidad de Murcia.

Certifica:

Que autorizo la presentación de la Tesis Doctoral titulada: Aplicabilidad de la nueva generación de modelado 3D en cirugía hepatobiliar realizada por Dña. Maria Jesús Crespo Castillo con [REDACTED] realizada bajo nuestra dirección y supervisión y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia. Para que así conste, firmo el presente certificado en Murcia a 20 de mayo de 2024.

Fdo:

Ricardo Robles Campos.

“No se trabaja de enfermera, se es enfermera”.

Gisela Pou

AGRADECIMIENTOS

Una de las mayores satisfacciones de esta vida es poder ser agradecido con las personas que en mayor o menor medida han influenciado tu camino, eso quiere decir que has tenido la suerte de encontrar gente maravillosa, generosa y auténtica. Así me siento, satisfecha al poder dar las gracias a todos los que contribuyen en hacerme más amable cada día.

En este caso, quiero agradecer al equipo de cirugía hepatobiliar del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, por transmitirme su pasión por la cirugía hepática y por mejorar el cuidado del paciente. Ricardo Robles, Asunción López Conesa, Roberto Brusadín, Víctor López, Álvaro Navarro y Pati Pastor son un referente a los que admiro como personas y como profesionales.

He de destacar a Víctor López, pues siempre confía en mí y si he conseguido llegar hasta aquí es por la oportunidad que me ofreció y su ayuda incondicional, dentro de la bondad que le caracteriza con y para todos.

A Laura Martínez Alarcón, un corazón que brilla y hace brillar a los que se acercan a ella.

Dr. Ricardo Robles, todo mi agradecimiento por hacerme partícipe de su gran trabajo y dedicación a los pacientes y a la cirugía hepatobiliar. Me siento afortunada de formar parte del equipo que ha formado y en el que siempre me ha hecho sentir protegida y motivada por conseguir desarrollar mi profesión de la mejor manera posible.

A todos mis compañeros de quirófano programado general, robótico y maternal que han contribuido a cumplir con mi trabajo, muchas gracias, pues en equipo se consiguen mejores resultados. Destacar la colaboración de compañeras enfermeras y cirujanos de otros hospitales que generosamente han colaborado a través de su experiencia.

Agradecida en especial con mi familia, que me aporta la serenidad y el tiempo para poder realizar mis sueños, en concreto mi marido y mis hijos, que son lo que más me anima a crecer constantemente.

Por último, al motor que me impulsa a querer mejorar en mi trabajo, todos los pacientes de los que aprendo cada día y a los que espero ayudar en lo posible, acompañándolos de la mejor manera que puedo ofrecer.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	13
ÍNDICE GENERAL	17
ÍNDICE DE FIGURAS	23
ÍNDICE DE TABLAS.....	29
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	33
ABREVIATURAS.....	37
RESUMEN	41
ABSTRACT.....	45
I. INTRODUCCIÓN	49
1.1. Evolución de la cirugía hepática de alta complejidad	49
1.1.1. Evaluación preoperatoria.....	50
1.1.2. Manejo intraoperatorio	52
1.1.3. Técnicas de regeneración	55
1.1.4. Cirugía Hepática Extrema	59
1.1.5. Cirugía mínimamente invasiva: de la mano asistida a la cirugía robótica	62
1.1.6. Colangiocarcinoma perihiliar como desafío quirúrgico	65
1.2. Anatomía del Hígado.....	66
1.2.1. Segmentación Hepática	67
1.2.2. Vena Porta.....	70
1.2.3. Arteria Hepática	71
1.2.4. Venas Suprahepáticas	74
1.2.5. Árbol Biliar.....	75
1.3. Aplicabilidad de la nueva generación de modelado 3D en cirugía.....	77

1.3.1. Impresión 3D.....	77
1.3.2. Uso de 3D en la planificación quirúrgica general	79
1.3.3. Beneficios de la formación quirúrgica mediante el modelo anatómico en 3D	82
1.3.4. Utilidad de la nueva generación de modelado 3D en cirugía hepatobiliar.....	84
1.4. Integración de la enfermería quirúrgica en el planteamiento multidisciplinar perioperatorio a través de la investigación, docencia y práctica clínica.....	88
II. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	97
III. MATERIAL Y MÉTODOS	103
3.1. Diseño de estudio	103
3.2. Ámbito de estudio.....	103
3.3. Población diana y población de estudio.....	104
3.4. Periodo de estudio	104
3.5. Criterios de inclusión.....	104
3.6. Criterios de exclusión	105
3.7. Cálculo del tamaño muestral	105
3.8. Descripción de la intervención	105
3.9. Financiación de la investigación	110
3.10. Personal necesario en el estudio	110
3.11. Variables del estudio.....	110
3.11.1. Variables sociodemográficas.....	110
3.11.2. Variables relacionadas con la intervención	111
3.11.3. Variables relacionadas con el postoperatorio	112
3.12. Recogida de datos. Cuestionarios	116
3.13. Consideraciones éticas y permisos.....	117
3.14. Análisis estadístico	117

IV. RESULTADOS	121
4.1. Modelización 3D e impresión 3D en cirugía hepatobiliar compleja.....	121
4.1.1. Características basales del paciente y desarrollo del modelo de impresión 3D	121
4.1.2. Evaluación de la precisión dimensional del modelo impreso de hígado 3D	122
4.1.3. Evaluación cualitativa del modelo hepático impreso en 3D en cirugía hepatobiliar.....	124
4.1.4. Evaluación Educativa.....	126
4.2. Modelización 3D e impresión 3D en la cirugía del colangiocarcinoma perihiliar	129
4.2.1. Datos demográficos, características del tumor y resultados perioperatorios	129
4.2.2. Reconstrucción 3D y variaciones vasculares anatómicas.....	132
4.2.3. Declaración del modelo de acuerdo de los cirujanos hepatobiliares	135
4.3. Utilidad del 3D en los equipos de enfermería quirúrgica.....	137
V. DISCUSIÓN.....	145
5.1. 3D e impresión 3D en cirugía hepatobiliar compleja.....	145
5.2. Modelización 3D e impresión 3D en la cirugía del colangiocarcinoma perihiliar	153
5.3. Integración 3D en cirugía robótica hepatobiliar	160
5.4. Utilidad del 3D en los equipos de enfermería quirúrgica.....	167
VI. CONCLUSIONES.....	175
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	179
VIII. ANEXOS	229
ANEXO 1. Artículo publicado sobre el uso de modelado 3D en el colangiocarcinoma perihiliar	229

ANEXO 2. Artículo publicado sobre el uso del modelado 3D en cirugía hepato- biliar	230
ANEXO 3. Artículo publicado sobre dispositivo 3D integrado en robot Da Vinci XI para cirugía hepatobiliar	231
ANEXO 4. Artículo publicado por nuestro grupo sobre seccionectomía lateral izquierda por laparoscopia en el postoperatorio temprano de un paciente trasplantado hepático.....	232
ANEXO 5. Certificado premio innovación en cirugía otorgado por la Real Academia de Medicina de Sevilla, 2023.....	233
ANEXO 6. Poster seleccionado para exposición en la I Jornada de enfermería robótica en Barcelona, 2022.....	234
ANEXO 7. Cuestionario para evaluación cualitativa del modelo hepático 3D impreso en cirugía hepato-biliar	235
ANEXO 8. Cuestionario para evaluación educativa de alumnos de medicina	237
ANEXO 9. Cuestionario para evaluación de la utilidad del manejo preoperatorio 3D en el colangiocarcinoma perihiliar	239
ANEXO 10. Cuestionario para enfermeras sobre la modelización 3D	241
ANEXO 11. Escala likert de las preguntas realizadas a enfermeras de quirófano sobre el uso de 3D.....	243
ANEXO 12. Recopilación de imágenes en 2D y modelos 3D	244

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Reconstrucción 3D para planificación preoperatoria de cirugía hepática extrema.....	60
Figura 2.	Diferentes opciones de injertos para la reparación de la vena hepática.....	61
Figura 3.	Disposición de quirófano en nuestro programa de cirugía hepática robótica.....	63
Figura 4.	Representación de los distintos segmentos hepáticos.....	67
Figura 5.	Diagrama lineal que representa las variaciones de la vena porta (Tipo I-V).....	71
Figura 6.	Representación de las variantes hepáticas según Michels.....	72
Figura 7.	Clasificación de la prevalencia de las variantes biliares.....	77
Figura 8.	Algoritmo implementado en el diagnóstico por imagen.....	105
Figura 9A.	Diagrama de Bland-Altman, concordancias de medida entre la patología quirúrgica y la relación de los modelos 3D impresos con respecto al margen de resección.....	123
Figura 9B.	Comparación entre pieza quirúrgica y 3D impresos para tumor en segmentos 6-7.....	123
Figura 9C.	Correlación entre 3D impresos y el estudio de anatomía patológica en metástasis hepáticas de cáncer colorrectal.....	124
Figura 9D.	Comparación entre la tomografía computarizada y el modelo 3D impreso en un hepatocarcinoma.....	124
Figura 9E.	Comparación entre la resonancia magnética y el modelo 3D impreso opaco en un colangiocarcinoma perihiliar.....	124
Figura 10A.	Respuesta de los cirujanos hepatobiliares según área de estudio.....	125
Figura 10B.	Respuesta de los cirujanos hepatobiliares para cada pregunta de estudio.....	125

Figura 10C-D. Agrupamiento de K-Means para agrupar a los evaluadores en grupos de respuesta	126
Figura 11A. Comparación de la tasa de éxito de cada modelo según el caso evaluado	128
Figura 11B. Áreas de conocimiento donde el 3D impreso logró mejores resultados	129
Figura 12A. Diferencia promedio entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios según el tamaño del tumor	133
Figura 12B. Diferencia promedio entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios según la reconstrucción 3D.....	133
Figura 13. Respuestas de las enfermeras sobre el uso del 3D en cirugía hepática	137
Figura 14. Opciones de respuesta para las preguntas planteadas en el cuestionario para enfermería.....	138
Figura 15A. Porcentaje de respuesta de las enfermeras en relación a la comprensión de la intervención quirúrgica con el modelo 3D.....	138
Figura 15B. Porcentaje de respuesta de las enfermeras en relación al reconocimiento de lesiones con el modelo 3D	138
Figura 16. Porcentaje de respuesta de las enfermeras en cuanto al reconocimiento del lóbulo hepático afectado con el modelo 3D	138
Figura 17A. Porcentaje de enfermeras que con el modelo 3D identifican mejor las lesiones y su relación con las estructuras vasculares.....	139
Figura 17B. Porcentaje de enfermeras que reconocen las lesiones de manera más sencilla con el modelo 3D	139
Figura 18. Porcentaje de enfermeras que consideran que el modelo 3D fomenta la comunicación entre el equipo multidisciplinar	139

Figura 19. Porcentaje de enfermeras que consideran que con el modelo 3D se facilita la preparación del material necesario para la intervención	140
Figura 20. Porcentaje de enfermeras que consideran que el uso de los modelos 3D puede aumentar la calidad asistencial en el quirófano.....	140
Figura 21. Porcentaje de enfermeras que consideran que con el modelo 3D mejora la comprensión de los casos.....	140
Figura 22A. Porcentaje de enfermeras que consideran que la planificación quirúrgica con el modelo 3D puede aumentar la seguridad del paciente	141
Figura 22B. Porcentaje de enfermeras que considera que la planificación quirúrgica con el modelo 3D es más precisa que con imágenes 2D.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de resecciones hepáticas. Clasificación de Brisbane	68
Tabla 2.	Clasificación de Michels.....	73
Tabla 3.	Clasificación de Michels modificada.....	74
Tabla 4.	Clasificación Clavien-Dindo.....	111
Tabla 5.	Clasificación Bismuth- Corlette.....	113
Tabla 6.	Clasificación Blumgart (MSKCC)	113
Tabla 7.1.	Clasificación TNM American Joint Committee on Cancer.....	114
Tabla 7.2.	Estadíos TNM American Joint Committee on Cancer	114
Tabla 8.	Tipos de variantes de la anatomía de la vena porta.....	115
Tabla 9.	Descripción de las características de los pacientes en los que se realizó la impresión y modelización 3D	121
Tabla 10.	Distribución de la tasa de éxito de los alumnos	126
Tabla 11.	Test de igualdad de proporciones para analizar diferencias en la evaluación docente	127
Tabla 12.	Tasas de acierto sobre preguntas a los alumnos según tipología	127
Tabla 13.	Características del tumor y resultados perioperatorios	130
Tabla 14.	Datos demográficos y preoperatorios.....	130
Tabla 15.	Datos relacionados con la intervención.....	131
Tabla 16.	Descripción detallada de las variantes vasculares de la arteria hepática, vena porta y 4 venas hepáticas en nuestra serie tras aplicar el algoritmo de modelado vascular 3D	134
Tabla 17.	Evaluación de la utilidad del manejo preoperatorio del modelado 3D de última generación según el nivel de acuerdo de los cirujanos hepatobiliares.....	136

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Embolización portal percutánea	56
Imagen 2. ALPPS torniquete. Descripción Clásica.....	58
Imagen 3A. Ejemplos de modelos 3D impresos para distintos tipos de cirugías....	80
Imagen 3B. Ejemplos de modelos 3D impresos para distintos tipos de cirugías....	81
Imagen 4. Prototipo de realidad aumentada en cirugía hepática	86
Imagen 5. Medición de la vena suprahepática en TC, modelo virtual y modelo impreso	123
Imagen 6. Planificación quirúrgica con modelo 3D para un paciente trasplanta- do con isquemia del lóbulo hepático izquierdo.....	149
Imagen 7. Ejemplo de modelo 3D para la toma de decisiones quirúrgicas en el colangiocarcinoma perihiliar	156
Imagen 8. Representación del uso del modelo 3D en nuestro quirófano de ciru- gía robótica.....	163
Imagen 9. Imagen de realidad aumentada en nuestro quirófano de cirugía robó- tica	165
Imagen 10. Clase con realidad virtual sobre anatomía hepática, para alumnos de medicina en la universidad de Murcia	166

ABREVIATURAS

2D:	Dos dimensiones.
3D:	Tres dimensiones.
3DP:	Modelo impreso en tres dimensiones.
3DV:	Modelo virtual en tres dimensiones.
AHC:	Arteria Hepática Común.
AHD:	Arteria Hepática Derecha.
AHI:	Arteria Hepática Izquierda.
AHP:	Arteria Hepática Propia.
AGI:	Arteria Gástrica Izquierda.
AJC:	American Joint Committee on Cancer.
ALPPS:	Associating Liver Partition and Portal vein Ligation for Staged hepatectomy
ALTPS:	Associated Liver Tourniquet and Portal vein occlusion for Staged hepatectomy
ASA:	American Society of Anesthesiologists.
CAD:	Diseño Asistido por Computadora.
CHE:	Cirugía Hepática Extrema.
CHMI:	Cirugía Hepática Mínimamente Invasiva.
CLAM:	Cirugía Laparoscópica Asistida con la mano.
CLP:	Cirugía Laparoscopia Pura.
DE:	Desviación estándar.
DUAL:	Embolización simultánea de la vena porta y vena hepática.
EPP:	Embolización Portal Percutánea.
EVH:	Embolización Vena Hepática.
HCC:	Hepatocarcinoma.
HCUVA:	Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca.
CCA:	Colangiocarcinoma.
CCI:	Colangiocarcinoma Intrahepático.
IHP:	Insuficiencia Hepática Postoperatoria.
FDM:	Fused deposition modeling
FRH:	Futuro Remanente Hepático.

MH:	Metástasis Hepáticas.
MHCCR:	Metástasis hepáticas de cáncer colorrectal.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
pCCA:	Colangiocarcinoma perihiliar.
P-ALPPS:	ALPPS Parcial
PET:	Tomografía con emisión de positrones
RM:	Resonancia Magnética.
TC:	Tomografía Computarizada.
TNM:	Tumor, Ganglio linfático y Metástasis
TSH:	Cirugía hepática en dos tiempos.
VCI:	Vena Cava Inferior.
VHR:	Volumen Hepático Residual
VHRF:	Volumen Hepático Residual Funcional

RESUMEN

Introducción: La cirugía hepatobiliar es el tratamiento de elección en gran número de pacientes diagnosticados con una patología hepática tumoral. Debido a su gran complejidad, es indispensable dominar la variabilidad anatómica del hígado y la técnica quirúrgica aplicada en cada paciente. Con el avance de las nuevas tecnologías y el desarrollo del 3D de nueva generación, la planificación quirúrgica puede encontrar un beneficio importante aportando mayor precisión, tanto en el abordaje como en la resección hepática empleada, al actuar como guía y de manera individualizada.

Objetivos: Validar la precisión del modelo 3D conseguido a partir de imágenes originales de cada paciente para realizar la planificación preoperatoria y apoyar la enseñanza a estudiantes y miembros del equipo quirúrgico en cirugía hepatobiliar compleja.

Material y método: Se realizó un análisis multicéntrico retrospectivo en pacientes en los que se utilizó la última generación de modelado 3D en la planificación preoperatoria de la cirugía hepatobiliar en dos cohortes de pacientes: 1) cirugía hepatobiliar compleja y, 2) colangiocarcinoma perihiliar.

Resultados: En un primer estudio de cirugía hepatobiliar compleja, se incluyeron 35 pacientes de 8 centros hospitalarios diferentes. Las pruebas de imágenes obtenidas por TC y RM comparadas con el 3D impreso lograron una gran similitud en cuanto a la medida de los calibres vasculares (0.22 ± 1.8 mm) así como la distancia entre el tumor y el vaso (0.31 ± 0.24 mm). Los gráficos de Bland-Altman también demostraron una concordancia entre 3D impreso y la pieza quirúrgica con la distancia del margen de resección (1.15 ± 1.52 mm). Los profesionales destacaron 3D impreso con una tasa positiva de 0.89 (IC:95%; 0.73-0.95) En cuanto a los estudiantes, se consiguió una tasa de éxito superior con 3D impreso (mediana: 0.9, IQR:0.8-1) comparado con TC/RM o imágenes digitales 3D (P= 0,01).

En la cohorte de los colangiocarcinomas perihiliares, 37 pacientes fueron sometidos a cirugía hepática y 4 fueron considerados inoperables al estudiar los hallazgos encontrados en la reconstrucción 3D. La diferencia media entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios del tamaño del tumor fue (3,60 mm, límites de concordancia de 14,97 a 22,15 mm) mayor que con la reconstrucción 3D. (2,52 mm, límites de concor-

dancia de 9,21 a 4,17 mm). Utilizando la escala tipo Likert, los encuestados detallaron una mejor comprensión de todos los parámetros relacionados con la estadificación, el tamaño, la extensión y las relaciones vasculares del tumor con el uso de la modelización 3D, con la excepción de la afectación de los ganglios linfáticos. También se informó de una clara mejora en la interpretación de la anatomía vascular y biliar, con puntuaciones medias Likert de $4,72(\pm 0,46)$ y $4,77(\pm 0,42)$ respectivamente. En general, los médicos y enfermeras se mostraron muy de acuerdo con la afirmación: “la planificación con el modelo 3D es mucho mejor que con imágenes 2D”, con una puntuación Likert media de 4,72 y 5, respectivamente.

Conclusiones: la modelización 3D de última generación es una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones y la planificación preoperatoria en cirugía hepatobiliar compleja, así como para la enseñanza de pacientes y estudiantes. Los cirujanos y enfermeras consideran esta nueva herramienta como un material de apoyo que mejora la comunicación y comprensión dentro del quirófano.

Palabras Clave: cirugía hepatobiliar, modelos 3D, planificación quirúrgica preoperatoria, innovación quirúrgica, docencia, colangiocarcinoma perihiliar.

ABSTRACT

Introduction: Hepatobiliary surgery is the treatment of choice in a large number of patients diagnosed with hepatic tumor pathology. Due to its great complexity, it is essential to master the anatomical variability of the liver and the surgical technique applied to each patient. With the advance of new technologies and the development of new generation 3D, surgical planning can find an important benefit by providing greater precision, both in the approach and in the liver resection used, acting as a guide and in an individualized manner.

Aims: To validate the accuracy of the 3D model obtained from original images of each patient for preoperative planning and to support the teaching of students and members of the surgical team in complex hepatobiliary surgery.

Methods: A retrospective multicenter analysis of patients using the latest generation of 3D modeling in the preoperative planning of hepatobiliary surgery was performed in two cohorts of patients: 1) complex hepatobiliary surgery and 2) perihilar cholangiocarcinoma.

Results: In a first study of complex hepatobiliary surgery, 35 patients from 8 different hospital centers were included. Imaging tests obtained by CT and MRI compared with 3D printed achieved a high similarity in terms of vascular caliber measurements (0.22 ± 1.8 mm) as well as the distance between the tumor and the vessel (0.31 ± 0.24 mm). Bland-Altman plots also demonstrated agreement between 3D printed and surgical specimen with resection margin distance (1.15 ± 1.52 mm). Practitioners highlighted 3D printed with a positive rate of 0.89 (CI:95%; 0.73-0.95) As for students, a higher success rate was achieved with 3D printed (median: 0.9, IQR:0.8-1) compared to CT/MRI or 3D digital imaging (P= 0.01).

In the cohort of perihilar cholangiocarcinomas, 37 patients underwent liver surgery and 4 were considered inoperable when studying the findings found on 3D reconstruction.

The mean difference between 2D reconstruction and intraoperative findings of tumor size was (3.60 mm, limits of agreement from 14.97 to 22.15 mm) greater than

with 3D reconstruction (2.52 mm, limits of agreement from 9.21 to 4.17 mm). Using the Likert-type scale, respondents detailed a better understanding of all parameters related to tumor staging, size, extent and vascular relationships with the use of 3D modeling, with the exception of lymph node involvement. A clear improvement in the interpretation of vascular and biliary anatomy was also reported, with mean Likert scores of 4.72(\pm 0.46) and 4.77(\pm 0.42) respectively. In general, surgeons and nurses strongly agreed with the statement: “planning with the 3D model is much better than with 2D images”, with mean Likert scores of 4.72 and 5, respectively.

Conclusion: The state-of-the-art 3D modeling is a great tool for decision making and preoperative planning in complex hepatobiliary surgery, as well as for teaching patients and students. Surgeons and nurses see this new tool as a support material that enhances communication and understanding within the operating room.

Key-Words: hepatobiliary surgery, 3D models, preoperative surgical planning, surgical innovation, teaching, perihilar cholangiocarcinoma.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Evolución de la cirugía hepatobiliar de alta complejidad

La cirugía hepática comenzó a desarrollarse en gran medida durante la segunda mitad del siglo XX. El conocimiento minucioso de la anatomía del hígado y el establecimiento de la segmentación hepática hizo posible que poco a poco se fuera evolucionado en el grado de dificultad de las diferentes intervenciones quirúrgicas. Debido a la complejidad de estas intervenciones, es necesario conocer de manera exhaustiva la anatomía del hígado por parte de los profesionales implicados en ellas¹.

Han sido múltiples los factores que han influido en la evolución de la cirugía hepática que se realiza en la actualidad. Entre ellos, se destaca la ampliación de las indicaciones quirúrgicas, los avances en el manejo de anestesia y reanimación, la especialización del trasplante hepático, la mejora de las técnicas de diagnóstico, el progreso en los tratamientos oncológicos, la mejora de la instrumentación quirúrgica y la mayor formación de especialistas en cirugía hepática gracias a la implementación de las unidades especializadas y los equipos multidisciplinares. Estos avances han permitido que en la actualidad las resecciones hepáticas se realicen con una morbilidad inferior al 30% y una mortalidad que oscila entre el 1 y 5%^{2,3}.

Las metástasis hepáticas de cáncer colorrectal (MHCCR) suponen la indicación más frecuente de cirugía hepática. En el año 2023, el tumor más frecuente en España fue el de colon y recto con un total de 42.721 nuevos casos (28.465 de colon y 14.256 de recto)⁴. Las metástasis hepáticas (MH) aparecen entre un 5 y un 40% en pacientes diagnosticados de carcinoma colorrectal. Un 15-25% se manifiestan de forma sincrónica y un 25-40% son metacrónicas. En estos casos la cirugía hepática es el tratamiento más eficaz, consiguiendo aumentar la supervivencia hasta los 5 años en el 50% de los casos y hasta los 10 años entre el 17-25%^{5,6}.

En el caso de los tumores primarios malignos de hígado encontramos que afectaron a 6695 personas en 2023, lo que supone el 2.3% de todos los cánceres y el decimocuarto en frecuencia de aparición de los tumores sólidos⁴. Tanto el hepatocarcinoma (HCC) como el colangiocarcinoma (CCA), han ido en aumento siendo un grupo de tumores con gran mortalidad asociada al cáncer a nivel mundial. El cáncer hepático

primario es más común en hombres, siendo el grupo de mayores de 65 años el más frecuente. El HCC es el más numeroso seguido del colangiocarcinoma intrahepático (CCI) que, en conjunto representa más del 95% de las neoplasias malignas hepáticas primarias⁷.

El desafío que presenta su intervención es complejo debido tanto a la dificultad anatómica, como a la enfermedad subyacente que afecta al hígado. A pesar de que ambos tipos de cáncer surgen de las células hepáticas primarias, la historia natural y los patrones que sigue cada uno difieren significativamente. Existen una serie de opciones de tratamiento potencialmente curativas disponibles para el HCC, como es la ablación, resección y trasplante, pero la resección quirúrgica ha evolucionado y se ha expandido en los últimos años para convertirse en una opción muy eficaz y segura para muchos pacientes⁸.

1.1.1. Evaluación preoperatoria

En esta nueva era de la cirugía hepática, el manejo de estos pacientes requiere una meticulosa coordinación de la atención a través de un equipo multidisciplinar con la participación de hepatólogos, radiólogos diagnósticos, radiólogos intervencionistas, cirujanos, patólogos, oncólogos y el equipo de enfermería⁹. Está recogido en diferentes guías de evidencia científica que esta valoración multimodal consigue mejores resultados, satisfacción y supervivencia de los pacientes^{10,11}.

Los parámetros más relevantes que garantizan una cirugía hepática compleja de calidad engloban la correcta estadificación preoperatoria, los eventos intraoperatorios, las complicaciones quirúrgicas o los márgenes de resección. La evaluación preoperatoria con estudios de imagen hace que la cirugía hepática actual sea una técnica muy segura. La ecografía hepática representa en muchas ocasiones el primer método de estudio morfológico, gracias a su abordaje asequible, y puede complementar la información de otras técnicas más sofisticadas como la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) o la tomografía con emisión de positrones (PET)^{1,12}.

La estadificación radiológica preoperatoria de los distintos tumores hepáticos requiere mucha experiencia y hacerlo de manera precisa comprende una gran dificultad, especialmente debido a la complejidad de la región hiliar y de la anatomía vascular del hígado a la hora de relacionarlo con el tamaño de los distintos tumores. La introducción de la ecografía intraoperatoria con su imagen en dos dimensiones (2D), se ha hecho indispensable para identificar el número y la disposición de las lesiones intrahepáticas y su relación con las estructuras vasculares en cada paciente. Sus ventajas frente a otras técnicas de imagen son múltiples: información intraoperatoria, gran disponibilidad, bajo coste y posibilidades añadidas de Doppler o contrastes específicos. Además, permite la evaluación de las relaciones del tumor con las estructuras vasculares y sus variantes^{1,13}.

Este método diagnóstico ha ganado protagonismo con el paso de los años siendo indispensable dentro de la cirugía hepática moderna. Gracias a la ecografía intraoperatoria se identifican las lesiones conocidas, incluso se descubren nuevas si las hay, además de identificar los márgenes de resección de manera más precisa y mejorar la conservación del parénquima¹⁴. Aunque esta técnica también es sensible a la hora de identificar si hay dilatación de los conductos biliares, encuentra mayor dificultad a la hora de localizar el sitio concreto en caso de obstrucción, extensión tumoral y si hay afectación de los ganglios linfáticos o en el peritoneo^{15,16}.

Si además se añade la posibilidad de contraste se puede aumentar la detección y diferenciación de las lesiones hepáticas focales, aunque no tiene la misma sensibilidad que la TC o la RM, que son los principales métodos de elección para hacer el diagnóstico final, ya que aportan una visión más completa del parénquima hepático. También la ecografía con contraste consigue una precisión importante a la hora de evaluar si existe trombosis de la vena porta y de las venas hepáticas¹⁷.

Es importante establecer un diagnóstico preciso con el fin de tratar a los pacientes del modo más adecuado. La técnica más utilizada como medio diagnóstico para establecer la estadificación tumoral, así como el nivel de resecabilidad, es la TC multifásica y/o RM. La elección de un estudio u otro depende tanto de criterios médicos, de los recursos disponibles en cada institución, así como de datos clínicos del paciente. La TC puede

proporcionar una serie de ventajas como es la mayor disponibilidad, menor tiempo, la reconstrucción en tres dimensiones (3D) con mejor resolución y menor gasto que la RM. Por otro lado, la RM, aporta una mejor evaluación de las peculiaridades del tejido y de la vía biliar, lo que puede contribuir en una mejor caracterización del hígado¹⁸.

Gracias al avance de estas técnicas, los pacientes en muchas ocasiones se ahorran sufrir procedimientos invasivos. A través de la TC helicoidal, se puede valorar toda la anatomía hepática mediante la rotación del tubo y la mesa proporcionando los datos volumétricos totales y no por secciones como con la TC convencional. Por ello se ha convertido en la mejor alternativa para el diagnóstico de patologías hepáticas, sobre todo cuando hay enfermedad tumoral¹⁹.

Para evaluar de una forma precisa el volumen hepático residual (VHR) antes de la cirugía, la técnica gold estándar es la volumetría mediante TC. Esta prueba permite evaluar la cantidad de volumen del remanente hepático, de volumen de hígado que se va a resear y el volumen tumoral. Se ha determinado que en un hígado sano es posible dejar un volumen del 20-25% del parénquima. En presencia de condiciones que deterioran la funcionalidad como la esteatosis o haber recibido quimioterapia previa, la resección debería limitarse a dejar un volumen del 30-35% y un 40-70% en casos de cirrosis establecida²⁰.

1.1.2. Manejo intraoperatorio

La hemorragia no controlada durante la resección hepática ha sido clásicamente un evento intraoperatorio de difícil manejo. Para su control, la maniobra de Pringle es considerada como la técnica estándar de oclusión del flujo de entrada al hígado y fue descrita por primera vez en 1908. Esta maniobra consiste en la compresión del hilio hepático con un clamp vascular, sonda de Foley o una cinta de algodón. La recomendación general para evitar producir lesiones por el tiempo de isquemia son 15 minutos máximo con un intervalo de descanso de 5 minutos, aunque esta varía en función de las preferencias de los equipos quirúrgicos y su tolerancia por parte del paciente²¹⁻²³.

Por otro lado, en la actualidad los anestesiólogos pueden controlar de manera minuciosa la administración de fluidos y la volemia lo que permite mejorar la estabilización hemodinámica de los pacientes. Es muy importante una relación estrecha entre el cirujano hepático, el anestesiólogo y las enfermeras ya que, durante la intervención quirúrgica (rotaciones, compresiones, pinzamientos vasculares o hemorragias.) se pueden producir alteraciones hemodinámicas agudas que dificulten el manejo de la anestesia con un inadecuado control de la relajación, incluso incrementando el sangrado durante la sección del parénquima¹.

De las posibles complicaciones tras una resección hepática extensa, la IHP (insuficiencia hepática postoperatoria) es la más preocupante debido a su elevada mortalidad y a la ausencia de un tratamiento eficaz o sustitutivo de la función hepática. No se conoce exactamente el mecanismo por el que en unos casos el hígado regenera suficientemente y en otros fracasa desarrollando una IHP irreversible²⁴. La IHP se relaciona con dos factores fundamentales: la existencia de un porcentaje de VHR insuficiente y a una escasa funcionalidad del hígado remanente. El éxito de una resección hepática extensa depende de múltiples elementos como las comorbilidades y características antropométricas del paciente (género, talla y peso), el tipo de patología tumoral, las características del hígado (esteatosis, cirrosis, o quimioterapia neoadyuvante) o la función hepática inicial²⁵.

Uno de los factores pronósticos más importante para la supervivencia general tras la resección hepática es el estado del margen reseccionado. Un margen positivo aumenta las tasas de recurrencia de la misma manera que disminuye la supervivencia global^{14,26}.

La resección con márgenes >1 mm, clasificada como R0, sitúa a la cirugía curativa dentro de este parámetro con el fin de conseguir la exéresis completa del tumor con márgenes de resección patológicos evidentes. La dificultad de conseguir este resultado se ha discutido en distintos estudios en los que finalmente se llegó a la conclusión de que ante una resección R1 que incluye un margen >1 mm, este resultado es mejor que no realizar ninguna resección en el pronóstico final de algunos pacientes seleccionados. Aunque es cierto que en ocasiones donde no se pueden obtener un margen de resección

libre por proximidad vascular, los resultados oncológicos pueden ser similares. Por ello, el esfuerzo terapéutico de los últimos años se ha centrado en rescatar al mayor número de pacientes beneficiarios de someterse a una cirugía como tratamiento indicado, para conseguir aumentar la supervivencia a largo plazo pues se conseguirá un impacto positivo en el pronóstico oncológico para el paciente^{27,28}. En el caso de MHCCR, los últimos años han cambiado la perspectiva clásica a la hora de llevar a cabo una cirugía hepática gracias a los avances que se han logrado en la mejora de la quimioterapia. En muchas ocasiones las lesiones que antes se consideraban irresecables ahora se benefician de la resección hepática, debido al mayor porcentaje de respuesta al tratamiento de los pacientes²⁹.

Con el análisis de los buenos resultados y las bajas complicaciones postquirúrgicas, la realización de procedimientos más complejos ha ido aumentando de manera eficiente. Así, la cirugía hepática moderna ha modificado el pronóstico de pacientes con metástasis o tumores primarios que previamente no eran candidatos de tratamiento curativo. Cada vez se intervienen más pacientes con una gran carga tumoral en los que el límite de la resección quirúrgica está estrechamente relacionado incluso con la necesidad de reconstrucciones vasculares y que gracias a la evolución de las técnicas quirúrgicas y el manejo hemodinámico son susceptibles de tratamiento¹².

En la última década ha existido una gran evolución de la cirugía hepática mínimamente invasiva (CHMI). El abordaje laparoscópico es el más utilizado dentro de la mayoría de los cirujanos hepatobiliares, aunque se espera que en los próximos años la cirugía robótica cobre un mayor protagonismo. Entre las ventajas de la robótica sobre la hepatectomía laparoscópica se encuentran el aumento de los grados de libertad de movimientos de los instrumentos, la supresión del temblor fisiológico de la mano, la visión en 3D o la disminución de la fatiga del cirujano. También permite un mejor acceso a los segmentos posteriores o las venas hepáticas al facilitar la disección retrohepática y reduce la complejidad de la sutura intracorpórea en lugares de difícil acceso^{30,31}.

1.1.3. Técnicas de regeneración

La cirugía hepática es en muchas circunstancias la única alternativa de tratamiento que permite la supervivencia a largo plazo, sobre todo en pacientes diagnosticados de MH³². En ocasiones, existe una gran cantidad de enfermedad unilobar o especialmente, bilobar, que impide la resección de las lesiones en un solo tiempo por la insuficiente cantidad de VHR y el riesgo de IHP. Con el fin de evitar estas complicaciones, se han desarrollado diferentes técnicas quirúrgicas que permiten aumentar el VHR. Las cualidades regenerativas únicas del hígado combinadas con las innovadoras estrategias neoadyuvantes y la adecuada selección de pacientes permiten el éxito de estas técnicas en hígados con una patología tumoral cada vez más avanzada³³.

En 1920 Rous y Larimore³⁴ describieron por primera vez en un modelo experimental los resultados producidos al ocluir una rama portal, consiguiendo como respuesta una hipertrofia compensadora del lóbulo no ocluido. A pesar de ello, en este momento no se popularizó la ligadura portal con la intención de incrementar el VHR, puesto que la hemorragia intraoperatoria seguía siendo la complicación más preocupante de la cirugía hepática. Con el fin de conseguir un VHR suficiente, se pueden utilizar distintos métodos. Las técnicas clásicas de regeneración son:

– Embolización Portal Percutánea (EPP): Consiste en embolizar una rama venosa portal antes de la cirugía para inducir la atrofia del lóbulo que se pretende resear y fomentar la hipertrofia del lóbulo contralateral aumentando el remanente hepático, proporcionando una resección segura³⁵. En 1975, se publicó la primera serie en humanos como tratamiento paliativo de pacientes con tumores hepáticos irresecables, y en el año 1986 se utilizó la EPP con el objetivo de prevenir la IHP³⁶. Makuuchi et al.³⁷, en 1990 introdujeron la EPP en la práctica clínica con el fin de conseguir una hipertrofia contralateral y aumentar el número de pacientes candidatos a someterse a una cirugía. La combinación de la EPP derecha y junto con las ramas portales del segmento 4, puede considerarse una técnica de elección ante pacientes en los que se plantea una hepatectomía derecha extendida³⁸. Debe realizarse por radiólogos intervencionistas experimentados, en pacientes concretos^{39,40}.

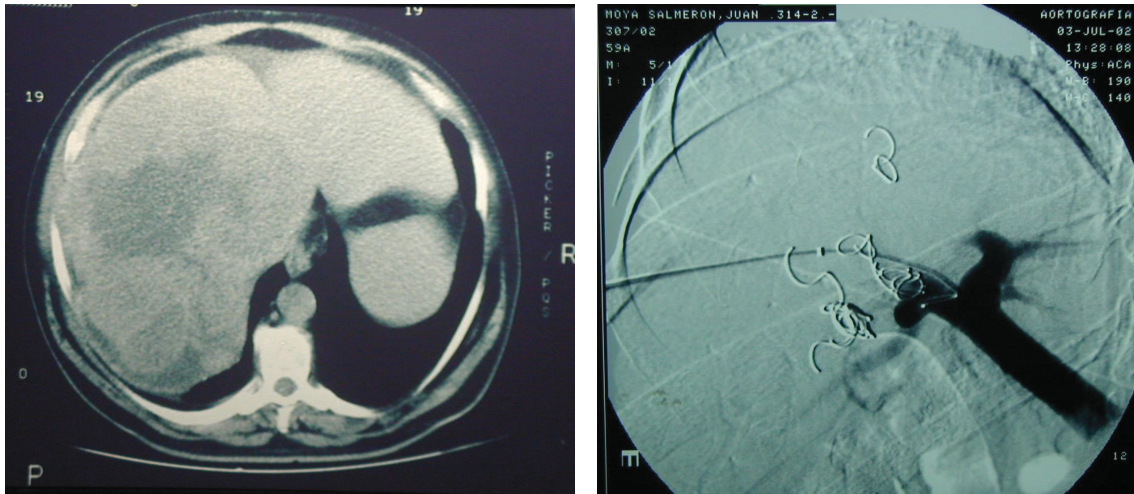


Imagen 1. EPP.

- La hepatectomía en dos tiempos (TSH): está indicada fundamentalmente en pacientes con MH bilobares múltiples. En el año 2000 René Adam et al.⁴¹, describieron la técnica original basada en un abordaje con ligadura portal derecha en un primer tiempo, realizando una hepatectomía derecha en el segundo tiempo tras observar que el VHR había regenerado lo necesario, evitando la IHP. En 2003 Jaeck et al.^{42,43}, hicieron una modificación de la técnica TSH realizando la primera intervención resecaando las lesiones del VHR asociando una EPP al 4-7º día postoperatorio. La comparativa entre el resultado de una mayor regeneración hepática utilizando la EPP o la TSH se ha llevado a cabo en diversos estudios a lo largo de los años⁴⁴⁻⁴⁶. Robles et al.⁴⁷, defienden la idea de que la EPP aumenta el VHR en mayor porcentaje que con la ligadura portal ($44\pm 7\%$ tras la EPP y $39\pm 7\%$ tras ligadura portal) y Broering et al.⁴⁸, obtuvieron los mismos resultados con un incremento de volumen superior con EPP que con ligadura portal ($188\pm 81\text{ml}$ vs. $123\pm 58\text{ml}$), ($p=0,012$).

Un metaanálisis de Isfordink et al.⁴⁹, sobre EPP y ligadura portal, comprendido por 21 estudios comparando 1953 EPP con 123 ligaduras portales, no encontraron diferencias significativas en relación al aumento de VHR (EPP 43.2% vs LPI 38.5%), ($p= 0,0386$).

Los principales inconvenientes tanto de la EPP como de la TSH es el tiempo de espera de entre 4-8 semanas necesario para garantizar una hipertrofia suficiente del

futuro remanente hepático (FRH) que nos permita poder llevar a cabo la segunda intervención con seguridad. De hecho, en ocasiones no puede conseguirse la hipertrofia del parénquima e incluso puede producirse una progresión tumoral durante el tiempo de espera hasta la segunda intervención dando lugar a empeoramiento del pronóstico de alguno de estos pacientes⁵⁰.

- ALPPS (Associating Liver Partition and Portal Vein Ligation for Staged hepatectomy): Hans Schlitt en 2007, de manera casual mientras intervenía a un paciente con un colangiocarcinoma perihiliar (pCCA), descubrió esta nueva técnica de regeneración. Schnitzbauer et al.⁵¹, publicaron una serie prospectiva en pacientes con tumores primarios hepáticos o con metástasis, a los que se les realizó una hepatectomía split in situ con una mediana de volumen de hipertrofia del 74% (rango: 21%-192%) y una mediana de resección de 9 días (rango: 5-28 días). Posteriormente, este procedimiento fue extendiéndose por todo el mundo dando lugar a distintas propuestas quirúrgicas que buscaban disminuir su riesgo, con el fin de mejorar la seguridad de la intervención^{52,53}. Inicialmente se describió una alta mortalidad y morbilidad, pero la mejor selección de los pacientes y el desarrollo de las variantes técnicas, que evitan realizar una bipartición completa del hígado, han mejorado notablemente los resultados⁵⁴⁻⁵⁶. Para ello, se intenta evitar la bipartición hepática completa para intentar reducir las complicaciones asociadas al primer tiempo quirúrgico del ALPPS.

La primera variante de la técnica original surge en 2011 en Murcia, en el hospital clínico universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA), con el objetivo de reducir la agresividad de la técnica ALPPS en su primera intervención. Robles et al.⁵⁷, consideraron aplicar una ligadura del parénquima hepático con torniquete, a nivel de la línea de Cantlie y asociado a una ligadura portal derecha. Con ello se consigue ocluir las comunicaciones vasculares, sin seccionar el parénquima, disminuyendo el riesgo de complicaciones de la primera intervención. Esta técnica se denominó inicialmente ALTPS (Associated Liver Tourniquet and Portal vein occlusion for Staged hepatectomy) y más recientemente ALPPS-Torniquete.

También se llevaron a cabo en 2014 otras dos variantes de ALPPS: el ALPPS híbrido, publicado en 2016 y el T-ALPPS híbrido. Estas técnicas fueron descritas para CCA o cáncer de vesícula, cuya manipulación en un primer tiempo quirúrgico podría provocar diseminación tumoral^{58,59}.

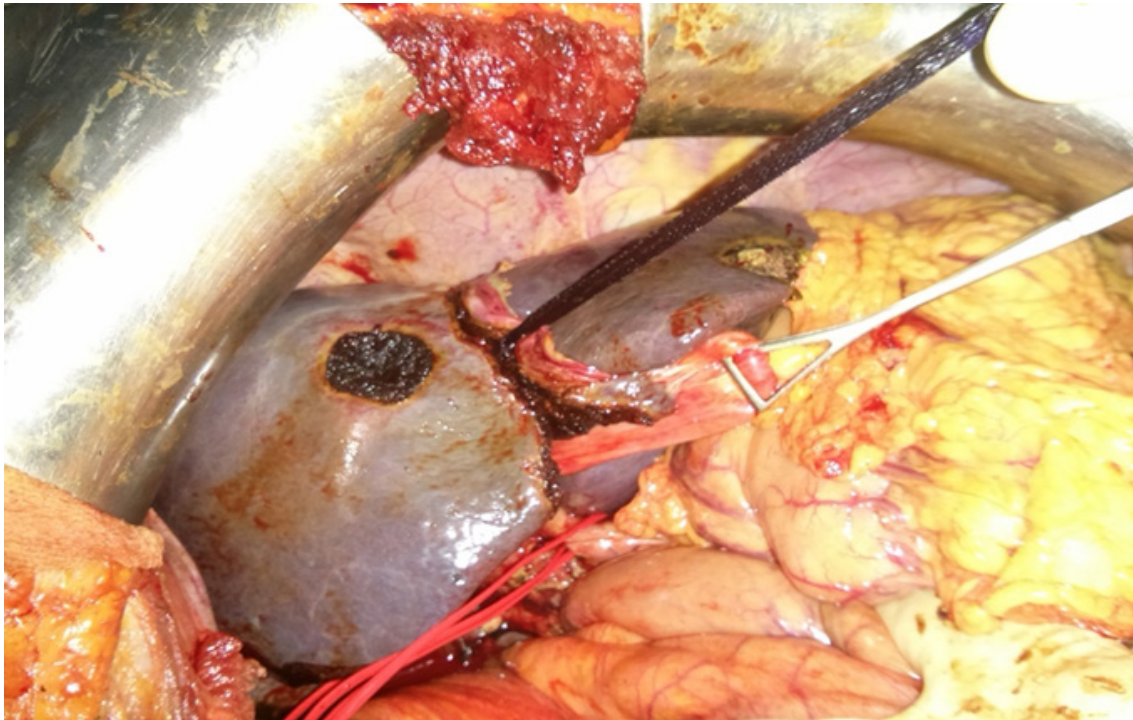


Imagen 2. ALPPS torniquete, técnica clásica. Robles et al.⁵⁷.

En el ALPPS parcial (P-ALPPS), Petrowsky et al.⁶⁰, demostraron que la regeneración hepática está relacionada tanto con la interrupción del flujo sanguíneo entre los dos lóbulos hepáticos como por una reacción inflamatoria que desencadena el crecimiento hepatocitario.

Un metaanálisis publicado en 2019 demostró que P-ALPPS consigue una regeneración del VHR similar a ALPPS clásico, con un porcentaje significativamente inferior de complicaciones postoperatorias (43,5%, vs 56,5%)⁶¹.

- Embolización simultánea de la vena hepática y la vena porta: La EPP y la embolización de la vena hepática (EVH) pueden aumentar el volumen hepático de manera precoz antes de someter a los pacientes a una resección, con el fin de

evitar la IHP⁶². Mediante la combinación de la EPP+EVH se consigue inducir una hipertrofia hepática adicional en los pacientes que cuentan con un VHR reducido, contribuyendo a mejorar las condiciones de reseabilidad y con ello aumentar las posibilidades de éxito de la cirugía⁶³⁻⁶⁵.

Un metaanálisis comparó 8 estudios donde se evaluó la EPP frente a la EVP+EVH combinada, observando un aumento del crecimiento del lóbulo hepático contralateral de manera más rápida y con un mayor porcentaje de reseabilidad⁶⁶⁻⁶⁸.

1.1.4. Cirugía Hepática Extrema (CHE)

El concepto de CHE está relacionado con diferentes aspectos como son: la relevancia de la resección hepática que se va a realizar en función del tumor existente y el VHR comprometido, la función hepática alterada en pacientes con patologías de base como cirróticos o problemas biliares crónicos y por último resecciones que afecten a las estructuras vasculares como vena porta, arteria hepática, vena cava y venas hepáticas¹.

El éxito de la cirugía hepática está influido por varios factores entrelazados como contar con una masa hepática suficiente, un aporte de sangre arterial adecuado, un buen flujo venoso portal y hepático para perfundir los tejidos y un drenaje biliar permeable. La localización del tumor en ocasiones conlleva la sección de las venas hepáticas siendo necesaria una cirugía radical que anteriormente no se llevaba a cabo por la tasa de complicaciones y el mal pronóstico. Con los avances de la cirugía tanto en el conocimiento de la anatomía como en la mejora de la técnica, se ha hecho posible la resección hepática extrema de estos tumores en un mayor número de pacientes que antes eran desahuciados por considerarlos irresecables⁸.

La exclusión vascular hepática puede ser total, abarcando el pedículo portal y la vena cava inferior (VCI) infra y supra hepática, o parcial, ocluyendo la VCI infrahepática y conservando el flujo hepático o bien ocluyendo el flujo portal y las venas hepáticas dejando la VCI abierta. Durante este tiempo el FRH puede ser perfundido con el fin de reducir posibles lesiones por el tiempo de isquemia, intentando disminuir el número de

transfusiones sanguíneas y así contribuir a un mejor control hemodinámico del paciente⁶⁹⁻⁷¹.

El daño hepatocelular producido por el tiempo de isquemia y la tolerancia hepática depende del tiempo que dure la oclusión. La isquemia normotérmica suele restringirse entre 60 y 85 minutos, con el fin de evitar lesiones hepatocelulares significativas⁷². Por ello, el uso de hipotermia ofrece protección al hígado reduciendo el daño hepatocelular, ayudando a que el límite de tiempo en isquemia pueda prolongarse hasta 2 h o más según el nivel de hipotermia mantenido⁷³.

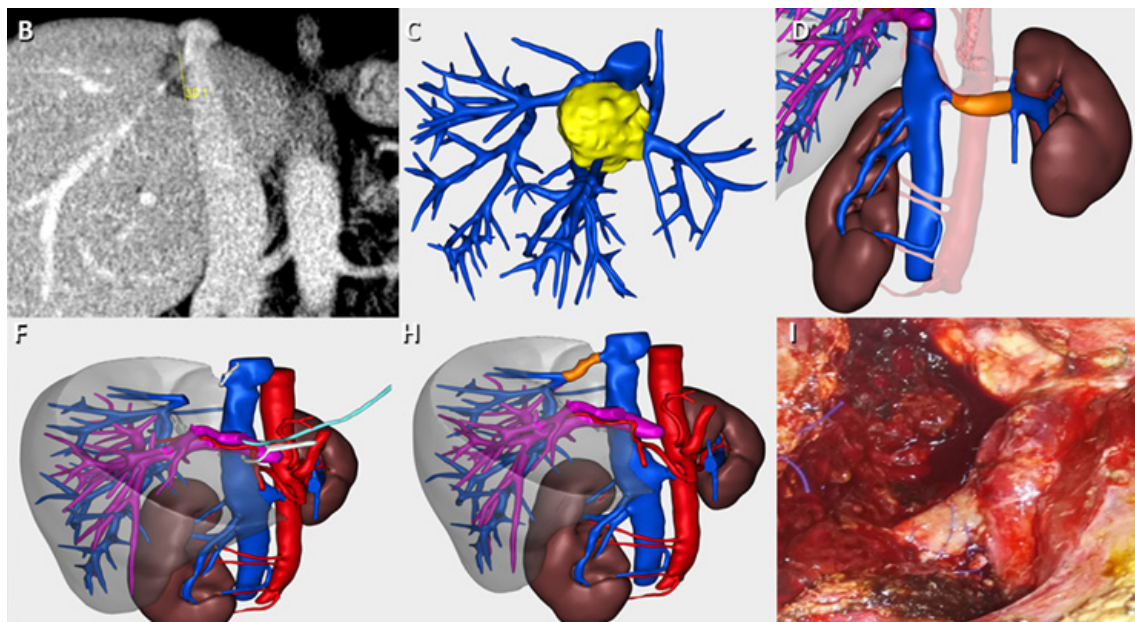


Figura 1. Reconstrucción 3D para planificación preoperatoria de CHE por invasión tumoral de las tres venas hepáticas con reconstrucción de vena hepática derecha con injerto de vena renal. López-López et al.⁷⁴.

Los avances en perfusión con el manejo de máquinas de perfusión hepática permiten tanto la resección como la reconstrucción de las venas hepáticas ex-vivo. Aunque la perfusión hipotérmica in situ sigue siendo una opción más rentable y más sencilla⁷⁴⁻⁷⁹. La reconstrucción de las venas hepáticas en cirugía hepática oncológica es un reto tanto en la técnica como en el control hemodinámico del paciente, por ello es conveniente protocolizar tanto la técnica quirúrgica como el manejo por parte de anestesia. Existe un

consenso para priorizar el uso de injertos autólogos, siempre que sea posible, aunque el tipo de injerto dependerá de si la invasión tumoral es parcial o afecta a diferentes vasos, de las características del paciente y las decisiones del equipo quirúrgico. Una de las opciones de sustitución más recomendada son los injertos de vena autóloga, debido a su disponibilidad, su baja tasa de trombosis y de infección⁸⁰.

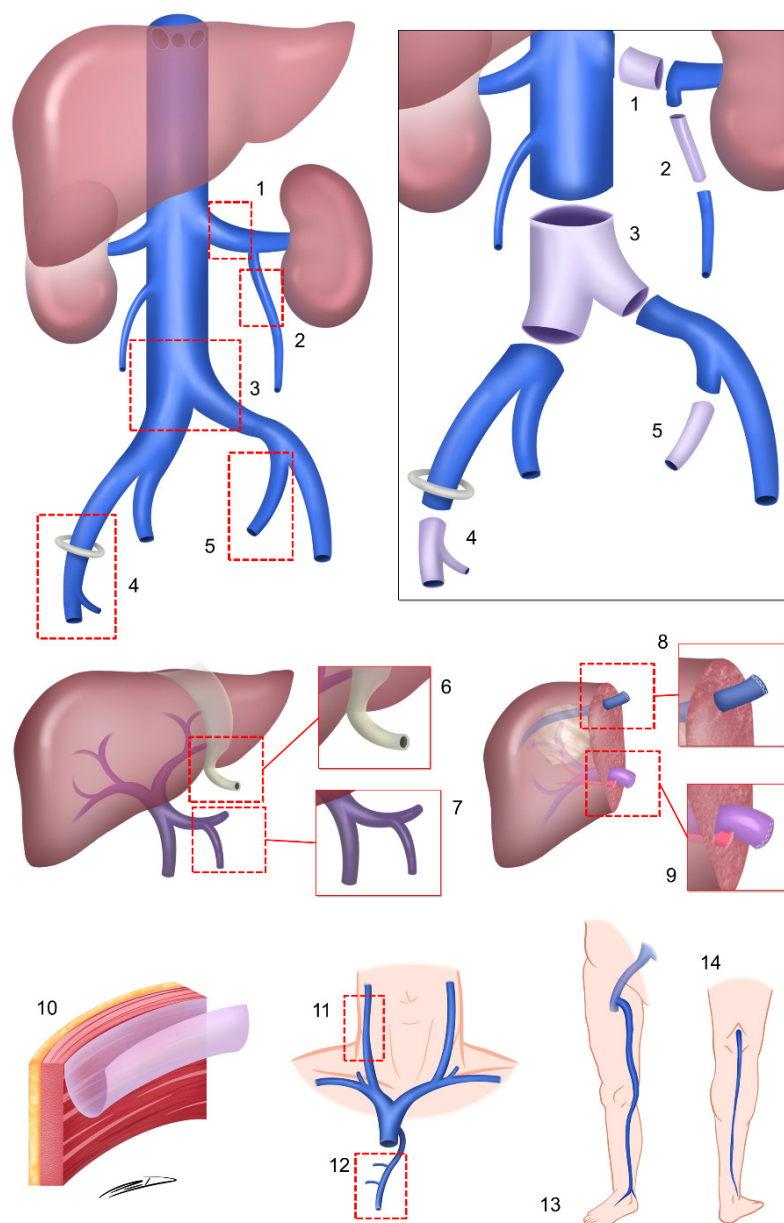


Figura 2. Diferentes opciones de injertos autólogos o crioconservados para la reparación de la vena hepática: 1) vena renal izquierda; 2) venas gonadales/ováricas; 3) vena ilíaca común; 4) vena ilíaca externa; 5) vena ilíaca interna; 6) ligamento redondo; 7) vena mesentérica inferior; 8-9) vena hepática o porta de la pieza hepática extraída; 10) parche peritoneal; 11) vena yugular interna; 12) vena ácigos; 13) vena femoral común y vena safena. López-López et al.⁸⁰.

1.1.5. Cirugía mínimamente invasiva: de la mano asistida a la cirugía robótica

La CHMI se presenta como un desafío frente a la cirugía abierta, con una curva de aprendizaje más larga. Existen varias modalidades que se diferencian entre cirugía laparoscopia pura (CLP), cirugía asistida con la mano (CLAM) e híbrida⁸¹. La última incorporación es el abordaje robótico que sigue en constante desarrollo añadiendo un abordaje mínimamente invasivo que puede aportar muy buenos resultados. En CHMI, todavía existen desafíos importantes, como la realización de grandes hepatectomías extendidas o resecciones vasculares, que deben realizarse en grupos con amplia experiencia⁸².

Algunos autores, para evitar estas dificultades, utilizan la CLAM o la técnica híbrida. Tanto en las reuniones de Louisville⁸¹ como de Morioka⁸³, se sugirió que la CLAM podría ser beneficiosa para la resección de lesiones en segmentos posterosuperiores^{84,85}, en tumores grandes^{86,87}, hepatectomías derechas de donantes vivos de hígado⁸⁸⁻⁹⁰ y para la formación en resecciones hepáticas mayores. También, es de utilidad ante la presencia de algunas complicaciones intraoperatorias, especialmente hemorragia intraoperatoria, siendo utilizado por algunos autores que realizan el abordaje CLP como recurso antes de la conversión a laparotomía^{91,92}.

Entre sus inconvenientes se ha descrito la fatiga del cirujano, las molestias que la mano podría ocasionar en el hígado (en casos de colocar el hand port a nivel subcostal) e incluso la interferencia de la mano del cirujano con la cámara cuando se coloca el hand port en la línea media de la cámara. Además, el uso de CLAM implica que se debe hacer una incisión para insertar la mano, que generalmente es más grande que la necesaria para realizar un abordaje puramente laparoscópico⁸³.

El desarrollo de la CHMI ha permitido que cada vez se realicen procedimientos más complejos por CLP, siendo una práctica estándar para las lesiones en los segmentos laterales izquierdos y anteriores. También es recomendado para cirujanos expertos, en segmentos posterosuperiores y en hepatectomías mayores con las mismas ventajas que los segmentos anteriores, aunque encuentra limitaciones de acceso y visión⁸¹.

El siguiente paso hacia una cirugía aún menos invasiva podría ser representado por la cirugía robótica. Ésta permite una visualización en 3D y un mayor rango de movimientos en el interior de la cavidad abdominal facilitando una disección más fina de estructuras delicadas como el hilio hepático. La incorporación de la tecnología robótica al ámbito de la cirugía ha supuesto un gran progreso. Diversos estudios han mostrado como la cirugía robótica añade distintas mejoras con respecto a la cirugía por laparoscopia, como es una mayor ergonomía de la posición forzada del paciente, disminución de temblores, mayor grado de movimiento en los distintos instrumentos y una visión mejorada en 3D. Actualmente la comparación entre la cirugía laparoscópica y la robótica sigue en continuo análisis, la evidencia existente es controvertida entre los beneficios que aporta y los costes que requiere cada una de ellas. La elección de un abordaje u otro requiere un estudio concreto de cada paciente, para seleccionar la técnica más adecuada a sus características^{93,94}.

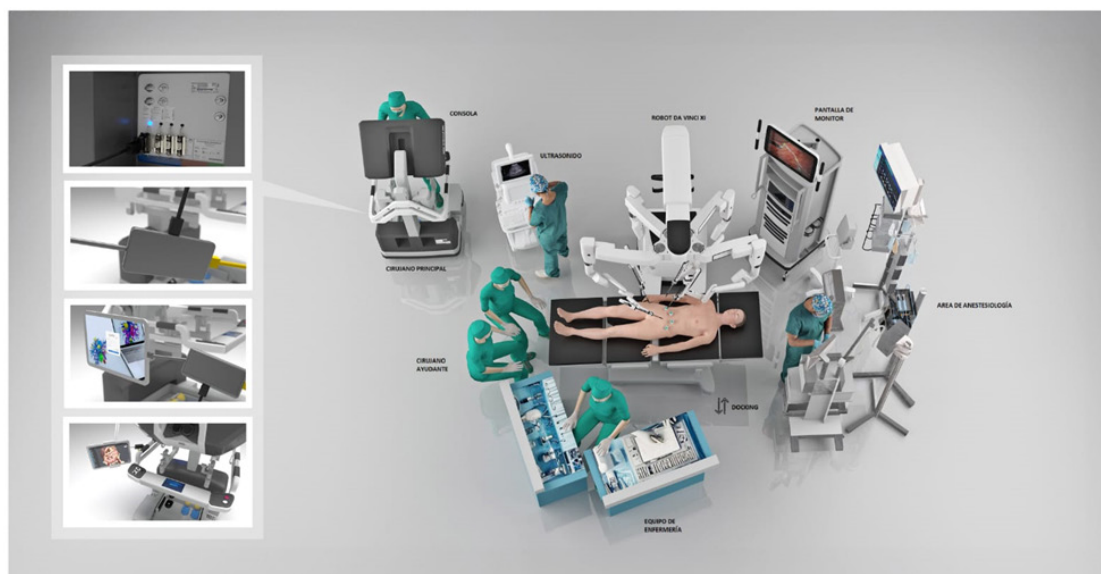


Figura 3. Disposición de la consola, el robot, el cirujano, la enfermera, el monitor, el dispositivo de planificación 3D, la ecografía y el Docking en nuestro programa de cirugía hepática robótica.

La literatura actual muestra que los resultados perioperatorios de la cirugía hepática robótica pueden compararse a los de la laparoscopia, en términos de seguridad y calidad oncológica. Hay que valorar que los equipos quirúrgicos siguen formándose, la curva de aprendizaje es acentuada y aún tienen una experiencia limitada en este tipo

de cirugías asistidas por robot⁸³. Además, en la cirugía robótica el cirujano depende de la comunicación con el resto del equipo multidisciplinar, para disponer de la información de la cirugía mientras éste se encuentra operando desde la consola del robot. Se ha demostrado que una comunicación positiva entre los distintos profesionales durante la intervención mejora los resultados favoreciendo el rendimiento de la cirugía robótica frente a la convencional⁹⁵.

Las enfermeras desempeñan un trabajo indispensable a la hora de garantizar la seguridad quirúrgica para el paciente, controlando la tecnología que supone en muchas ocasiones un ambiente complejo a la vez que innovador. Todo ello es posible gracias a la formación y el compromiso por parte del personal implicado y la capacidad de reacción ante eventos adversos o urgencias durante la intervención quirúrgica⁹³. Además, la cirugía robótica necesita instrumental quirúrgico diferente al resto que hace necesario reeducar a las enfermeras con el fin de capacitarlas para el desarrollo seguro de la intervención. Es necesario tanto aprender la tecnología como la preparación del sistema y el posicionamiento del robot en el paciente⁹⁶.

Las enfermeras quirúrgicas en Estados Unidos tienen certificadas sus funciones en distintas categorías de trabajo que desempeñan dentro del quirófano. Con la introducción de la tecnología robótica tienen que adoptar nuevas responsabilidades para manejar estos complejos recursos con el fin de garantizar la seguridad del paciente y mantener una eficacia en los cuidados perioperatorios realizados. Se ha observado como las enfermeras en el quirófano son imprescindibles para garantizar tanto la implementación, como el funcionamiento necesario del equipo quirúrgico robótico, justificando la necesidad de formación y especialización en las nuevas tecnologías⁹⁵.

Es por ello que la asociación de enfermeras perioperatorias de Estados Unidos en 2006, destacó la importancia de formar a enfermeras quirúrgicas especialistas en cirugía robótica. Para ello se destacaron una serie de condiciones necesarias como contar con una experiencia quirúrgica previa, manejo de cirugía laparoscópica, conocimientos en investigación, capacidad de liderazgo, establecimiento de prioridades y manejo de informática entre otros^{97,98}.

La experiencia ha demostrado que la implicación de las enfermeras en la evaluación de los productos utilizados en la cirugía mejora tanto la seguridad del paciente como la optimización de los recursos económicos⁹⁹. El control anticipado de los posibles efectos adversos logra minimizar los riesgos, controlar las demandas por parte del cirujano y mantener la seguridad durante la intervención. De esta manera, fomentar el trabajo en equipo y mantener una buena comunicación entre todos los miembros, consigue que se realice con éxito el procedimiento¹⁰⁰.

1.1.6. pCCA como desafío quirúrgico

El CCA es un cáncer poco frecuente que se produce en el conducto biliar. Según la anatomía del conducto biliar, el tumor se presenta en tres localizaciones diferentes: intrahepático, perihiliar y distal. Los tumores perihiliares surgen del hilio y son los más frecuentes en comparación con los restantes de la parte distal que comienza en los conductos biliares externos del hígado. Es reconocido como una de las patologías hepatobiliares malignas más complejas, debido a la dificultad de su diagnóstico y la gran preparación prequirúrgica necesaria para los pacientes con tumores potencialmente resecables^{101,102}.

Centrándonos en el colangiocarcinoma perihiliar, que es un subtipo de CCA, encontramos que fue descrito por primera vez por William Altemeier¹⁰³ en 1957 y caracterizado por Gerald Klatskin¹⁰⁴ en 1965, que analizó varios casos de pacientes con neoplasia en la confluencia de los conductos hepáticos y por ello lleva su nombre. Representa entre el 50-67% de todos los CCA, su prevalencia es mayor en Asia oriental. Como factores de riesgo destacan la edad avanzada, sexo masculino, antecedentes de colangitis, cirrosis, enfermedad inflamatoria intestinal y pancreatitis¹⁰⁵. Representa aproximadamente el 50-70% de los tumores de vía biliar primarios, siendo la resección quirúrgica la única opción de tratamiento¹⁰⁶.

Con el fin de localizar el tumor existen diferentes clasificaciones que especifican la situación anatómica primaria, relacionada con la afectación del hilio hepático. Una de ellas, es la clasificación de Bismuth-Corlette, que categoriza a los pacientes por la extensión longitudinal a lo largo del conducto hepático y no tiene en cuenta el encapsu-

lamiento vascular ni las metástasis a distancia. Por el contrario, la siguiente clasificación más utilizada es la de Blumgart-Jarnagin del Memorial Sloan Kettering Cancer Center (MSKCC), que añade la reseabilidad radial a la longitudinal en función de la expansión en el árbol hiliar y la afectación vascular, y fue validada internamente para predecir la reseabilidad, supervivencia y probabilidad de metástasis. La tercera más utilizada es la clasificación clásica de tumor, ganglio linfático y metástasis (TNM) para predecir el pronóstico que se basa en resultados de la resección por lo que no es aplicable a pacientes con enfermedad irresecable o de manera preoperatoria^{105,107,108}.

Las pruebas de imagen como la TC son útiles para determinar la invasión del parénquima hepático, ligamento hepatoduodenal, ganglios linfáticos y metástasis, además del lóbulo hepático que está afectado en mayor medida. Su capacidad de diagnóstico es limitada en cuanto a diagnosticar la extensión del tumor a lo largo de la vía biliar. Mediante la colangiografía directa se puede hacer esta evaluación, valorando la extensión tumoral que afecta al hilio hepático¹⁰⁹.

Los drenajes biliares percutáneos asociados con la evaluación y estadificación radiológica adecuada, tras realizar TC y/o RM, ayudan a evaluar la reseabilidad del tumor. La puesta y control del drenaje es muy importante ya que se asocia con una mayor supervivencia¹⁰¹.

Todas las imágenes radiológicas obtenidas antes de la intervención quirúrgica pueden servir de apoyo y facilitar la planificación preoperatoria dando idea de un estadiaje inicial, aunque es cierto que será durante la resección en el quirófano cuando se conozca y se decida la reseabilidad del tumor¹¹⁰.

1.2. Anatomía del Hígado

El hígado es un órgano sólido, multifuncional y con una fisiología compleja. Tiene diversas funciones como son la metabólica, secretora, excretora y vascular. Su peso varía entre 1200-1400 gramos en la mujer y 1400-1800 gramos en el hombre lo que equivale alrededor del 2% del peso de una persona adulta³⁸. Se encuentra sostenido en la pared abdominal mediante elementos de fijación como son los ligamentos¹¹¹⁻¹¹³.

Su irrigación depende en un 75% de la vena porta y en el 25% restante, de la arteria hepática; sin embargo, existen variantes frecuentes¹. Debido a la variabilidad de la anatomía hepática es imprescindible comprender estas variaciones anatómicas, de manera individualizada, a la hora de realizar las resecciones hepáticas, sobre todo cuando es necesario conservar la mayor parte del parénquima. El dominio de la anatomía del hígado contribuye a realizar la resección con un menor riesgo de sangrado, preservación del parénquima y un resultado oncológico óptimo¹¹⁴.

1.2.1. Segmentación Hepática

El trabajo del anatomista Sir James Cantlie proporcionó la primera división precisa entre el hígado derecho e izquierdo en 1897. Esta línea media anatómica la conocemos como línea de Cantlie, y conecta el fondo de la vesícula biliar con el centro de la VCI. También observó que el potencial de hipertrofia de la mitad del hígado cuando la otra mitad se ve privada de abastecimiento de sangre podría utilizarse a favor de la resección hepática^{115,116}.

Años más tarde en 1957, Couinaud incorpora el concepto de la segmentación portal o glissoniana basada en la distribución en el interior del hígado de los pedículos portales (derecho e izquierdo) y de las venas suprahepáticas. Así pues, el hígado se divide en ocho segmentos hepáticos que funcionan de manera independiente¹. El hemihígado derecho comprende los segmentos del 5 al 8, y el hemihígado izquierdo cuenta con los segmentos del 2 al 4. El lóbulo caudado o lóbulo de Spiegel denominado segmento 1 se encuentra localizado en la zona posterior¹¹⁷⁻¹¹⁹.

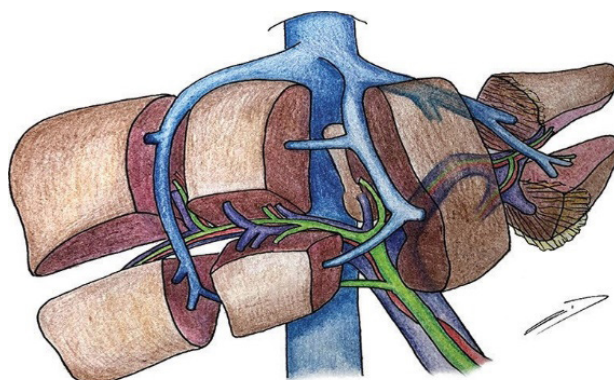


Figura 4. Representación de los distintos segmentos hepáticos. López-López et al.¹¹⁹.

En el año 2000 se creó la clasificación de Brisbane por parte del Comité Científico de la Asociación Internacional Hepatobilio-Pancreática, con el fin de evitar la confusión terminológica establecida entre los términos franceses y anglosajones y se actualizó esta descripción a una terminología común para los distintos países.

Basado en esta clasificación, se puede dividir el hígado en 4 secciones: anterior derecha (segmentos 5 y 8), sección posterior derecha (segmentos 6 y 7), sección medial izquierda (segmento 4a y 4b) y sección lateral izquierda (segmentos 2 y 3)¹¹².

La terminología utilizada para describir los distintos tipos de resecciones hepáticas sigue la clasificación de Brisbane 2000 (tabla1):

Término anatómico	Segmentos de Couinaud	Resección quirúrgica
Hígado izquierdo o hemihígado izquierdo	Segmento 2-4	Hepatectomía izquierda o hemihepatectomía
Hígado derecho o hemihígado derecho	Segmentos 5-8	Hepatectomía derecha o hemihepatectomía
Sección anterior derecha	Segmentos 5-8	Seccionectomía anterior derecha
Sección posterior derecha	Segmentos 6-7	Seccionectomía posterior derecha
Sección medial izquierda	Segmento 4	Seccionectomía medial izquierda
Sección lateral izquierda	Segmento 2-3	Seccionectomía lateral izquierda
Segmentos 1-8	Cualquier segmento	Segmentectomía (ej. Segmentectomía 6)
Dos segmentos contiguos	Cualquier segmento contiguo	Bisegmentectomía (ej. Bisegmentectomía 5,6)
	Segmentos 4-8	Triseccionectomía derecha o Hepatectomía derecha extendida o Hemihepatectomía derecha extendida.
	Segmentos 2,3,4,5,8	Triseccionectomía izquierda o Hepatectomía izquierda extendida o Hemihepatectomía izquierda extendida.

Tabla 1. Clasificación Brisbane. López- López et al.¹¹⁹.

En Tokio 2020 se abordaron mejoras de esta clasificación en cuanto a cómo identificar los bordes segmentarios y las resecciones de menos de un segmento hepático, que estaban poco definidas hasta ahora. Se añaden 5 recomendaciones y 7 nuevas definiciones de la anatomía segmentaria del hígado¹²⁰.

Basándonos en estos conocimientos anatómicos, se puede reseccionar cada segmento de forma independiente ya que poseen una vascularización autónoma a través de una rama portal y arterial, además de mantener su drenaje biliar. Por otro lado, su drenaje venoso se dirige hacia las venas suprahepáticas. Estas tres estructuras están rodeadas por una vaina de tejido conectivo que es prolongación de la cápsula de Glisson, de ahí la denominación de pedículo glissoniano¹. Así cuando los pedículos glissonianos se ligan antes de realizar la resección, se pueden realizar una resección hepática anatómica evitando dejar zonas isquémicas¹¹⁷.

Durante el desarrollo de la cirugía hepática se han ido describiendo distintas maneras de abordar los pedículos vasculares aferentes a la hora de realizar una hepatectomía derecha o izquierda. En el propuesto por Lortat-Jacob, abordaje intrafascial o intraglissonianos, se realiza la disección de los elementos pediculares por separado y posteriormente se procede a la transección. Bismuth y Couinaud indicaron que el abordaje intrafascial presenta el riesgo de lesionar los vasos y las vías biliares del hígado remanente si no se identifican las posibles variaciones anatómicas^{121,122}.

El propuesto por Ton That Tung¹²³ y Tien Yu Lin¹²⁴, consiste en un abordaje extrafascial transfisural realizando toda la transección parenquimatosa antes de seccionar el pedículo correspondiente. Por último, el abordaje extraglissonianos descrito por Takasaki¹²⁵ y Couinaud¹¹⁶ consiste en controlar el pedículo correspondiente y posteriormente realizar la resección parenquimatosa.

El pedículo portal derecho se bifurca en una rama anterior y otra posterior y cada una de ellas, a su vez, se bifurca en una rama superior (segmentos 7 y 8) y otra inferior (segmentos 5 y 6). El pedículo izquierdo se divide en tres ramas: una posterior para el segmento 2 y dos anteriores para los segmentos 3 y 4¹. El segmento 1 o caudado, comprende un parénquima propio que funciona de manera autónoma y tanto su

vascularización como su drenaje venoso son distintos pudiendo recibir sangre venosa y arterial de ambos lados del hígado y realizar su drenaje por venas directas a la VCI¹²⁶. La anatomía segmentaria del hígado es importante tanto para los cirujanos como para los radiólogos ya que permite localizar con exactitud donde se encuentra la lesión antes de la intervención quirúrgica pudiendo planificar la resección hepática de una manera más controlada¹¹³.

1.2.2. Vena Porta

La vascularización del hígado está comprendida por la irrigación de la vena porta que conduce la sangre desde el tracto gastrointestinal y el bazo hacia el hígado. Está formada por la unión de la vena mesentérica superior y la esplénica. Está situada detrás de la cabeza del páncreas a nivel de la segunda vertebra lumbar. Las variaciones de la vena porta son muy parecidas a las de la arteria hepática y la vía biliar. El estudio preoperatorio de estas variantes es fundamental para disminuir la morbilidad y mortalidad asociada^{127,128}.

La vena porta distribuye sangre parcialmente oxigenada transportando la mayoría de oxígeno demandada por las células hepáticas. El resto se dispone a través de la arteria hepática que, junto con las ramas de la vía biliar, se unen a las ramas portales en la denominada tríada portal, que se encuentra rodeada de tejido conjuntivo de protección. Cada segmento hepático recibe una rama de la triada portal de manera independiente^{1,129}.

La evaluación radiológica de las anomalías del sistema venoso portal se suele realizar con ultrasonografía Doppler en color, TC y RM¹³⁰.

Las variaciones más frecuentes son las siguientes:

- Vena porta normal: 65% de los casos. Se divide en vena portal derecha y vena portal izquierda.
- Vena porta en Z: 13% de los casos. La vena porta genera una rama que corresponde a la porta derecha posterior. El tronco principal se dirige en dirección anterior dividiéndose en porta anterior y porta izquierda.

- Trifurcación portal: 9% de los casos. La vena porta se divide al mismo tiempo en porta izquierda anterior, rama portal derecha anterior (lateral) y rama portal derecha (posterior). El conocimiento de estas variaciones es muy importante tanto a nivel clínico como radiológico, sobre todo para la realización de intervenciones quirúrgicas complejas y procedimientos de radiología percutáneos, cada vez más frecuentes¹³¹.

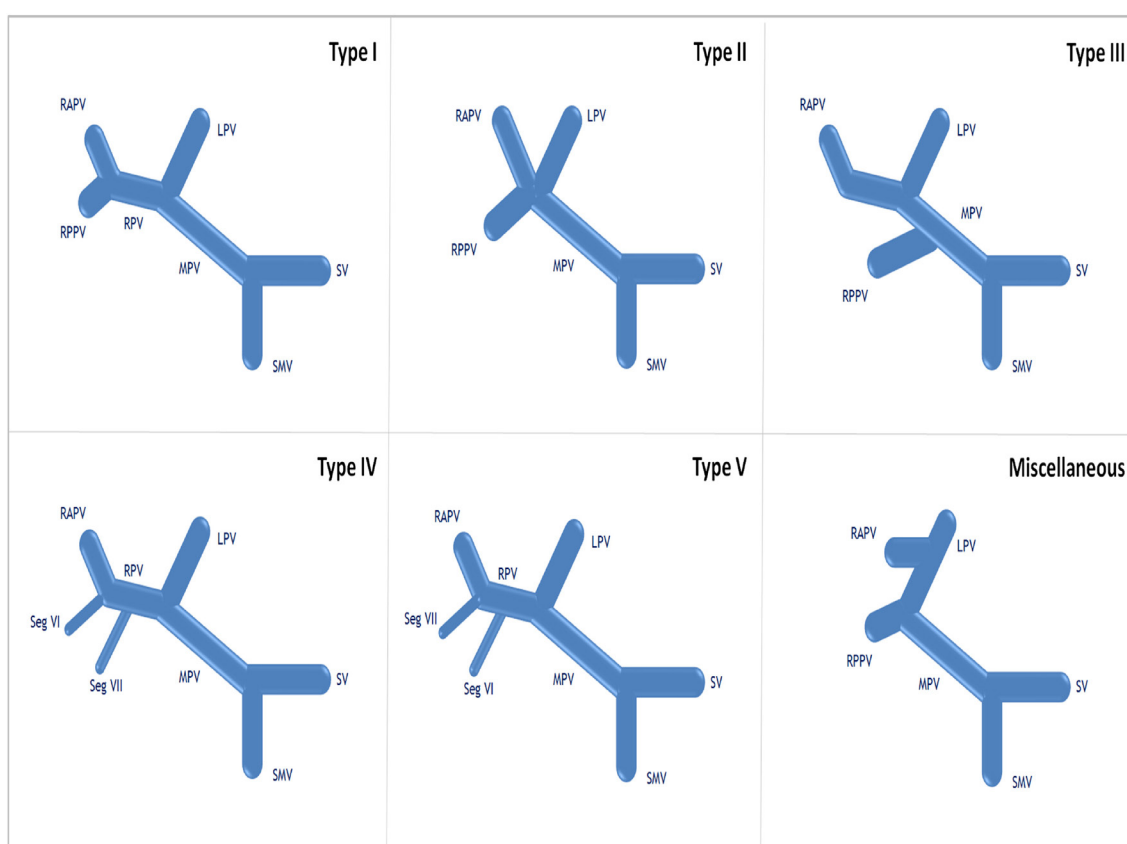


Figura 5. Diagrama lineal que muestra las variaciones de la vena porta (Tipo I–Tipo V). Vena porta izquierda, vena porta principal, vena porta anterior derecha, vena porta posterior derecha, vena porta derecha; Segmento 5, Segmento 6, Segmento 7. Vena mesentérica superior, vena esplénica. Sureka et al.¹²⁷.

1.2.3. Arteria Hepática

El conocimiento de la anatomía de la arteria hepática es imprescindible debido a sus implicaciones en la cirugía hepatobiliar y en trasplante de hígado. Tanto el ciruja-

no como el radiólogo deben conocer en profundidad estas variantes anatómicas que se producen en un 25-75% de los casos. La arteria hepática abastece el hígado de sangre arterial y es responsable de aproximadamente 25 a 30% del total del flujo de sangre que llega al hígado. Ofrece cerca del 50% del oxígeno necesario^{132,133}.

En la actualidad, se ha identificado que cerca del 40% de los pacientes presenta variantes anatómicas en la circulación hepática. El tronco celíaco se origina de la aorta abdominal, aproximadamente a nivel de vértebra T12, y tiene como ramas a la arteria gástrica izquierda (AGI), arteria esplénica y arteria hepática común (AHC). Normalmente la AHC se bifurca al atravesar el foramen omental, en la arteria gastroduodenal y la arteria hepática propia (AHP). La AHP asciende anterior a la vena porta y medial al conducto biliar común hasta que, cercano a su origen o cercano a la fisura portal principal, se divide en dos ramas: una izquierda y una derecha¹³⁴.

Michels¹³⁵ publica en 1966 su propia descripción de estas variantes con el fin de reducir el riesgo de las cirugías abdominales. Aunque observa 26 variantes posibles de la circulación hepática, enfatiza los 10 grupos básicos más frecuentes, siendo esta clasificación utilizada clásicamente para describir las variantes de la vasculatura hepática.

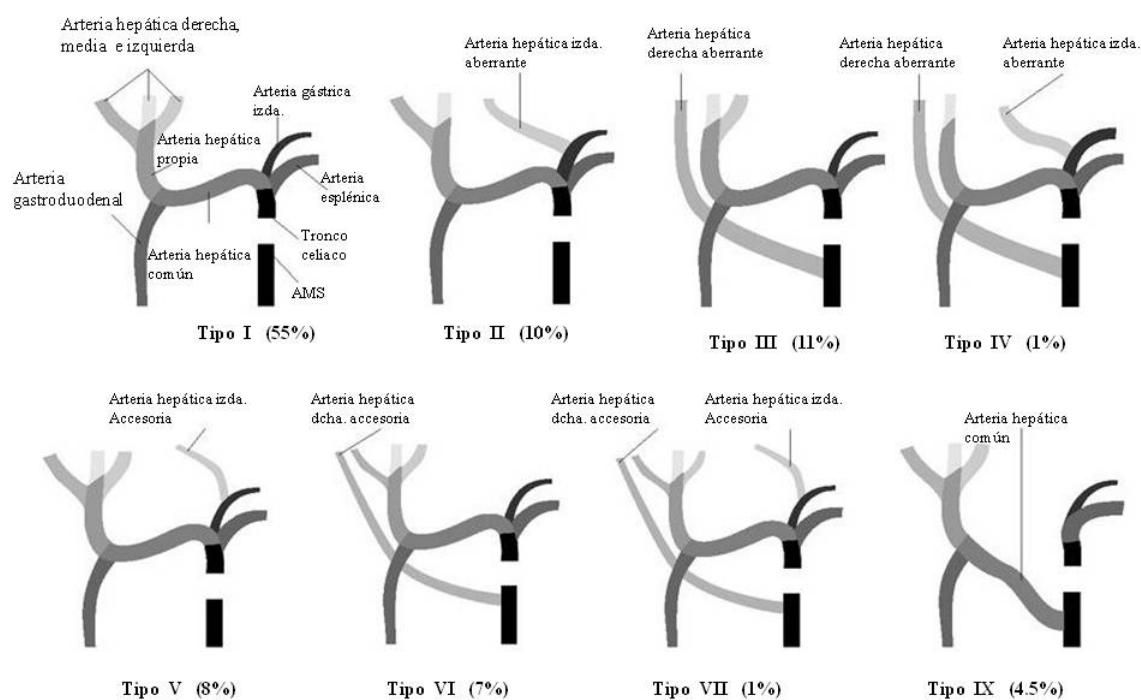


Figura 6. Representación de las variantes hepáticas según Michels. Adaptado de Radiology review manual©2007. Lippincott Williams and Wilkins¹³⁶.

Clasificación de Michels
Grupo I: AHC se origina en TC, AHP da dos ramas: izquierda y derecha.
Grupo II: AHC se origina en TC, AHP da rama derecha, arteria hepática izquierda (AHI) ectópica originada en la AGI.
Grupo III: AHC se origina en TC, AHP da rama izquierda, arteria hepática derecha (AHD) ectópica originada en la AMS.
Grupo IV: No hay AHC, AHD ectópica originada en la AMS, AHI ectópica originada en AGI.
Grupo V: AHC se origina en TC, AHP da dos ramas: izquierda y derecha, AHI accesoria originada en la AGI.
Grupo VI: AHC se origina en TC, AHP da dos ramas: izquierda y derecha, AHD accesoria originada en la AMS.
Grupo VIII: AHC se origina en TC, AHP da rama izquierda, AHI accesoria originada en la AGI, AHD ectópica originada en la AMS.
Grupo IX: AHC se origina en AMS, AHP da dos ramas: izquierda y derecha.
Grupo X: AHC se origina en AGI, AHP da dos ramas: izquierda y derecha.

Tabla 2. Clasificación de Michels¹³⁵.

Sin embargo, la clasificación de Michels no incluía todas las variantes existentes. Con el advenimiento de técnicas de imagen como la angiografía, se han descrito al menos 5 variantes no contempladas en esta clasificación.

Por otra parte, Hiatt et al.¹³⁷ realizaron su propio estudio en 1994, comparándolo con el descrito por Michels. Decidieron simplificar su clasificación agrupando ciertas variantes de la clasificación original. Esta clasificación describe seis variantes y también se conoce como clasificación de Michels modificada. Se considera la más representativa por tener la muestra más amplia.

Clasificación de Michels modificada
○ Grupo I: Grupo I de la clasificación de Michels original.
○ Grupo II: Grupo II o V de la clasificación de Michels original.
○ Grupo III: Grupo III o VI de la clasificación de Michels original.
○ Grupo IV: Grupo IV, VII u VIII de la clasificación de Michels original.
○ Grupo V: Grupo IX de la clasificación de Michels original.
○ Grupo VI: AHC se origina en la aorta, AHP da dos ramas: izquierda y derecha.

Tabla 3. Clasificación de Michels modificada¹³⁷.

Hay dos diferencias principales entre las clasificaciones de Michels y Hiatt. La primera es que Hiatt agrupa las arterias de un origen común en un mismo grupo ya sean ectópicas (dan circulación de tipo terminal a una porción del hígado) o accesorias (dan circulación colateral a una porción del hígado junto con otra rama de la AHP). La segunda diferencia es que Hiatt omite de su clasificación el grupo X de Michels, en el cual la AHC se origina de la AGI ya que no observó esta variante y agregó un grupo propio, el grupo VI que describe una AHC originada de la aorta.

En lo que respecta a la anatomía de la arteria cística, comúnmente nace de la AHD, pero también puede originarse de la AHP o ser sustituida por una AHD aberrante. A la hora de realizar una colecistectomía, es primordial levantar la vesícula biliar de la placa cística para evitar ligar la AHD, así como limpiar el triángulo hepatocístico o de Calot de todo el tejido fibroso y graso para asegurar que no dañemos ninguna estructura que entre al hígado¹³⁸. Este método de identificación del conducto cístico y arteria cística es denominado por Strasberg¹³⁹ como “visión crítica de seguridad”.

1.2.4. Venas suprahepáticas

Los vasos de drenaje venoso más relevantes del hígado son las 3 venas suprahepáticas. La suprahepática izquierda drena al segmento 2 y 3, la derecha al segmento 6

y 7 y la suprahepática media drena al 4,5,8. En cirugía el dominio de la ubicación de las venas suprahepáticas logrará minimizar la pérdida de sangre. Además, existen otras venas accesorias de drenaje alternativo que pueden servir en caso de que las venas suprahepáticas derecha o media estén comprometidas¹⁴⁰.

Las venas suprahepáticas media e izquierda en un 65-85% de los casos se unen formando un tronco común para drenar en la VCI. Por otro lado, el lóbulo caudado tiene su vascularización propia y drena directamente a la VCI por las venas caudadas^{119,141}. La proyección vertical de las venas suprahepáticas divide al hígado en cuatro secciones: posterior derecha, anterior derecha, medial izquierda y lateral izquierda. Los límites de separación de estas cuatro secciones conforman las cisuras (cisura portal derecha, sagital principal o media y cisura portal izquierda), es importante conocer estos límites a la hora de realizar la resección del parénquima hepático de una manera reglada¹.

1.2.5. Árbol Biliar

Para describir la anatomía de los conductos biliares se sigue haciendo referencia a la segmentación hepática y al sistema portal. El dominio de la anatomía biliar es imprescindible para realizar con éxito la cirugía y evitar las posibles complicaciones¹⁴².

La vía biliar es la encargada de transportar la bilis producida en el hígado hasta el tubo digestivo. La vía biliar extrahepática está formada por:

- Conducto hepático derecho
- Conducto hepático izquierdo (más largo)
- Conducto hepático común
- Vesícula, reservorio de bilis (segmento 4b-5)
- Conducto cístico, drenaje de la vesícula biliar.
- Colédoco.

Consta de una porción intrahepática formada por los canalículos segmentarios que se dividen procedentes de los conductos hepático derecho e izquierdo. El derecho se ramifica en el conducto hepático posterior derecho, drenando los segmentos posteriores 6 y 7 y el conducto hepático anterior derecho, drenando los segmentos 5 y 8. El izquierdo drena los segmentos 2-4. El lóbulo caudado suele drenar en el origen tanto del izquierdo como el derecho¹⁴³.

La vía biliar accesoria comprende la vesícula biliar y el conducto cístico. La vesícula está formada por tres porciones denominadas cuello o bolsa de Hartmann, cuerpo y fondo. Mide entre 7-10 cm de largo y almacena hasta 60 ml de bilis. El conducto cístico puede medir entre 0,5 a 4 cm de longitud y desemboca en el borde derecho del conducto hepático común en condiciones normales, aunque en algunas variantes anatómicas puede confluir tanto en el lado izquierdo como en su parte posterior. Como hemos comentado anteriormente, el conducto cístico que proviene de la vesícula biliar al unirse al conducto hepático común da lugar al colédoco en el cual va a desembocar la bilis en la segunda porción duodenal. La vía biliar principal suele medir de 8 a 10 cm con un calibre entre 4-10 mm y se divide en 4 partes que son: supraduodenal, retroduodenal, retropancreática y la intramural o transparietoduodenal donde se encuentra el esfínter de Oddi. La irrigación de la vía biliar extrahepática principal en su tercio superior proviene de la AHD y en sus dos tercios inferiores de la rama de la arteria gastroduodenal¹⁴².

La vía biliar principal se encuentra ubicada por delante de la vena porta y a la derecha de la arteria hepática. La VCI se encuentra retroperitoneal detrás de la vena porta y entre ambos vasos se forma un espacio virtual denominado hiato de Winslow¹⁴⁴. En un reciente metaanálisis, basado en 12.684 pacientes, se demostraron unas frecuencias estimadas del tipo 1 del 65,7%, tipo 2 del 14,2%, tipo 3 del 12,2%, tipo 4 del 6,3% y “otros” del 1,6%. Veintiún estudios (8.204 pacientes) informaron sobre un tipo 5, para el que el metaanálisis mostró una proporción del 0,6%¹⁴⁵.

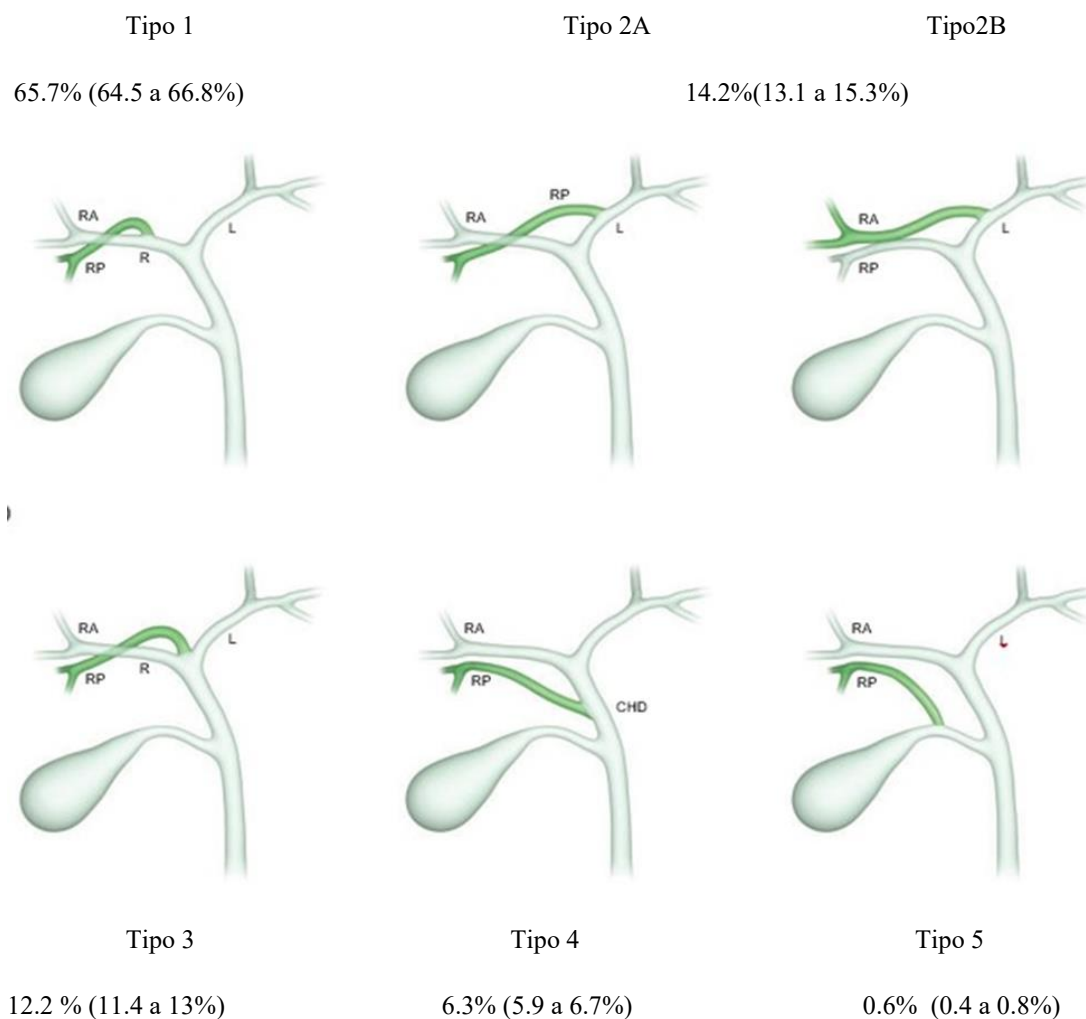


Figura 7. Sistema de clasificación basado en la prevalencia de las variantes anatómicas biliares. Los valores entre paréntesis son intervalos de confianza del 95%. Los porcentajes denotan las proporciones estimadas en el metaanálisis principal. RA: anterior derecho; RP: posterior derecho; R: conducto hepático derecho; L: conducto hepático izquierdo; CHD: conducto hepático común¹⁴⁵.

1.3. Aplicabilidad de la nueva generación de modelado 3D en cirugía

1.3.1. Impresión 3D

Uno de los grandes avances en sanidad que contribuye tanto a la seguridad como a la planificación quirúrgica es la impresión en 3D. Esta tecnología consta de una serie de procesos en cadena que proporcionan una impresión de piezas seleccionadas mediante materiales y componentes variados. A través de ella, se ayuda a crear modelos anatómicos en 3D para la planificación de los procedimientos quirúrgicos, distinguiendo las distintas cualidades anatómicas más complejas¹⁴⁶.

La impresión 3D muestra una evolución creciente aportando al mundo sanitario un avance en la investigación¹⁴⁷. Tanto la impresión como la imagen 3D, pueden ser una ayuda considerable en los casos de zonas anatómicas dificultosas que se reconocen a través de las imágenes radiológicas y necesitan de la elaboración de una estrategia precisa en el preoperatorio. De este modo pueden eludirse las posibles complicaciones a priori, minorizando riesgos durante la intervención¹⁴⁶.

Los modelos anatómicos artificiales buscan la precisión de la morfología de la pieza que se quiere reproducir, ayudando a mejorar la manera de estudiar y comprender la anatomía seleccionada. Por ello su utilidad debe evaluarse de manera minuciosa, siendo capaces de traducir y comprender la información que proporciona¹⁴⁸. Además, la enseñanza con estos recursos 3D encuentra un apoyo en la comprensión de la anatomía que permite percibir las distintas partes de una manera más realista favoreciendo así la obtención de mejores resultados al aplicarlo en cirugía¹⁴⁹.

Los primeros modelos 3D anatómicos se remontan al siglo XVIII, creados con cera de abejas, donde médicos conocedores de la anatomía construían precisas esculturas a mano, conocidas como “*Ceras anatómicas*”¹⁵⁰. Estos primeros modelos anatómicos explicaban la evolución y características de la especie humana con el fin de transmitir ese saber a estudiantes confiando en el humanismo científico, donde el pensamiento iba enfocado a mejorar la humanidad respetando tanto la naturaleza como al ser humano mediante el respeto y la divulgación del conocimiento¹⁴⁷.

En 1981, Hideo Kodama¹⁵¹ consiguió desarrollar un modelo en 3D de plástico con un polímero líquido foto endurecedor. En la pieza podía visualizarse las estructuras internas debido a la transparencia del material y la complejidad del modelo dependía del número de capas transversales elaboradas y su exposición a los rayos ultravioletas.

Unos años más tarde, Hull¹⁵² inventa la primera impresora 3D comercial por estereolitografía. A través de láminas transversales de un material tratado por rayos ultravioletas, dirigiendo el diseño mediante ordenador, permitía modificar o añadir lo necesario dando las instrucciones directamente de forma ágil, precisa y fiable. A partir de ese momento, se fueron creando distintos modelos y mejorando su reproducción.

Desde los años 80, la impresión 3D ha ido adquiriendo un papel más relevante con el avance de las tecnologías y su precisión, de esta manera se ha hecho un hueco en la aplicabilidad en el ámbito sanitario. A nivel de planificación quirúrgica, los beneficios de su uso están indicados tanto para la comprensión del paciente, como para el personal que participa en la intervención, desde una visión multidisciplinar. Actualmente, las tecnologías aplicadas a la cirugía son una tendencia en auge. Gracias a ello es posible contar con avances importantes para mejorar la calidad de la atención sanitaria, mejorando tanto la atención al paciente como proporcionando una mejora de las técnicas aplicadas por parte de los profesionales sanitarios¹⁵³.

1.3.2. Uso de la modelización 3D en la planificación quirúrgica general

Hoy en día las pruebas de imagen como la TC y la RM son las fuentes de imágenes imprescindibles para el estudio preoperatorio, junto con la ecografía intraoperatoria. En los últimos años, se ha incorporado a la planificación quirúrgica el uso de la modelización 3D como complemento de las imágenes obtenidas, permitiendo visualizar las lesiones en el órgano afectado con mayor claridad y así conseguir reducir el riesgo y las complicaciones derivadas de la intervención. A través de estos avances se han creado modelos personalizados para la localización anatomopatológica, aumentando la comprensión y permitiendo una planificación quirúrgica precisa. Ello ha conseguido que se puedan llevar a cabo las intervenciones de una manera exitosa además de reducir los efectos indeseados asociados a este tipo de cirugías tan complejas¹⁵². Tanto es así que la sociedad radiológica de América del Norte, a través de la creación de un grupo especial con interés en impresión 3D confirmó su valor en modelos anatómicos abdominales tanto hepatobiliares como gastrointestinales, creando un documento que sirve de guía para los estándares clínicos de impresión tridimensional¹⁵⁴.

Se ha observado a través de diversos estudios como la elaboración de la estrategia quirúrgica en 3D facilita la planificación de la cirugía hepática para los cirujanos, residentes y estudiantes, tanto aumentando la precisión a la hora de localizar el tumor como la comprensión de la anatomía^{155,156}.

Es importante destacar como en distintas ramas de la cirugía maxilofacial, urología, trasplantes, traumatología o neurocirugía la planificación quirúrgica individualizada es una realidad al alcance de los pacientes¹⁵⁷. Así, la experiencia con la impresión 3D en el ámbito de la urología ha demostrado beneficios tanto para cirujanos, residentes como a pacientes, siendo útil para la planificación quirúrgica, educación y la formación relacionada, así como la información individualizada^{157,158}.

La aplicación de la impresión 3D aplicada a la cirugía de reconstrucción de mama resulta eficaz a la hora de su planificación consiguiendo encontrar beneficios tanto en reducción del tiempo operatorio como en el análisis volumétrico de la mama permitiendo una mejor simetría y por tanto mejores resultados estéticos^{159,160}.

Por otro lado, debido a la complejidad anatómica de las intervenciones de cáncer de recto, la reproducción de la anatomía pélvica en 3D puede aportar una imagen preoperatoria del campo quirúrgico que facilita la comprensión y la planificación de la intervención de una manera más sencilla, incluso para suministrar información al paciente. En cirugía colorrectal la tecnología 3D encuentra beneficios en cuanto a la educación del paciente relacionado con la creación del estoma, la planificación preoperatoria y sirve de ayuda para la resección de las MH secundarias facilitando su localización. También se ha utilizado en variaciones anatómicas de las estructuras vasculares lo que ha permitido resolver con éxito la intervención sin sangrado, gracias a la planificación preoperatoria. Aun así, se necesitan más estudios que confirmen su aplicabilidad y rentabilidad en el campo de la cirugía rectal^{161,162}.

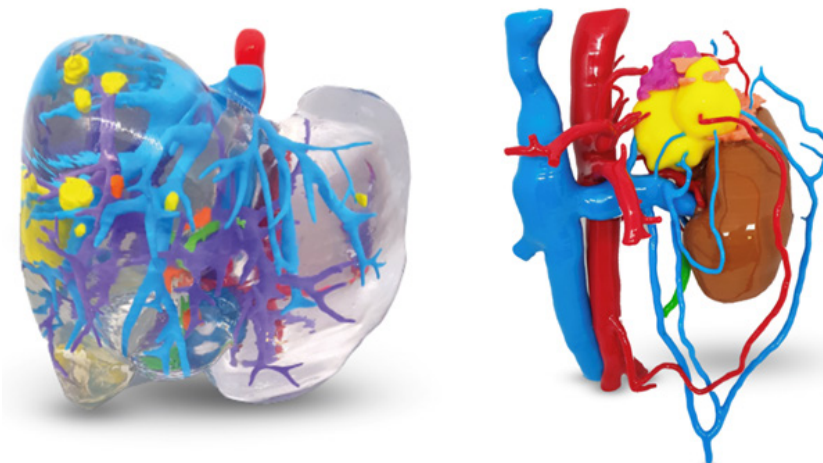


Imagen 3A. Modelos 3DP para distintos tipos de cirugías.

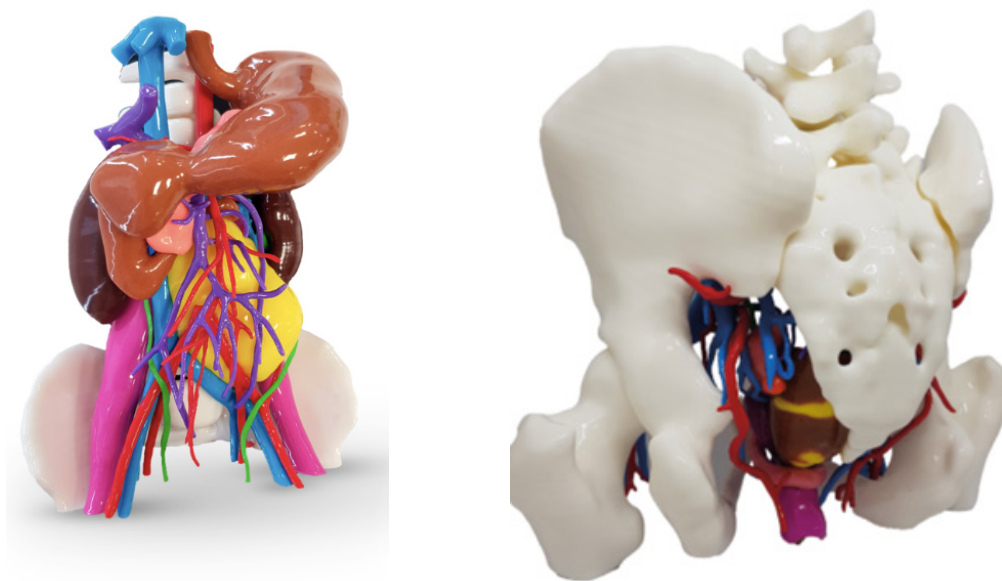


Imagen 3B. Ejemplos de modelos 3DP para distintos tipos de cirugías.

Igualmente se ha descrito su utilidad en traumatología donde el uso de la impresión 3D se puede utilizar tanto para planificación de cirugías complejas, así como para creación de implantes. Con su uso, se descubre un medio de gran utilidad para representar con precisión la anatomía quirúrgica, aportando una capacidad de diseño personalizada con implantes y prótesis únicas ajustadas para cada paciente^{163,164}. Por ejemplo, en las intervenciones de fractura de meseta tibial, tanto reducción abierta como fijación interna, la aplicación de esta tecnología obtuvo resultados prometedores, reduciendo tiempo de operación más cortos, menor pérdida hemática y tiempo de consolidación más rápido para los pacientes. La impresión 3D es una modalidad valiosa con gran aplicación clínica también en cirugía de fractura de cadera, permitiendo una visualización de las anomalías morfológicas de una manera óptima, tiempo más corto, menos sangrado y menos complicaciones^{165,166}.

Un estudio acerca del uso del 3DP en otorrinolaringología, concluyó que la impresión 3D es una herramienta tecnológica novedosa que aporta mejoras tanto en la planificación como en el entrenamiento quirúrgico. Las distintas localizaciones de las lesiones en base de cráneo y zona de los senos nasales, hacen que sea dificultosa su extirpación. A través del uso de los 3DP se puede conseguir llegar a zonas de difícil acceso

y gran complejidad, permitiendo aumentar la seguridad del paciente y el entendimiento del personal implicado¹⁶⁷.

En cirugía cardíaca también encontramos aplicabilidad del 3D a la hora de planificar, visualizar la anatomía intracardiaca y extracardiaca, así como detectar anomalías con anterioridad a la intervención quirúrgica, siendo muy útil como herramienta auxiliar en casos complejos además de servir como formación para cirujanos cardiovasculares, residentes y estudiantes¹⁶⁸⁻¹⁷⁰.

También se ha estudiado su uso en el campo de la neurocirugía donde se desarrolló un método para validar su uso en varios pacientes con aneurismas cerebrales. Se observó que las réplicas en 3D lograban una gran precisión entre los modelos anatómicos creados y la anatomía del paciente¹⁷¹. La patología de la columna es la especialidad de la neurocirugía donde más se aplica la reconstrucción 3D, tanto para la planificación quirúrgica como para la simulación de enfermedades complejas. Su aplicación logra beneficios a la hora de seguir una trayectoria óptima del implante de tornillos, la información al detalle de la anatomía y la medición geométrica de los grados de deformidad para establecer la meta quirúrgica adecuada. El modelo en 3D es una herramienta útil en este campo y sigue estudiándose su uso en distintas enfermedades cerebrales, con el fin de confirmar su utilidad clínica y facilitar el éxito de las intervenciones¹⁷².

Por ello, hay que destacar que los modelos 3D empleados para planificar cirugías, son una herramienta fiable que en la actualidad puede complementar de manera adicional otros medios de diagnóstico, influenciando positivamente en las habilidades de los profesionales sanitarios¹⁴⁷. Como consecuencia, en el campo médico, el escaneo 3D ayuda a resolver la complejidad de muchas intervenciones, aportando un aumento de la calidad en la asistencia de un número considerable de especialidades distintas^{173,174}.

1.3.3. Beneficios de la formación quirúrgica mediante el modelo anatómico en 3D

A nivel de formación, esta nueva herramienta permite a cirujanos, enfermeras y resto de personal implicado en cada uno de los distintos pacientes, comprender la anatomía

de una manera más clara y rápida al ser una realidad tangible¹⁷². En la rama docente, los estudiantes de ciencias de la salud están más involucrados, ya que cuentan con un aliado para la mejor comprensión de la anatomía de una manera realista, exacta y eficaz¹⁴⁸.

La modelización 3D se considera un método útil de enseñanza que muestra una evolución creciente aportando al mundo sanitario un avance en la investigación en bioimpresión como complemento al resto de imágenes aportadas en 2D hasta el momento^{155,175,176}. Los modelos de simulación 3D se han vuelto un instrumento de aprendizaje integral incluso para trasplante renal con el que los residentes de cirugía desarrollan sus habilidades aumentando su satisfacción y considerando el modelo como una herramienta útil para el aprendizaje quirúrgico¹⁷⁷.

Un estudio sobre los beneficios docentes del 3D en traumatología, concluyó que tanto cirujanos como estudiantes y pacientes, estaban de acuerdo en que el uso del 3DP les aportaba una claridad en la comprensión de la patología y el tratamiento. Además de mejorar el plan quirúrgico, aporta al paciente su participación en la toma de decisiones al comprender mejor el tratamiento¹⁷⁸. Por otro lado, un estudio para valorar la comprensión de los pacientes afectados por un tumor renal mediante el modelo 3D personalizado, tanto de su enfermedad como de la cirugía necesaria, observó como los pacientes calificaron su experiencia con gran aceptación y encontraron mejor calidad en la atención relacionada con su cirujano¹⁵⁷. En la especialidad de neurocirugía se ha utilizado el 3DP para entrenar a cirujanos residentes ante casos complejos, encontrando una gran ayuda a través de la figura impresa consiguiendo mejorar su técnica y habilidades en condiciones seguras¹⁷⁹.

Pietrabissa et al.¹⁸⁰, en una revisión acerca de la utilidad en cirugía general de estos modelos anatómicos individuales generados en 3D, a través de las imágenes obtenidas mediante pruebas de imagen, describe el papel complementario formativo de los modelos 3D aportando beneficios:

- Seleccionando la mejor estrategia a seguir.
- Educación y entrenamiento para residentes y cirujanos jóvenes mejorando la comprensión.

- Simulación pudiendo practicar previamente suturas o anastomosis.
- Mayor comprensión anatómica.

1.3.4. Utilidad de la nueva generación de modelado 3D en la cirugía hepatobiliar

Como ya se ha visto anteriormente, con el desarrollo de la cirugía hepática de alta complejidad cada vez es mayor el número de procedimientos quirúrgicos con gran dificultad que se llevan a cabo, bien por la ubicación del tumor como por el número de estructuras afectadas. El uso de modelos 3D específicos para cada paciente se ha vuelto ampliamente aceptado por sus beneficios aportados tanto a nivel de planificación, comprensión anatómica como aumento de la seguridad a la hora de llevar a cabo la intervención quirúrgica. Por ejemplo, en pacientes con función hepática comprometida donde es importante garantizar el volumen hepático suficiente, así como en trasplante de hígado de donante vivo donde también resulta de utilidad la posibilidad de visualizar el órgano del donante previamente en tiempo real^{181,182}.

La variabilidad anatómica de las distintas estructuras del hígado hace que la planificación de la resección hepática de manera individualizada sea de gran importancia, de manera que se pueda conocer la ubicación del tumor en relación con las distintas estructuras vasculares, biliares e incluso el FRH disponible una vez sea realizada la cirugía¹⁸³⁻¹⁸⁵. La planificación quirúrgica por parte del equipo quirúrgico puede ser más complicada si se basa en imágenes en 2D, como son las que se obtienen por TC o RM, ya que se debe interpretar mediante su habilidad, experiencia y localización espacial cual es la zona de resección que se debe llevar a cabo. Se ha demostrado que a través de la imagen en 3D se encuentran beneficios para los cirujanos hepatobiliares pudiendo anticiparse a los posibles problemas técnicos a la hora de hacer resecciones complejas y planos poco convencionales^{155,186}. Con ello, se ayuda a elegir de manera certera la zona de resección adecuada, disminuyendo, por ejemplo, el riesgo de IHP, haciendo una resección más precisa y reduciendo la morbilidad quirúrgica^{154, 187}.

Se ha observado como al comparar los modelos creados para una determinada cirugía, con la resección realizada en el quirófano, se confirma que el parecido es homo-

géneo entre ambas cosas. También lo encontramos para la comparativa entre el tamaño del hígado de un donante vivo y la modelización 3D creada, siendo muy preciso tanto en su superficie como en las estructuras vasculares de la pieza¹⁸⁷. En dos revisiones sistemáticas a cerca del uso del 3D en cirugía hepática, se destaca el beneficio y la eficacia del modelo 3D como herramienta útil para la planificación. Especialmente, muestra con claridad las estructuras anatómicas del hígado, así como las características particulares de las lesiones. Todo ello permite localizar con mayor exactitud las distintas ramificaciones portales y hepáticas en relación con el tumor y estimar la resección a realizar, contando con el volumen necesario para evitar la IHP^{153,188}.

A nivel de las estructuras vasculares, las imágenes en 3D se consideran especialmente útiles para determinar la anatomía de los vasos pequeños, dado que las imágenes 2D por sí solas no representan muchas veces de una manera clara las ramificaciones de arterias hepáticas. En cirugías como la del pCCA, la planificación preoperatoria de la distribución de las estructuras vasculares es fundamental y puede tener consecuencias en la toma de decisiones sobre los procedimientos quirúrgicos. En relación con la anatomía del árbol biliar, mediante estas imágenes se pueden indicar divisiones del conducto biliar en el plano de corte y el segmento que se asigna a cada conducto, lo que proporciona a los cirujanos más información sobre la vía biliar¹⁸⁶.

La modelización 3D de última generación aplicada a los conductos biliares reproduce la anatomía de las estructuras del tracto biliar con alta precisión dimensional. El impacto de la planificación quirúrgica con el modelo 3D personalizado, aplicado al pCCA puede resultar de gran utilidad. Además de ayudar a disminuir el tiempo quirúrgico y la pérdida hemática, también reconoce con precisión los conductos de la vía biliar y de las estructuras vasculares cercanas al tumor. Es esencial determinar la relación anatómica del tumor respecto de los vasos circundantes ya que, la experiencia intraoperatoria determina la dificultad de resecar con márgenes suficientes el tumor al ser estas estructuras diferentes, encontrándose en ocasiones variaciones anatómicas de un paciente a otro¹⁸⁹. Aun así, por las características de las ramificaciones del árbol biliar, es necesario más investigación con el objetivo de alcanzar una mayor precisión en su descripción¹⁹⁰.

Con los avances en la técnica radiológica, las imágenes 3D precisas y realistas, facilitan la comprensión de estructuras anatómicas complejas en el hilio hepático. Desde el punto de vista quirúrgico, la longitud del conducto biliar extrahepático resecable está determinado por los límites de resección ductal¹⁰⁷.

Diversos autores reflejan la aplicabilidad del modelo de 3D en cirugía hepática para resecar un pCCA, donde se resalta la posibilidad de observar las estructuras vasculares implicadas en el tumor de una manera clara. Todo ello permite un estudio preoperatorio “a medida” y posteriormente aplicarlo durante la intervención de manera individualizada, minimizando las posibles complicaciones. Por ello, es importante proceder a la implementación de la modelización 3D en cirugía hepática ya que, a pesar de su coste y el tiempo necesario para su fabricación, aportan un gran apoyo en el campo quirúrgico, por lo que se espera un aumento de su uso exponencialmente en los próximos años¹⁹¹⁻¹⁹³.

Además de utilizar la impresión 3D, se ha comenzado a desarrollar la realidad aumentada en cirugía hepatobiliar con el fin de mejorar las complicaciones operatorias y disminuir los riesgos. Las imágenes se superponen con el campo quirúrgico para la planificación preoperatoria y navegación asistida. De tal manera que con ello puede observarse de manera intraoperatoria distintos ángulos y profundidades del tumor. Esta tecnología está en fase de desarrollo, pero en los próximos años irá mejorando y estará cada vez más presente en nuestros quirófanos¹⁹².

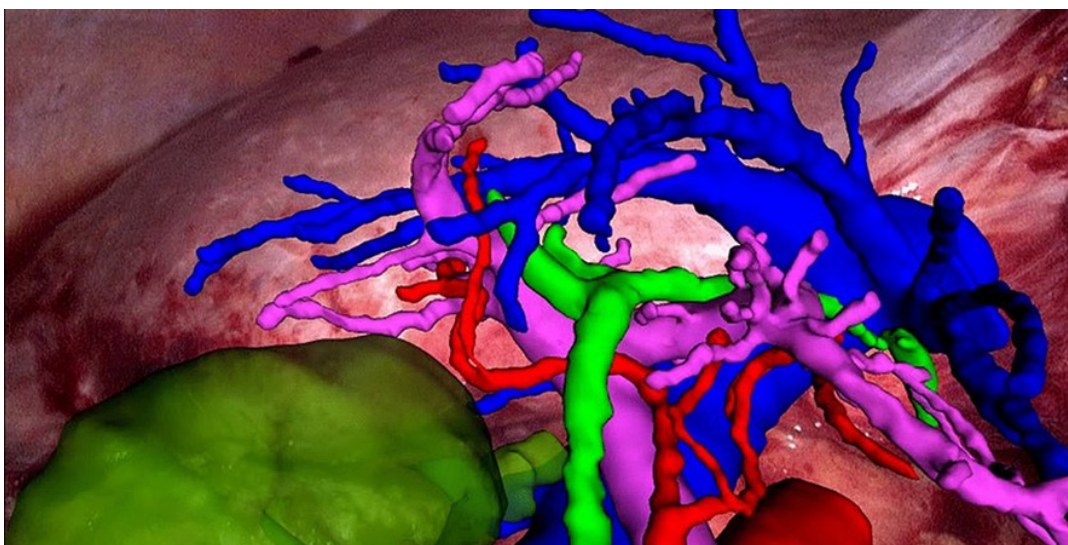


Imagen 4. Prototipo de realidad aumentada en cirugía hepática. Schneider C. et al.¹⁹⁴.

También ha mostrado su eficacia para la resección de pequeños tumores hepáticos, por su dificultad de visualización en el campo quirúrgico. A través de las imágenes proporcionadas por la TC, al ser imagen en 2D, las proporciones pueden ser interpretadas de forma distinta en función de quien realice la técnica. Con la modelización de nueva generación y la impresión del hígado en 3D la relación espacial del tumor con las estructuras es más realista y minuciosa. Así, gracias a la utilización de esta tecnología, la resección de tumores que no se visualizaban ni palpaban en el campo quirúrgico, incluso inapreciables en la imagen de la ecografía intraoperatoria, pudieron extirparse con éxito¹⁹⁵.

Al comparar las imágenes en 2D con imágenes en 3D en cirugías hepáticas complejas, se demuestra la utilidad de esta última para la resección de planos con gran dificultad y no convencionales, sobre todo en tumores con localización central. Con esta comparativa, también se observa un aumento de la precisión de la anatomía vascular intrahepática y en el cálculo del VHR. El 3D proporciona información de las funciones anatómicas no disponibles convencionalmente que se puede extrapolar con éxito a la realidad durante la intervención quirúrgica¹⁹⁶.

La medicina digital está ganando aceptación al combinarse junto a la tecnología informática durante los últimos años. Los modelos de reconstrucción 3D muestran visiblemente todas las estructuras, como el conducto biliar, el parénquima hepático, la arteria hepática, la vena hepática, y la vena porta, junto con el tamaño, forma, número y ubicación de los tumores. Además, las piezas creadas pueden amplificarse y rotarse permitiendo interpretar las estructuras desde diferentes ángulos y niveles¹⁹⁷.

En conclusión, los equipos quirúrgicos centrados en cirugía hepatobiliar encuentran mayor confianza con el uso del modelo 3D para la localización de las diferentes estructuras intrahepática, extrahepática, segmentos hepáticos y extensión específica del tumor. Igualmente se distingue su aplicabilidad en la docencia para estudiantes y residentes, así como su utilidad en la información transmitida a los pacientes¹⁹⁸.

1.4. Integración de la enfermería quirúrgica en el planteamiento multidisciplinar perioperatorio a través de la investigación, docencia y práctica clínica

En la práctica asistencial diaria, las enfermeras en quirófano son las encargadas de proporcionar un cuidado individualizado que es de gran importancia para el buen funcionamiento del quirófano, especialmente en situaciones complejas. Con el avance de la tecnología al servicio de los cuidados, es necesario estar actualizado para hacer un uso adecuado de los recursos y garantizar la mejor elección para cada procedimiento. La tecnología se ha hecho imprescindible en el mundo sanitario encontrándose en una constante evolución y es a través de estos avances como se proporciona una mejora tanto en técnicas terapéuticas como diagnósticas, con el fin último de preservar la salud de las personas¹⁹⁹.

Florence Nightingale considerada hoy como la precursora de la enfermería profesional, inició la investigación en los cuidados impulsando un cuerpo de conocimientos propios, basados en la observación de los eventos que iban sucediendo. Destacando la importancia de introducir el método científico con el que mejorar los cuidados destinados al paciente²⁰⁰.

La profesión enfermera engloba el cuidado a la persona desde una visión holística, donde humanismo y tecnología deben desarrollarse en conjunto, usando los avances de ésta como medio para mejorar la atención donde el eje central es el paciente. Esta atención se lleva a cabo a través de las diferentes funciones que pueden desarrollar las enfermeras como son: promoción de la salud y prevención de la enfermedad, docente, asistencial, gestora e investigadora²⁰¹.

Actualmente las enfermeras se encuentran ante un nuevo avance sanitario y con gran impacto, donde converge el uso de la energía y la tecnología aplicada a la atención del paciente. Todas estas actualizaciones van enfocadas al crecimiento de la comunicación y la información a la hora de crear nuevos conocimientos aplicados en los cuidados a las personas.^{202,203}

Un ejemplo lo tenemos en la historia clínica informatizada de donde se pueden extraer datos del entorno perioperatorio y analizar distintos ítems, creando iniciativas para mejorar. Es mediante estas innovaciones basadas en la aplicación de evidencias científicas como se pueden optimizar los distintos procesos, establecer prioridades, mejorar la gestión de los recursos, así como los resultados clínicos⁹⁶.

La innovación forma parte de la profesión de enfermera como parte imprescindible en su historia donde con el paso de los años ha ido evolucionando la tecnología a la hora de aplicar los cuidados. En los últimos años, la seguridad del paciente se ha implantado como pilar fundamental a la hora de aplicar las distintas técnicas, cuidados y procedimientos. Es mediante estas novedades aplicadas al campo científico como se proporciona un avance en la atención, exigiendo un cambio en el trabajo de las enfermeras y logrando una mayor especialidad y precisión²⁰⁴.

La European Federation Nursing Regulators, se ha comprometido con la necesidad de establecer unas líneas de trabajo y estándares éticos que logren garantizar a los usuarios, que las enfermeras que les atienden son lo suficientemente competentes para asumir su cuidado²⁰⁵. Es por ello, que se considera indispensable fomentar un entorno seguro en la prestación sanitaria a través de sus cualidades y especialidad, por las que se certifica una alta calidad de la atención, así como una disminución de la morbilidad²⁰⁶.

En la Unión Europea la frecuencia de eventos adversos en los pacientes ingresados se encuentra entre el 8% y el 12%, produciéndose 1 muerte por cada 100.000 habitantes al año como consecuencia de dichos eventos adversos, lo que supone alrededor de 5.000 muertes al año²⁰⁷. Se calcula que el coste ocasionado por los eventos adversos y por no hacer lo que se debería, supone un porcentaje elevado de gasto sanitario situándose como un problema de salud pública dada su trascendencia y la importancia de conseguir prevenirlos. La OMS (organización mundial de la salud) en su programa de seguridad del paciente aborda los diferentes riesgos a los que puede estar sometido un paciente en todo el mundo⁷⁰. Por ello destaca que la contribución de las enfermeras, en función de su capacidad profesional, a la asistencia sanitaria es imprescindible para

garantizar la calidad en los cuidados, mejorando los resultados y la rentabilidad de los servicios de manera global^{208,209}.

En 2004, se creó la “Alianza Mundial para la Seguridad del Paciente”. A través del lema “La cirugía segura salva vidas”, se comenzó a tratar la seguridad quirúrgica definiendo un conjunto de normas aplicables en todos los Estados miembros de la OMS. Esto consiste en la confirmación verbal de una serie de ítems acerca de la intervención, por parte del equipo quirúrgico, incluyendo tanto a las enfermeras como anestesiistas y cirujanos. Diversos estudios muestran los beneficios que aporta para el ámbito quirúrgico la implementación de este formulario en disminución de la morbilidad perioperatoria y mejora la comunicación del equipo quirúrgico fomentando el trabajo en equipo y la cultura de la seguridad²⁰⁹⁻²¹⁴.

La comunicación entre los cirujanos y las enfermeras es primordial para el buen funcionamiento de los sistemas en los que participan varias personas, pues las acciones que realicen unos condicionarán las de los demás. Especialmente, en el ámbito quirúrgico, un área con gran complejidad, donde la tensión de tener vidas en juego hace que la coordinación y comunicación del equipo sea esencial. La calidad de la relación profesional de los profesionales implicados, así como su aptitud clínica influye directamente en la calidad asistencial proporcionada y la reducción de los efectos adversos indeseados²¹⁵.

En España, el Ministerio de Sanidad a través de la guía de “Estrategia de seguridad del paciente” 2015-2020²⁰⁷, numera las recomendaciones para las diferentes áreas de atención y los profesionales sanitarios con fin de promover la cultura de una cirugía segura. Establece como objetivos específicos:

1. Promover la implantación y la utilización correcta del “Listado de Verificación de Seguridad Quirúrgica”.
2. Promover las recomendaciones de la Declaración de Helsinki de seguridad del paciente en anestesiología.
3. Impulsar la comunicación y el trabajo en equipo fomentando la formación de los profesionales del área quirúrgica en aspectos no técnicos.

4. Mejorar la comunicación entre las unidades por las que pasa el paciente desde quirófano a reanimación y la unidad de cuidados intensivos.

El Servicio Murciano de salud también cuenta con un programa nacional basado en las consideraciones de estos proyectos anteriores²¹⁶.

Con el fin de procurar la mejor atención al paciente las enfermeras se guían en sus cuidados por la evidencia científica disponible, siendo un estándar de calidad asistencial. De esta manera, garantizan que los distintos procedimientos se hagan de la manera más eficaz y segura, cumpliendo el compromiso profesional tanto ético como legal²¹⁷.

Dentro de los cuidados de enfermería, los desempeñados en el área quirúrgica se realizan por parte de un equipo multidisciplinar, donde los integrantes son profesionales de distintas categorías sanitarias como son los cirujanos, enfermeras y anestesistas entre otros. La atención en el quirófano debe centrarse en la persona de manera individual, considerando sus características y deseos e involucrándolo en su cuidado, ya que con ello aumenta el confort y se favorece directamente a una recuperación temprana²¹⁸.

El conocimiento del procedimiento quirúrgico por cada uno de los miembros del equipo, el uso de nuevas tecnologías aplicadas en este ámbito y el avance de la formación de los profesionales, aumentan la seguridad minimizando los riesgos para el paciente sometido a una intervención quirúrgica²¹⁹.

Por lo que el impacto del avance de la tecnología en el ámbito sanitario hace que las enfermeras en el quirófano necesiten conocer el desarrollo de las distintas técnicas novedosas que van apareciendo en esta área²⁰⁶. Para el equipo de enfermería quirúrgica es importante conocer las últimas tendencias en la implantación de innovaciones tecnológicas relacionadas con los cuidados perioperatorios, para adaptarse y prepararse ante las demandas de la profesión²⁰².

A lo largo de la historia de la cirugía nos encontramos con un proceso cambiante, donde estos avances forman parte de un desarrollo continuo en las técnicas y los cuidados aplicados a los pacientes. Por ello se necesitan procedimientos estandarizados que incluyan los cambios tecnológicos de una manera dinámica y segura que garantice

un control fiable de las técnicas novedosas²²⁰. Las enfermeras deben buscar la excelencia técnica al aplicar los cuidados al paciente incluyendo estas innovaciones, cuyo fin es aumentar la calidad y la seguridad de la atención^{202, 221}. Se ha demostrado como las habilidades del equipo quirúrgico influyen directamente en la calidad del trabajo desempeñado. Estar actualizado en los distintos recursos que van apareciendo, hacen que los enfermeros sean capaces de realizar con mayor precisión las distintas técnicas, disminuyendo el estrés y mejorando la satisfacción laboral, al desarrollar con confianza y de la mejor manera el cuidado proporcionado al paciente²²².

En cirugía el error técnico es el más frecuente en cuanto a efectos adversos prevenibles, este puede derivarse de un conjunto de acciones y factores que engloban todo el proceso desde el diagnóstico hasta el tratamiento, donde están involucrados los miembros del equipo multidisciplinar e interdisciplinar. Por ello es fundamental formar hacia la prevención de los errores, trabajando la comunicación entre todos y desarrollando habilidades para solucionar los problemas inesperados que puedan plantearse, permitiendo mejorar la atención y disminuyendo los futuros errores. Cada profesional que forme parte del equipo (médicos, enfermeras, residentes y auxiliares) deben adoptar la cultura de la seguridad mediante una comunicación abierta, aprendiendo de los errores y velando por los intereses del paciente²²³.

Árbol et al.²²⁴, en una revisión bibliográfica, con el fin de mostrar el estado actual de la comunicación en el ámbito quirúrgico, muestran como un déficit en este apartado puede derivar en un mayor número de errores cometidos los cuales derivan en peores resultados sanitarios. Con el fin de mejorar la comunicación se pueden adoptar medidas como:

- Evitar ruidos y distracciones.
- Realizar reuniones prequirúrgicas.
- Recogida de datos
- Equipos quirúrgicos estables.
- Mejora de habilidades a la hora de resolver los problemas
- Monitorizar la comunicación efectiva en el equipo quirúrgico

Cabe destacar como las enfermeras en ocasiones manifiestan su disconformidad en una comunicación efectiva considerando que algunos cirujanos establecen jerarquías destacando la necesidad de una comunicación por igual, sin barreras entre profesionales de diferentes disciplinas y complementándose de manera integral cada una de ellas. Así las enfermeras pueden mostrar su aportación y reconocimiento como profesión con competencias definidas²²⁵.

Los distintos miembros que conforman el equipo deben comunicarse entre ellos resolviendo con celeridad y anticipándose a los distintos problemas que vayan surgiendo durante la cirugía. Todos deben transmitir y recibir la información de una manera dinámica y sencilla, para que la comunicación se realice de una manera efectiva y se interactúe garantizando siempre la seguridad en el quirófano. Una buena relación entre cada uno de los componentes del equipo influye directamente en los buenos resultados perioperatorios²²⁶. Es por ello por lo que la incorporación de avances tecnológicos como la modelización 3D puede ayudar la comunicación en el quirófano al facilitar la comprensión de los casos quirúrgicos y de la anatomía de cada paciente. Entender mejor que tipo de patología se va a operar, cómo se va a operar y que puntos críticos tiene la misma es clave para obtener unos mejores resultados y ambiente en el quirófano^{147,179}.

Con los avances actuales en comunicación mediante las nuevas tecnologías, las enfermeras se encuentran en un proceso en el que pueden enriquecerse en este nuevo contexto social. Tanto las instituciones como los profesionales, mediante una serie de habilidades y actitudes, van a avanzar hacia el conocimiento científico y conseguir el mayor desarrollo para la profesión²⁰¹. Así pues, desde la perspectiva y experiencia de las enfermeras en el ámbito quirúrgico, establecer una comunicación eficaz entre los distintos miembros del equipo, así como la planificación de los recursos materiales, tecnologías y plan de intervención al paciente, minimiza los posibles riesgos, aumenta la seguridad y refuerza la confianza del equipo^{93,227,228}.

En consonancia, cuando las enfermeras se sienten satisfechos en su puesto de trabajo tienen mayor compromiso profesional y ello deriva en menores efectos adversos, lo que proporciona un aumento de la calidad asistencial y la seguridad para el paciente²²⁹.

II. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La cirugía hepatobiliar es el tratamiento de elección en un gran número de pacientes con patologías hepáticas los cuales son beneficiarios de someterse a una intervención quirúrgica para mejorar o restaurar su salud. El paso de los años ha permitido ampliar el número de indicaciones e incluir un mayor número de pacientes candidatos a cirugía. Esto es debido tanto a una mejora en la técnica quirúrgica, como a los avances de la tecnología relacionada con la planificación de la intervención.

La variabilidad de la anatomía hepática tanto a nivel vascular como en los conductos biliares aumenta la complejidad de la cirugía, por lo que su conocimiento es imprescindible para evitar riesgos en el quirófano. Entender la anatomía de cada paciente de manera específica, puede permitir establecer de manera preoperatoria cual es el abordaje más indicado y dónde se pueden encontrar las zonas de mayor complejidad, anticipándose así a las dificultades que puedan surgir. Es por ello por lo que una buena planificación preoperatoria es fundamental para minimizar las posibles complicaciones derivadas de la intervención quirúrgica.

Una de las herramientas que ha ido ganando importancia dentro de la planificación quirúrgica general es la modelización e impresión en 3D, a partir de la anatomía concreta de cada paciente. La nueva generación de modelización en 3D se ha desarrollado en las últimas décadas de manera exponencial permitiendo obtener los modelos impresos y digitales a partir de las imágenes obtenidas por TC y/o RM del paciente. Los beneficios de aplicar la tecnología 3D frente a otras imágenes en 2D, aporta grandes ventajas sobre todo en cirugías complejas. Así pues, se han creado órganos, prótesis, implantes o tejidos. de manera personalizada otorgando mayor entendimiento y seguridad en los entornos quirúrgicos. Como impedimento en el uso de los modelos 3D encontramos el tiempo necesario para su realización y el coste económico que supone cada modelo individualizado para cada paciente.

El uso de esta nueva tecnología 3D encuentra también su aplicación en docencia para personal sanitario, estudiantes, pacientes y equipo quirúrgico implicados en cada intervención. La aplicación del modelo 3D para explicar tanto el diagnóstico como el procedimiento que se va a llevar a cabo le facilita la comprensión al paciente de una

manera más visual favoreciendo su entendimiento. Igualmente, los estudiantes y el resto del equipo quirúrgico encuentran una nueva herramienta de apoyo para entender cada caso de manera individual. Es importante comprender el tipo de cirugía que se va a realizar con el objetivo de conseguir integrar tanto a las enfermeras, como a los residentes y estudiantes en el transcurso de la intervención y así entender la manera de actuar durante el procedimiento quirúrgico. Para las enfermeras que trabajan en el quirófano es importante establecer una comunicación en la que el mensaje se transmita de una manera clara y sencilla ya que, mediante una comunicación fluida, pueden adelantarse precozmente a posibles complicaciones que puedan surgir y solucionar los imprevistos de manera inmediata. Por ello, la comunicación efectiva entre los distintos miembros del equipo quirúrgico es fundamental para coordinar la labor de cada profesional y conseguir aportar seguridad y los mejores resultados posibles para el paciente.

Por todo ello, nos interesa conocer los beneficios que aporta el uso de esta nueva herramienta de modelización en 3D en cirugía hepatobiliar compleja, en concreto en uno de los tumores con mayor complejidad a la hora de abordarlo como es el pCCA. Con esta novedad aplicada a este tipo de cirugías, podemos aportar un mayor conocimiento con el fin de reducir las complicaciones más graves derivadas de la intervención, así como favorecer la estrategia quirúrgica a seguir planificándolo de manera preoperatoria con mayor seguridad y precisión.

- Con relación a ello nos planteamos las siguientes **hipótesis**:
 - El uso de los programas de nueva generación de modelización 3D en cirugía hepatobiliar compleja pueden reproducir de forma precisa tanto la anatomía como sus relaciones con los tumores de las imágenes obtenidas con la TC o la RM.
 - El uso de los programas de nueva generación de modelización en 3D en cirugía hepatobiliar compleja, pueden mejorar los resultados perioperatorios en estos pacientes, aportando ventajas en cuanto a planificación quirúrgica de una manera más sencilla que usando las imágenes clásicas obtenidas en 2D mediante otros métodos de radiodiagnóstico, así como la comprensión por parte de las enfermeras de quirófano y los estudiantes implicados.

- Para contrastar la hipótesis planteada se han propuesto los siguientes **objetivos**:

El **objetivo principal** del estudio es analizar si el uso de la nueva generación de modelización en 3D mejora la planificación quirúrgica en cirugía hepatobiliar compleja.

Como **objetivos específicos** se proponen los siguientes:

- Identificar las áreas donde aplicar la nueva generación de modelos en 3D es más útil dentro de la cirugía hepática.
- Certificar la precisión de los modelos impresos 3D a partir de imágenes originales en 2D.
- Validar la utilidad de la modelización 3D en la planificación quirúrgica del colangiocarcinoma perihiliar.
- Validar el uso de los modelos 3D en la enseñanza a estudiantes y pacientes.
- Validar el uso de la nueva tecnología 3D por parte de las enfermeras de quirófano especializadas, que participan en las intervenciones de cirugía hepática.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño de estudio

El diseño de investigación en el que se enmarca el presente trabajo refleja un estudio multicéntrico retrospectivo, en aquellos pacientes en los que se ha elaborado una evaluación preoperatoria para someterse a una cirugía hepatobiliar utilizando el modelo 3D digital image reconstruction software (Cella Medical Solutions©, Patent number: WO2017077146A1).

3.2. Ámbito de estudio

Este estudio se realizó en la Región de Murcia a la que pertenece el Servicio Murciano de salud. Concretamente se llevó a cabo en atención especializada del área I (Murcia/ Oeste), en el que se encuentra el hospital de referencia, HCUVA. Este centro de gestión pública, cuenta con alrededor de 900 camas y presta servicio a una población asignada de aproximadamente 550.000 habitantes. El estudio se produjo dentro del servicio de cirugía general y digestivo en la especialidad de cirugía hepatobiliar de dicho hospital.

Por otro lado, al ser un estudio multicéntrico, hubo colaboración con otros 10 servicios de cirugía general y digestivo de centros sanitarios nacionales con experiencia en cirugía hepatobiliar como son:

- Hospital Universitario HM San Chinarro, Madrid.
- Hospital Universitario Mutua Tarrasa, Barcelona.
- Hospital Universitario Infanta Elena, Madrid.
- Hospital Universitario Alcorcón, Madrid.
- Hospital Clínico Universitario, Instituto de Investigación Sanitaria INCLIVA, Valencia.
- Hospital Universitario Puerta de Hierro, Madrid.
- Hospital Universitario de Ceuta, Ceuta.
- Hospital Universitario Nuestra Señora de la Candelaria, Tenerife.

- Complejo Hospitalario Universitario, Vigo.
- Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz.

También participó a nivel internacional el servicio de cirugía general y trasplantes del Hospital Universitario Johannes Gutenberg de Mainz, en Alemania.

3.3. Población diana y población de estudio

La **población diana** fueron pacientes intervenidos con una cirugía hepatobiliar en la regiones o comunidades autónomas participantes en el estudio y la **población objeto de estudio** estaba compuesta por los pacientes sometidos a una cirugía hepatobiliar en cada uno de los hospitales participantes en el estudio.

3.4. Periodo de estudio

El periodo de estudio fue entre 2017 y 2023 ambos años inclusive.

3.5. Criterios de inclusión

- Ser mayor de 18 años.
- Tumores localizados centralmente en contacto con la vena hepática izquierda, derecha y/o media en la confluencia hepatocava, pacientes con enfermedad múltiple y bilobar con alta carga tumoral, tumores del tracto biliar y lesiones cercanas a la vena hepática, vena porta o VCI.
- Equipos con más de 10 años de experiencia en cirugía hepatobiliar compleja que utilizan el modelo de última generación de 3D.
- Para realizar los cuestionarios al personal de enfermería se seleccionaron aquellas enfermeras que han trabajado en el quirófano de cirugía hepática y/o cirugía mínimamente invasiva hepática durante los 3 últimos años.

3.6. Criterios de exclusión:

- Pacientes en los que las pruebas de imágenes radiológicas no permitieran realizar la modelización 3D según los criterios establecidos.
- Negativa del paciente a participar.

3.7. Cálculo del tamaño muestral

Por el carácter retrospectivo del estudio no fue necesario realizar una estimación del tamaño muestral y se realizó con recolección de todos los casos que cumplieran los criterios de inclusión.

3.8. Descripción de la intervención

El modelo 3D se obtiene en base al software de reconstrucción de imágenes digitales 3D (Cella Medical Solutions©, Patente número: WO2017077146A1). Para la obtención de los modelos únicamente es necesario el diagnóstico por imagen (RM, TC y PET) que delimitan de forma semiautomática cada una de las estructuras anatómicas de interés a incorporar en el modelo. Esta tecnología se ofrece en 2 gamas de servicio: Virtual y rígido.

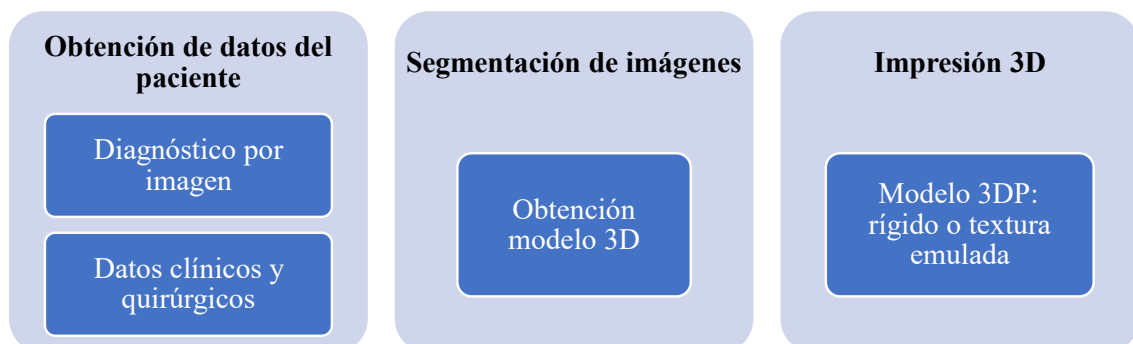


Figura 8. Algoritmo implementado en el diagnóstico por imagen.

Fase 1. Obtención de datos del paciente

Se define como la recepción por parte de la empresa del diagnóstico por imagen del paciente con un informe donde se detalla la patología y las estructuras anatómicas de interés a incorporar en el modelo, así como otros datos de interés para la cirugía (márgenes de resección, segmentos hepáticos, etc.)




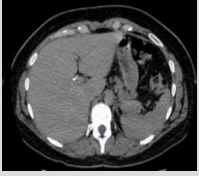
La calidad de los modelos proporcionados depende directamente de los datos de imagen disponibles y del protocolo usado para la adquisición de los mismos. Por un lado, el tipo de imagen enviada a la empresa, depende de las estructuras que se desean modelar (ej: enviar colangiografía si se pretende modelar la vía biliar). Además, es posible enviar diferentes tipos de imagen (ej: TC y RM) para crear un único modelo que contenga la información de ambos diagnósticos por imagen. Por otro lado, los protocolos utilizados en la realización del diagnóstico por imagen requieren un nivel mínimo de calidad en las imágenes en términos de resolución, contraste, ausencia de movimiento y ausencia de otros artefactos. La empresa proporcionará previamente recomendaciones para un correcto protocolo de adquisición de imágenes.

- Recomendaciones para la captura de imágenes por TC y RM.

1. Requisitos generales para la adquisición de TC.

Ventana de adquisición	Se deben visualizar todas las estructuras anatómicas de interés.
Resolución (corte)	- Distancia entre cortes ≤ 1.5 mm. de espesor de corte (cortes contiguos). - Max. 30% superposición.
Tamaño de Imagen / pixel	- Tamaño de imagen y pixel constante en cada secuencia. - Tamaño mínimo de la matriz 512 x 512.
Inclinación de la fuente	Sin inclinación.
Fase de respiración	Tiene que ser la misma en todas las exploraciones.
Otras recomendaciones	- Evitar artefactos con el movimiento y realizar una respiración relajada. - Evitar artefactos metálicos innecesarios. - Ruido tolerable en la imagen. - Volumen de contraste intravenoso que proporciona una correcta visualización de la estructura de interés.
Formato de archivo	DICOM.

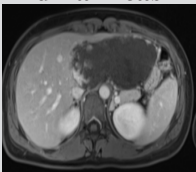
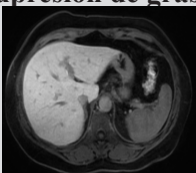
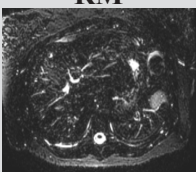
2. Requisitos específicos para la captación de TC 3D en cirugía hepática.

<p>Fase Arterial</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: 1.0 - 1.25 mm. (ideal). 0.625 - 3.0 mm. (factible). - Densidad media en las arterias hepáticas de 30 UH o más por encima del parénquima hepático. - Sin contraste en vena porta o vías biliares.
<p>Fase Portal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: 1.0 - 1.25 mm. (ideal). 0.8 - 3.0 mm. (factible). - Densidad media en las venas hepáticas de 30 UH o más por encima del parénquima hepático.
<p>Fase venosa tardía (opcional)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: 1.0 - 1.25 mm. (ideal). 0.8 - 3.0 mm. (factible). - Densidad media en los conductos biliares de 30 UH o más por encima del parénquima hepático.
<p>Fase Biliar (opcional)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: 1.0 - 1.25 mm. (ideal). 0.8 - 3.0 mm. (factible). - Densidad media en los conductos biliares de 30 UH or más por encima del parénquima hepático. - Contraste Biliar. - Realizar después de la fases arterial y venosa.

3. Requisitos generales para la captación de RM.

Ventana de adquisición	Se deben visualizar todas las estructuras anatómicas de interés.
Resolución (corte)	- Distancia entre cortes \leq 6mm. espesor de cortes (cortes contiguos).
Tamaño de imagen / Pixel	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño de imagen y pixel constante dentro de cada secuencia. - Tamaño mínimo de la matrix 512 x 512.
Otras recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Respiraciones suaves y sin movimientos bruscos. - Señal uniforme en todas las estructuras anatómicas. - Ruido en la imagen tolerable. - Para la localización del tumor se requiere un protocolo de exploración que produzca un contraste suficientemente alto para el mismo. Es recomendable incluir siempre una secuencia de supresión de grasa (STIR, SPAIR, o similar). - Para las imágenes de la anatomía vascular es recomendable adquirir imágenes dinámicas con contraste en 2 o 3 tiempos.
Formato de archivo	DICOM

4. Requisitos específicos para la captación de RM en cirugía hepática 3D.

<p>Secuencias dinámicas</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: ≤ 6 mm. - Adquisición de imágenes dinámicas en 2 tiempos arterial y venoso o en 3 tiempos (arterial, venoso, venoso tardío).
<p>Secuencias de supresión de grasa</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: ≤ 6 mm. - Para la localización de tumores. - STIR, SPAIR o similar.
<p>Colangiografía en RM</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia de corte: ≤ 6 mm. - Cortes orientados en axial o coronal (recomendado axial).

Fase 2. Segmentación de imágenes

Se define segmentación como la partición de una imagen en elementos constituyentes no solapados y con características homogéneas. La empresa realiza la segmentación sobre las imágenes del diagnóstico por imagen del paciente. Este proceso es llevado a cabo por algoritmos automáticos y semiautomáticos bajo las directrices y supervisión de un técnico especialista (radiólogos).

Los algoritmos de segmentación de imágenes médicas delimitan en cada imagen 2D del diagnóstico por imagen del paciente las estructuras anatómicas para las que han sido construidos y validados científicamente. Tras este proceso se realiza una reconstrucción volumétrica de los elementos segmentados para obtener el modelo tridimensional. Durante la segmentación el técnico especialista elabora la documentación técnica de interés para el caso.

El modelo virtual 3D (3DV) y la documentación técnica generada son entregadas en aplicación web multiplataforma, sin necesidad de instalación de software adicional. El carácter interactivo del 3DV posibilita rotar, ampliar y desplazar la imagen, además de mostrar y ocultar estructuras en diferentes niveles de opacidad.

Fase 3. Impresión 3D

Durante este proceso se generan modelos 3D físicos de las estructuras anatómicas de interés, los cuales pueden ser rígidos o presentar textura emulada en función de las necesidades quirúrgicas. En ambos casos el proceso de fabricación mediante impresión 3D se realiza utilizando un procedimiento propio y patentado que presenta notables ventajas respecto a las técnicas habituales de impresión.

El procedimiento de fabricación utiliza una tecnología denominada FDM (*fused deposition modeling*) de extrusor simple para imprimir en 3D un molde negativo del exterior de la estructura anatómica de interés. Los moldes negativos son diseñados con un programa de diseño asistido por computadora (CAD) utilizando los principios del diseño de moldes para inyección y partiendo del 3DV.

En los modelos rígidos los elementos internos de la estructura anatómica son impresos con ácido poliláctico y posicionados en el interior del molde negativo según el sistema de posicionamiento definido en la patente. Finalmente se inyecta goma de poliuretano hardness = 50, líquida y transparente, que tras un periodo de curado de 18h permite desmoldar el modelo anatómico.

En los modelos con textura emulada los materiales inyectados poseen las mismas propiedades mecánicas que los órganos reales. Los moldes negativos son impresos en 3D con materiales no solubles (ácido poliláctico) o solubles (alcohol polivinílico soluble en agua, acrilonitrilo butadieno estireno soluble en acetona y poliestireno de alto impacto soluble en D-limoneno) en función del procedimiento de desmolde posterior (desmolde mecánico o soluble).

Para un acabado correcto de los modelos se ha incorporado a la metodología de trabajo el uso de XTC (subtipo de resina) diluido en acetona al 5% en los moldes negativos antes de la inyección para conseguir una superficie totalmente lisa necesaria para una transparencia total del material inyectado. Además, se utilizan sistemas de vacío para la eliminación de las burbujas en el modelo procedentes de la inyección.

3.9. Financiación de la investigación

Debido a la cartera de servicio de los diferentes hospitales que participan en el estudio cubrían con los gastos de los modelos, no se necesitó ninguna financiación extraordinaria para la realización de este trabajo.

3.10. Personal necesario en la participación del estudio

En el estudio participaron cirujanos de la unidad hepatobiliar y enfermeras de los hospitales participantes en el estudio.

3.11. Variables del estudio

3.11.1. Variables sociodemográficas

- **Género:** variable cualitativa, categórica, dicotómica (hombre/mujer).
- **Edad:** variable cuantitativa, numérica, continua. Se expresa en años.
- **Escala de riesgo anestésico ASA** (American Society of Anesthesiologists): Consiste en un sistema de valoración del riesgo anestésico de la intervención quirúrgica del paciente. Clasificado como variable cualitativa ordinal. Se divide en los siguientes niveles:
 - **ASA I:** paciente sano, sin enfermedad sistémica.
 - **ASA II:** paciente con enfermedad sistémica leve, controlada y no incapacitante.
 - **ASA III:** paciente con enfermedad sistémica grave pero no incapacitante.

- **ASA IV:** paciente con enfermedad sistémica grave e incapacitante.
 - **ASA V:** paciente con enfermedad terminal o moribundo.
 - **ASA VI:** muerte cerebral diagnosticada.
- **Datos de laboratorio:** Bilirrubina total y CA 19-9. Variable cuantitativa continua.
 - **Drenaje biliar preoperatorio o stent:** variable cualitativa dicotómica (Si/No)
 - **Quimioterapia o radioterapia neoadyuvante:** variable cualitativa dicotómica (Si/No)

3.11.2. Variables relacionadas con la intervención

- **Tiempo quirúrgico de la intervención:** variable cuantitativa continua. Se expresa en minutos.
- **Transfusiones de hemoderivados (concentrados de hematíes, de plasma fresco congelado y de plaquetas):** variable cuantitativa discreta. Se expresa en unidades administradas durante la intervención quirúrgica.

Grados	Definición
I	Desviación del postoperatorio normal, que no requiere tratamiento farmacológico, quirúrgico, endoscópico o intervenciones radiológicas. Fármacos permitidos: antieméticos, antipiréticos, analgésicos, diuréticos, electrolitos y fisioterapia.
II	Requerimiento de tratamiento farmacológico con drogas diferentes a las permitidas en complicaciones grado I. Incluye transfusiones y nutrición parenteral.
III	Complicación que requiere una intervención quirúrgica, endoscópica o radiológica.
III a	No requiere anestesia general.
III b	Requiere anestesia general
IV	Complicación que amenaza la vida del paciente y requiere cuidados intensivos
IV a	Disfunción de algún órgano. (incluye diálisis)
IV b	Fallo multiorgánico
V	Muerte del paciente

Tabla 4. Clasificación Clavien-Dindo.

- **Maniobra de pringle:** variable cuantitativa continua. Se expresa en minutos.
- **Drenaje:** variable cualitativa dicotómica (Si/ No).
- **Clasificación Clavien-Dindo:** variable cualitativa ordinal. Esta escala define la gravedad de la complicación según la intervención de tratamiento necesaria para obtener información adicional sobre la morbilidad, clasificándola en 5 grados.

3.11.3. Variables relacionadas con el postoperatorio

- **Estancia total hospitalaria:** se trata de una variable cuantitativa discreta. Se expresa en número de días.
- **Causas de reingreso:** variable cualitativa politómica (fiebre, colangitis, alteraciones analíticas, fuga biliar, infección de la herida quirúrgica, infección del tracto urinario, infección respiratoria y otras causas).
- **Quimioterapia o radioterapia adyuvante:** variable cualitativa dicotómica (Si/No)
- **Clasificaciones.**
- **pCCA:**

Se incluyeron pacientes con tumores derivados de la confluencia biliar, del conducto hepático derecho o izquierdo o del conducto hepático común. No se requirió confirmación patológica antes de proceder con el intento de resección o el inicio si se completó una evaluación de estadificación completa.

Para la estadificación preoperatoria del tumor se utilizaron el sistema Bismuth-Corlette y el sistema Blumgart/MSKCC. (Detalladas previamente en la introducción). La octava edición del sistema de estadificación del American Joint Committee on Cancer (AJC)/Union for International Cancer Control requiere datos histopatológicos después de la resección quirúrgica y se utilizó para la estadificación postoperatoria del tumor.

- **Sistema Bismuth-Corlette:** esta clasificación de Bismuth-Corlette modificado fue propuesta en los años 70 y se enfoca en el nivel y la extensión de la invasión del tumor a lo largo del árbol biliar.

Estadificación del CCA
Tipo I: por debajo de la unión de los conductos hepáticos izquierdo y derecho.
Tipo II: alcanza la unión, pero no invade los conductos hepáticos izquierdo o derecho.
Tipo III: oclusión del conducto hepático común y del conducto hepático derecho (IIIa) o izquierdo (IIIb).
Tipo IV: compromiso segmentario intrahepático multicéntrico o bilateral; o invadiendo la unión y los conductos hepáticos derecho e izquierdo.

Tabla 5. Clasificación Bismuth- Corlette¹⁰⁸.

- Sistema Blumgart/ MSKCC: esta clasificación procura predecir la reseccabilidad del tumor teniendo en cuenta distintos elementos que afectan a la extensión local, tanto longitudinal como radial. Estos factores son:
 1. Localización y extensión del tumor en vía biliar.
 2. Afectación vascular.
 3. Presencia o ausencia de atrofia lobar hepática.
 No mide afectación ganglionar ni extensión metastásica.

Tumor	Descripción
T1	El tumor afecta a nivel de la confluencia biliar con afectación unilateral hasta una raíz biliar secundaria. No hay afectación portal o atrofia del hígado.
T2	El tumor afecta a nivel de la confluencia biliar con afectación unilateral hasta una raíz biliar secundaria. Hay afectación de la vena porta ipsilateral o atrofia hepática lobar ipsilateral.
T3	El tumor afecta a la confluencia biliar con afectación bilateral hasta las raíces biliares secundarias, extensión unilateral a la raíz biliar secundaria con afectación de la vena porta contralateral, extensión unilateral a la raíz biliar secundaria con atrofia lobar hepática contralateral o afectación de la vena porta principal/bilateral.

Tabla 6. Clasificación Blumgart MSKCC.

- Octava edición del sistema de estadificación AJC/Union for International Cancer: Este sistema de estadificación se utiliza para clasificar a los pacientes con cáncer en función de los hallazgos fisiopatológicos y con ello definir el pronóstico y determinar la mejor línea de tratamiento.

Clasificación TNM de CCI	
<u>Tumor primario</u>	
TX	No se puede evaluar el tumor primario
T0	No hay pruebas de tumor primario
Tis	Carcinoma in situ
T1	El tumor está restringido a la vía biliar, con extensión por encima de la capa del músculo o tejido fibroso.
T2a	El tumor invade más allá de la pared de la vía biliar para rodear tejido adiposo.
T2b	El tumor invade el parénquima hepático adyacente.
T3	El tumor invade las ramas unilaterales de la vena porta o la arteria hepática.
T4	El tumor invade la vena porta principal o sus ramas bilateralmente, o la AHC o los radicales biliares secundarios bilateralmente o los radicales biliares secundarios unilaterales con compromiso de la vena porta contralateral o la arteria hepática.
<u>Ganglios linfáticos regionales</u>	
NX	No se pueden evaluar los ganglios linfáticos regionales.
N0	No hay metástasis en los ganglios linfáticos regionales.
N1	Metástasis en los ganglios linfáticos regionales (incluso en los ganglios a lo largo del conducto cístico, la vía biliar común, la arteria hepática y la vena porta)
N2	Metástasis en la periaorta, pericava, arteria mesenterica superior o a los ganglios linfáticos de la arteria celiaca.
<u>Metástasis a distancia</u>	
M0	No hay metástasis.
M1	Metástasis a distancia.

Tabla 7.1. Clasificación TNM (AJC)

Estadio	T	N	M
0	Tis	N0	M0
I	T1	N0	M0
II	T2a-b	N0	M0
IIIA	T3	N0	M0
IIIB	T1-3	N1	M0
IVA	T4	N0-1	M0
IVB	Cualquier T	N2	M0
	Cualquier T	Cualquier N	M1

Tabla 7.2. Clasificación TNM (AJC)

• Arteria hepática

Las variaciones anatómicas del sistema arterial hepático se definieron de acuerdo con la clasificación internacionalmente reconocida de Michels. Esta clasificación es utilizada clásicamente para describir las variantes de la vasculatura hepática. (Descrita en la introducción).

• Vena porta

La anatomía venosa portal se clasificó según lo propuesto por Cheng et al.²³⁰ (tipos I a IV). También se midieron la longitud y el diámetro de la vena porta principal, la vena porta izquierda y la vena porta derecha.

Tumor	Descripción
Tipo I:	La vena porta derecha y la vena porta izquierda se presentan con un tronco independiente.
Tipo II:	La vena porta anterior derecha, posterior derecha y porta izquierda se presentan como una trifurcación de la vena porta principal.
Tipo III:	La vena porta posterior derecha proviene de la vena porta principal directamente. La vena porta izquierda y la vena porta anterior derecha se presentan con un tronco común.
Tipo IV:	La vena porta anterior derecha viene de la vena porta izquierda o cerca de la porción umbilical.

Tabla 8. Tipos de variantes de la anatomía de la vena porta según Cheng et al.²³⁰.

• Venas hepáticas

También se midieron las variaciones de las venas hepáticas izquierda, media y derecha y la unión hepatocava, además de la anatomía del conducto biliar. Además de realizar una descripción detallada de cada una de las tributarias.

3.12. Recogida de datos. Cuestionarios

1. Evaluación cualitativa del 3DP en cirugía hepatobiliar.

Se diseñó un cuestionario de 10 ítems (Anexo 7). Cada pregunta fue respondida por los cirujanos hepatobiliares de los hospitales incluidos en el estudio. Se evaluaron cinco áreas de interés: anatomía hepática (Q1), mejoras con respecto al 3DV, (Q2), planificación quirúrgica (Q3, Q4, Q5), resultados intraoperatorios (Q6, Q7, Q8) y enseñanza (Q9). También se dejó espacio en el formulario para comentarios cualitativos de texto libre (Q10).

2. Evaluación educativa

Se utilizó una prueba que contenía 10 preguntas de opción múltiple (Anexo 8) de nuestro departamento universitario para evaluar la comprensión de tres escenarios de cirugía hepática (un hemangioma gigante, enfermedad colorrectal bilobar múltiple y un tumor de Klatskin). Se evaluaron tres áreas principales de conocimiento (ubicación del tumor en el hígado, relación con estructuras vasculares y biliares y planificación quirúrgica). Un profesor de cirugía proporcionó una revisión 2 semanas antes de contestar el cuestionario sobre la cirugía hepática y los estudiantes se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos. Un grupo solo tenía el 3DP, otro solo tenía el 3DV y el grupo restante solo tenía TC/RM para responder las preguntas.

3. Evaluación de la utilidad del manejo preoperatorio 3D en el pCCA

Las preguntas de la encuesta se formularon para caracterizar la experiencia de los cirujanos hepatobiliares. Se diseñó un cuestionario de 21 ítems (anexo 9). Se evaluaron las variaciones anatómicas, la relación del tumor con la vena porta y la arteria hepática, la estadificación preoperatoria, la planificación preoperatoria, los resultados postoperatorios y oncológicos, la discusión en el comité de tumores, la utilidad docente en estudiantes de medicina y residentes, y la comunicación con el paciente utilizando una

escala de Likert de 5 puntos (1 para totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo) y respuestas abiertas.

4. Evaluación de las enfermeras

Las preguntas del formulario se enviaron vía web con el fin de caracterizar la experiencia de las enfermeras que trabajan con la tecnología 3D en quirófano. Se diseñó un formulario con 11 ítems (Anexo 10) Se evaluó la comprensión de la intervención, reconocimiento de número de lesiones hepáticas, reconocimiento de lóbulo hepático afectado, reconocimiento de lesiones vasculares, reconocimiento de estructuras afectadas, comunicación interdisciplinaria, planificación quirúrgica, calidad asistencial, comprensión de los casos, seguridad quirúrgica y precisión. Para ello, se utilizó una escala Likert de 5 puntos (1 para totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo).

3.13. Consideraciones Éticas y permisos

La aprobación para la realización de este estudio se obtuvo del Comité ético de investigación clínica del HCUVA. (Código de Protocolo Interno: 2601-2018). Todos los pacientes incluidos fueron evaluados por comités de tumores multidisciplinares, que incluyeron cirujanos hepáticos, radiólogos, endoscopistas, hepatólogos y oncólogos.

3.14. Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando R statistics, versión 4.2.3. software. Para la precisión de 3DP, las diferencias medias entre las variables pareadas, los valores de la prueba t y las estadísticas descriptivas asociadas se calcularon mediante una prueba t de muestras pareadas. Se utilizaron gráficos de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre las dos técnicas de medición. Para la evaluación médica y del cirujano, se utilizó la prueba de chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher

(cuando la aproximación de chi-cuadrado puede haber sido incorrecta) para comparar las tasas de éxito. La significación estadística se definió como $p < 0,05$. Para la densidad de la tasa de éxito de los estudiantes, se usaron diagramas de caja y gráficos de barras para demostrar las tasas medias de éxito y el intervalo de confianza del 95%. Para las diferencias significativas detectadas se utilizó una prueba de igualdad de proporciones. Se aplicó el índice de Jaccard para medir la similitud de las respuestas correctas de los estudiantes.

Los datos se resumieron por media y desviación estándar (DE), mediana y rango intercuartílico (IQR), o número y porcentaje. Los datos faltantes no se incluyeron en ningún análisis. Las diferencias entre proporciones se analizaron mediante la prueba de la χ^2 y las estimaciones de riesgo se calcularon mediante la razón de posibilidades y los intervalos de confianza (IC) del 95%. La fiabilidad del cuestionario se calculó mediante el alfa de Cronbach. Cuanto mayor sea el alfa de Cronbach, mejor será la consistencia interna del cuestionario (0 = totalmente poco fiable, 1 = máximamente fiable; un alfa de Cronbach superior a 0,7 es aceptable).

IV. RESULTADOS

4.1. Modelización 3D e impresión 3D en cirugía hepatobiliar compleja

4.1.1. Características basales del paciente y desarrollo de 3DP

En la tabla 9 se proporciona una descripción de las características de los pacientes en los que se realizó una modelización 3D e impresión 3D. Entre junio de 2017 y enero de 2019 se evaluaron un total de 35 pacientes distribuidos en 8 centros distintos. La mediana de edad de los pacientes fue de 63 años siendo 13 de ellas mujeres. La indicación más frecuente de la cirugía fueron las MHCCR (34.2%), seguido del CCI (20%) y el pCCA (14.2%). El tamaño medio de las lesiones fue de 44 mm., siendo la mayoría de ellas una única lesión. La mayoría de las lesiones se encontraron en el segmento 8 seguidas del segmento 4 y segmento 5. Se describieron 4 anomalías anatómicas: 3 arteriales y una anomalía biliar.

Un total de 5 pacientes tuvieron complicaciones postoperatorias en los primeros 30 días tras la cirugía siendo 4 de ellas mayores de Clavien-Dindo \geq IIIa. El proceso de desarrollo completo del 3DP tuvo una duración de 22h (IQR:19-25) y un coste de 950€ (IQR: 875-1025).

Características demográficas, clínicas y de impresión 3D.	(n) 35
Edad, años mediana (IQR)	63 (53-72)
Género; femenino, n (%)	13 (37.1)
Etiología, n (%)	
MHCCR	12 (34.2)
CCI	7 (20)
Tumor de Klatskin	5 (14.2)
Hemangioma	1 (2.9)
Adenoma	1 (2.9)
Hiperplasia Nodular Focal	1 (2.9)
Carcinoma Hepatocelular	3 (8.6)
Vesícula Biliar	1 (2.9)
Sarcoma Primario	2 (5.7)
Metástasis de Sarcoma	1 (2.9)
Metástasis Suprarenales	1 (2.9)
Número de lesiones, mediana (IQR)	1 (1-2.5)

Características demográficas, clínicas y de impresión 3D	(n)35
Tamaño del tumor (mm), mediana (IQR)	44 (25.5-79.25)
Anomalías anatómicas, n (%)	4 (11.4)
Arteriales	3 (8.6)
Portales	-
Vena Hepática	-
Vía Biliar	1 (2.9)
Nódulos localizados en los segmentos, n° (%)	
Segmento 1	4 (11.4)
Segmento 2	9 (25.7)
Segmento 3	6 (17.1)
Segmento 4	19 (54.3)
Segmento 5	18 (51.4)
Segmento 6	13 (37.1)
Segmento 7	15 (42.9)
Segmento 8	22 (62.9)
Morbilidad global, n (%)	5 (14.2)
Clavien-Dindo \geqIIIa, n (%)	4 (11.4)
3DP tiempo de duración del desarrollo(h), mediana (IQR)	22 (19-25)
3DP coste desarrollo (€), mediana (IQR)	950 (875-1025)

Tabla 9. Descripción de las características de los pacientes en los que se realizó una modelización 3D e impresión 3D.

4.1.2. Evaluación de la precisión dimensional del modelo de hígado 3DP

El 3DP determinado a través de pruebas de proceso de segmentación usando mediciones proporcionadas a través de TC/RM presentó una gran similitud. Los gráficos de Bland-Altman demostraron una buena concordancia en las mediciones repetidas de espesor entre 3DP y las fuentes de imágenes originales, con una diferencia de espesor promedio en los calibres vasculares de $0,22 \pm 1,8$ mm (Imagen 5.)

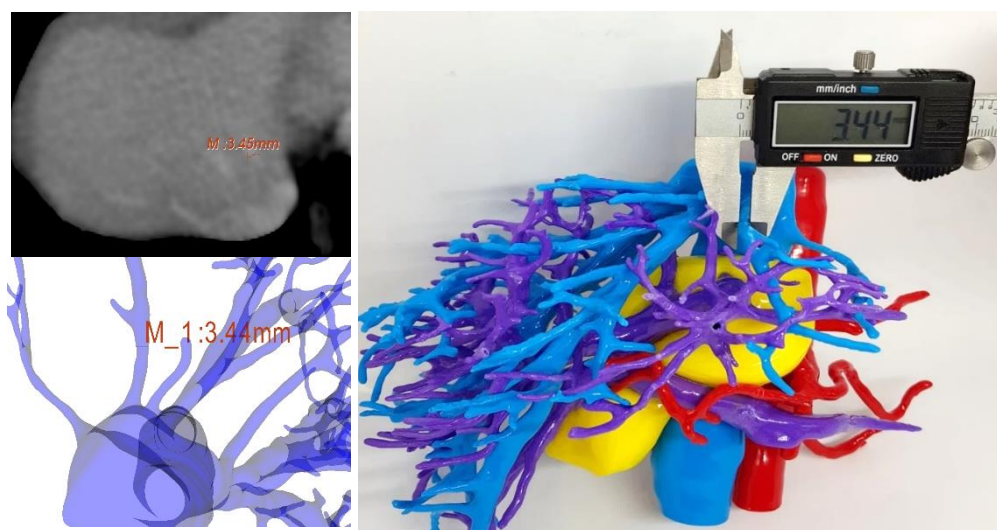


Imagen 5. Medición de la vena suprahepática en TC, 3DV y 3DP mediante calibre digital.

El margen de error porcentual en la medición del calibre en las venas suprahepáticas ($1,35 \pm 0,32\%$) y la vena porta ($1,7 \pm 0,36\%$) fue menor que en la arteria hepática ($2,5 \pm 0,57\%$) y la vía biliar ($3 \pm 1,23\%$). En cuanto a la distancia entre el tumor y las ramas vasculares, el 3DP presentó una buena concordancia respecto a la TC/RM, con una diferencia media de $0,31 \pm 0,24$ mm. Los gráficos de Bland-Altman también demostraron una concordancia entre el 3DP y la pieza quirúrgica con una distancia del margen de resección de $1,15 \pm 1,52$ mm (Figura 9A).

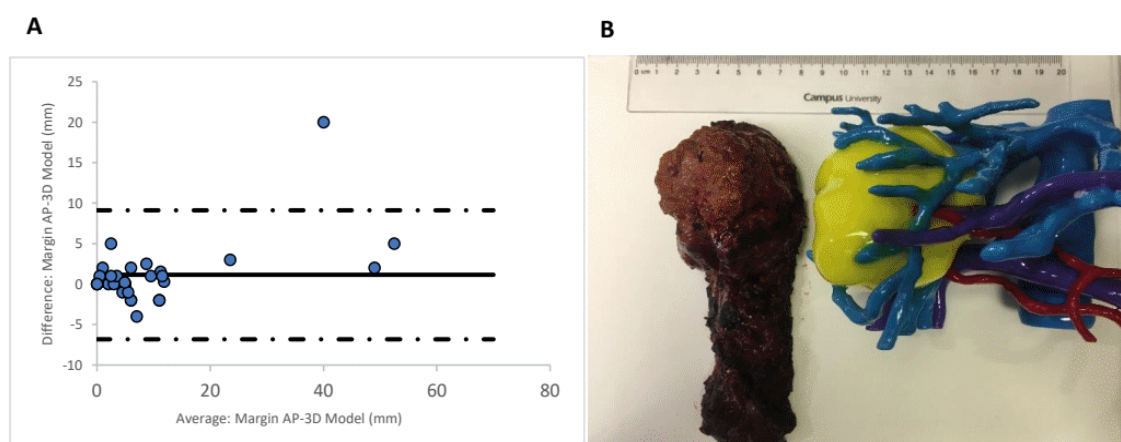


Figura 9A. Diagrama de Bland-Altman, concordancias de medida entre la patología quirúrgica y la relación de los modelos 3DP con respecto a la distancia al margen de resección. Línea punteada: Límites de concordancia, ± 2 DEs. Valores expresados en milímetros. **Figura 9B.** Comparación entre pieza quirúrgica y 3DP para tumor en segmentos 6-7.

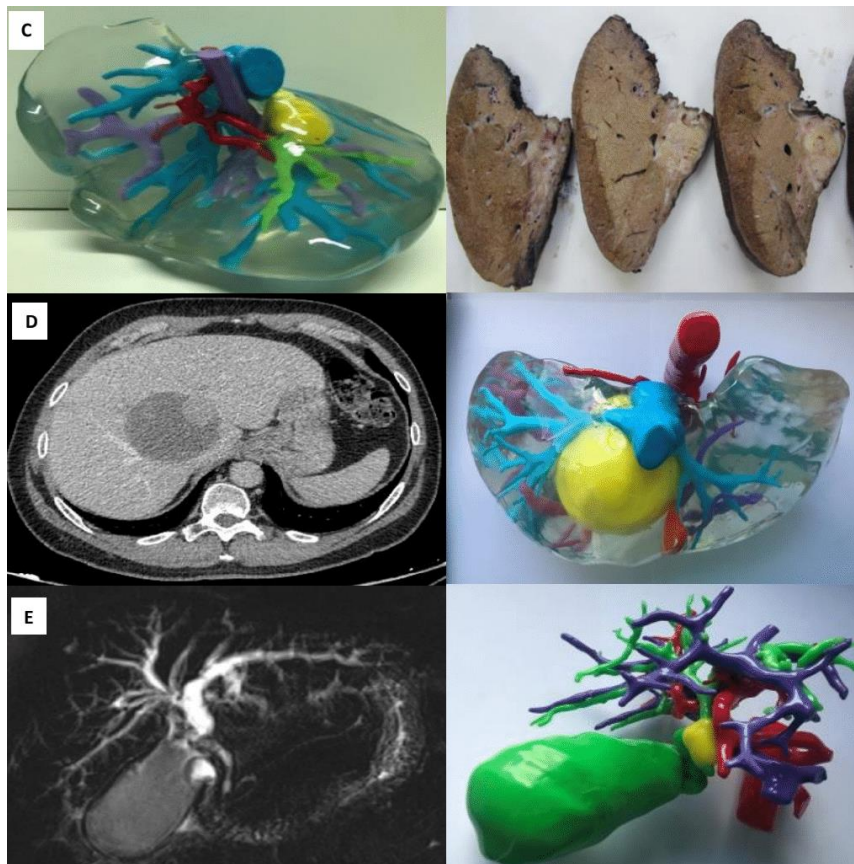


Figura 9C. Correlación del 3DP y el estudio de anatomía patológica en MHCCR únicas, localizadas en el lóbulo caudado infiltrando la vena hepática derecha en su margen proximal al hilio y en contacto con la vena porta en su porción intrahepática. **Figura 9D.** Comparación entre la TC y el 3DP en un HCC entre la vena hepática derecha y vena hepática izquierda junto a la vena cava. **Figura 9E.** Comparación entre la RM y un 3DP opaco de un tumor de klatskin.

4.1.3. Evaluación cualitativa del modelo hepático 3DP en cirugía hepatobiliar

El modelo tuvo un alto grado de aceptación entre los 23 cirujanos hepatobiliares encuestados. El grado de acuerdo general en el que los evaluadores coincidieron exactamente fue 0,78 (IC del 95%, 0,574-0,916), y el acuerdo específico relativo a cada categoría de respuesta fue de 0,17 (IC del 95%, 0-0,23) para la opinión negativa, 0,89 (IC del 95%, 0,74-0,96) para opinión positiva y 0,29 (IC 95%, 0,17-0,38) para opinión neutra. En la figura 10A se muestra como en cada área de estudio las proporciones de respuesta positiva fueron 1 (IC 95%, 0,857-1) en anatomía hepática y enseñanza, 0,957 (IC 95%, 0,79-0,993) en mejoras respecto al 3DV, 0,971 (IC 95%, 0,9-0,992) en planificación quirúrgica y 0,52 (IC95%, 0,406-0,635) en resultados intraoperatorios.

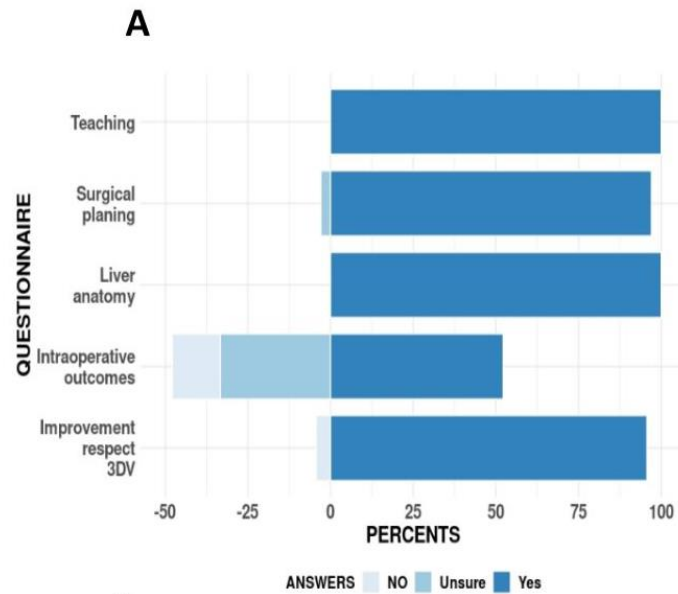


Figura 10A. Respuesta de los cirujanos hepatobiliares según área de estudio.

En la figura 10B para cada pregunta de estudio las proporciones de respuesta positiva fueron 1 (IC95%, 0,857-1) en Q1, Q3, Q4 y Q9; 0,96 (IC 95%, 0,79-0,993) en Q2; 0,91 (IC 95%, 0,732-0,976) en Q5; 0,34 (IC95%, 0,156-0,509) en Q6; 0,74 (IC 95%, 0,535-0,875) en Q7; 0,52 (IC 95%, 0,33-0,708) en Q8.

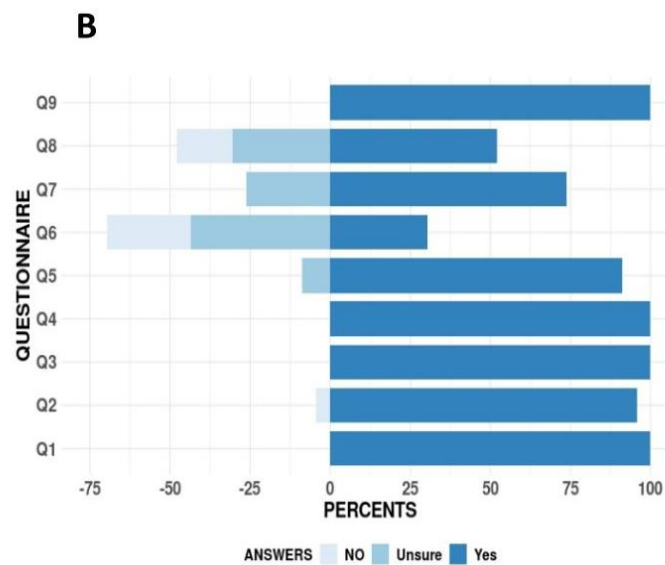


Figura 10B. Respuesta de los cirujanos hepatobiliares para cada pregunta de estudio.

En cuanto a la fiabilidad entre evaluadores, el Índice de Fleiss' Kappa fue de 0,27 ($p < 0,001$) y el coeficiente de concordancia de Kendall fue de 0,46 ($p < 0,001$). Se utilizó el algoritmo K-means para agrupar a los evaluadores en grupos de respuesta (figura 10 C y 10D). Todos los pacientes informaron una mejor comprensión de la planificación quirúrgica con 3DP.

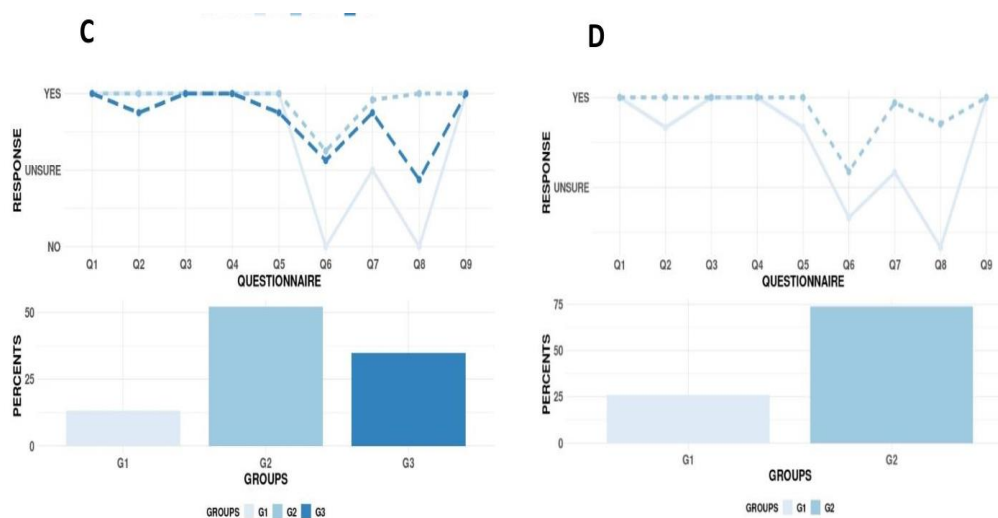


Figura 10C y 10D. El agrupamiento de K-Means es un tipo de aprendizaje no supervisado para encontrar grupos en un conjunto de datos no etiquetados. Las respuestas se identificaron con -1, 0 y 1, donde “no estoy seguro” se consideró 0 (respuesta intermedia entre Sí (1) y No (-1)). Mostramos los centros de conglomerados para $k=2$ y $k=3$ y la frecuencia de los mismos.

4.1.4. Evaluación Educativa

Se evaluaron un total de 75 estudiantes de medicina (25 por cada caso) (Tablas 10-12).

	Lesión grande		Tumor Klatskin		Lesiones Múltiples		P
	Tasa de Éxito	S.E.	Tasa de Éxito	S.E.	Tasa de Éxito	S.E.	
3DP	0.908	0.018	0.896	0.019	0.88	0.021	0.592
2DP	0.888	0.02	0.572	0.448	0.448	0.031	0.001
3DV	0.696	0.029	0.796	0.712	0.712	0.029	0.05

Tabla 10. Distribución de la tasa de éxito de los alumnos y la igualdad de proporciones para analizar si las diferencias detectadas en la evaluación docente pueden considerarse significativas.

	Lesión grande			Tumor Klatskin		Lesiones Múltiples	
		2D	3DV	2D	3DV	2D	3DV
Localización	3DP	0.197	0.074	1.01	0.182	1.01	0.05
Estructura	2D		0.738		0.001		0.05
Localización	3DP	1	0.001	1.01	0.310	0.001	0.071
Segmentos	2D		0.001	0.05			0.001
Plan Quirúrgico	3DP	0.475	0.001	1.01	0.01	0.001	0.116
	2D		0.001	0.194			0.001

Tabla 11. Test de igualdad de proporciones para analizar si las diferencias detectadas en la evaluación docente pueden considerarse significativas.

	Lesión grande		Tumor Klatskin		Lesiones Múltiples	
	Tasa de Éxito	S.E.	Tasa de Éxito	S.E.	Tasa de Éxito	S.E.
3DP	0.832	0.018	0.811	0.021	0.782	0.029
2DP	0.806	0.02	0.400	0.037	0.238	0.033
3DV	0.499	0.044	0.677	0.025	0.521	0.038

Tabla 12. Tasas de acierto sobre las preguntas formuladas a los alumnos clasificadas según una determinada tipología: estructura, ubicación y plan quirúrgico, en estos contextos podemos analizar las diferencias significativas.

La mayor tasa de éxito se alcanzó con el 3DP (mediana: 0,9, IQR: 0,8-1). Mientras que la tasa de éxito de la TC/RM y la del 3DV osciló significativamente según el caso evaluado ($p=0,001$ y $p=0,05$, respectivamente), mientras que en el 3DP la mayor tasa de éxito siempre se consideró similar ($p=0,59$) (figura 11A).

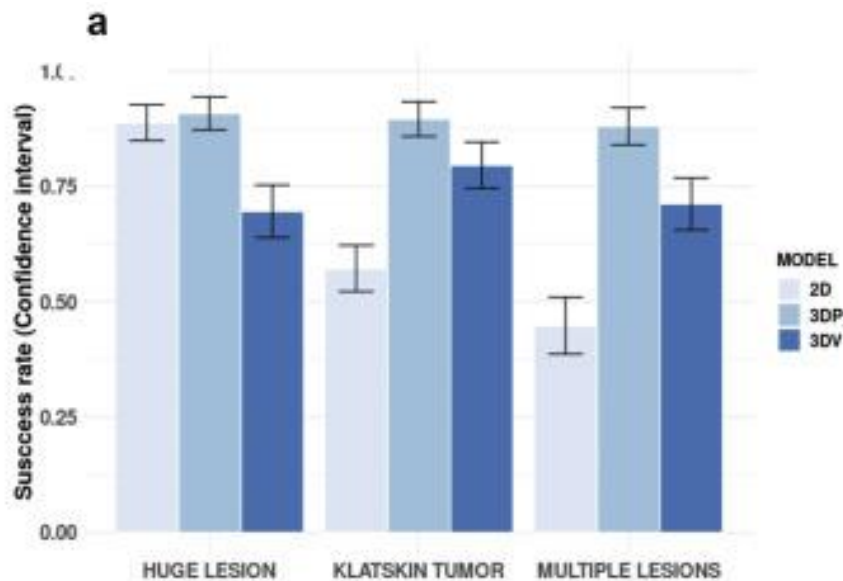


Figura 11A. Si comparamos la tasa de éxito de cada modelo según el caso evaluado, todas las diferencias fueron significativas y solo en el caso de tumores de gran tamaño los resultados proporcionados por el 3DP y 2D fueron similares. Aunque 2D y el 3DV dieron buenos resultados, el 3DP presentó poca variabilidad según el caso evaluado.

De acuerdo con las tasas de éxito en las áreas de conocimiento, el 3DP logró los mejores resultados (figura 11B), aunque en algunas áreas no hubo diferencias significativas con respecto a los otros modelos. De acuerdo con las tasas de éxito en las áreas de conocimiento, 2D y en el 3DP proporcionaron mejores resultados en tumores grandes en comparación con el 3DV en la ubicación del tumor y el plan quirúrgico ($p = 0,001$) y fueron similares a las ubicaciones de las estructuras vasculares evaluadas ($p = 0,73$ y $p = 0,07$), respectivamente. En los casos de lesiones múltiples, el 3DP fue significativamente mejor que la imagen 2D en las tres áreas ($p=0,001$). Además, el 3DP también fue mejor en comparación con el 3DV, para la planificación quirúrgica del tumor de klatskin ($p=0,001$) y para identificar vasos y relaciones de vías biliares en casos de lesiones múltiples ($p=0,05$).

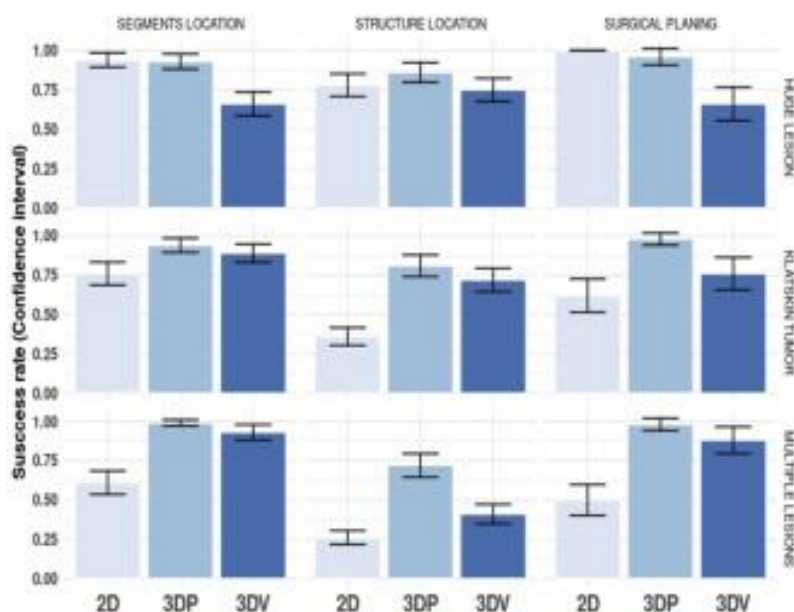


Figura 11B. Áreas de conocimiento donde 3DP logró mejores resultados.

4.2. Modelización 3D e impresión 3D en la planificación quirúrgica del pCCA

4.2.1. Datos demográficos, características del tumor y resultados perioperatorios:

Entre septiembre de 2017 y enero de 2021, 7 centros aportaron su experiencia en pacientes con un pCCA en los que se había utilizado modelización 3D de última generación. Se evaluaron un total de 41 pacientes con pCCA. De ellos 37 pacientes fueron programados para cirugía y cuatro se consideraron inoperables debido a los hallazgos encontrados en la reconstrucción virtual. De los 37 pacientes que finalmente fueron intervenidos, 5 eran irresecables. Según la clasificación de Bismuth-Corlette, 2 eran tipo I, 4 tipo II, 11 tipo IIIA, 8 tipo IIIb y 16 tipo IV. Según la clasificación del MSKCC, 14 eran T1, 8 eran T2 y 19 eran T3. (Tabla 13)

Características del tumor	Nº (%)
Clasificación Bismuth-Corlette	
I	2 (4.88)
II	4 (9.76)
IIIa	11 (26.83)
IIIB	8 (19.51)
IV	16 (39.02)
Memorial Sloan Kettering Cancer Center	
T1	14 (34.15)
T2	8 (19.51)
T3	19 (46.34)
Diámetro del tumor (T)	
T1 (<1 cm)	1 (2.43)
T2 (1-3 cm)	26 (63.41)
T3 (≥3 cm)	14 (34.31)
Intervención	
Inoperable	4 (9.76)
Irresecable	5 (12.19)
Resecable	32 (78.05)

Tabla 13. Características del tumor y resultados perioperatorios

Los datos demográficos se detallan en la tabla 14. La mediana de edad fue de 67 años (RIC: 59.5-73) siendo 17 de ellas mujeres. Dos pacientes habían recibido quimioterapia neoadyuvante y 27 pacientes precisaron de un drenaje biliar preoperatorio (7 endoscópico y 20 percutáneo). La mediana de bilirrubina preoperatoria fue de 2.52 (RCI: 1.16-3.77) y Ca 19.9 preoperatorio de 99.6 (RCI: 22.3-180.5).

Datos demográficos	
Edad, años, mediana (IQR)	67 (59.5-73)
Género, femenino, n (%)	17 (40.9)
IMC, (kg/m²), mediana (IQR)	27.4 (23.15-30.56)
Quimioterapia Neoadyuvante, n (%)	2 (4.54)
Drenaje Biliar preoperatorio n (%)	
Stent Biliar endoscópico	7 (17.07)
Drenaje biliar percutáneo transhepático	20 (48.78)
Bilirrubina preoperatoria, (mg/dl), mediana (IQR)	2.52 (1.16-3.77)
Ca. preoperatorio 19.9, (U/ml), median (IQR)	99,6 (22.3-180.5)

Tabla 14. Datos demográficos y preoperatorios.

La hepatectomía derecha (34.37%) fue más frecuente que la hepatectomía izquierda (25%). En dos casos se realizó una trisectorectomía derecha y en 1 caso fue necesario una trisectorectomía izquierda. En 17 pacientes se incluyó además la resección del segmento 1. En 6 casos se realizó una resección de la vía biliar sin necesidad de hepatectomía asociada. El resto de los casos se detallan en la tabla 15. La mediana de pérdida sanguínea fue de 450 ml (IQR, 207,5-700) siendo necesario una transfusión sanguínea en 10 pacientes y de plasma en 6 pacientes. La mediana del tiempo operatorio fue de 329 min (IQR, 40-420).

Hubo una tasa de complicaciones mayores del 34,28% (\geq Clavien 3b) con una tasa de mortalidad del 14,28%. La mediana de estancia hospitalaria fue de 12 días (RIC, 10-29,75). En el estudio histológico, cuatro pacientes presentaron afectación del margen quirúrgico. La mediana del diámetro del tumor fue de 27,5 mm (IQR, 20–37,5) con una mediana de tres (IQR, 1–5) ganglios linfáticos positivos resecaados. El 56,81% y el 25% de los pacientes recibieron quimioterapia y radioterapia adyuvantes, respectivamente.

Características de la intervención	
Tipo de resección, n° (%)	
Hepatectomía derecha	11 (34.37)
Hepatectomía derecha extendida	2 (6.25)
Hepatectomía izquierda	8 (25)
Hepatectomía izquierda extendida	1 (3.12)
ALTPS	2 (4.88)
Resección del conducto biliar	6 (18.75)
Hepatectomía central	1 (3.12)
4b+5 Bisegmentectomía	1 (3.12)
Resección del lóbulo caudado, n° (%)	17 (54.28)
Tiempo de la operación, (min) mediana (RIC)	329 (240-420)
Pérdidas hemáticas, (ml) mediana (RIC)	450 (207.5-700)
Transfusión hemoderivados, n° (%)	10 (34.28)
Transfusión plasma, n°(%)	6 (22.85)
Margen quirúrgico, n°(%)	
R0	28 (87.5)
R1	4 (12.5)

Características de la intervención	
Diámetro del tumor, (mm), mediana (RIC)	27.5 (20-37.25)
Ganglios linfáticos resecados, n°(%)	3 (1-5)
Clasificación histológica, n° (%)	
Gx	1(3.12)
G1	12 (37.5)
G2	14 (43.75)
G3	5 (15.63)
Estadío (AJC, 8ª ed)	
Estadío I	2 (6.25)
Estadío II	14 (43.75)
Estadío IIIa	2 (6.25)
Estadío IIIb	7 (21.88)
Estadío IIIc	6 (18.75)
Estadío Iva	1 (3.12)
Morbilidad Global, n° (%)	24 (77.14)
Clavien-Dindo ≥IIIb, n (%)	9 (34.28)
Mortalidad, n° (%)	5 (14.28)
Duración estancia hospitalaria, días, mediana (RIC)	12 (10-29.75)
Quimioterapia adyuvante, n° (%)	25 (56.81)
Radioterapia adyuvante, n° (%)	11 (25)

Tabla 15. Datos relacionados con la intervención. ml: mililitros; RIC: rango inter cuartílico; min: minutos.

4.2.2. Reconstrucción 3D y variaciones vasculares anatómicas:

El promedio de diferencia entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios según el tamaño del tumor ($3,60 \pm 3,75$ mm, límites de acuerdo de -14,97 a 22,15) fue mayor que con la reconstrucción 3D ($-2,52 \pm 1,35$ mm, límites de acuerdo de -9,21 a 4,17) (Figura 12A y 12B respectivamente)

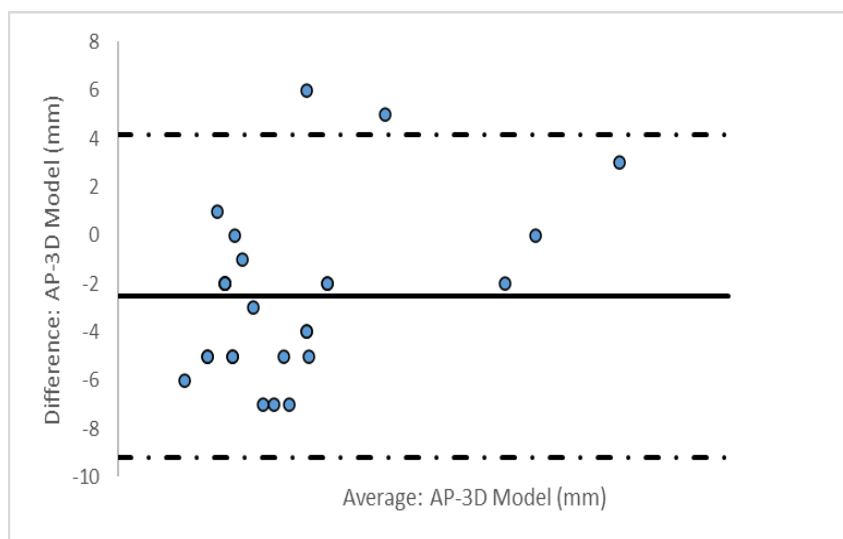


Figura 12A. El promedio de diferencia entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios según el tamaño del tumor.

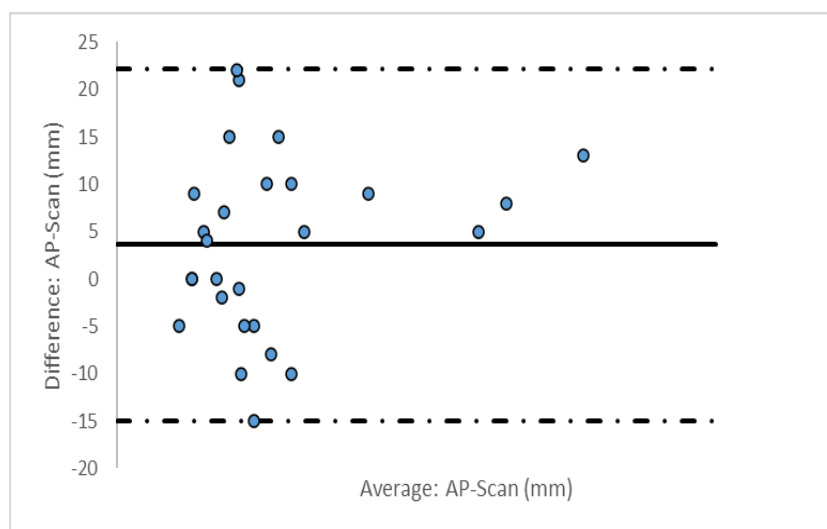


Figura 12B. El promedio de diferencia entre la reconstrucción 2D y los hallazgos intraoperatorios según la reconstrucción 3D.

El modelado 3D permitió una descripción muy detallada de la anatomía vascular y sus variantes. Así, pudo diferenciar 2 tipos de variantes de la vena porta, 4 de la unión hepato-cava, 3 de la vena hepática izquierda, 9 de la vena hepática media, 7 de la vena hepática derecha y 7 de la arteria hepática. En el 36,6% de los casos, la clasificación de Michels fue insuficiente para clasificar correctamente las variaciones de la arteria hepática descritas por el modelado 3D, (Tabla 16).

	Fracción	%
Variaciones en la vena porta		
VPM se bifurca en VPD y VPI. VPD se divide en VPDA y VPDP.	31/41	75,6
VPDP es la primera rama de la VPM. VPDA Y VPI forman un tronco común.	10/41	24,4
Variaciones en la union hepato-cava		
VHI y VHM forman un tronco común.	23/41	56,1
VHI Y HVM forman un tronco común+presencia de VHD inferior	12/41	29,3
Trifurcación. VHI, VHM and VHD drenan independientemente en la VCI	4/41	9,8
Trifurcación. VHI, VHM and VHD drenan independientemente en la VCI+presencia de VHD inferior.	2/41	4,9
Variaciones en VHI		
Tributaria drenaje s2	12/41	29,3
Tributaria drenajes4	11/41	26,8
Tributaria drenaje s4+ tributaria drenaje s4	18/41	43,9
Variaciones en VHM		
Bifurcación temprana VHM	1/41	2,4
Tributaria drenaje s4	2/41	4,8
Tributaria drenaje s4 y s5 desde un tronco común.	2/41	4,8
Tributaria drenaje s4 y s5 desde un tronco común+tributaria drenaje s8	4/41	9,8
Tributaria drenaje s4 y s5 desde un tronco común+tributaria drenaje s4	2/41	4,8
Tributaria drenaje s4+tributaria drenaje s4 y s5 desde un tronco común+ tributaria drenaje s8	7/41	17,1
Tributaria drenaje s4+tributaria drenaje s8	10/41	24,4
Tributaria drenaje s8	12/41	29,3
Tributariadrenaje s8+tributaria drenaje s7+ tributaria drenaje s8	1/41	2,4
Variaciones en VHD		
Tributaria drenaje s7	15/41	36,6
Tributaria drenaje s8	1/41	2,4
Tributaria drenaje s7+tributaria drenaje s8	6/41	14,6
Tributaria drenaje s7+presencia de VHD inferior	15/41	36,6
Tributaria drenaje s7+tributaria drenaje s8+presencia de VHD inferior	2/41	4,8
Tributaria drenaje s7+ tributaria drenaje s5	1/41	2,4
No clasificado	1/41	2,4
Variaciones en arteria hepática		
I	28/41	68,3
II	1/41	2,4
III	2/41	4,8
V	5/41	12,2
VI	2/41	4,8
VIII	2/41	4,8
No clasificado	1/41	2,4
Clasificación Insuficiente	15/41	36,6

Tabla 16. Descripción detallada de las variantes vasculares de la arteria hepática, vena porta y 4 venas hepáticas (VHD: vena hepática derecha, VHI: vena hepática izquierda) en nuestra serie tras aplicar el algoritmo de modelado vascular 3D.

4.2.3. Declaración del nivel de acuerdo de los cirujanos hepatobiliares:

Los detalles de la escala de Likert relacionados con el cuestionario se muestran en la tabla 17. Los encuestados detallaron una mejor comprensión de todos los parámetros relacionados con la estadificación del tumor, el tamaño, la extensión y las relaciones de la vasculatura con el uso de modelos 3D utilizando la escala tipo Likert, con la excepción de afectación de los ganglios linfáticos. Los encuestados también detallaron una clara mejora en la interpretación de la anatomía vascular y biliar, con una puntuación Likert media de $4,72 \pm 0,46$ y $4,77 \pm 0,42$, respectivamente.

Su utilidad en la docencia de estudiantes y residentes, así como su potencial para una mejor comunicación con los pacientes, se valoró positivamente con una media de $4,77 \pm 0,42$, $4,72 \pm 0,46$ y $4,44 \pm 0,70$, respectivamente.

En cuanto a la planificación preoperatoria y los resultados quirúrgicos, los ítems relacionados con el abordaje del drenaje biliar preoperatorio, la morbilidad y los resultados oncológicos obtuvieron los resultados menos positivos: $3,5 \pm 0,98$; $3,88 \pm 0,90$ y $3,5 \pm 0,85$, respectivamente. En general, los cirujanos estuvieron muy de acuerdo con la afirmación: “planificar con el modelo 3D es mucho mejor que con imágenes 2D” con una puntuación Likert media de $4,72 \pm 0,46$.

En este estudio, la confiabilidad compuesta y el coeficiente alfa de Cronbach para todos los ítems fueron superiores a 0,7, lo que indica un buen resultado. Los ítems relacionados con la mejora en la comprensión de la anatomía biliar y vascular junto con la planificación preoperatoria alcanzaron una puntuación mayor de 0,88 y 0,83 respectivamente.

Parámetros evaluados	α Cronbach's	Escala Likert		
		Media (DS)	Mediana (IQR)	Moda
Estadificación tumoral	0.73			
Relación entre el tumor y la arteria hepática.		4.83±0.38	5 (5-5)	5
Relación entre el tumor y la vena porta.		4.88±0.32	5 (5-5)	5
Comprensión del tipo de pCCA de acuerdo con Bismuth-Corlette .		4.77±0.42	5 (4.75-5)	5
Comprensión del tipo de pCCA de acuerdo con MSKCC		4.66±0.48	5 (4-5)	5
Comprensión de la afectación de los ganglios linfáticos		3.88±0.90	4 (3-5)	4
Anatomía vascular y biliar	0.88			
Anatomía arteria hepática		4.72±0.46	5 (4-5)	5
Anatomía vena porta		4.77±0.42	5 (4.75-5)	5
Anatomía conducto biliar		4.72±0.46	5 (4-5)	5
Planificación preoperatoria y resultados quirúrgicos	0.83			
Abordaje de drenaje biliar preoperatorio		3.5±0.98	3.5 (3-4)	3
Tipo de resección hepática		4.55±0.61	5 (4-5)	5
Decisión de no operar a un paciente		4.33±0.84	4.5 (4-5)	5
Mejorar los resultados postoperatorios.		3.88±0.90	4 (3-5)	4
Mejores resultados de supervivencia.		3.5±0.85	3 (3-4)	3
Mejorar la discusión sobre la estadificación en la sesión multidisciplinaria de tumores		4.38±0.84	5 (4-5)	5
Mejorar la discusión preoperatoria de los casos entre los cirujanos		4.61±0.60	5 (4-5)	5
Enseñanza y comunicación con el paciente	0.77			
Estudiantes de medicina		4.77±0.42	5 (4.75-5)	5
Residentes		4.72±0.46	5 (4-5)	5
Mejora la comunicación con el paciente		4.44±0.70	5 (4-5)	5
Modelo 3D es mucho mejor que las imágenes con 2D		4.72±0.46	5 (4-5)	5

Tabla 17. Evaluación de la utilidad del manejo preoperatorio del modelado 3D de generación neta según el nivel de acuerdo de los cirujanos hepatobiliares.

4.3. Utilidad del 3D en los equipos de enfermería quirúrgica

Se pasó el formulario vía web a enfermeras que tienen conocimientos de cirugía hepática y han desempeñado su trabajo en el quirófano de cirugía robótica y/o quirófano de cirugía hepática programada en los últimos 3 años.

Un total de 20 enfermeras de quirófano con experiencia en cirugía hepatobiliar y modelización 3D de última generación contestaron el cuestionario. En todas las cuestiones planteadas hubo una unanimidad en cuanto a los beneficios de la modelización 3D (Figura 13).

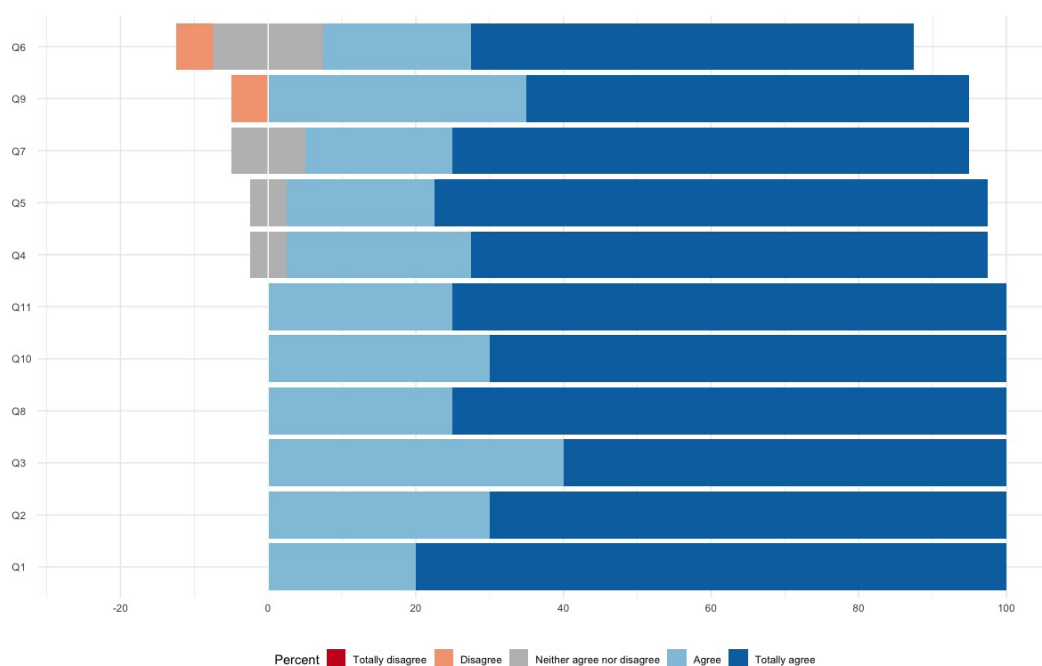


Figura 13. Respuestas de las enfermeras sobre el uso del 3D en cirugía hepática.

El formulario constaba de 11 preguntas con una respuesta posible entre 5 opciones determinadas previamente con escala Likert. Según la escala de Likert la mediana de todas las preguntas fue de 5 (Anexo 10). A continuación, se detallan las cuestiones planteadas y las respuestas obtenidas.

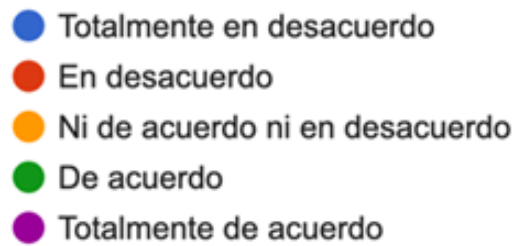


Figura 14. Opciones de respuesta para las 11 preguntas planteadas en el cuestionario para enfermería.

Preguntas: ¿Cree que los modelos de última generación 3D son útiles para comprender mejor la intervención quirúrgica que se va a llevar a cabo en el quirófano? Y ¿Reconoce con facilidad el número de lesiones hepáticas existentes en un modelo representado en 3D?



Figura 15A. Porcentaje de respuesta de enfermeras (80%) en relación a la mejor comprensión de la intervención quirúrgica con el modelo 3D. **Figura 15B.** Porcentaje de respuesta de enfermeras (70%) en relación al reconocimiento de lesiones existentes en el hígado con el modelo 3D.

Pregunta: ¿Reconoces cuál es el lóbulo afectado (Izquierdo o derecho) en cada modelo 3D? Un 60% de enfermeras respondieron que estaban totalmente de acuerdo con respecto al reconocimiento del lóbulo afectado utilizando el modelo 3D.

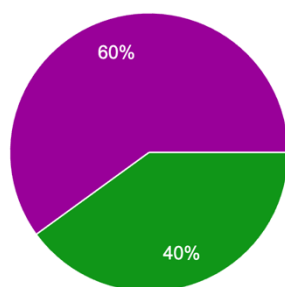


Figura 16. Porcentaje de respuesta de enfermeras (60%) totalmente de acuerdo en cuanto al reconocimiento del lóbulo hepático afectado con el modelo 3D.

Preguntas: ¿Cree que con la figura en 3D es más sencillo identificar las lesiones y su relación con las estructuras vasculares del hígado, que con el TC y o RM? y ¿Reconoce las lesiones de manera más sencilla con el modelo 3D que con la imagen 2D?



Figura 17A. Porcentaje de enfermeras (70%) que identifican mejor con el modelo 3D las lesiones y su relación con las estructuras vasculares. **Figura 17B.** Porcentaje de enfermeros que reconocen las lesiones de manera más sencilla con el modelo 3D que con la imagen 2D.

Pregunta: ¿Cree que con el uso de la imagen en 3D se fomenta la comunicación entre los distintos miembros del equipo multidisciplinar? Un 60% de enfermeras considera que el modelo 3D fomenta la comunicación del equipo multidisciplinar.

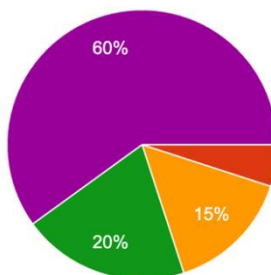


Figura 18. Porcentaje de enfermeros (60%) que consideran que el 3D fomenta la comunicación en el equipo multidisciplinar.

Pregunta: ¿Cree que la planificación con el 3DV facilita la preparación de los recursos y material quirúrgico necesario antes de la cirugía, con respecto a la planificación con las imágenes 2D?

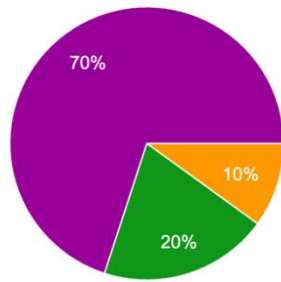


Figura 19. Porcentaje de enfermeros (70%) que consideran que el 3DV facilita la preparación de material necesario antes de la cirugía.

Pregunta: ¿Piensa que con la imagen en 3D aumenta la calidad asistencial en el quirófano proporcionando unos cuidados individualizados consiguiendo mejores resultados, a la vez que se minimizan las posibles complicaciones derivadas de la intervención?

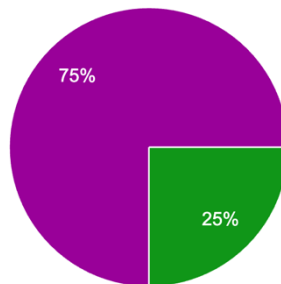


Figura 20. Porcentaje de enfermeros (75%) que considera que la imagen 3D puede aumentar la calidad asistencial en el quirófano.

Pregunta: ¿Piensa que los modelos impresos en 3D pueden mejorar aún más la comprensión de los casos?

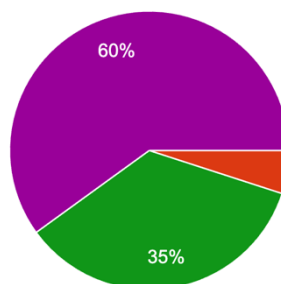


Figura 21. Porcentaje de enfermeros (60%) que considera que los modelos 3D mejoran la comprensión de los casos.

Preguntas: ¿Considera que puede aumentar la seguridad del paciente con la planificación de la intervención utilizando el modelo 3D? y ¿Considera que planificar la intervención con el 3DV es mejor o más preciso que con las imágenes 2D?



Figura 22A. Porcentaje de enfermeros (70%) que creen que la planificación quirúrgica el 3DV puede aumentar la seguridad del paciente. **Figura 22B.** Porcentaje de enfermeros (70%) que consideran que planificar la intervención con el 3DV es mejor o más preciso que las imágenes 2D.

V. DISCUSIÓN

5.1. 3D e impresión 3D en cirugía hepatobiliar compleja

En los últimos años, la impresión 3D está desarrollando un papel importante tanto en la práctica clínica como en la atención médica, creando dispositivos personalizados en función de las características individuales de cada paciente. Al ser una tecnología novedosa en muchos ámbitos de la medicina, se encuentra en un continuo progreso donde es necesario valorar la efectividad y las ventajas de su aplicación^{231,232}. Es posible que esta tecnología permita obtener resultados más precisos, consiga reducir el tiempo en los distintos procedimientos y, favorezca su uso en docencia además de mejorar la comunicación con los pacientes en relación a la aplicación de su tratamiento²³².

Cada vez, se pueden encontrar más investigaciones dónde se observa como el 3D aporta dos contribuciones principales frente a otros métodos de imágenes tradicionales, como la TC y la RM, frecuentemente utilizados para evaluar la cirugía hepatobiliar. Una de ellas es su precisión dimensional, proporcionando datos con exactitud y otra la capacidad de representar la anatomía hepática en relación con el tumor de una manera más sencilla. Witowski et al.²³³, consideran que la **precisión** a la hora de procesar las imágenes médicas del hígado es fundamental para lograr un 3DP con valor clínico. Destacando que es seguro asumir que estos modelos impresos cumplirán su función, siempre que se haga una segmentación y trato adecuado de las imágenes disponibles.

Una revisión sistemática de 2018 que analizó 19 estudios sobre la impresión 3D aplicada a la cirugía hepática destaca el éxito de los 3DP en cuanto a su precisión al replicar las distintas estructuras anatómicas, volumen y medidas comparándolo con las imágenes de referencia, donde se encontró una buena correlación, respecto a las imágenes originales. Por ello, se considera una herramienta fiable, con una tasa de error baja en comparación con las imágenes clásicas, aportando fiabilidad a los modelos que representan estructuras anatómicas y las distintas patologías hepáticas. No obstante, estos resultados pueden deberse a la muestra reducida de estudios, así como los distintos modelos y materiales utilizados en la realización del 3DP²³⁴.

En este sentido, en nuestra investigación pudo evaluarse la precisión dimensional del 3DP hepático determinado por medio de pruebas de segmentación mediante TC/

RM presentando gran similitud en el espesor y calibre de los accesos vasculares con una oscilación entre 0.22 ± 1.8 mm. Además, pudo observarse una buena concordancia en las distintas estructuras vasculares, venas hepáticas, vena porta y arteria hepática y la vía biliar. También se encontró similitud entre la pieza quirúrgica y el 3DP en cuanto al margen de resección, con una variación de $1,15 \pm 1,52$ mm.

Además de la precisión, otros **beneficios** que aporta esta nueva tecnología 3DP se pueden encontrar en las distintas etapas que conforman el proceso quirúrgico, desde el diagnóstico hasta la localización exacta del tumor, contribuyendo a una mejor comprensión. A pesar de ello, es necesario una amplia experiencia en el análisis de imágenes para reconocer la ubicación exacta del tumor ya que, en muchas ocasiones comporta gran dificultad de interpretación a la hora de establecer la relación exacta con las distintas estructuras anatómicas²³⁵.

Martelli et al.²³⁶, en una revisión sistemática acerca del uso del 3DP en cirugía encontraron que, de 158 estudios incluidos, 77 de ellos (48,7%) destacaron la ventaja de planificar la intervención con el 3DP en cuanto a la posibilidad de interpretar la anatomía de una manera más sencilla al poder identificar previamente la existencia de variaciones anatómicas. Por otro lado, 48 estudios (30.4%) identificaron la reducción de las **complicaciones postoperatorias** aplicando la tecnología 3DP en la cirugía, encontrando menos riesgos durante el procedimiento. El uso de los modelos consiguió disminuir la morbilidad consiguiendo un aumento de la seguridad quirúrgica para los pacientes.

Los 3DP, consiguen mejorar la **planificación quirúrgica** de la cirugía hepatobiliar representando de manera fiable las distintas estructuras anatómicas del hígado que están relacionadas con el tumor. Además, consiguen facilitar la localización y la comprensión de éstas, debido a la fácil visualización y la posibilidad de manipular los modelos ya que, al ser una experiencia táctil proporciona más información que el resto de imágenes complementarias²³⁴. Sheng et al.²³⁷, en un estudio de cohortes en 105 pacientes sometidos a cirugía hepática compleja, consideraron útil el uso de la planificación de la estrategia quirúrgica a seguir con la tecnología de visualización 3D. Encontraron que la incidencia de complicaciones postoperatorias graves en el grupo con reconstrucción

3D fue significativamente menor que en el grupo control, 3/54 (5,6%) frente a 10/51 (19,6%), respectivamente, ($p = 0,038$). Aunque no hubo significación estadística entre los dos grupos en cuanto a la tasa total de complicaciones. También encontraron que en el grupo con reconstrucción 3D se redujo el tiempo intraoperatorio ($257,1 \pm 63,4$ vs $326,6 \pm 78,3$ minutos, $p < 0.001$), las pérdidas hemáticas ($256,4 \pm 159,1$ vs $436,1 \pm 177,3$ mililitros, $p < 0.001$), así como las transfusiones ($213,3 \pm 185,2$ vs $401,6 \pm 211,2$ mililitros, $p < 0.001$). Lo que redujo también la estancia hospitalaria ($9,7 \pm 3,1$ vs $11,9 \pm 3,3$ días, $p = 0.001$).

Bangeas et al.²³⁸, en una revisión sistemática de 32 artículos originales donde estudiaron el impacto del 3D en este tipo de cirugías hepáticas confirman la utilidad de las figuras 3D en planificación preoperatoria como uno de los campos más relevantes. También destacan los fines educativos y formación como un campo importante donde su utilidad mejora los resultados. A pesar de ello, los autores destacan la necesidad de conseguir muestras con mayor número de pacientes y con un diseño de estudio sólido que garanticen su efectividad.

En el presente estudio, se encontraron similitudes en cuanto a los resultados de los cuestionarios realizados a los cirujanos hepatobiliares. Todos los participantes coincidieron en que el 3DP proporciona una mejor percepción de las relaciones espaciales o una mejor visualización 3D de los márgenes y planos de resección en comparación con la TC/RM. Esto se debe a que estos modelos permiten un mejor entendimiento al poder manipularlos y pueden ser utilizados dentro del campo quirúrgico, pudiendo comparar directamente con los hallazgos intraoperatorios y favoreciendo una mejor orientación. También pudo observarse, que la percepción de la complejidad de los casos y las relaciones entre el tumor y las estructuras vasculares, era superior en los 3DP. Por todo ello se considera que la impresión 3D sirve de guía intraoperatoria consiguiendo aportar grandes beneficios para la enseñanza quirúrgica.

Un estudio de casos en 38 pacientes con patología tumoral hepática, encontraron que al planificar la cirugía con 3DP en el grupo de casos y con 2D en el grupo control, existía una tendencia favorable en cuanto a **reducción del tiempo intraoperatorio**, me-

nor días de ingreso y reducción de la mortalidad a 0 en el grupo de pacientes con 3DP a pesar de no tener significación estadística. Si encontraron diferencias significativas al comparar el número de lesiones ($p < 0.001$) y la afectación vascular ($p < 0.0232$), mayor en el grupo con 3DP. Estos resultados repercuten de manera positiva en el uso del 3DP en los casos más complejos. Así pues, al preguntar a cirujanos expertos por el uso del 3D para la planificación preoperatoria, el 80% encontró realmente útil esta herramienta en intervenciones con mayor complejidad²³⁹.

Algunos autores están de acuerdo en que el uso del 3DP disminuye el tiempo quirúrgico y las complicaciones postoperatorias^{240,241}. Sin embargo, su utilidad para disminuir los resultados intraoperatorios en cirugía hepática necesita más evidencia como recomienda la mayoría de los cirujanos hepatobiliares del presente estudio.

Las ventajas del 3DP dependen también de las características de las posibles **anomalías anatómicas** que se puedan encontrar, del número de lesiones, así como de su etiología. En el caso de lesiones pequeñas Igami et al.¹⁹⁵, encontraron funcionalidad del uso del 3D en unas lesiones de pequeño tamaño que no eran visibles con ecografía. Xian et al.²⁴², utilizaron los 3DP para el diagnóstico y planificación de las intervenciones en las que consiguieron operar con buenos resultados tanto MHCCR múltiples, como HCC masivo que además contaba con una anomalía en la vena porta. En ambos casos se logró disminuir la tasa de riesgos quirúrgicos además de aportar precisión a la cirugía realizada.

Por otro lado, se encuentra poca experiencia de uso del 3DP en intervenciones de tumores malignos de la vía biliar. Takagi et al.¹⁸⁷, utilizaron con éxito, un modelo en un paciente sometido a una hepatectomía mayor por un CCI, considerando útil el uso de estos modelos para futuras simulaciones preoperatorias. En anomalías tanto de la arteria hepática como de la vena porta, algunos autores también encuentran su utilidad^{242,243}.

Witowski et al.²⁴¹, en un estudio observacional acerca de la toma de decisiones con el 3DP en resecciones de hígado por laparoscopia con ecografía intraoperatoria, observó que el uso del 3DP antes de la intervención modificó el plan quirúrgico en algunos pacientes, cambiando así la extensión de la intervención. Consideran su utilidad como

herramienta que, al permitir visualizar el tumor, se puede hacer un cálculo del volumen aproximado lo que permite planificar cual será la función hepática preservada. Con ello se reduce la posibilidad de complicaciones postoperatorias como es la IHP. De esta manera, el uso del 3DP para la planificación de estas intervenciones puede considerarse una ayuda adicional, sobre todo en los pacientes con resecciones complejas.

La experiencia de nuestro grupo muestra que, en estos casos complejos, el uso del 3DP podría ayudar a planificar la estrategia quirúrgica a seguir. Por ello, las recomendaciones indicadas para el uso del 3DP deberían ser tumores que afecten de manera directa o cercanos a estructuras vasculares (venas hepáticas, vena porta y VCI), MHCCR múltiples, tumores de gran tamaño, localización de tumores ubicados en la vía biliar y evaluación de la respuesta al tratamiento neoadyuvante. Otra de las indicaciones del uso de los modelos 3D puede encontrarse para la planificación preoperatoria de pacientes sometidos a trasplante hepático con donante vivo o en pacientes con complicaciones postquirúrgicas derivadas del trasplante hepático. En este caso, mediante la visualización del modelo 3D junto a las imágenes de la TC, puede localizarse con precisión la zona afectada y conseguir el plano de resección más adecuado^{244,245}.

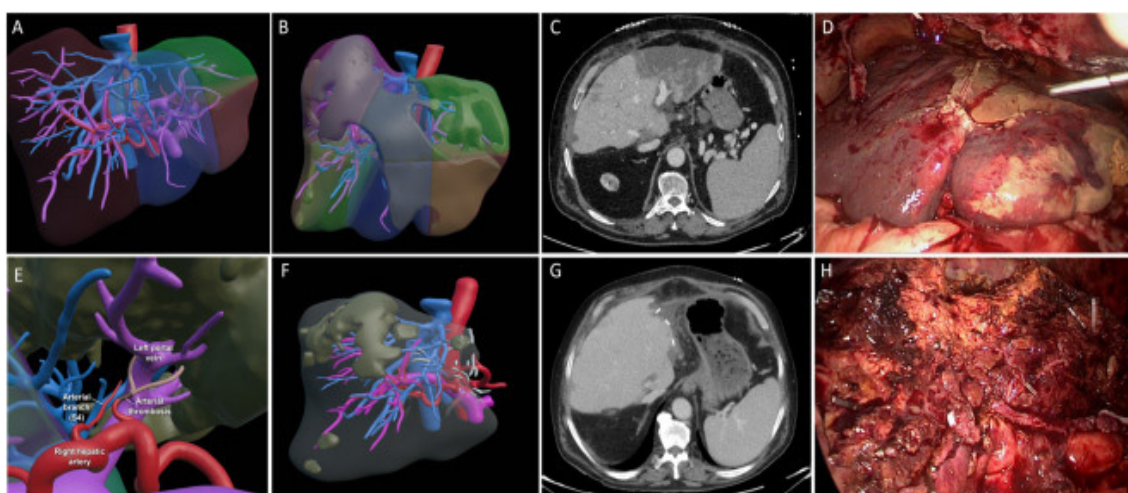


Imagen 6. Planificación quirúrgica con modelo 3D para un paciente trasplantado con isquemia del lóbulo hepático izquierdo y signos de necrosis en los segmentos 2-3. López-López et al.²⁴⁴.

En relación a las ventajas e inconvenientes de los diferentes **materiales de impresión** y de las distintas impresoras 3D, existen opiniones diversas en cuanto al uso de

modelos transparentes y opacos. Por un lado, Oshiro et al.²⁴⁶, utilizaron materiales no transparentes para disminuir el tiempo de producción y el coste económico. Este tipo de materiales, permiten visualizar tanto las estructuras intrahepáticas como los tumores a pesar de no ser completamente transparentes. Kuroda et al.²⁴⁷, diseñaron los 3DP con resina acrílica rígida en dos casos de HCC y a pesar de los tiempos de impresión y el coste económico, encontraron aplicabilidad del modelo para la intervención quirúrgica y el mejor entendimiento de los cirujanos en cuanto a las posiciones anatómicas y vasculares relacionadas con el tumor. Otros autores²³⁴⁻²³⁶, prefieren el uso de modelos bioelásticos y transparentes de tamaño natural, donde los vasos sanguíneos internos y las distintas estructuras intrahepáticas, se identifican con claridad.

En el presente estudio, se diseñaron dos tipos de 3DP, transparentes y opacos, con el fin de facilitar la comprensión de las estructuras anatómicas. Según el consenso del grupo multiinstitucional, los modelos transparentes resultaron ser de mayor utilidad en la localización de lesiones múltiples y pacientes con tratamiento de quimioterapia (en el que las lesiones han desaparecido o disminuido), la orientación espacial y los movimientos de simulación quirúrgica. En cuanto a los modelos opacos, su utilidad destaca en casos de tumores cercanos a accesos vasculares o del árbol biliar (pCCA, hepatectomías centrales o resección vascular).

Como aspecto a destacar encontramos a distintos autores que han valorado la tecnología 3D como herramienta de gran utilidad para la **enseñanza** en cirugía, en comparación con otros modelos tradicionales^{149,175,176,234}. Chen et al.²⁴⁸, en un ensayo controlado aleatorizado (ECA) establecieron una comparación para estudiar los distintos huesos del cráneo. Distribuyeron los alumnos en tres grupos, unos utilizaron un cráneo en 3DP, otros atlas y otros usaron un cráneo de un cadáver. Tras evaluar el aprendizaje los datos obtenidos mostraron que el grupo de alumnos que usaron el 3DP encontraron mayor facilidad para el aprendizaje de los huesos del cráneo en comparación con los otros grupos. Li Z et al.²⁴⁹, en un ECA sobre los 3DP de fractura de columna, reveló que el 3DP mejoro la comprensión de la anatomía compleja de las fracturas vertebrales para los estudiantes de medicina frente a los otros dos grupos que utilizaron imágenes de TC e imagen en 3D. Observaron como el 3DP mejora la enseñanza además de aumentar

tanto el interés como el entusiasmo, dos componentes fundamentales para conseguir un buen aprendizaje. También se ha encontrado beneficio del uso del 3DP para la docencia en otras ramas quirúrgicas como neurocirugía²⁵⁰, aprendizaje de anatomía cardíaca²⁵¹, otorrino²⁵², urología²⁵³, ginecología²⁵⁴ y en cirugía hepatobiliar²⁵⁵.

Otros autores destacan como puede observarse el uso de 3DP también para la enseñanza del paciente sobre su diagnóstico y tratamiento. Con ello, se aporta más confianza y se establece una mejor comunicación al permitir su cooperación y el entendimiento de su proceso^{153,255}. En la misma línea, en nuestro estudio todos los pacientes informaron de una mayor comprensión al participar activamente en la planificación quirúrgica con el uso de su modelo individualizado en 3DP.

Centrándonos en la enseñanza con el 3DP en cirugía hepatobiliar, Kong et al.²⁵⁶, se interesaron por facilitar la enseñanza de los distintos segmentos de la anatomía hepática a estudiantes de medicina. Desarrollaron un 3DP preciso, con buenos resultados para la docencia, similares a los obtenidos con 3DV y mejores comparado con otras imágenes tradicionales. En la misma línea una revisión de Wang et al.²⁵⁷, confirma como el uso del 3DP es útil en estudiantes y residentes aportando una visualización más clara y mejorando el aprendizaje de manera más eficaz. Rhu et al.²⁵⁸, consideran que el 3DP es útil en los casos con tumores más complicados, donde su visualización directa favorece la comprensión sobre todo en alumnos y pacientes. Yeo et al.¹⁵⁵, llevaron a cabo un estudio dónde dividieron a catorce residentes en dos grupos para hacer reconstrucciones sobre planificación preoperatoria, (5 imágenes en 2D y 5 imágenes en 3D) el grupo con imágenes en 3D consiguió mejores resultados, aumentando la precisión en la planificación y disminuyendo el tiempo requerido (156 ± 107 segundos para el grupo 2D) y de (84 ± 73 segundos para el grupo 3D, $p < 0,01$). Trece de los alumnos consideraron que el 3D era más fácil de usar y mejoró su confianza con la planificación quirúrgica propuesta.

Este estudio aporta resultados significativos en el uso del 3DP para el uso de la enseñanza en estudiantes de medicina en comparación con otras imágenes obtenidas por TC y RM. Al comparar las tasas de éxito de cada modelo en función de cada caso eva-

luado, la tasa de éxito mayor se encontró con el 3DP, siendo similar con las imágenes tradicionales de TC y RM y 3DV ($p= 0.05$). Los estudiantes comprenden mejor la anatomía hepática con el uso del 3DP en casos complejos como pCCA o enfermedad bilobar múltiple. En casos de lesiones grandes o poco complejas los estudiantes obtuvieron una tasa de éxito similar con ambos métodos.

Así encontramos como en la actualidad la tecnología 3D se está desarrollando y tomando importancia en la planificación quirúrgica y el ámbito perioperatorio. Los dos principales **desventajas** que se pueden encontrar son, el **costo económico** de los distintos materiales necesarios para su creación y el **tiempo** imprescindible para crearla. Los 3DP están sujetos a unos estándares de control y fabricación que deben cumplir, regulados para dispositivos y productos médicos. En Estados Unidos en 2017, la Administración de Alimentos y Medicamentos²⁵⁹ publicó unas recomendaciones técnicas para dispositivos médicos de fabricación aditiva, sirviendo de guía para los fabricantes y aportando mayor calidad y validez a su utilización. En España, tenemos desde 2015 la Ley de Garantías y Uso racional de Medicamentos y Productos Sanitarios²⁶⁰, que regula lo referente al uso de distintos materiales en el ámbito médico.

Como hemos visto anteriormente, la inversión económica para cada modelo también depende del tipo de material utilizado, el tipo de impresora, la complejidad de cada caso individual y el tamaño, bien sea real o a escala. No se encuentra mucha evidencia descrita acerca de los costos económicos y el tiempo empleado para la obtención de cada modelo, pero si se conoce que los que son realizados con material transparente y a tamaño real tienen un mayor impacto económico que las otras opciones disponibles. Martelli et al.²³⁶, encontraron que las principales ventajas se identifican a la hora de planificar la intervención, la precisión del proceso y la disminución del tiempo intraoperatorio. Como desventajas 30 estudios (19%) señalaron la inversión económica para crear cada modelo y 31 estudios (19.6%) el tiempo necesario para producirlo, como inconveniente importante. En el presente estudio se ha creado un modelo de alta calidad en unas 22 h (IQR:19–25) con un costo económico reducido (950€) y que en un futuro irá disminuyendo progresivamente haciendo el proceso más asequible al ser utilizado cada vez con más asiduidad.

Es necesario destacar una serie de limitaciones en nuestro estudio. Por un lado, dentro del continuo proceso de evaluación de estos dispositivos, deben mejorarse algunos aspectos técnicos en el proceso de creación del 3DP en los siguientes modelos. Por otro lado, la evaluación de los cirujanos hepatobiliares acerca de los 3DP es una opinión subjetiva siendo necesario aportar más evidencia científica que confirme los datos obtenidos. En cuanto a los distintos modelos creados, al ser tumores muy diferentes, se ha podido validar el proceso de creación de los modelos en los distintos casos, pero no se puede comparar en qué clase de tumores sería más rentable. Por último, en cuanto a la reducción de las complicaciones intraoperatorias, no se pudo obtener un resultado significativo debido a la necesidad de un tamaño de muestra muy grande.

El tiempo quirúrgico empleado, el margen de resección y las complicaciones en el posoperatorio dependen en gran medida de la pericia de cada cirujano hepatobiliar, además de otros factores. Debido a algunos problemas relacionados con la recogida de datos la información obtenida podía haber sido más informativa. Por todo ello, el uso de estos modelos, no modifica necesariamente el resultado de la intervención, pero si es de gran utilidad para la enseñanza, la comprensión y la planificación quirúrgica.

5.2. Modelización 3D e impresión 3D en la cirugía del pCCA

Como hemos visto anteriormente, la tecnología 3D de nueva generación es de utilidad en las diferentes etapas de la planificación quirúrgica. Ya desde una etapa previa con el diagnóstico de la patología del paciente, permite elegir el tipo de resección más adecuado y planificar la intervención de manera precisa y objetiva, evitando los posibles daños. Durante el procedimiento, sirve de ayuda para orientarse, comprender mejor que se está realizando y evaluar en el postoperatorio los beneficios conseguidos con su utilización.

El mérito que aporta esta nueva tecnología 3D frente a las imágenes 2D de la TC y RM, está relacionado con su capacidad para identificar la relación espacial entre las distintas estructuras vasculares y la ubicación de las lesiones siendo de gran utilidad en

los pacientes diagnosticados de pCCA dónde el espacio quirúrgico es muy limitado¹⁸⁶. El 3DP al ser una realidad tangible, permite una mayor percepción en cuanto a la profundidad aportando esa ventaja frente al 3DV, que tiene que observarse en imagen 2D en los monitores. Los modelos físicos, proporcionan una mayor percepción de profundidad aportando información complementaria de gran utilidad, tanto para la planificación como para el tratamiento.

El **proceso de creación** de un 3DP se puede dividir en cuatro fases:

1. Adquisición de imágenes: se utilizó un protocolo de captación para normalizar las características de las imágenes. Los datos del paciente se mantienen de manera anónima.
2. Segmentación de imágenes: mediante un software específico que garantiza la integridad del modelo. Se define como el proceso de extracción de datos específicos de la región de interés y el perfeccionamiento de la representación de la selección anatómica.
3. Desarrollo de un modelo 3D: un programa procesa los datos que se han obtenido con el fin de configurar el modelo 3D.
4. Transferencia de datos del modelo a una impresora 3D: el archivo completo se transfiere a la impresora 3D para la impresión del modelo.

El pCCA es una enfermedad desafiante y tiene como único tratamiento curativo la resección quirúrgica completa del tumor^{261,262}. Los resultados oncológicos del paciente dependen de la posibilidad de conseguir un margen negativo tras la resección, considerado el factor pronóstico más relevante para la supervivencia a largo plazo^{263,264}.

La aportación del 3D en alta definición para visualizar las estructuras del hilio hepático permite evaluar el abordaje necesario para la intervención de tumores de Klatskin dónde la identificación de su patrón de crecimiento infiltrante, puede modificar el plan de intervención por completo además de proporcionar la posibilidad de anticiparse a los futuros problemas que puedan surgir, pudiendo planificarse previamente^{106,263}. El

principal problema detectado hasta el momento, para distinguir entre los pacientes con posibilidad de resección del tumor o no, han sido las limitaciones de la sensibilidad radiológica que afectan directamente al rendimiento de los distintos modelos, al reducir potencialmente la estadificación de la enfermedad en el preoperatorio.

Las manifestaciones del pCCA pueden deberse a diferentes patrones de crecimiento morfológico. Cada técnica de diagnóstico por imagen, tiene sus características particulares y pueden mostrar variedad de síntomas como, conductos biliares dilatados, una masa sólida, engrosamiento de la pared ductal o atrofia lobular. Las imágenes de las fases arterial temprana y venosa portal tardía de una TC con contraste intravenoso son decisivas para hacer una estimación de las características del tumor²⁶⁵, con ello se podrá planificar mejor el tipo de resección, evaluando la relación entre el tumor y las distintas estructuras vasculares^{266,267}.

Según un metaanálisis de Ruys et al.²⁶⁵, la sensibilidad y la especificidad de la TC fueron del 89-92% para evaluar la afección de la vena porta (el encapsulamiento o la oclusión son pruebas sólidas), del 84-93% para la afectación de la arteria hepática y del 61-88% para metástasis en ganglios linfáticos, respectivamente. La RM con contraste intravenoso podría ser una alternativa adecuada a la TC en la evaluación preoperatoria de pCCA²⁶⁸. La precisión, incluida la estadificación ganglionar de ambas técnicas, es similar. Como ventaja de la RM, si se combina con la colangiografía, puede proporcionar una determinación anatómica de la vía biliar²⁶⁹. Por otro lado, mediante la colangiografía directa por endoscopia o colangiografía transhepática percutánea también puede valorarse la vía biliar.

A pesar de contar con las técnicas de diagnóstico mencionadas anteriormente, en ocasiones comprender la relación del hígado con el tumor conlleva una gran dificultad. Es por ello por lo que la tecnología 3D va tomando importancia durante los últimos años, sobre todo en el ámbito médico, aportando un conocimiento adicional a la práctica clínica y a la atención del paciente¹⁷³. Esta herramienta en 3D, a través de la creación de los modelos, tiene un gran poder de reconstrucción que permite identificar con mayor facilidad la ubicación del tumor y su relación con las diferentes estructuras^{270,271}.

En el informe “Future of Surgery” del Royal College of Surgeons, se estableció a través de su panel de expertos, el uso de la tecnología 3D como una herramienta necesaria para planificar cirugías complejas de manera individualizada, pudiendo observar su uso cada vez con mayor frecuencia²⁷².

Por otro lado, la Radiological Society Of North America dispone del uso clínico de las tecnologías 3D en planificación quirúrgica, simulación específica de pacientes y ayuda a la enseñanza, creando un grupo de especial interés con el objetivo de favorecer su estandarización mediante la creación de pautas para la adecuación en su utilización¹⁵⁴.

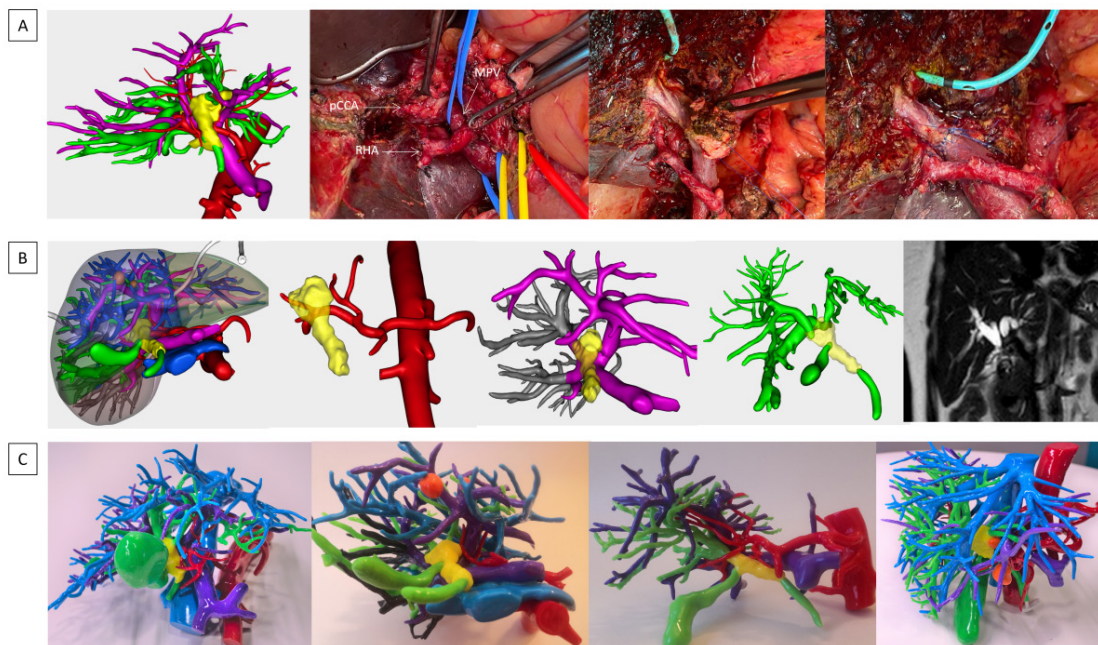


Imagen 7. Ejemplo de modelo 3D para la toma de decisiones quirúrgicas durante la planificación preoperatoria de un pCCA. López- López et al.²⁷⁰.

En la actualidad el uso de la tecnología 3D para guiar la cirugía en el pCCA y el árbol biliar está en continuo desarrollo, permitiendo identificar con mayor facilidad la variabilidad anatómica de cada paciente, disminuyendo el riesgo de lesiones intraoperatorias. Ji et al.¹⁰⁷, y Endo et al.¹⁸⁶, describieron cómo se puede usar la tecnología 3D para planificar con precisión la infiltración ductal de un tumor de manera preoperatoria y comparándolo con los hallazgos intraoperatorios mediante la identificación de puntos de

referencia anatómicos fiables. Mediante las imágenes en 3D, los cirujanos pueden visualizar estructuras vasculares mínimas pero importantes que ayudan a la identificación de la invasión tumoral. Zeng et al.¹⁸⁹ detallan las ventajas de las imágenes 3D en cuanto a la visualización de las estructuras anatómicas y la evaluación 3D de los conductos biliares. Al obtener mayor precisión puede hacerse una adecuada planificación quirúrgica para el tratamiento de pCCA con lo que mejora la seguridad dentro del quirófano, además confirman con su uso un menor tiempo intraoperatorio y una disminución de las pérdidas hemáticas intraoperatorias. Hirose et al.²⁷³, describieron la importancia de conocer la longitud de los conductos hepáticos, derecho e izquierdo, que se pueden reseca en la cirugía del pCCA al reproducir los datos obtenidos de la pieza quirúrgica con los de las pruebas de imagen radiológicas 2D y 3D, aportando consideraciones importantes desde el punto de vista quirúrgico.

Allan et al.¹⁹⁰, recrearon un modelo 3D de la vía biliar para un paciente con un quiste congénito en el conducto hepático común. A pesar de que la investigación en este campo es limitada, consiguieron replicar los conductos biliares y el quiste con alta precisión. Por otro lado, encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la medida de algunos puntos de referencia anatómicos obtenidos comparando las imágenes de las de TC originales con las de TC del modelo 3D lo que puede deberse a algún error a la hora de introducir los datos o la edición por lo que hay que tenerlo en cuenta en siguientes estudios.

A pesar de que los modelos 3D representan con alta precisión las dimensiones de las estructuras biliares y arteriales, encontramos una limitación importante en estos tumores cuando se evidencia un componente inflamatorio asociado, por el espacio reducido del hilio hepático, lo que puede dificultar la distinción clara de qué parte es el tumor. En algunos tumores, la inflamación puede llevar a un diagnóstico erróneo de que el tumor es más grande, que se infiltra a estructuras vasculares o incluso que tiene una mayor extensión en la confluencia del hígado, es por ello que debe interpretarse con cautela¹⁸⁹.

Como hemos descrito anteriormente, a través del modelado 3D se puede identificar con precisión las variantes vasculares, biliares y anatómicas de cada paciente, que

de otra manera tendría mayor dificultad a la hora de distinguirlos^{187,192}. En ocasiones, cuando se hace el diagnóstico de CCA, el tumor se encuentra extendido, con márgenes poco definidos, y su afectación a los vasos biliares y vesícula biliar hacen que sea difícil evaluar su reseccabilidad. En nuestro estudio, los cirujanos hepatobiliares encuestados detallaron una mejor comprensión de los parámetros que comprenden la estadificación del tumor, destacando la mejor planificación con el 3DP que con las imágenes 2D.

Los hallazgos más comunes que descartan una resección curativa son la extensión de la afectación del conducto biliar y la afectación inesperada de la AHD. Mediante una reconstrucción 3D en el preoperatorio, se **simplifica la toma de decisiones** al conocer con anterioridad la disposición de las distintas estructuras vasculares relacionadas con el tumor, facilitando una técnica “non touch” con resección en bloque, evitando en mayor medida la diseminación tumoral²⁷⁴. De igual forma, ocurre en aquellos casos en los que es necesario realizar una resección y reconstrucción de la vena porta.

Así mismo, al poder realizar una evaluación preoperatoria con el 3D, puede ayudar a posponer o cambiar la estrategia a seguir, incluso con un tratamiento neoadyuvante que permita después reevaluar las características del tumor, beneficiando tanto al paciente como a nivel asistencial y económico. Larghi et al.¹⁹¹, crearon un modelo 3D con el fin de replicar un tumor de Klatskin que infiltraba la vena porta derecha de una paciente. Realizaron una triseccionectomía derecha eliminando también la parte de la vena porta invadida por el tumor e hicieron reconstrucción vascular compleja. El uso del 3D fue de utilidad para la planificación preoperatoria en este tipo de casos de gran complejidad donde se recomienda su uso. Como en otros casos el coste y el tiempo de producción se espera que vaya disminuyendo con el uso cada vez más presente de los 3DP. Dependiendo de la calidad de impresión, el material utilizado y la complejidad del modelo, variará en relación el tiempo de impresión. La calidad de la pieza depende de los datos volumétricos adquiridos, el grado de post procesamiento y la impresora.

En relación a las **complicaciones** de este tipo de cirugía, una de las más temidas es la IHP²⁴. Zhang et al.²⁷⁵, utilizaron un modelo de visualización 3D del conducto biliar en 23 pacientes con pCCA progresivo donde observaron las características infiltrantes

del tumor con el 3DP preoperatorio, con ello además de ver la relación del tumor con las distintas estructuras vasculares, calcularon el VHR y su porcentaje, así como el tipo de resección. En los 23 pacientes las imágenes del conducto biliar dilatado se mostraron con precisión lo que consideraron que mejoró la tasa de éxito de las intervenciones. Además, al poder llevar a cabo una resección más radical, se puede conservar el VHR adecuado minimizando la aparición de la IHP.

El uso de los modelos 3D es especialmente útil en cirugías hepáticas extremas como el caso de los pCCA en los que el tumor invade distintas estructuras vasculares y es necesario hacer una exclusión vascular. Nuestro grupo validó su uso en el caso de un paciente de 51 años con un CCI al que realizaron una CHE, realizando con éxito una exclusión vascular hepática con un by-pass venovenoso y utilizando un injerto para reconstruir la vena hepática derecha. Previamente se planificó la cirugía con un 3DP que permitió valorar qué tipo de reconstrucción vascular se iba a llevar a cabo y calcular con precisión el VHR necesario para prevenir la IHP evitando grandes complicaciones²⁷⁶.

Así pues, cuando es necesario preservar un volumen del hígado remanente suficiente tras la cirugía, el modelado 3D nos ayuda a identificar el volumen de cada uno de los segmentos de forma muy precisa. Otra ventaja es la posibilidad de detallar con precisión la ruta de drenaje y distinguirla de la zona de la lesión. Hay que añadir que, en ocasiones, hay que realizar la descompresión de la vía biliar en estos pacientes²⁷⁷. La necesidad de colocar un stent metálico o plástico para resolver la ictericia obstructiva puede causar artefactos en las imágenes preoperatorias. Este es un tema muy debatido, pero cuando sea posible, se deben realizar pruebas de imagen antes de colocar cualquier material en el tracto biliar. Además, el estado de los ganglios linfáticos tiene un fuerte impacto en la supervivencia, ya que alrededor de un 30% de pacientes tienen invasión linfática en el momento del diagnóstico y con esta tecnología en 3D pueden identificarse fácilmente²⁷⁸.

Un estudio de 2023 basado en el uso de la reconstrucción 3D (eOrganmap) para la planificación de la resección laparoscópica del pCCA, analizaron a 73 pacientes a los que dividieron en dos grupos, uno con planificación 2D (n=35) tradicional y el grupo

3D (n=38). Encontraron resultados favorables en el grupo 3D en cuanto a una menor pérdida de sangre, menor tiempo intraoperatorio, tasa de resección R0 y el número de ganglios ($p < 0.05$). También se observaron menos complicaciones en el grupo con planificación 3D (21,5% vs 25,7%, $p > 0.05$)²⁷⁹. En cuanto al cálculo del volumen de resección se encontró una correlación precisa entre el volumen de resección virtual calculado en el preoperatorio y el volumen real obtenido con la resección intraoperatoria realizada ($p < 0.001$). Estos hallazgos favorecen la hipótesis de que la reconstrucción 3D en el pCCA permite una mayor precisión y eficiencia a la hora de llevar a cabo este tipo de resecciones complejas²⁸⁰⁻²⁸².

En relación con todo lo anterior, podemos afirmar que la planificación 3D es ya una herramienta cada vez más demandada. Con su uso se puede conseguir un mayor número de ventajas en el pCCA, ayudando a perfeccionar la obtención de imágenes en la planificación quirúrgica y la reseabilidad durante el tratamiento. La tecnología 3D en el pCCA, hace más sencillo la identificación de la relación entre la lesión y las distintas estructuras biliares y vasculares, durante la disección del hilio hepático. Al facilitar la toma de decisiones sobre la estrategia a seguir en cada caso, ayuda a disminuir las posibles complicaciones intraoperatorias.

Sigue siendo necesario realizar más estudios enfocados al avance tecnológico en el ámbito de la cirugía hepática. La gran precisión de estos sistemas actuales hace que el modelado 3D en tumores pCCA cobre cada vez más importancia en la práctica quirúrgica, pudiendo asumir un papel clave en la planificación preoperatoria.

5.3. Integración 3D en cirugía robótica hepatobiliar

La CHMI está aumentando en todo el mundo. Desde hace años la técnica laparoscópica es la elección para muchas intervenciones quirúrgicas frente a la cirugía abierta. Actualmente con la incorporación de la cirugía robótica, se ha añadido un abordaje mínimamente invasivo que puede aportar muy buenos resultados. En un metaanálisis, Jackson et al.²⁸³, compararon la eficacia de la laparotomía convencional con la técnica

laparoscópica y con el abordaje robótico, confirmando como este tipo de procedimientos minimiza la morbilidad, mejora resultados en cuanto a integridad oncológica conservada, reduce la tasa de complicaciones postoperatorias, disminuye la estancia hospitalaria al tener una recuperación más rápida y con ello mejora el coste económico.

Frente al abordaje laparoscópico, la cirugía robótica presenta una serie de ventajas que han hecho que cada vez existe un interés creciente por esta vía de abordaje por muchos cirujanos hepatobiliares. Se ha observado que el sistema quirúrgico robótico Da Vinci (Intuitive Surgical inc. Ca, EEUU) mejora la destreza del cirujano, disminuye el temblor fisiológico, mejora el control de la mano no dominante y con la visión en 3D, consigue reducir los posibles errores durante el procedimiento por su gran precisión²⁸⁴.

Recientemente, un análisis descriptivo ha comparado los resultados en 182 pacientes sometidos a una CHMI, por un lado, con abordaje laparoscópico (99 pacientes, 128 resecciones) y por otro con abordaje robótico (83 pacientes, 92 resecciones). Se realizaron más resecciones mayores ($p < 0,001$) y múltiples ($p = 0,002$) en el grupo de cirugía laparoscópica. Pudo observarse una tasa de conversión menor (2,5% vs 12,1%), menos pérdidas hemáticas, así como menor morbilidad (15% vs 27,3%) con una mortalidad nula (2% en cirugía laparoscópica) en el grupo de cirugía robótica. El tiempo de estancia en cirugía robótica fue de 4,1 días (DE:2,1) inferior a los datos en pacientes sometidos a cirugía laparoscópica que fue 5,7 días (DE: 4,9). Con estos resultados los autores confirmaron la viabilidad de la cirugía robótica hepática como una técnica segura, aunque es recomendable realizar estudios aleatorizados para determinar el abordaje mínimamente invasivo en cirugía hepática²⁸⁵.

Hay varias series publicadas que demuestran que las resecciones hepáticas menores y mayores se pueden realizar de forma segura por vía robótica, incluso en segmentos postero-superiores. Este tipo de intervención por vía robótica, puede conllevar limitaciones en cuanto a la necesidad de que el cirujano posea un alto nivel de entrenamiento previo en laparoscopia y tenga la habilidad para poder realizarlo, además de experiencia en intervenciones robóticas de otro tipo de resecciones. Diversos autores han recomendado precisamente este abordaje por el mejor ángulo de visión del campo

frente a la laparoscopia y la mayor destreza obtenida con los instrumentos robóticos. Los resultados son comparables a los laparoscópicos y superan las ventajas que proporciona la laparotomía^{286,287}. Actualmente, la cirugía robótica hepática sigue en continuo desarrollo, a pesar de no ser tan frecuente como otros abordajes quirúrgicos, los resultados son esperanzadores demostrando que su uso es fiable y seguro tanto favoreciendo la conservación del parénquima como en la accesibilidad que aporta en intervenciones en segmentos posteriores hepáticos²⁸⁸.

Nuestro grupo comenzó el programa cirugía robótica en octubre de 2021. Desde entonces hemos realizado más de 140 resecciones hepáticas y supone nuestro abordaje de elección en CHMI al habernos permitido realizar resecciones de mayor complejidad. La incorporación de avances tecnológicos como la integración de la interfaz 3D puede impulsar la indicación cada vez más representativa de la cirugía hepática robótica. Es por ello por lo que decidimos incorporar la planificación 3D integrada en el robot quirúrgico.

Como hemos descrito anteriormente, la tecnología 3D está revolucionando la práctica médica asistencial al permitir a los pacientes una atención sanitaria de manera personalizada. El uso de algoritmos avanzados de tratamiento de imagen médica para la generación del 3DV permite la combinación con las imágenes bidimensionales de la TC y la RM, representando con precisión las distintas partes de la anatomía. Con este fin, identifica objetivamente tanto la relación espacial 2D y 3D entre las estructuras, como las distancias entre los tumores y la vasculatura o la ubicación de una lesión en el espacio²⁷⁰.

Mediante esta tecnología se consigue la reconstrucción 3D con gran detalle, arteria y venas hepáticas, vena porta, vías biliares, tumores y parénquima hepático. Incluso puede observarse gran precisión el árbol vascular y biliar de ramas terciarias con subdivisiones. El sistema reconstruye de manera 3D los segmentos hepáticos lo que permite calcular tanto el volumen remanente como el volumen hepático total y tumoral de cada segmento y/o lóbulo hepático, pudiendo expresarlo en porcentajes totales o cifras absolutas. También se calculan los volúmenes de los segmentos afectados y las medidas de cada uno de los tumores²⁸⁹.

Así pues, el uso de esta nueva herramienta permite una descripción espacialmente precisa de la anatomía hepática y vascular, basada en la complejidad y las variaciones individuales. Además, incorpora funciones específicas a los modelos añadiendo información necesaria al cirujano, no disponible con la planificación quirúrgica tradicional, como la generación de resecciones virtuales, establecimiento preoperatorio de márgenes de resección (0.5, 1 o 1.5 cm), inferencia automática de variantes anatómicas vasculares o la evaluación de reseabilidad del modelo.

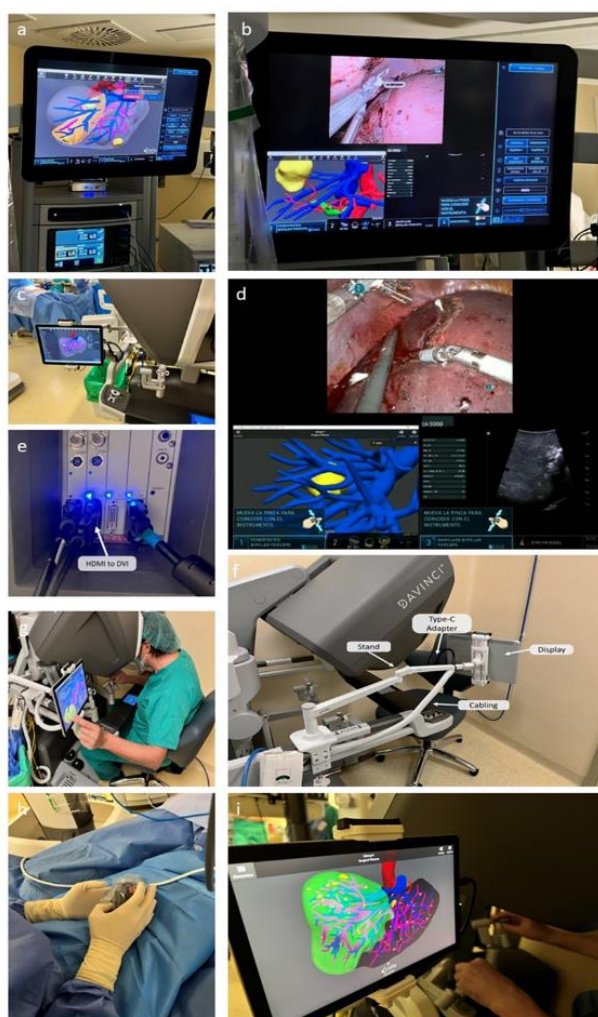


Imagen 8. Representación del modelo 3D en la pantalla del robot (A). Pantalla compartida para visualización simultánea del modelo 3D, la ecografía intraoperatoria y el campo quirúrgico (B - C). Acoplamiento de la tableta con el programa de planificación 3D para el control directo desde la consola del cirujano (D). la consola del cirujano (D). Conexión del dispositivo al robot realizada a través del puerto tipo C del dispositivo al que se conecta un adaptador para convertir la salida al estándar HDMI (E). Consola del cirujano (F). Manejo simultáneo durante la cirugía del programa de planificación 3D por el cirujano de la consola. La planificación realizada por el cirujano se visualiza simultáneamente en el robot. Dispositivo de control remoto estéril utilizado por el asistente en el campo quirúrgico para ayudar al cirujano de consola (H). Planificación de la resección hepática (I). López-López et al.²⁸⁹.

Gracias a los avances de la tecnología aplicados en este caso a la cirugía robótica, se permite integrar la plataforma en el robot quirúrgico combinando de manera simultánea el campo visual del cirujano en la consola, la imagen de la ecografía intraoperatoria, el campo quirúrgico y la imagen del planificador 3D. Este modelo de integración 3D en cirugía robótica, permite observar las estructuras 3D del paciente y mostrar la planificación en la pantalla durante el curso de la cirugía²⁸⁹.

Cabe destacar la segmentación y subsegmentación hepática dentro de las características que ofrece este sistema, favorece una descripción detallada de las zonas vasculares, dato fundamental a la hora de llevar a cabo las resecciones hepáticas. Con ello se puede realizar sobre los 3DV resecciones regladas, no regladas o ablaciones. Es a través del modo TilePro, del robot Da Vinci, lo que permite integrar todas las imágenes en el momento que se requieran, teniendo la opción de desconectarlo, para no interferir durante el transcurso de la cirugía, en la que no sean necesarias²⁸⁹.

Gracias a todas estas aportaciones que nos ofrece el modelo integrado de 3D, podemos mejorar el diagnóstico del paciente y enriquecer la comunicación entre los miembros del equipo quirúrgico, pudiendo discutir las alternativas sobre el 3DV presentado. La torre robótica permite a través de su pantalla, visualizar la imagen de la consola del cirujano, lo que permite a todo el equipo quirúrgico ver y manipular el planificador 3D mediante un dispositivo de control remoto. Esta opción permite al cirujano principal, enseñar a los residentes y estudiantes tanto en la pantalla de la Tablet como directamente en el campo quirúrgico, con el dispositivo de control remoto indicando los movimientos necesarios para la resección hepática desarrollada en ese momento, facilitando el aprendizaje. Además, en el curso de la intervención, el resto del equipo de quirófano (residentes, enfermeros y estudiantes) pueden visualizar los 3DV en los propios quirófanos a través del ordenador, la pantalla o el móvil.

Por todo lo anterior, el equipo de enfermería y cirugía perciben una mayor seguridad dentro del quirófano, lo que deriva en la posibilidad de reducir las complicaciones y riesgos que puedan surgir durante la intervención. Además, al planificar la estrategia quirúrgica con anterioridad, permite tener una guía a la hora de realizar la resección

del hígado con una mayor precisión, realizando cirugías menos invasivas. El tiempo intraoperatorio puede disminuir al tener localizadas las lesiones con anterioridad, especialmente en aquellos casos en los que los tumores remiten de forma parcial o completa tras el tratamiento con quimioterapia y que tiene una dificultad añadida por vía robótica.

La realidad aumentada puede aportar muchas mejoras en la visualización hepática que se tenía previamente con las imágenes de las técnicas convencionales, incluso respecto a los 3DP. Tiene como ventaja la posibilidad de interactuar con el modelo, rotando su posición, aumentando o disminuyendo el modelo para analizar los detalles anatómicos y posibilita la opción de mostrar, dejar translucidas las distintas partes anatómicas y ocultar las estructuras hepáticas, lo que permite valorar y planificar al cirujano de una manera más precisa. Es por ello, que contar con esta herramienta en la planificación quirúrgica y durante la intervención, permite aunar criterios entre el equipo quirúrgico implicado, mejorando la comunicación y logrando estandarizar las decisiones. A pesar de que se han observado buenos resultados con su uso en varios tipos de cirugías, hacen falta más estudios aleatorizados multicéntricos que validen la realidad aumentada en cirugía robótica hepática que garantice un beneficio clínico para el paciente^{290,291}.

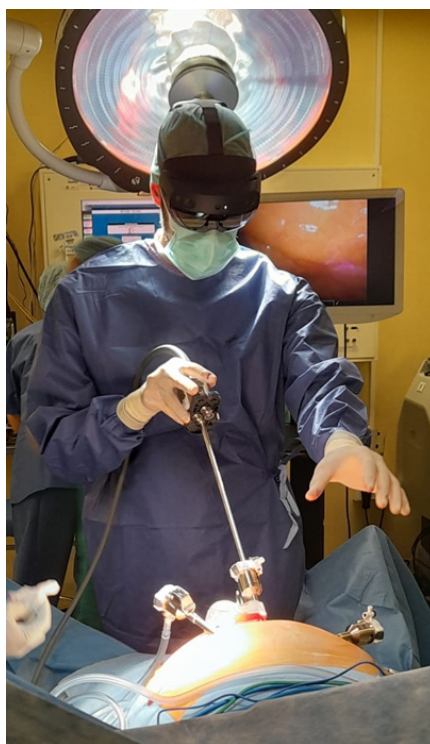


Imagen 9. Imagen de realidad aumentada en nuestro quirófano de cirugía robótica.

Así pues, el abordaje hepático con tecnología 3D en la cirugía hepática robótica puede ayudar a la toma de decisiones sobre el procedimiento quirúrgico y la estrategia a seguir de una manera más objetiva. Con los datos y medidas que aporta esta tecnología permite elegir el tipo de resección o la trayectoria del abordaje más adecuadas lo que reduce la incertidumbre y permite anticiparse a las posibles complicaciones consiguiendo disminuir el riesgo quirúrgico. Mediante el uso de esta herramienta, se aportan datos médicos que al interpretarlos pueden variar el plan quirúrgico, como son las variantes anatómicas vasculares, tipo de resección, márgenes de seguridad 3D y relaciones 3D en alta definición en el hilio hepático.

Nuestro grupo posteriormente ha utilizado dispositivos de realidad virtual en alumnos de medicina donde se obtuvo una valoración positiva por parte de ellos a cerca de las clases impartidas con esta nueva herramienta de apoyo para la docencia. La realidad virtual junto a los modelos 3D de última generación, aportan una visión más sencilla y visual para los alumnos, permitiendo comprender con más facilidad y de manera más realista, los distintos conceptos presentados. Todos estos avances tecnológicos permiten adaptar un nuevo modelo educativo capaz de aumentar las competencias relacionadas tanto con la anatomía hepática como con los procedimientos quirúrgicos de cirugía hepatobiliar.



Imagen 10. Clase con realidad virtual sobre anatomía hepática, para alumnos de medicina en la universidad de Murcia.

5.4. Utilidad del 3D en los equipos de enfermería quirúrgica

El área quirúrgica es un servicio específico y de alta complejidad donde con el paso del tiempo se hace más necesaria una especialización de los profesionales, que garantice la mejor atención posible a los pacientes. La evolución de la figura de la enfermera dentro de los equipos especiales demanda cada vez mayor dominio y conocimiento del campo en el que desarrolla su trabajo, todo ello promueve un avance hacia la mejora de la calidad de la atención y la seguridad del entorno del quirófano. La competencia clínica de las enfermeras destaca por su capacidad para utilizar sus conocimientos, actitudes, habilidades, valores y creencias en las distintas situaciones que se originan en su práctica asistencial diaria²⁹².

Con el paso de los años, el ámbito quirúrgico está más enfocado hacia un espacio donde se atiende de manera individual a cada paciente, fomentando la humanización a través de la combinación entre los conocimientos de la ciencia y los valores del ser humano²⁹³. El avance de la tecnología desarrollada en las últimas décadas, ha contribuido a instaurar nuevas herramientas en el quirófano donde cada vez más profesionales están involucrados en procedimientos que necesitan formación y colaboración interdisciplinar, con el fin de hacer un uso correcto de estos nuevos recursos. Además, hay que establecer un sistema de control de los resultados y rendimiento con las nuevas innovaciones tecnológicas, para evaluar su utilidad y confirmar su rentabilidad²⁹⁴. Desempeñar las distintas funciones que forman parte del trabajo que realizan los enfermeros dentro del quirófano sin la formación adecuada, puede generar complicaciones o errores que alteren la seguridad del entorno quirúrgico.

Weller et al.²⁹⁵, estudiaron un programa de capacitación de equipos multidisciplinares basada en la simulación en 20 equipos quirúrgicos, con el fin de reducir los errores en los tratamientos. El programa consiguió reducir un 16% los efectos adversos y mejorar la comunicación entre los distintos miembros del equipo de quirófano (cirujanos, enfermeras y anestesiólogos). Por ello, la formación es esencial para mejorar la práctica asistencial contribuyendo a resolver problemas, mejorar la capacitación profesional, acrecentar la calidad de los cuidados y desarrollar más seguridad en el trabajo realizado.

Por otro lado, Yeo et al.¹⁵⁵, evaluaron la utilidad de la reconstrucción 3D frente a las imágenes en 2D tradicionales, como herramienta para realizar la planificación preoperatoria para los residentes de cirugía en resecciones hepáticas, pudieron observar que las imágenes que se segmentaron en 3D para crear modelos digitales interactivos, fueron de mayor utilidad en cuanto a precisión y reducción del tiempo de la planificación. Además, consiguieron mejorar la comprensión quirúrgica y de la resección hepática por parte de los alumnos, aumentando su satisfacción en cuanto al plan quirúrgico planeado. Trece de 14 residentes consideraron que el modelo 3D facilitaba el trabajo planeado frente al uso de las imágenes 2D.

En nuestro estudio al preguntar sobre la utilidad de la nueva generación de modelos 3D para la planificación quirúrgica, las enfermeras contestaron con un 80% de acuerdo que consideran esta herramienta como un medio favorable que mejora la comprensión del tipo de intervención que se va a llevar a cabo en el quirófano, por lo que se podría considerar su uso como algo positivo dentro del entorno quirúrgico.

La mayoría de los **errores** técnicos que se comenten en la práctica asistencial diaria derivan de fallos en el entendimiento dentro del equipo quirúrgico, bien sea por una mala comunicación, la falta de trabajo en equipo, poca confianza o la habilidad que tengan los distintos integrantes a la hora de hacer frente a estos sucesos inesperados²²⁸. Estos errores pueden tener consecuencias nefastas tanto para el paciente como para el personal de enfermería, familiares e incluso la institución. Los pacientes se ven afectados de un 35% a un 66% de los efectos adversos producidos en el quirófano, donde la comunicación del equipo es el pilar fundamental para prevenirlos. En muchas de estas ocasiones, la percepción de las distintas situaciones es diferente entre el personal médico y las enfermeras^{296,297}. Por ello, cuando encontramos armonía en la comunicación dentro del entorno del quirófano, la información que se quiere transmitir se comprende mejor, creando una comunicación más eficaz entre los profesionales implicados y mejorando el ambiente quirúrgico²⁹⁸. En nuestro estudio encontramos que un 60% de las enfermeras consideran que las imágenes en 3D pueden mejorar la comunicación entre los miembros del equipo multidisciplinar lo que favorece un mejor entendimiento de los casos atendidos en quirófano.

Los avances aplicados a la sanidad hacen imprescindible que las enfermeras estén en continua evolución de sus conocimientos, contribuyendo al desarrollo de los descubrimientos científicos encaminados a mejorar la atención a los pacientes y obtener mejores resultados. Mediante la investigación se mejora la capacitación y habilidades consiguiendo hacer frente a las demandas sanitarias actuales. Además de formar parte de los 4 pilares fundamentales de la enfermería junto a la gestión, la práctica clínica y la formación. Gracias a ello, las enfermeras cuentan con un cuerpo de conocimientos propio que sigue progresando haciendo crecer la profesión y mejorando las estrategias para aplicar los conocimientos obtenidos²⁹⁹. Es necesario seguir consolidando la evidencia científica, publicando y difundiendo los resultados de las investigaciones, para incrementar y mejorar la práctica y el desarrollo profesional de la enfermería³⁰⁰.

Así pues, la práctica de la enfermería moderna implica el deber de seguir formándose en metodología de la investigación e incorporar la lectura de publicaciones científicas en su práctica diaria con el fin de ir mejorando en el desarrollo de estas nuevas competencias. Algunas de estas áreas donde las enfermeras pueden llevar a cabo estos progresos van desde la investigación clínica y gestión de la calidad hasta coordinar proyectos o con fines docentes en este campo. Desarrollando estas herramientas, se logrará proceder en el cuidado diario con la mejor formación profesional sustentada por la evidencia científica actual³⁰¹.

Conforme van progresando los recursos científicos al alcance de los profesionales, las enfermeras deben mostrar a través del conocimiento de su área de trabajo, como contribuyen positivamente en los resultados de la salud de los pacientes. Por ello, las enfermeras deben involucrarse e investigar en su ámbito clínico con el fin de ayudar, divulgar y aplicar los mejores cuidados y garantizar el éxito de su atención³⁰².

Dentro de las estrategias para mejorar la **seguridad** del paciente quirúrgico, hay que romper las barreras existentes entre los distintos miembros del equipo (médicos, enfermeras, residentes, etc.) para garantizar que todos los profesionales que intervienen en el cuidado del paciente sean una parte fundamental del equipo capaz de prevenir futuras complicaciones y errores. Rao et al.³⁰³, estudiaron la importancia de la autonomía

en el trabajo de las enfermeras relacionándolo directamente con la mejor **calidad** en la atención en el cuidado al paciente, obteniendo mejores resultados en sus tratamientos²⁹⁸. Compartiendo la responsabilidad entre todos y favoreciendo el respeto profesional se conseguirá aumentar la satisfacción de cada uno de los profesionales implicados y mejorar el resultado y la seguridad quirúrgica²²³.

En la misma línea la respuesta obtenida por parte de las enfermeras de quirófano con respecto al uso de la nueva tecnología 3D para la planificación preoperatoria, un 70% consideraron que su uso puede aumentar la seguridad dentro del quirófano. De la misma manera, un 75% contestaron que con el uso de la imagen 3D al proporcionar un cuidado más personalizado se puede conseguir disminuir las complicaciones lo que proporcionaría una mejor calidad en la atención al paciente.

Con la nueva tecnología en 3D aplicada al ámbito quirúrgico, los distintos profesionales sanitarios implicados en su uso, cuentan con un nuevo recurso didáctico tanto para la enseñanza de la anatomía del caso a estudiar como para planificar el tratamiento individualizado adecuado³⁰⁴. Las enfermeras encuentran una información adicional y sencilla para poder interpretar los distintos enfoques quirúrgicos participando activamente durante el procedimiento. Biglino et al.³⁰⁵, estudiaron el uso de modelos 3D como herramienta educativa para enfermeras cardíacas con el fin de ver su aplicabilidad. Encontraron que la gran mayoría de ellas consideraron que con el 3D conseguían identificar mejor la anatomía general (86%), orientarse mejor en el espacio (70%) y la complejidad anatómica tras el tratamiento (66%), por lo que consideraron útil esta herramienta de apoyo (excepto un 6%), sobretodo, en las situaciones de mayor complejidad. Igualmente, en nuestro estudio las enfermeras encuentran más facilidad para localizar el número de lesiones y el lóbulo hepático afectado con mayor claridad con el uso del 3D frente a otro tipo de imágenes tradicionales.

La implantación cada vez mayor de la cirugía mínimamente invasiva y los grandes avances tecnológicos han provocado una serie de cambios organizativos en el desarrollo de las cirugías, implicando a todos los profesionales que desarrollan su trabajo en el área quirúrgica, necesitando la colaboración entre todos, pues la ilusión y la moti-

vación del personal aumenta las posibilidades de éxito de las intervenciones³⁰⁶. Dentro de la cirugía robótica, las enfermeras tienen un papel fundamental en la preparación del quirófano, las enfermeras necesitan conocimientos a nivel técnico para la manipulación correcta del robot, preparación de instrumentos, recursos materiales, además de desarrollar una labor formativa y de colaboración con el resto de compañeros. Es por ello que la formación y actualización continua es imprescindible para garantizar el mejor cuidado a los pacientes³⁰⁷.

En el caso de la cirugía hepática, comporta gran complejidad de entendimiento debido a la variabilidad anatómica del hígado. El conocimiento de las diferentes estructuras vasculares y anatómicas hepáticas, por parte de los enfermeros que forman parte del equipo quirúrgico, es fundamental para hacer una buena planificación preoperatoria, estar preparados para las complicaciones que puedan surgir y así poder evitar errores durante las intervenciones en el quirófano. Mediante el continuo desarrollo de la medicina digital, la cirugía hepatobiliar se ha encaminado a un enfoque donde la precisión y la seguridad es un valor fundamental. Con la incorporación de las distintas herramientas 3D, al poder utilizarlas en tiempo real, permiten al equipo quirúrgico compartir información intraoperatoria con el fin de mejorar el curso de la intervención³⁰⁸.

Soon et al.¹⁵³, elaboraron un 3DP de un paciente diagnosticado con MHCCR, además de confirmar la validez del modelo, observaron como las enfermeras encontraron de utilidad el uso del modelo 3D para comprender la intervención quirúrgica, así como la anatomía compleja del hígado.

En nuestro estudio podemos observar como las enfermeras, con el uso de la nueva tecnología 3D dentro del quirófano, encuentra una mayor satisfacción a la hora de planificar los recursos necesarios para la intervención que con las imágenes tradicionales en 2D. Como hemos visto, gracias al aumento de confianza al dominar mejor la situación, mejora la realización del trabajo y se prevén los posibles riesgos que puedan surgir, mejorando con ello la seguridad dentro del quirófano. En términos globales todas las enfermeras consideran que planificar las intervenciones con esta nueva herramienta en 3D es mejor y más sencillo que con las rutinas habituales hasta ahora.

En conclusión, con la nueva tecnología 3D la planificación quirúrgica está cambiando, permitiendo discutir el procedimiento individualizado de cada paciente entre todos los miembros del equipo quirúrgico implicados. Con esta nueva herramienta se consigue complementar la información sobre el tratamiento del paciente, mejorando la comunicación entre los profesionales. Es por ello que cada vez más centros tienen la disponibilidad de este recurso en 3D haciendo que sea más rentable y asequible. Así pues, las enfermeras quirúrgicas se beneficiarán de la última generación de la tecnología 3D consiguiendo mayor precisión en su trabajo, mejorando la calidad de la atención y la seguridad del entorno quirúrgico para sus pacientes.

VI. CONCLUSIONES

Podemos concluir:

- Los modelos de impresión 3D presentan una buena correlación en comparación con la TC/RM y la anatomía patológica facilitando la planificación quirúrgica.
- La modelización 3D de última generación aporta un valor añadido a la enseñanza de la cirugía hepatobiliar aumentando el interés y facilitando la comprensión por parte de estudiantes y residentes.
- Los sistemas de reconstrucción virtual tridimensional permiten representar con precisión espacial la anatomía hepática y de la vasculatura en función de la complejidad y la variación individual de cada paciente.
- El modelado 3D de última generación proporciona información de alta definición en el hilio hepático que podrían facilitar la toma de decisiones sobre la estrategia preoperatoria y el procedimiento quirúrgico en el colangiocarcinoma perihiliar.
- El uso de esta nueva generación de tecnología 3D es útil para fomentar el trabajo en equipo y mejorar la comunicación entre todos sus integrantes.
- Las enfermeras trabajan con una nueva herramienta que facilita la comprensión y preparación de la intervención quirúrgica, disminuyendo los posibles riesgos derivados de la intervención.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Robles R, Parrilla P. Guía clínica de la Asociación española de cirugía. Cirugía Hepática 2ª ed. Madrid: Editorial Arán; 2018.
2. Belghiti J, Hiramatsu K, Benoist S, Massault P, Sauvanet A, Farges O. Seven hundred forty-seven hepatectomies in the 1990s: an update to evaluate the actual risk of liver resection. *J Am Coll Surg*. [Internet]. 2000 [Consultado: 20 de febrero 2024]; 191(1): 38-46. Disponible en: https://journals.lww.com/journalacs/abstract/2000/07000/seven_hundred_forty_seven_hepatectomies_in_the.10.aspx
3. Cescon M, Vetrone G, Grazi GL, Ramacciato G, Ercolani G, Ravaioli M, et al. Trends in perioperative outcome after hepatic resection: analysis of 1500 consecutive unselected cases over 20 years. *Annals of surgery*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero 2024]; 249(6): 995-1002. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2009/06000/trends_in_perioperative_outcome_after_hepatic.20.aspx
4. REDECAN. Estimaciones de la incidencia del cáncer en España, 2023. Red Española de Registros de Cáncer [Internet]. 2023 [Consultado 20 de febrero de 2024] Disponible en: <https://redcan.org/storage/documents/02d62122-9adb-4d35-b6d0-551435dbe4ae.pdf>
5. Navarro Freire, Francisco et al. Recurrencia de la cirugía de las metástasis hepáticas de cáncer colorrectal y repetición de la resección. *Rev esp enferm dig*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 107(12): 732-739. Disponible en: https://scielo.isciii.es/pdf/diges/v107n12/es_original2.pdf
6. Pérez-Cabrera Beatriz, Palomeque-Jiménez Antonio, Navarro-Sánchez Patricia, González-Ramírez Amanda Rocío, Navarro-Freire Francisco. Metástasis hepáticas de origen colorrectal sincrónicas: ¿Intervención simultánea o secuencial? *Rev Chil Cir*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 67(2): 158-166. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-40262015000200008
7. Lafaro, KJ, Demirjian, AN, Pawlik, TM. Epidemiology of hepatocellular carcinoma. *Surg Oncol Clin N Am*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 24(1): 1-17. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25444466/>

8. Ourcutt ST, Anaya DA. Liver resection and surgical strategies for management of primary liver cancer. *Cancer Control*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 25(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5933574/>
9. Volk ML, Marrero JA. Early detection of liver cancer: Diagnosis and management. *Curr Gastroenterol Rep*. [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 10(1): 60–66. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11894-008-0010-2.pdf>
10. Benson AB et al. NCCN clinical practice guidelines in oncology: hepatobiliary cancers. *J Natl Compr Canc Netw*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(4): 350-391. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4461147/>
11. Salami, AC, Barden, GM, Castillo, DL. Establishment of a regional virtual tumor board program to improve the process of care for patients with hepatocellular carcinoma. *J Oncol pract*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 11(1): 66 – 74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4295424/>
12. Calatayud D, García-Valdecasas JC, Sánchez S, et al. Resección hepática mayor: una cirugía segura y eficaz. *Cir Esp*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 95(8): 437-446. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6138517>
13. Castaing D, Edmond J, Bismuth H, Kunstlinger F. Utility of intraoperative ultrasound in the surgical management of liver tumors. *Ann Surg*. [Internet]. 1986 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 204(5): 600–605. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1251346/>
14. Dávila D, Palacios O, Naranjo Camilo. Metástasis hepáticas en el cáncer colorrectal: estrategias terapéuticas y recomendaciones actuales. *Rev colomb Cir*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 32: 304-318. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcci/v32n4/v32n4a10.pdf>

15. Choi BI, Lee JM, Han JK. Imaging of intrahepatic and hilar cholangiocarcinoma. *Abdom Imaging*. [Internet]. 2004 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 29(5): 548-557. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00261-004-0188-1>
16. Soares KC, Kamel I, Cosgrove DP, Herman JM, Pawlik TM. Hilar cholangiocarcinoma: diagnosis, treatment options, and management. *Hepatobiliary Surg Nutr*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 3(1): 18-34. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3955000/>
17. Rettenbacher T. Focal liver lesions: role of contrast-enhanced ultrasound. *Eur J Radiol*. [Internet]. 2007 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 64(2): 173-182. Disponible en: [https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X\(07\)00395-6/abstract](https://www.ejradiology.com/article/S0720-048X(07)00395-6/abstract)
18. Alenezi AO, Krishna S, Mendiratta-Lala M, Kielar AZ. Imaging and management of liver cancer. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 41(2): 122-138. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0887217119300794?via%3Dihub>
19. Valls C, Figueras JM, Jarruieta E. Diagnóstico por imagen del nódulo hepático: una aproximación por escenarios clínicos. *Cir Esp*. [Internet]. 2001 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 69(5): 490-497. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009739X01717897?via%3Dihub>
20. Concha M., Jarufe N. Cirugía hepática: algunas consideraciones más allá de la técnica quirúrgica. *Rev Chil Cir*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 69(1): 89-93. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-40262017000100019
21. Steinbrück K, Fernandes R, D'Oliveira M, et al. External pringle maneuver in laparoscopic liver resection: a safe, cheap and reproducible way to perform it. *Arq Bras Cir Dig*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 33(4): e1555. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7836078/>
22. Pringle JH. V. Notes on the arrest of hepatic hemorrhage due to trauma. *Ann Surg*. [Internet]. 1908 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 48(4): 541-549.

- Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1406963/pdf/ann-surg00900-0064.pdf>
23. Huang, JW, Su WL, Wang, SN. Alternative Laparoscopic Intracorporeal Pringle Maneuver by Huang's Loop. *World J Surg.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 42(10): 3312-3315. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-018-4584-z>
 24. Clavien PA, Petrowsky H, DeOliveira ML, Graf R. Strategies for safer liver Surgery and partial liver transplantation. *N Engl J Med.* [Internet]. 2007[Consultado 20 de febrero de 2024]; 356(15): 1545-1559. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra065156>
 25. Dahm F, Georgiev P, Clavien PA. Small-for-size syndrome after partial liver transplantation: definition, mechanisms of disease and clinical implications. *Am J Transplant.* [Internet].2005 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 5(11): 2605-2610. Disponible en: [https://www.amjtransplant.org/article/S1600-6135\(22\)14343-1/fulltext](https://www.amjtransplant.org/article/S1600-6135(22)14343-1/fulltext)
 26. Sharma S, Camci C, Jabbour N. Management of hepatic metastasis from colorectal cancers: an update. *J Hepatobiliary Pancreat Surg.* [Internet]. 2008[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 15(6): 570–580. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1007/s00534-008-1350-x>
 27. Sadot E, Groot B, Leal JN, et al. Resection margin and survival in 2368 patients undergoing hepatic resection for metastatic colorectal cancer: surgical technique or biologic surrogate? *Ana. Cirugía.* [Internet]. 2015[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 262: 476–485. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2015/09000/resection_margin_and_survival_in_2368_patients.9.aspx
 28. Symeonidis D, Tepetes K, Tzovaras G, et al. Colorectal Cancer Liver Metastases: Is an R1 Hepatic Resection Accepted? *Clin Pract.* [Internet]. 2022[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 12(6): 1102-1110. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9777184/>

29. Abdalla EK, Adam R, Bilchik AJ, Jaeck D, Vauthey JN, Mahvi D. Improving resectability of hepatic colorectal metastases: expert consensus statement. *Ann Surg Oncol*. [Internet]. 2006[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 13(10): 1271-1280. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1245/s10434-006-9045-5.pdf>
30. Corcione F, Esposito C, Cuccurullo D, et al. Advantages and limits of robot-assisted laparoscopic surgery: preliminary experience. *Surg Endosc*. [Internet]. 2005[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19: 117–119. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-004-9004-9>
31. Jung, M, Hagen ME, Iranmanesh P, et al. La chirurgie hépatique robot-assistée. *Rev Med Suisse*. [Internet]. 2015[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 11(479): 1331-1334. Disponible en: <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2015/revue-medicale-suisse-479/la-chirurgie-hepatique-robot-assistee>
32. Van Cutsem E, Cervantes A, Adam R, et al. ESMO consensus guidelines for the management of patients with metastatic colorectal cancer. *Ann Oncol*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 27(8): 1386–1422. Disponible en: [https://www.annalsofoncology.org/article/S0923-7534\(19\)34754-4/fulltext](https://www.annalsofoncology.org/article/S0923-7534(19)34754-4/fulltext)
33. Madurska MJ, Poyade M, Eason D, Rea P, Watson AJ. Development of a patient-specific 3D-printed liver model for preoperative planning. *Surg Innov*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 24(2): 145-150. Disponible en: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1553350616689414?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
34. Rous P, Larimore LD. Relation of the portal blood to liver maintenance: a demonstration of liver atrophy conditional on compensation. *J ex med*. [Internet]. 1920 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31(5): 609-632. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2128242/>
35. Pawlik TM, Schulick RD, Choti MA. Expanding criteria for resectability of colorectal liver metastases. *The Oncologist*. [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de

- febrero de 2024]; 13(1): 51-64. Disponible en: <https://academic.oup.com/oncolo/article/13/1/51/6396574?login=false>
36. Cabañó-Muñoz, F.J. León-Díaz, B. Sánchez-Pérez, J.A. Pérez-Daga, J. Santoyo-Santoyo. Métodos de hipertrofia hepática postoperatoria. ALPPS vs. embolización portal. *Cir Andal.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(2): 196-200. Disponible en: https://www.asacirujanos.com/documents/revista/pdf/2019/Cir_Andal_vol30_n2_07.pdf
37. Makuuchi M, Thai B, Takayasu K, Takayama T, Kosuge T, et al. Preoperative portal embolization to increase safety of major hepatectomy for hilar bile duct carcinoma: a preliminary report *Surgery.* [Internet]. 1990 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 107(5): 521-527. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2333592/>
38. Björnsson B, Hasselgren K, Røsok B, et al. Segment 4 occlusion in portal vein embolization increase future liver remnant hypertrophy - A scandinavian cohort study. *Int J Surg.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 75: 60-65. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919120301394?via%3Dihub>
39. Ribero D, Abdalla EK, Madoff DC, Donadon M, Loyer EM, Vauthey JN. Portal vein embolization before major hepatectomy and its effects on regeneration, resectability and outcome. *Br J Surg.* [Internet]. 2007 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 94(11): 1386-1394. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/94/11/1386/6142601>
40. Nagino M, Kamiya J, Kanai M, Uesaka K, Sano T, Yamamoto H, et al. Right tri-segment portal vein embolization for biliary tract carcinoma: technique and clinical utility. *Surgery.* [Internet]. 2000 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 127(2): 155-60. Disponible en: [https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(00\)69258-9/abstract](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(00)69258-9/abstract)
41. Adam R, Laurent A, Azoulay D, Castaing D, Bismuth H. Two-stage hepatectomy: A planned strategy to treat irresectable liver tumors. *Ann Surg.*[Internet]. 2000 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 232(6):777-785. Disponible en: <https://jour->

- nals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2000/12000/two_stage_hepatectomy__a_planned_strategy_to_treat.6.aspx
42. Jaeck D, Bachellier P, Nakano H, et al. One or two-stage hepatectomy combined with portal vein embolization for initially nonresectable colorectal liver metastases. *Am J Surg*. [Internet]. 2003 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 185(3): 221-229. Disponible en: [https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610\(02\)01373-9/abstract](https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610(02)01373-9/abstract)
 43. Jaeck D, Oussoultzoglou E, Rosso E, Greget M, Weber J-C, Bachellier P. A two-stage hepatectomy procedure combined with portal vein embolization to achieve curative resection for initially unresectable multiple and bilobar colorectal liver metastases. *Ann Surg*. [Internet]. 2004 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 240(6):1037-1051. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1356519/pdf/20041200s00013p1037.pdf>
 44. Kianmanesh R, Farges O, Abdalla EK, Sauvanet A, Ruszniewski P, Belghiti J. Right portal vein ligation: a new planned two-step all-surgical approach for complete resection of primary gastrointestinal tumors with multiple bilateral liver metastases. *J Am Coll Surg*. [Internet]. 2003 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 197(1): 164-170. Disponible en: https://journals.lww.com/journalacs/citation/2003/07000/right_portal_vein_ligation__a_new_planned_two_step.22.aspx
 45. Aussilhou B, Lesurtel M, Sauvanet A, et al. Right portal vein ligation is as efficient as portal vein embolization to induce hypertrophy of the left liver remnant. *J Gastrointest Surg*. [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 12(2): 297-303. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091255X23081969?via%3Dihub>
 46. Abulkhir A, Limongelli P, Healey AJ, et al. Preoperative portal vein embolization for major liver resection: a meta-analysis. *Ann Surg*. [Internet]. 2008[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 247(1): 49-57. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2008/01000/preoperative_portal_vein_embolization_for_major.10.aspx

47. Robles R, Marin C, López-Conesa A, Capel A, Perez-Flores D, Parrilla P. Comparative study of right portal vein ligation versus embolisation for induction of hypertrophy in two-stage hepatectomy for multiple bilateral colorectal liver metastases. *Eur J Surg oncol.* [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 38(7): 586-593. Disponible en: [https://www.ejso.com/article/S0748-7983\(12\)00266-1/abstract](https://www.ejso.com/article/S0748-7983(12)00266-1/abstract)
48. Broering DC, Hillert C, Krupski G, et al. Portal vein embolization vs. portal vein ligation for induction of hypertrophy of the future liver remnant. *J Gastrointest Surg.*[Internet]. 2002 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 6(6): 905-913. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091255X02001221?via%3Dihub>
49. Isfordink CJ, Samim M, Braat M, et al. Portal vein ligation versus portal vein embolization for induction of hypertrophy of the future liver remnant: A systematic review and meta-analysis. *Surg oncol.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 26(3): 257-267. Disponible en: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960-7404\(17\)30062-2](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960-7404(17)30062-2)
50. Pamecha V, Levene A, Grillo F, Woodward N, Dhillon A, Davidson BR. Effect of portal vein embolisation on the growth rate of colorectal liver metastases. *Br J Cancer.* [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 100(4): 617-622. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2653734/>
51. Schnitzbauer AA, Lang SA, Goessmann H, et al. Right portal vein ligation combined with in situ splitting induces rapid left lateral liver lobe hypertrophy enabling 2-staged extended right hepatic resection in small-for-size settings. *Ann Surg.* [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 255(3): 405-414. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2012/03000/right_portal_vein_ligation_combined_with_in_situ.1.aspx
52. Heil J, Schiesser M and Schadde E. Current trends in regenerative liver surgery: Novel clinical strategies and experimental approaches. *Front Surg.* [Internet] 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9: 903825. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9491020/>

53. Donati M, Stavrou GA, Oldhafer KJ. Current position of ALPPS in the surgical landscape of CRLM treatment proposals. *World J Gastroenterol*. [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19(39): 6548-54. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3801367/>
54. Álvarez FA, Iniesta J, Lastiri J, Ulla M, Bonadeo F, de Santibanes E. Nuevo método de regeneración hepática. *Cir Esp*. [Internet]. 2011 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 89(10): 645-649. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22088199/>
55. Oldhafer KJ, Donati M, Maghsoudi T, Ojdnanic D, Stavrou GA. Integration of 3D volumetry portal vein transection and in situ split procedure: a new surgical strategy for inoperable liver metastasis. *J Gastrointest Surg*. [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 16(2): 416/416. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091255X23036740?via%3Dihub>
56. De Santibañes E, Alvarez FA, Ardiles V, Pekolj J, de Santibañes M. Inverting the ALPPS paradigm by minimizing first stage impact: the Mini-ALPPS technique. *Langenbecks Arch Surg*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 401(4): 557-563. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00423-016-1424-1>
57. Robles R, Parrilla P, López-Conesa A, et al. Tourniquet modification of the associating liver partition and portal ligation for staged hepatectomy procedure. *Br J Surg*. 2014; 101(9): 1129-1134. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/101/9/1129/6137989?>
58. Robles R, Brusadin R, López-Conesa A, Parrilla Paricio P. Staged liver resection for perihilar liver tumors using a tourniquet in the umbilical fissure and sequential portal vein embolization on the fourth postoperative day (a modified ALTPS). *Cir Esp*. [Internet] 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 92(10): 682-686. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25151854/>

59. Li J, Kantas A, Ittrich H, Koops A, et al. Avoid “All-Touch” by hybrid ALPPS to achieve oncological efficacy. *Ann Surg.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 263(1): e6-7. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsurgery/citation/2016/01000/avoid__all_touch__by_hybrid_alpps_to_achieve.36.aspx
60. Petrowsky H, Gyori G, de Oliveira M, Lesurtel M, Clavien PA. Is partial-ALPPS safer than ALPPS? A single-center experience. *Ann Surg.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 261(4): e90-92. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsurgery/citation/2015/04000/is_partial_alpps_safer_than_alpps_a_single_center.31.aspx
61. Wu X, Rao J, Zhou X, Deng R, Ma Y. Partial ALPPS versus complete ALPPS for staged hepatectomy. *BMC gastroenterology.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19(1): 170. Disponible en: <https://bmcgastroenterol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12876-019-1090-1>
62. Van Lienden KP, van den Esschert JW, de Graaf W, et al. Portal vein embolization before liver resection: a systematic review. *Cardiovasc Intervent Radiol.* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 36(1): 25-34. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3549243/>
63. Le Roy B, Perrey A, Fontarensky M, Gagnière J, et al. Combined preoperative portal and hepatic vein embolization (Biembolization) to improve liver regeneration before major liver resection: a preliminary report. *World J Surg.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 41(7): 1848-1856. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-017-4016-5>
64. Niekamp AS, Huang SY, Mahvash A, et al. Hepatic vein embolization after portal vein embolization to induce additional liver hypertrophy in patients with metastatic colorectal carcinoma. *Eur Radiol.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(7): 3862-3868. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-020-06746-4>

65. Heil J, Korenblik R, Heid F, et al. Preoperative portal vein or portal and hepatic vein embolization: DRAGON collaborative group analysis. *Br J Surg*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 108(7): 834-842. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/108/7/834/6154479?>
66. Korenblik R, van Zon JFJA, Olij B, et al. DRAGON Trials Collaborative. Resectability of bilobar liver tumours after simultaneous portal and hepatic vein embolization versus portal vein embolization alone: meta-analysis. *BJS Open*. [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024];6(6): zrac141. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9702575/>
67. Deshayes E, Piron L, Bouvier A, et al. Study protocol of the HYPER-LIV01 trial: a multicenter phase II, prospective and randomized study comparing simultaneous portal and hepatic vein embolization to portal vein embolization for hypertrophy of the future liver remnant before major hepatectomy for colo-rectal liver metastases. *BMC Cancer*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 20(1): 574. Disponible en: <https://bmccancer.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12885-020-07065-z>
68. Hwang S, Lee SG, Ko GY, et al. Sequential preoperative ipsilateral hepatic vein embolization after portal vein embolization to induce further liver regeneration in patients with hepatobiliary malignancy. *Ann Surg*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 249 (4):608–616. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2009/04000/sequential_preoperative_ipsilateral_hepatic_vein.12.aspx
69. Navez J, Cauchy F, Dokmak S, et al. Complex liver resection under hepatic vascular exclusion and hypothermic perfusion with versus without veno-venous bypass: a comparative study. *HPB (Oxford)*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 21(9): 1131–1138. Disponible en: [https://www.hpbonline.org/article/S1365-182X\(19\)30017-6/fulltext](https://www.hpbonline.org/article/S1365-182X(19)30017-6/fulltext)

70. Cauchy F, Brustia R, Perdigao F, Bernard D, Soubrane O, Scatton O. In situ hypothermic perfusion of the liver for complex hepatic resection: surgical refinements. *World J Surg*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 40(6): 1448–1453. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-016-3431-3>
71. Hemming AW, Reed AI, Langham MR Jr, Fujita S, Howard RJ. Combined resection of the liver and inferior vena cava for hepatic malignancy. *Ann Surg*. [Internet]. 2004 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 239(5): 712–719. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1356280/>
72. C. Huguet, A. Gavelli, PA Chieco, et al. Liver ischemia for hepatic resection: where is the limit? *Surgery*. [Internet]. 1992 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 111(3): 251-259. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1311871/>
73. Todo S, Nery J, Yanaga K, Podesta L, Gordon RD, Starzl TE. Extended preservation of human liver grafts with UW solution. *JAMA*. [Internet]. 1989 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 261(5): 711-714. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2954660/>
74. López-López V, Garcia-López J, Eshmuminov D, Brusadin R, López-Conesa A, Martínez-Insfran L, Fernández-Fernández P, Robles-Campos R. Left renal vein graft and in situ hepatic perfusion in hepatectomy for complete tumor invasion of hepatic veins: hemodynamic optimization and surgical technique. *Langenbecks Arch Surg*. [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 407(4): 1-7. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00423-022-02451-6.pdf>
75. Dengu F, Abbas SH, Ebeling G, Nasralla D. Normothermic machine perfusion (NMP) of the liver as a platform for therapeutic interventions during ex-vivo liver preservation: a review. *J Clin Med* 9. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(4): 1046. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/9/4/1046>

76. Eshmuminov D, Becker D, Bautista L, et al. An integrated perfusion machine preserves injured human livers for 1 week. *Nat Biotechnol.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 38(2): 189–198. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41587-019-0374-x>
77. Dubay D, Gallinger S, Hawryluck L, Swallow C, McCluskey S, McGilvray I. In situ hypothermic liver preservation during radical liver resection with major vascular reconstruction. *Br J Surg.* [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 96(12): 1429–1436. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/96/12/1429/6141884?>
78. Azoulay D, Andreani P, Maggi U, et al. Combined liver resection and reconstruction of the supra-renal vena cava: the Paul Brousse experience. *Ann Surg.* [Internet]. 2006 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 244(1): 80–88. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1570596/>
79. Oldhafer F, Ringe KI, Timrott K, et al. Modified ante situm liver resection without use of cold perfusion nor veno-venous bypass for treatment of hepatic lesions infiltrating the hepatocaval confluence. *Langenbeck's Arch Surg.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 403(3): 379–386. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00423-018-1658-1>
80. López-López V, Ferreras D, Eshmuminov D, Brusadin R, Robles-Campos R. The challenge of hepatic vein reconstruction in surgical oncology. *Hepatobiliary Surg Nutr.* [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 11(3): 473-476. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9186207/>
81. Buell JF, Cherqui D, Geller DA, et al. The international position on laparoscopic liver surgery: The Louisville Statement, 2008. *Ann Surg.* [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 250(5): 825-830. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2009/11000/the_international_position_on_laparoscopic_liver.22.aspx

82. Aselmann, H, Möller, T., Kersebaum, JN et al. Roboterassistierte Leberresektion. *Chirurg.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 88(6): 476-483. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00104-017-0415-2>
83. Wakabayashi G, Cherqui D, Geller DA, et al. Recommendations for laparoscopic liver resection: a report from the second international consensus conference held in Morioka. *Ann Surg.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 261(4): 619- 629. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25742461/>
84. Robles R, Marin C, Abellan B, López A, Pastor P, Parrilla P. A new approach to hand-assisted laparoscopic liver surgery. *Surg Endosc.* [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 22(11): 2357-2364. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-008-9770-x>
85. Huang MT, Lee WJ, Wang W, Wei PL, Chen RJ. Hand-assisted laparoscopic hepatectomy for solid tumor in the posterior portion of the right lobe: initial experience. *Ann Surg.* [Internet]. 2003 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 238(5): 674-679. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2003/11000/hand_assisted_laparoscopic_hepatectomy_for_solid.6.aspx
86. Kaneko H, Tsuchiya M, Otsuka Y, et al. Laparoscopic hepatectomy for hepatocellular carcinoma in cirrhotic patients. *J Hepatobiliary Pancreat Surg.* [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 16(4): 433-438. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19458892/>
87. Cardinal JS, Reddy SK, Tsung A, Marsh JW, Geller DA. Laparoscopic major hepatectomy: pure laparoscopic approach versus hand-assisted technique. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 20(2): 114-119. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3562555/>
88. Eguchi S, Takatsuki M, Soyama A, et al. Elective living donor liver transplantation by hybrid hand-assisted laparoscopic surgery and short upper midline laparotomy. *Surgery.* [Internet]. 2011 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 150(5): 1002-1005. Disponible en: [https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(11\)00304-7/abstract](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(11)00304-7/abstract)

89. Nagai S, Brown L, Yoshida A, Kim D, Kazimi M, Abouljoud MS. Miniincision right hepatic lobectomy with or without laparoscopic assistance for living donor hepatectomy. *Liver Transpl.* [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 18(10): 1188-1197. Disponible en: <https://aasldpubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lt.23488>
90. Ha TY, Hwang S, Ahn CS, et al. Role of handassisted laparoscopic surgery in living-donor right liver harvest. *Transplant Proc.* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 45(8): 2997-2999. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0041134513007963?via%3Dihub>
91. Buell JF, Thomas MT, Rudich S, et al. Experience with more than 500 minimally invasive hepatic procedures. *Ann Surg.* [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 248(3): 475-86. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsurgery/abstract/2008/09000/experience_with_more_than_500_minimally_invasive.14.aspx
92. Koffron AJ, Kung RD, Auffenberg GB, Abecassis MM. Laparoscopic liver surgery for everyone: the hybrid method. *Surgery.* 2007 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 142(4): 463-468. Disponible en: [https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(07\)00487-4/abstract](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(07)00487-4/abstract)
93. Gracia C, Saulan M. and Saulan, M. Robotic Emergencies: Are you prepared for a disaster? *AORN J.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 108(5): 493-501. Disponible en: <https://aornjournal.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aorn.12393>
94. Roisi RI, Pegoraro F, Giglio MC, et al. Robotic approach to the liver: Open surgery in a closed abdomen or laparoscopic surgery with technical constraints? *Surg Oncol.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 33: 239-248. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960740419301999?via%3Dihub>

95. Schuessler Z, Scott Stiles A, Mancuso P. Perceptions and experiences of perioperative nurses and nurse anaesthetists in robotic-assisted surgery. *J Clin Nurs*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 29(1-2): 60-74. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocn.15053>
96. Abdel Raheem A, Song HJ, Chang KD, Choi YD, Rha KH. Robotic nurse duties in the urology operative room: 11 years of experience. *Asian J Urol*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 4(2): 116-123. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5717981/>
97. Francis P. Evolution of robotics in surgery and implementing a perioperative robotics nurse specialist role. *AORN J*. [Internet]. 2006 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 83(3): 630-42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16579121/>
98. Martín C, Mansilla I, Escudero M, Gonzalez. F, Balado MT, Esteras A. La enfermería de quirófano ante el nuevo reto de la cirugía robótica: salvando obstáculos. *Secla endosurgery*. [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 32. Disponible en: http://www.seclaendosurgery.com/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=75
99. Suriaga A. Nurse caring : from robotic surgeries to healthcare robots. *International Journal For Human Caring*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 23(2): 178-184. Disponible en: <https://connect.springerpub.com/content/sgrijhc/23/2/178>
100. Mathew R, Markey K, Murphy J, Brien BO. Integrative Literature Review Examining Factors Affecting Patient Safety With Robotic-Assisted and Laparoscopic Surgeries. *J Nurs Scholarsh*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 50(6): 645-652. Disponible en: <https://sigmapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jnu.12437>
101. Coelen RJ, Huiskens J, Olthof PB, . Compliance with evidence-based multidisciplinary guidelines on perihilar cholangiocarcinoma. *United European Gastroenterol J*. [Internet] 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 5(4): 519-526. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1177/2050640616673517>

102. Paul A, Kaiser GM, Molmenti EP, et al. Klatskin tumors and the accuracy of the Bismuth-Corlette classification. *Am Surg.* [Internet]. 2011 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 77(12):1695-1699. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22273233/>
103. Altemeier WA, Gall EA, Zininger MM, Hoxworth PI. Sclerosing carcinoma of the major intrahepatic bile ducts. *AMA Arch Surg.* [Internet]. 1957 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 75(3): 450–60. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13457619/>
104. Klatskin G. Adenocarcinoma of the hepatic duct at its bifurcation within the porta hepatis an unusual tumor with distinctive clinical and pathological features. *Am J Med.* [Internet]. 1965 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 38: 241–256. Disponible en: [https://www.amjmed.com/article/0002-9343\(65\)90178-6/abstract](https://www.amjmed.com/article/0002-9343(65)90178-6/abstract)
105. Valero V 3rd, Cosgrove D, Herman JM, Pawlik TM. Management of perihilar cholangiocarcinoma in the era of multimodal therapy. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol.* [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 6(4): 481-95. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3538366/>
106. Bird N, McKenna A, Dunne D, et al. Role of a pre-operative radiological scoring system in determining resectability for potentially resectable hilar cholangiocarcinoma. *Eur J Surg Oncol.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 45(2): 192-197. Disponible en: [https://www.ejso.com/article/S0748-7983\(18\)31292-7/abstract](https://www.ejso.com/article/S0748-7983(18)31292-7/abstract)
107. Ji GW, Zhu FP, Wang K, Jiao CY, Shao ZC, Li XC. Clinical implications of biliary confluence pattern for Bismuth–Corlette type IV hilar cholangiocarcinoma applied to hemihepatectomy. *J Gastrointest Surg.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 21: 666–675. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1091255X23026264?via%3Dihub>
108. Bismuth H, Corlette MB. Intrahepatic cholangioenteric anastomosis in carcinoma of the hilus of the liver. *Surg Gynecol Obstet.* [Internet]. 1975 [Consultado: 20

- de febrero de 2024]; 140: 170-1786. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1079096/>
109. Senda Y, Nishio H, Oda K, et al. Value of multidetector row CT in the assessment of longitudinal extension of cholangiocarcinoma: correlation between MDCT and microscopic findings. *World J Surg.* [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 33(7): 1459-1467. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-009-0025-3>
110. Zervos EE, Osborne D, Goldin SB, et al. Stage does not predict survival after resection of hilar cholangiocarcinomas promoting an aggressive operative approach. *Am J Surg.* [Internet]. 2005 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 190(5): 810-815. Disponible en: [https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610\(05\)00653-7/abstract](https://www.americanjournalofsurgery.com/article/S0002-9610(05)00653-7/abstract)
111. Bismuth, H. Revisiting liver anatomy and terminology of hepatectomies. *Ann. Surg.* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 257(3): 383-386. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2013/03000/revisiting_liver_anatomy_and_terminology_of.2.aspx
112. Manterola C, del Sol M, Ottone N, Otzen T. Anatomía quirúrgica y radiológica del hígado. Fundamentos para las resecciones hepáticas. *International Journal of Morphology.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 35(4): 1525-1539. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/ijmorphol/v35n4/0717-9502-ijmorphol-35-04-01525.pdf>
113. Sibulesky L. Anatomía normal del hígado. *Clin Liver Dis (Hoboken).* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 2(Suppl 4): S61Š–S63Š. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6519334/>
114. Lowe MC, D'Angelica MI. Anatomy of Hepatic Resectional Surgery. *Surg Clin North Am.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 96(2): 183-195. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4994882/>

115. Juza RM, Pauli EM. Clinical and surgical anatomy of the liver: a review for clinicians. *Clin Anat*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 27(5): 764-769. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ca.22350>
116. Van Gulik TM, van den Esschert JW. James Cantlie's early messages for hepatic surgeons: how the concept of pre-operative portal vein occlusion was defined. *HPB (Oxford)*. [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 12(2): 81-3. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2826664/>
117. Couinaud, C. "Surgical anatomy of the liver revisited." A most unusual and dangerous anomaly. 1989; 25-28.
118. Couinaud C. Bases anatomiques des hépatectomies gauche et droite réglées: techniques qui en découlent [Anatomic principles of left and right regulated hepatectomy: technics]. *J Chir (Paris)*. [Internet]. 1954 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 70(12): 933-966. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13233306/>
119. López-López V, López-Conesa A, Brusadin R, Robles R. Anatomía quirúrgica del hígado. En: *Medicina y cirugía del aparato digestivo*, Cascales PA. Elsevier. Medicina y Cirugía del Aparato Digestivo. España. 2020. 253-258.
120. Wakabayashi G, Cherqui D, Geller DA, et al. The Tokyo 2020 terminology of liver anatomy and resections: Updates of the Brisbane 2000 system. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 29(1): 6-15. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jhbp.1091>
121. Nagino M, DeMatteo R, Lang H, et al. Proposal of a New Comprehensive Notation for Hepatectomy: The "New World" Terminology. *Ann Surg*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 274(1): 1-3. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/citation/2021/07000/proposal_of_a_new_comprehensive_notation_for.1.aspx
122. Bismuth H. Surgical anatomy and anatomical surgery of the liver. *World J Surg*. 1982 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 6(1): 3-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7090393/>

123. Lortat-Jacob JL, Robert HG. Hépatectomie droite réglée [Well defined technic for right hepatectomy]. *Presse Med.* 1952 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 60(26): 549-551. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14948909/>
124. Tung TT, Quang ND. A new technique to operate on the liver. *The lancet.* 1963 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 281 (7274): 192-193. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(63\)91210-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(63)91210-8/fulltext)
125. Lin TY, Chen KM, Liu TK. Total right hepatic lobectomy for primary hepatoma. *Surgery.* 1960 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 48: 1048-1060. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13762210/>
126. Takasaki K. Glissonean pedicle transection method for hepatic resection: a new concept of liver segmentation. *J Hepatobiliary Pancreat Surg.* 1998 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 5(3): 286-291. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/s005340050047?sid=nlm%3Apubmed>
127. Sureka B, Patidar Y, Bansal K, Rajesh S, Agrawal N, Arora A. Portal vein variations in 1000 patients: surgical and radiological importance. *Br J Radiol.* 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 88(1055). Disponible en: <https://academic.oup.com/bjr/article-abstract/88/1055/20150326/7450175?redirectedFrom=fulltext&login=false>
128. Katsourakis A, Chytas D, Filo E, et al. Incidence of Extrahepatic Portal Vein Anatomic Variations and Their Clinical Implications in Daily Practice. *J Clin Med Res.* 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 13(9): 460-465. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8510651/>
129. Sahuquillo A, Ramírez JI, Torres MP, Solera J, Tárraga PJ. La ecografía, técnica diagnóstica en esteatosis hepática no alcohólica. *JONNPR.* 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 5(4): 392-427. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2529-850X2020000400004
130. Gallego C, Velasco M, Marcuello P, Tejedor D, De Campo L, Frieria A. Congenital and acquired anomalies of the portal venous system. *Radiographics.* 2002

- [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 22(1): 141-59. Disponible en: https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiographics.22.1.g02ja08141?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
131. Covey AM, Brody LA, Getrajdman GI, Sofocleous CT, Brown KT. Incidence, patterns, and clinical relevance of variant portal vein anatomy. *AJR Am J Roentgenol*. 2004 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 183(4): 1055-1064. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.183.4.1831055>
132. Nelson T, Pollak R, Jonasson O, Abcarian, H. Anatomic variation of the celiac, superior mesenteric and inferior mesenteric arteries and their clinical relevance. *Clin Anat*. [Internet]. 1988 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 1(2): 75-91. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5348823/>
133. Rodríguez D, Fallas J. Variante anatómica: origen de la arteria hepática derecha de la arteria mesentérica superior. *Med Leg Costa Rica*. [Internet]. 2011 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 28(1): 71-74. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152011000100009
134. Aguilera, L. Fisiología hepática. En: *Efectos de la anestesia*. Aguilera L, Alonso J, Arrízala A. Actualizaciones en anestesiología-reanimación II. Barcelona. MCR. 1989; 183-196.
135. Michels, NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation. *Am J Surg*. [Internet]. 1966 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 112(3): 337-347. Disponible en: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002-9610\(66\)90201-7](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0002-9610(66)90201-7)
136. Dähnert W. *Radiology review manual*. 6th ed. Lippincott Williams and Wilkins. 2007.
137. Hiatt J, Gabbay J, Busuttil R. Surgical Anatomy of the Hepatic Arteries in 1000 cases. *Ann Surg*. [Internet]. 1994 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 220(1): 50-52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1234286/pdf/annsurg00053-0058.pdf>

138. Muñoz C, Inzunza M, Marino C, Martínez J. Cómo evitar la lesión de vía biliar en colecistectomía laparoscópica: Más allá de la visión crítica de seguridad. *Rev Cir.* [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 73(3): 362-369. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S2452-45492021000300362&script=sci_abstract
139. Strasberg SM, Brunt LM. Rationale and use of the critical view of safety in laparoscopic cholecystectomy *J Am Coll Surg.* [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 211: 132-138. Disponible en: https://journals.lww.com/journalacs/citation/2010/07000/rationale_and_use_of_the_critical_view_of_safety.19.aspx
140. Abdel-Misih SR, Bloomston M. Liver anatomy. *Surg Clin North Am.* [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 90(4): 643-53. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4038911/>
141. Bárbaro, B., Soglia, G., Álvaro, G. et al . Hepatic veins in presurgical planning of hepatic resection: what a radiologist should know. *Abdom Imaging.* [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 38: 442–460. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00261-012-9900-8>
142. Serrablo Requejo A, Serrablo Casaña L, Sánchez Rubio M. Anatomía quirúrgica y fisiología de la vesícula biliar y de las vías biliares. En: Elena Martín Pérez, Luis Sabater Ortí, Francisco Sánchez-Bueno. Asociación española de cirujanos. *Cirugía Biliopancreática.* Ed: Aran SL. 2018. 2ed. 29-41.
143. Catalano OA, Singh AH, Uppot RN, Hahn PF, Ferrone CR, Sahani DV. Vascular and biliary variants in the liver: implications for liver surgery. *Radiographics.* [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 224]; 28(2): 359-378. Disponible en: https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.282075099?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
144. Mittidieri VC, Mittidieri A: Anatomía quirúrgica de vías biliares. En F. Galindo y colab. *Enciclopedia Cirugía Digestiva.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 4-437: 1-18. Disponible en: <https://sacd.org.ar/wp-content/uploads/2020/05/437-Via-biliar-anat2017.pdf>

-
145. Janssen BV, van Laarhoven S, Elshaer M, Cai H, Praseedom R, Wang T, Liau SS. Comprehensive classification of anatomical variants of the main biliary ducts. *Br J Surg*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 108(5): 458-462. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/108/5/458/6173005?login=false>
146. Bangeas P, Voulalas G, Ktenidis K. Rapid prototyping in aortic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 22(4): 513-514. Disponible en: <https://academic.oup.com/icvts/article/22/4/513/2363461?login=false>
147. Ávila, JS, De Rossi M, Martínez M. Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. *Rev Colom Enferm*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 17(1): 31-38. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6736420>
148. Ávila Forero, J. Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía. En: *Systems&design: beyond processes and thinking*. Universidad politécnica de Valencia. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 1015-1030. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/85336/2955-11338-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
149. Bati AH, Guler E, Ozer MA, et al. Surgical planning with patient-specific three-dimensional printed pancreaticobiliary disease models - Cross-sectional study. *Int J Surg*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 80: 175-183. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919120304994?via%3Dihub>
150. Riva, A, Loy F. I modelli anatomici di Susini-Boi nel museo di Cagliari. *Nuova museologia*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024] (37): 32-37. Disponible en: https://www.nuovamuseologia.it/wp-content/uploads/2017/11/NM_37_6_Riva.pdf
151. Kodama, H. Automatic method for fabricating a three dimensional plastic model with photo-hardening polymer. *Review of Scientific Instruments*. [Internet]. 1981

- [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 52 (11), 1770-1773. Disponible en: <https://pubs.aip.org/aip/rsi/article-abstract/52/11/1770/309975/Automatic-method-for-fabricating-a-three?redirectedFrom=fulltext>
152. Hull C. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. [Internet]. U.S. Patent No 4,575, 330. 11 mar 1986 [Consultado: 20 de febrero de 2024] Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/5c/a0/27/e49642dab99cf6/US4575330.pdf>
153. Soon DS, Chae MP, Pilgrim CH, Rozen WM, Spychal RT, Hunter-Smith DJ. 3D haptic modelling for preoperative planning of hepatic resection: A systematic review. *Ann Med Surg (Lond)*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 10: 1-7. Disponible en:
154. Ballard DH, Wake N, Witowski J, Rybicki FJ, Sheikh A; RSNA Special Interest Group for 3D Printing Abdominal, Hepatobiliary, and Gastrointestinal Conditions Voting Group. Radiological Society of North America (RSNA) 3D Printing Special Interest Group (SIG) clinical situations for which 3D printing is considered an appropriate representation or extension of data contained in a medical imaging examination: abdominal, hepatobiliary, and gastrointestinal conditions. *3D Print Med*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 6(1): 13. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7278118/>
155. Yeo CT, MacDonald A, Ungi T, et al. Utility of 3D Reconstruction of 2D Liver Computed Tomography/Magnetic Resonance Images as a Surgical Planning Tool for Residents in Liver Resection Surgery. *J Surg Educ*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 75(3): 792-797. Disponible en: <https://www.science-direct.com/science/article/abs/pii/S1931720417303847?via%3Dihub>
156. Huettl F, Saalfeld P, Hansen C, et al. Virtual reality and 3D printing improve preoperative visualization of 3D liver reconstructions-results from a preclinical comparison of presentation modalities and user's preference. *Ann Transl Med*. [Internet]. 2021[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(13): 1074. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8339861/>

-
157. Porpiglia F, Bertolo R, Checcucci E, et al. ESUT Research Group. Development and validation of 3D printed virtual models for robot-assisted radical prostatectomy and partial nephrectomy: urologists' and patients perception. *World J Urol.* 2018; 36(2): 201-207. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00345-017-2126-1>
158. Bernhard JC, Isotani S, Matsugasumi T, et al. Personalized 3D printed model of kidney and tumor anatomy: a useful tool for patient education. *World J Urol.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 34(3): 337-45. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9084471/>
159. Chae MP, Hunter-Smith DJ, Spychal RT, Rozen WM. 3D volumetric analysis for planning breast reconstructive surgery. *Breast Cancer Res Treat.* [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 146(2): 457-60. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10549-014-3028-1>
160. Chen K, Feng CJ, Ma H, et al. Preoperative breast volume evaluation of one-stage immediate breast reconstruction using three-dimensional surface imaging and a printed mold. *J Chin Med Assoc.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 82(9): 732-739. Disponible en: https://journals.lww.com/jcma/full-text/2019/09000/preoperative_breast_volume_evaluation_of_one_stage.12.aspx
161. Emile SH, Wexner SD. Systematic review of the applications of three-dimensional printing in colorectal surgery. *Colorectal Dis.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 21(3): 261-269. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/codi.14480>
162. Przedlacka A, Pellino G, Fletcher J, Bello F, Tekkis PP, Kontovounisios C. Current and future role of three-dimensional modelling technology in rectal cancer surgery: A systematic review. *World J Gastrointest Surg.* [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 13(12): 1754-1769. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8727188/>

163. Mobbs RJ, Coughlan M, Thompson R, Sutterlin CE, Phan K, The utility of 3D printing for surgical planning and patient-specific implant design for complex spinal pathologies: case report. *J Neurosurg Spine*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 26(4): 513-518. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28106524/>
164. Bruns N, Krettek C. 3D-Druck in der Unfallchirurgie : Planung, Druck und Aufbereitung [3D-printing in trauma surgery : Planning, printing and processing]. *Unfallchirurg*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 122(4): 270-277. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00113-019-0625-9>
165. Xie L, Chen C, Zhang Y, Zheng W, Chen H, Cai L. Three-dimensional printing assisted ORIF versus conventional ORIF for tibial plateau fractures: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 57: 35-44. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919118315486?via%3Dihub>
166. Assink N, Reininga IHF, Ten Duis K, et al. Does 3D-assisted surgery of tibial plateau fractures improve surgical and patient outcome? A systematic review of 1074 patients. *Eur J Trauma Emerg Surg*. [Internet]. 2022[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 48(3): 1737-1749. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9192447/>
167. Hsieh TY, Cervenka B, Dedhia R, Strong EB, Steele T. Assessment of a Patient-Specific, 3-Dimensionally Printed Endoscopic Sinus and Skull Base Surgical Model. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 144(7): 574-579. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6145784/>
168. Cano-Zárate R, Hernández-Barajas EK, Hernández-Barajas HH, Meave-González A, Espínola-Zavaleta N. Efectos de la impresión 3D en la planificación quirúrgica de las cardiopatías congénitas. *Arch Cardiol Mex*. [Internet]. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 91(1): 1-6. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402021000100001

-
169. Costello JP, Olivieri LJ, Su L, et al. Incorporating three-dimensional printing into a simulation-based congenital heart disease and critical care training curriculum for resident physicians. *Congenit Heart Dis*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 10(2): 185-190. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/chd.12238>
170. Schmauss D, Haeberle S, Hagl C, Sodian R. Three-dimensional printing in cardiac surgery and interventional cardiology: a single-centre experience. *Eur J Cardiothorac Surg*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 47(6): 1044-1052. Disponible en: <https://academic.oup.com/ejcts/article/47/6/1044/354286>
171. Anderson JR, Thompson WL, Alkattan AK, et al. Three-dimensional printing of anatomically accurate, patient specific intracranial aneurysm models. *J Neurointerv Surg*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 8(5): 517-520. Disponible en: <https://jn.is.bmj.com/content/8/5/517.long>
172. D'Urso PS, Askin G, Earwaker JS, et al. Spinal biomodeling. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 1999 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 24: 1247-1251. Disponible en: https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/1999/06150/spinal_biomodeling.13.aspx
173. Haleem, A, Javaid. 3D scanning applications in medical field: A literature-based review. *Clin epidemiol glob health*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(2): 199-210. Disponible en: [https://cegh.net/article/S2213-3984\(18\)30095-2/fulltext](https://cegh.net/article/S2213-3984(18)30095-2/fulltext)
174. Knoedler M, Feibus AH, Lange A, et al. Individualized Physical 3-dimensional Kidney Tumor Models Constructed From 3-dimensional Printers Result in Improved Trainee Anatomic Understanding. *Urology*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 85(6): 1257-1261. Disponible en: [https://www.goldjournal.net/article/S0090-4295\(15\)00303-9/abstract](https://www.goldjournal.net/article/S0090-4295(15)00303-9/abstract)
175. Zheng YX, Yu DF, Zhao JG, Wu YL, Zheng B. 3D Printout Models vs. 3D-Rendered Images: Which Is Better for Preoperative Planning? *J Surg Educ*. [Internet]. 2016

- [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 73(3): 518-523. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1931720416000040?via%3Dihub>
176. Pietrabissa A, Marconi S, Peri A, et al. From CT scanning to 3-D printing technology for the preoperative planning in laparoscopic splenectomy. *Surg Endosc*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(1): 366-71. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6036958/>
177. Claffin J, Waits SA. Three Dimensionally Printed Interactive Training Model for Kidney Transplantation. *J Surg Educ*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 77(5): 1013-1017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1931720420300787?via%3Dihub>
178. Bockhorn L, Gardner SS, Dong D, et al. Application of three-dimensional printing for pre-operative planning in hip preservation surgery. *J Hip Preserv Surg*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 6(2): 164-169. Disponible en: <https://academic.oup.com/jhps/article/6/2/164/5513241?login=false>
179. Waran V, Narayanan V, Karuppiyah R, et al. Injecting realism in surgical training-initial simulation experience with custom 3D models. *J Surg Educ*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 71(2): 193-197. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1931720413002195?via%3Dihub>
180. Pietrabissa A, Marconi S, Negrello E, et al. An overview on 3D printing for abdominal surgery. *Surg Endosc*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 34(1): 1-13. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-019-07155-5>
181. Yamanaka J, Saito S, Fujimoto J. Impact of preoperative planning using virtual segmental volumetry on liver resection for hepatocellular carcinoma. *World J Surg*. [Internet]. 2007 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31: 1249–1255. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-007-9020-8>
182. Fischer L, Hoffmann, K, Neumann JO. The Impact of Virtual Operation Planning on Liver Surgery. *Imaging Decisions MRI*. [Internet]. 2007 [Consultado: 20

- de febrero de 2024]; 11: 39-44. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1617-0830.2007.00090.x>
183. Lang H, Radtke A, Hindennach M, et al. Impact of virtual tumor resection and computer-assisted risk analysis on operation planning and intraoperative strategy in major hepatic resection. *Arch Surg*. [Internet]. 2005 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 140(7): 629-638. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/508732>
184. Lang H, Radtke A, Liu C, Sotiropoulos GC, et al. Improved assessment of functional resectability in repeated hepatectomy by computer-assisted operation planning. *Hepatogastroenterology*. [Internet]. 2005 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 52(66): 1645-1648. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16334748/>
185. Lamadé W, Glombitza G, Fischer L, et al. The impact of 3-dimensional reconstructions on operation planning in liver surgery. *Arch Surg*. [Internet]. 2000 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 135(11): 1256-1261. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/390749>
186. Endo I, Matsuyama R, Mori R, et al. Imaging and surgical planning for perihilar cholangiocarcinoma. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 21(8): 525-532. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jhbp.75>
187. Takagi K, Nanashima A, Abo T, et al. Three-dimensional printing model of liver for operative simulation in perihilar cholangiocarcinoma. *Hepatogastroenterology*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 61(136): 2315-2316. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25699373/>
188. Jiang L, He YB, Yao G, et al. Application of three dimensional visualization technology in hepatectomy: a sistematic review. *Int J Clin Exp Med*. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 10 (5): 7416-7430. Disponible en: <https://e-century.us/files/ijcem/10/5/ijcem0048514.pdf>

189. Zeng N, Tao H, Fang C, et al. Individualized preoperative planning using three-dimensional modeling for Bismuth and Corlette type III hilar cholangiocarcinoma. *World J Surg Oncol*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 14(1): 44. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4765219/>
190. Allan A, Kealley C, Squelch A, Wong YH, Yeong CH, Sun Z. Patient-specific 3D printed model of biliary ducts with congenital cyst. *Quant Imaging Med Surg*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(1): 86-93. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6351815/>
191. Larghi Laureiro Z, Novelli S, Lai Q, et al. There Is a Great Future in Plastics: Personalized Approach to the Management of Hilar Cholangiocarcinoma Using a 3-D-Printed Liver Model. *Dig Dis Sci*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 65(8): 2210-2215. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10620-020-06326-y>
192. Tang R, Ma L, Xiang C, et al. Augmented reality navigation in open surgery for hilar cholangiocarcinoma resection with hemihepatectomy using video-based in situ three-dimensional anatomical modeling: A case report. *Medicine (Baltimore)*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 96(37): e8083. Disponible en: https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2017/09150/augmented_reality_navigation_in_open_surgery_for.62.aspx
193. Jin Z, Li Y, Yu K, et al. 3D Printing of Physical Organ Models: Recent Developments and Challenges. *Adv Sci (Weinh)*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 8(17): e2101394. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.202101394>
194. Schneider C, Thompson S, Totz J, et al. Comparison of manual and semi-automatic registration in augmented reality image-guided liver surgery: a clinical feasibility study. *Surg Endosc*. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 34(10): 4702-4711. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7524854/>

-
195. Igami T, Nakamura Y, Hirose T, et al. Application of a three-dimensional print of a liver in hepatectomy for small tumors invisible by intraoperative ultrasonography: preliminary experience. *World J Surg.* [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 38(12): 3163-3166. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-014-2740-7>
196. Radtke A, Sotiropoulos GC, Molmenti EP. Computer-assisted surgery planning for complex liver resections: when is it helpful? A single-center experience over an 8-year period. *Ann Surg.* [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 252(5): 876-883. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2010/11000/computer_assisted_surgery_planning_for_complex.21.aspx
197. Fang CH, Tao HS, Yang J, et al. Impact of three-dimensional reconstruction technique in the operation planning of centrally located hepatocellular carcinoma. *J Am Coll Surg.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 220(1): 28-37. Disponible en: https://journals.lww.com/journalacs/abstract/2015/01000/impact_of_three_dimensional_reconstruction.4.aspx
198. López-López V, Robles-Campos R, García-Calderón D, et al. Applicability of 3D-printed models in hepatobiliary surgery: results from “LIV3DPRINT” multi-center study. *HPB.* [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 23(5): 675 – 684. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1365182X20311795>
199. Escobar-Castellanos B, Cid-Henríquez P. El cuidado de enfermería y la ética derivados del avance tecnológico en salud. *Acta bioeth.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 24(1): 39-46. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-569X2018000100039&lng=es&nrm=iso
200. Nightingale, Florence. *Notas sobre Enfermería, Qué es y qué no es.* Barcelona: Masson-Salvat, 1990.
201. Arandojo IM. Nuevas Tecnologías y nuevos retos para el profesional de enfermería. *Index de Enferm.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 25(1-

- 2): 38-41. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1132-12962016000100009
202. Asencio JM. Innovaciones que pueden cambiarlo todo: el futuro de la enfermería quirúrgica. *Ene.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 14(3). Disponible en: <http://ene-enfermeria.org/ojs/index.php/ENE/article/view/856>
203. Dewes A. Improving performance measures with perioperative analytics. *AORN J.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 107(2): 189-198. Disponible en: <https://aornjournal.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aorn.12021>
204. Pérez S, Cuadros V, Torrego N. Protocolo de actuación de enfermería quirúrgica en cirugía robótica. *Index Enferm* [Internet]. 2019 [citado 20 de febrero 2024]; 28(4): 214-218. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962019000300011
205. Sasso L, Stievano A, González Jurado M, Rocco G. Code of ethics and conduct for European nursing. *Nurs Ethics.* [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 15(6): 821-836. Disponible en: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0969733008095390?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
206. Smith, J, Palesy D. Technology stress in perioperative nursing: an ongoing concern. *J periop nurs.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31 (2): 25-28. Disponible en: <https://www.journal.acorn.org.au/jpn/vol31/iss2/3/>
207. Ministerio de Sanidad y Servicios Sociales e Igualdad (ES). Estrategia de Seguridad del Paciente del Sistema Nacional de Salud 2015-2020. [Internet]. 2015 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 1-128. Disponible en: <https://www.seguridaddelpaciente.es/resources/documentos/2015/Estrategia%20Seguridad%20del%20Paciente%202015-2020.pdf>
208. World Health Organization Europe. A brief synopsis on Patient safety. WHO Regional Office for Europe. Copenhagen. [Internet]. 2010 [Consultado: 20 fe-

- brero 2024]; 1-130. Disponible en: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0015/111507/E93833.pdf
209. Estepa del Árbol M, Moyano Espadero MC, Pérez Blancas C, Crespo Montero R. Eficacia de los programas de seguridad del paciente. *Enferm Nefrol*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19(1): 63-75. Diponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2254-28842016000100008&script=sci_abstract
210. Van Klei WA, Hoff RG, van Aarnhem EEHL, et al. Effects of the introduction of the WHO “Surgical Safety Checklist” on in-hospital mortality: a cohort study. *Ann Surg*. [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 255(1): 44-49. Disponible en: https://journals.lww.com/annalsofsurgery/abstract/2012/01000/effects_of_the_introduction_of_the_who_surgical.8.aspx
211. De Vries EN, Prins HA, Crolla RMPH, et al. Effect of a comprehensive surgical safety system on patient outcomes. *New England Journal of Medicine*. [Internet]. 2010 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 363(20): 1928-1937. Disponible en: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMsa0911535?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200www.ncbi.nlm.nih.gov
212. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, et al. A Surgical Safety Checklist to Reduce Morbidity and Mortality in a Global Population. *N Engl J Med*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 360(5): 491-499. Disponible en: https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMsa0810119?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200www.ncbi.nlm.nih.gov
213. Fudickar A, Hörle K, Wiltfang J, Bein B. The effect of the WHO surgical safety checklist on complication rate and communication. *Dtsch ArzteblInt*. [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 109(42): 695-701. Disponible en:
214. Organización Mundial de la Salud. Lista OMS de verificación de la seguridad de la cirugía: manual de aplicación: la cirugía segura salva vidas. Organización Mundial de la Salud. [Internet]. Ginebra. 2008 [Consultado: 20 de febrero 2024];

- 1-28. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/70083/WHO_IER_PSP_2008.05_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
215. Asamblea Mundial de la Salud, 72. Seguridad del paciente: medidas mundiales en materia de seguridad del paciente: informe del director general. Organización Mundial de la Salud [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 1-9. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/328697>
216. Programa de cirugía segura del sistema nacional de salud. Protocolo. AEC. [Internet].2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 1-111. Disponible en: <https://seguridaddelpaciente.sanidad.gob.es/practicasSeguras/seguridadBloqueQuirurgico/docs/Protocolo-Proyecto-Cirugia-Segura.pdf>
217. Stucky CH, De Jong MJ, Rodriguez JA. A Five-Step Evidence-Based Practice Primer for Perioperative RNs. AORN J. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 112(5): 506-515. Disponible en: <https://aornjournal.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aorn.13220>
218. Arakelian E, Swenne CL, Lindberg S, Rudolfsson G, von Vogelsang AC. The meaning of person-centred care in the perioperative nursing context from the patient's perspective - an integrative review. J Clin Nurs. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024];26(17-18):2527-2544. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocn.13639>
219. Meléndez IC, Camero YB, Álvarez AR, Osorio EE. La instrumentación quirúrgica: su relación con la enfermería actual. Revista Conecta Libertad. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 2(1): 11-21. Disponible en: <https://revistaitsl.itslibertad.edu.ec/index.php/ITSL/article/view/66/198>
220. Bahra M, Pratschke J. Innovationen in der Chirurgie – wie können neue Technologien sicher in die Klinik eingeführt werden?. Chirurg. [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024];91(7):553-560. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00104-020-01195-7>

-
221. Eriksson J, Lindgren BM, Lindahl E. Newly trained operating room nurses' experiences of nursing care in the operating room. *Scand J Caring Sci.* [Internet]. 2020 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 34(4): 1074-1082. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/scs.12817>
222. Holmes T, Vifladt A, Ballangrud R. A qualitative study of how inter-professional teamwork influences perioperative nursing. *Nurs Open.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(2): 571-580. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7024613/>
223. Arenas-Márquez H, Anaya-Prado R. Errores en cirugía. Estrategias para mejorar la seguridad. *Cir Ciruj.* [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 76: 355-61. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2008/cc084o.pdf>
224. Árbol LM, Torres Dolores. Comunicación en el quirófano. Revisión bibliográfica del estado actual, efectos y factores relacionados. *Tesela, Liderazgo y Gestión.* [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero 2024]; 30: e13456. Disponible en: <http://ciberindex.com/c/ts/e13456>
225. Grade MM, Tamboli MK, Berekyei Merrell S, Mueller C, Girod S. Attending Surgeons Differ From Other Team Members in Their Perceptions of Operating Room Communication. *J Surg Res.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero 2024]; 235: 105-112. Disponible en: [https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804\(18\)30653-X/abstract](https://www.journalofsurgicalresearch.com/article/S0022-4804(18)30653-X/abstract)
226. Carrera AL, Torres D, Arias, G, Bernardino E, Meira S. (2017). La comunicación del personal de enfermería con el equipo quirúrgico. *Cogitare Enfermagem.* [Internet]. 2017[Consultado: 20 de febrero de 2024]; 22(3): e509228. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=483655346018>
227. Clayton J, Isaacs AN, Ellender I. Perioperative nurses' experiences of communication in a multicultural operating theatre: A qualitative study. *Int J Nurs Stud.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 54: 7-15. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020748914000534?via%3Dihub>

228. Anaya PR, Medina PJB, Pérez NJV. Comunicación en el equipo quirúrgico y seguridad. *Cir Gen.* [Internet]. 2011 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 33 (Suplemento: 1): 96-98. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2011/cgs111aj.pdf>
229. Sillero-Sillero A, Zabalegui A. Safety and satisfaction of patients with nurse's care in the perioperative. *Rev Lat Am Enfermagem.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 27: e3142. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/VzrTFfpvV6TCKjhvj99HnLz/?lang=en>.
230. Cheng YF, Huang TL, Chen CL, Sheen-Chen SM, Lui CC, Chen TY, et al. Anatomic dissociation between the intrahepatic bile duct and portal vein: risk factors for left hepatectomy. *World J Surg.* [Internet]. 1997 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 21: 297–300. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9015174/>
231. Diment LE, Thompson MS, Bergmann JHM. Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review. *BMJ Open.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(12): e016891. Disponible en: <https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/7/12/e016891.full.pdf>
232. Zadpoor, AA, Malda, Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues, and Organs. *Ann Biomed Eng.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 45: 1–11. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10439-016-1719-y>
233. Witowski J, Wake N, Grochowska A, Sun Z, Budzyński A, Major P, Popiela TJ, Pędziwiatr M. Investigating accuracy of 3D printed liver models with computed tomography. *Quant Imaging Med Surg.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(1): 43-52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6351816/>
234. Perica ER, Sun Z. A Systematic Review of Three-Dimensional Printing in Liver Disease. *J Digit Imaging.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31(5): 692-701. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6148823/>

-
235. Javan R, Zeman MN. A prototype educational model for hepatobiliary interventions: Unveiling the role of graphic designers in medical 3D printing. *J Digit Imaging*. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31(1): 133–43. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5788818/>
236. Martelli N, Serrano C, van den Brink H. Advantages and disadvantages of 3-dimensional printing in surgery: A systematic review. *Surgery*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024];159(6): 1485-1500. Disponible en:
237. 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*. [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 36(5): 3246-3253. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-021-08636-2>
238. Bangeas P, Tsioukas V, Papadopoulos VN, Tsoulfas G. Role of innovative 3D printing models in the management of hepatobiliary malignancies. *World J Hepatol*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 11(7): 574-585. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6669192/>
239. López León M, Pérez De Villar Vivas J, Alcalá-Mata L, Paulano-Godino F, Luna A, Luque Molina A, López-Cillero P. Utilidad de un modelo de reconstrucción e impresión 3D en Cirugía Hepática Compleja. *Rev Cir*. [Inernet]. 2024 [Consultado 20 de febrero de 2024].; 76(1): 33-37. Disponible en: <https://revistacirugia.cl/index.php/revistacirugia/article/view/1868>
240. Zein NN, Hanouneh IA, Bishop PD, Samaan M, Eghtesad B, Quintini C, Miller C, Yerian L, Klatte R. Three-dimensional print of a liver for preoperative planning in living donor liver transplantation. *Liver Transpl*. [Internet]. 2013. [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19(12): 1304-1310. Disponible en: <https://aasldpubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lt.23729>
241. Witowski JS, Pędziwiatr M, Major P, Budzyński A. Cost-effective, personalized, 3D-printed liver model for preoperative planning before laparoscopic liver hemihepatectomy for colorectal cancer metastases. *Int J Comput Assist Radiol Surg*.

- [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 12(12): 2047-2054. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5702382/>
242. Xiang N, Fang C, Fan Y, Yang J, Zeng N, Liu J, Zhu W. Application of liver three-dimensional printing in hepatectomy for complex massive hepatocarcinoma with rare variations of portal vein: preliminary experience. *Int J Clin Exp Med*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 8(10): 18873-18878. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4694410/pdf/ijcem0008-18873.pdf>
243. Takao H, Amemiya S, Shibata E, Ohtomo K. Three-Dimensional Printing of Hollow Portal Vein Stenosis Models: A Feasibility Study. *J Vasc Interv Radiol*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 27(11):1755-1758. Disponible en: [https://www.jvir.org/article/S1051-0443\(16\)30175-0/abstract](https://www.jvir.org/article/S1051-0443(16)30175-0/abstract)
244. López-López V, Gómez-Vallés P, Robles-Campos R, Sánchez-Bueno F, Ramírez P. Laparoscopic extended left lateral sectionectomy in the early postoperative period following a liver transplant. *Cir Esp*. [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 101(1): 66-68. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2173507722002642?via=ihub> .
245. Gamez BA, Montoya C, Puelma LF, Buckel EG, Buckel E, Jarufe N. Modelo de impresión 3D para planificación quirúrgica en trasplante hepático con donante vivo adulto-adulto. *Rev. cir*. [Internet]. 2022 [Consultado:20 de febrero de 2024]; 74(2): 208-214. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2452-45492022000200208&lng=es. <http://dx.doi.org/10.35687/s2452-454920220021358>.
246. Oshiro Y, Mitani J, Okada T, Ohkohchi N. A novel three-dimensional print of liver vessels and tumors in hepatectomy. *Surg Today*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 47(4): 521-524. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00595-016-1383-8>

-
247. Kuroda S, Kobayashi T, Ohdan H. 3D printing model of the intrahepatic vessels for navigation during anatomical resection of hepatocellular carcinoma. *Int J Surg Case Rep.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024] ;41: 219-222. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5683889/>
248. Chen S, Pan Z, Wu Y, et al. The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trial. *Sci Rep.* [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(1): 575. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5428829/pdf/41598_2017_Article_647.pdf
249. Li Z, Li Z, Xu R, Li M, Li J, Liu Y, Sui D, Zhang W, Chen Z. Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture--A randomized controlled study in China. *Sci Rep.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 5: 11570. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4477328/>
250. Ryan JR, Chen T, Nakaji P, Frakes DH, Gonzalez LF. Ventriculostomy Simulation Using Patient-Specific Ventricular Anatomy, 3D Printing, and Hydrogel Casting. *World Neurosurg.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 84(5): 1333-1339. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875015007640?via%3Dihub>
251. Lim KH, Loo ZY, Goldie SJ, Adams JW, McMenamin PG. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. *Anat Sci Educ.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(3): 213-221. Disponible en: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ase.1573>
252. Monfared A, Mitteramskogler G, Gruber S, Salisbury JK Jr, Stampfl J, Blevins NH. High-fidelity, inexpensive surgical middle ear simulator. *Otol Neurotol.* [Internet]. 2012 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 33(9): 1573-1577. Disponible en: https://journals.lww.com/otology-neurotology/abstract/2012/12000/high_fidelity_inexpensive_surgical_middle_ear.19.aspx

253. Cacciamani GE, Okhunov Z, Meneses AD, et al. Impact of Three-dimensional Printing in Urology: State of the Art and Future Perspectives. A Systematic Review by ESUT-YAUWP Group. *Eur Urol.* [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 76(2):209-221. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0302283819303616?via%3Dihub>
254. Cooke CM, Flaxman TE, Sikora L, Miguel O, Singh SS. Individualized medicine using 3D printing technology in gynecology: a scoping review. *3D Print Med.* [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 9(1):6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10024374/>
255. Yang T, Tan T, Yang J, et al. The impact of using three-dimensional printed liver models for patient education. *J Int Med Res.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 46(4): 1570-1578. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6091824/pdf/10.1177_0300060518755267.pdf
256. Kong X, Nie L, Zhang H, Wang Z, Ye Q, Tang L, Li J, Huang W. Do Three-dimensional Visualization and Three-dimensional Printing Improve Hepatic Segment Anatomy Teaching? A Randomized Controlled Study. *J Surg Educ.* [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 73(2): 264-269. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1931720415002524?via%3Dihub>
257. Wang JZ, Xiong NY, Zhao LZ, Hu JT, Kong DC, Yuan JY. Review fantastic medical implications of 3D-printing in liver surgeries, liver regeneration, liver transplantation and drug hepatotoxicity testing: A review. *International Journal of Surgery.* [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 56:1-6 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1743919118314961?via%3Dihub>
258. Rhu J, Kim MS, Kim S, Choi GS, Kim JM, Joh JW. Application of three-dimensional printing for intraoperative guidance during liver resection of a hepatocellular carcinoma with sophisticated location. *Ann Hepatobiliary Pancreat Surg.* [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 25(2): 265-269. Disponible en: <https://www.ahbps.org/journal/view.html?doi=10.14701/ahbps.2021.25.2.265>

-
259. Administración de Alimentos y Medicamentos del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Consideraciones técnicas para dispositivos médicos de fabricación aditiva: documento de orientación para la industria y el personal de la Administración de Alimentos y Medicamentos. [Internet], 5 de diciembre de 2017. [Consultado: 20 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.fda.gov/files/medical%20devices/published/Technical-Considerations-for-Additive-Manufactured-Medical-Devices---Guidance-for-Industry-and-Food-and-Drug-Administracion-Personal.pdf>
260. Real Decreto-ley 1/2015, de 24 de julio, de Garantías y Uso racional de Medicamentos y Productos Sanitarios. (Boletín Oficial del Estado, número 177 de 25 de julio de 2015). España. [Internet]. 29 de junio de 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2015/07/24/1/con>
261. Ebata T, Mizuno T, Yokoyama Y, Igami T, Sugawara G, Nagino M. Surgical resection for Bismuth type IV perihilar cholangiocarcinoma. *Br J Surg*. [Internet]. 2018. [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 105(7): 829-838. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/105/7/829/6123124?login=false>
262. Rassam F, Roos E, van Lienden KP, et al. Modern work-up and extended resection in perihilar cholangiocarcinoma: the AMC experience. *Langenbecks Arch Surg*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 403(3):289-307. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00423-018-1649-2>
263. Cannon RM, Brock G, Buell JF. Surgical resection for hilar cholangiocarcinoma: experience improves resectability. *HPB (Oxford)*. 2012; 14: 142-149.
264. Groot Koerkamp B, Wiggers JK, Gonen M, Doussot A, Allen PJ, Besselink MGH, et al. Survival after resection of perihilar cholangiocarcinoma-development and external validation of a prognostic nomogram. *Ann oncol*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 26:1930-5. Disponible en: [https://www.annals-oncology.org/article/S0923-7534\(19\)31777-6/fulltext](https://www.annals-oncology.org/article/S0923-7534(19)31777-6/fulltext)

265. Ruys AT, Busch OR, Rauws EA, Gouma DJ, van Gulik TM. Prognostic impact of preoperative imaging parameters on resectability of hilar cholangiocarcinoma. *HPB surgery: a world journal of hepatic, pancreatic and biliary surgery*. [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 2013 :657309. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3687508/pdf/HPB2013-657309.pdf>
266. Choi YH, Lee JM, Lee JY, et al. Biliary malignancy: value of arterial, pancreatic, and hepatic phase imaging with multidetector-row computed tomography. *Journal of computer assisted tomography*. [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 32: 362-8. Disponible en: https://journals.lww.com/jcat/abstract/2008/05000/biliary_malignancy__value_of_arterial,_pancreatic,.6.aspx
267. Mar WA, Shon AM, Lu Y, et al. Imaging spectrum of cholangiocarcinoma: role in diagnosis, staging, and posttreatment evaluation. *Abdominal radiology*. [Internet]. 2016. [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 41: 553-67 Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00261-015-0583-9.pdf>
268. Park HS, Lee JM, Choi JY, et al. Preoperative evaluation of bile duct cancer: MRI combined with MR cholangiopancreatography versus MDCT with direct cholangiography. *AJR*. [Internet]. 2008 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 190: 396-405. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.07.2310>
269. Yeh BM, Liu PS, Soto JA, Corvera CA, Hussain HK. MR imaging and CT of the biliary tract. *Radiographics*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 29: 1669-1688 Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.296095514>.
270. López-López, V, Gómez -Pérez B; de Vicente E, et al. Next-generation three-dimensional modelling software for personalized surgery decision-making in perihilar cholangiocarcinoma: multicentre study. *Br J Surg*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 108(12). Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/108/12/e394/6372678?>
271. Bortolotto C, Eshja E, Peroni C, Orlandi MA, Bizzotto N, Poggi P. 3D Printing of CT Dataset: Validation of an Open Source and Consumer-Available Workflow.

- Journal of digital imaging. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2020]; 29: 14-21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4722024/>
272. Royal College of Surgeons of England. *Future of Surgery*. London: RCS; [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://futureof-surgery.rcseng.ac.uk>
273. Hirose T, Igami T, Ebata T, et al. Surgical and Radiological Studies on the Length of the Hepatic Ducts. *World journal of surgery*. [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 39: 2983-2989 Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s00268-015-3201-7>
274. Molina V, Sampson J, Ferrer J, Díaz A, Ayuso JR, Sánchez-Cabús S, et al. Surgical treatment of perihilar cholangiocarcinoma: early results of en bloc portal vein resection. *Langenbecks arch surg*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 402: 95-104. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00423-016-1542-9.pdf>
275. Zhang J, Qiao QL, Guo XC, Zhao JX. Application of three-dimensional visualization technique in preoperative planning of progressive hilar cholangiocarcinoma. *Am J Transl Res*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 10(6):1730-1735. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6038071/pdf/ajtr0010-1730.pdf>
276. López-López V, Valles PG, Palenciano CG, Canovas S, Conesa AL, Brusadin R, Robles-Campos R. Extreme In Situ Liver Surgery Under Total Vascular Exclusion with Right Hepatic Vein and Inferior Vena Cava Grafts for an Intrahepatic Cholangiocarcinoma. *Ann Surg Oncol*. [Internet] 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(2):764-765. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1245/s10434-022-12787-4>
277. Farges O, Regimbeau JM, Fuks D, Le Treut YP, Cherqui D, Bachellier P, et al. Multicentre European study of preoperative biliary drainage for hilar cholangiocarcinoma. *The British journal of surgery*. [Internet]. 2013 [Consultado: 20 de

- febrero de 2024]; 100:274-283. Disponible en: <https://scientificsurgery.bjs.co.uk/article/multicentre-european-study-of-preoperative-biliary-drainage-for-hilar-cholangiocarcinoma/>
278. Weinbren K, Mutum SS. Pathological aspects of cholangiocarcinoma. *J Pathol.* [Internet]. 1983 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 139(2): 217-238. Disponible en: <https://pathsocjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/path.1711390210>
279. Cui DP, Fan S, Guo YX, Zhao QW, Qiao YX, Fei JD. Accurate resection of hilar cholangiocarcinoma using eOrganmap 3D reconstruction and full quantization technique. *World J Gastrointest Surg.* [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 15(8): 1693-1702. Disponible en: <https://www.wjgnet.com/1948-9366/full/v15/i8/1693.htm>
280. López-López V, Esquer IS, Valles PG, et al. Robotic Perihilar Cholangiocarcinoma: A Step Forward in the Challenge of Minimally Invasive Liver Surgery. *Ann Surg Oncol.* [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 31(3): 1836-1837. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1245/s10434-023-14613-x.pdf>
281. Ma WJ, Yang C, Jin YW, Li FY. Total Three-Dimensional-Guided Laparoscopic Radical Resection for Left Perihilar Cholangiocarcinoma. *Ann Surg Oncol.* [Internet]. 2024 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1245/s10434-024-14907-8.pdf>
282. Sucandy I, Younos A, Lim-Dy A, Ross S, Rosemurgy A. Robotic Klatskin Type 3A Resection with Biliary Reconstruction: Description of Surgical Technique and Outcomes of Initial Series. *Ann Surg Oncol.* [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(13): 8559-8560. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1245/s10434-023-14256-y>
283. Jackson NR, Hauch A, Hu T, Buell JF, Slakey DP, Kandil E. The safety and efficacy of approaches to liver resection: a meta-analysis. *JSLs.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 19(1): e2014.00186. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4379861/pdf/e2014.00186.pdf>

284. Moorthy K, Munz Y, Dosis A, et al. Dexterity enhancement with robotic surgery. *Surg Endosc*. [Internet]. 2004 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 18(5): 790-795. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-003-8922-2>
285. Navinés-López J, Pardo F, Cremades M, et al. Cirugía robótica hepática: una nueva realidad. Análisis descriptivo de 220 casos de cirugía hepática mínimamente invasiva en 182 pacientes. *Cir Esp*. [Internet]. 2023 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 101(11): 746-754. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9178358>
286. Ciria R., Durán M, Pérez-Quintero R, et al. Técnicas actuales de abordaje laparoscópico de los segmentos posteriores hepáticos. *Cir andal*. [Internet]. 2019 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 30(2): 239-242. Disponible en: https://www.asacirujanos.com/documents/revista/pdf/2019/Cir_Andal_vol30_n2_15.pdf
287. Nota CLMA, Molenaar IQ, van Hillegersberg R, Borel Rinkes IHM, Hagendoorn J. Robotic liver resection including the posterosuperior segments: initial experience. *J Surg Res*. [Internet]. 2016 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 206(1): 133-138. Disponible en: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022-4804\(16\)30200-1](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022-4804(16)30200-1)
288. Cugat Andorrà E, Cremades Perez M, Navinés López J, Matallana Azorín C, Zárate Pinedo A, Pardo Aranda F, Sendra Gonzalez M, Espin Álvarez F. Challenge and future of liver and pancreatic robotic surgery. Analysis of 64 cases in a specialized unit. *Cir Esp (Engl Ed)*. [Internet]. 2021 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 100(3): 154-160. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-desafio-futuro-cirugia-robotica-hepatica-S0009739X21000312>
289. López-López V, Sánchez-Esquer I, Crespo MJ, et al. Development and validation of advanced three-dimensional navigation device integrated in da Vinci Xi® surgical robot for hepatobiliary surgery: pilot study. *Br J Surg*. [Internet]. 2022 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 110(1): 108-110. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjs/article/110/1/108/6775136?login=false>

290. Soler L, Nicolau S, Pessaux P, Mutter D, Marescaux J. Real-time 3D image reconstruction guidance in liver resection surgery. *Hepatobiliary Surg Nutr.* [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 3(2): 73-81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3999422/>
291. Fang C, Zhang P, Qi X. Digital and intelligent liver surgery in the new era: Prospects and dilemmas. *EBioMedicine.* [Internet]. 2019 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 41: 693-701. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964\(19\)30089-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964(19)30089-1/fulltext)
292. Cheraqpur M, Aarabi A, Bahrami M, Akbari L. Competency assessment of the operating room staff and some related factors: A multi-center cross-sectional study. *Iran J Nurs Midwifery Res.* [Internet]. 2022 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 27(4): 287-293. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9580577/pdf/IJNMR-27-287.pdf>
293. Heluy De Castro C, De Faria T, Felipe Cabañero R, Castelló Cabo M. Humanización de la Atención de Enfermería en el Quirófano. *Index de Enfermería.* [Internet]. 2004 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 13: 44-45. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962004000100004&lng=es.
294. Allona Antonio, Platas Arturo. Establecimiento de un programa de cirugía robótica en un hospital. *Arch. Esp. Urol.* [Internet]. 2007 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 60(4): 371-374. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06142007000400007&lng=es.
295. Weller J, Cumin D, Torrie J, et al. Multidisciplinary operating room simulation-based team training to reduce treatment errors: a feasibility study in New Zealand hospitals. *N Z Med J.* [Internet]. 2015 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 128(1418): 40-51. Disponible en: [https://www.fmhs.auckland.ac.nz/assets/fmhs/som/cmhse/docs/Weller%20et%20al%20\(2015\)%20MORSIM-based%20team%20training%20to%20reduce%20treatment%20errors%20-%20feasibility%20study.pdf](https://www.fmhs.auckland.ac.nz/assets/fmhs/som/cmhse/docs/Weller%20et%20al%20(2015)%20MORSIM-based%20team%20training%20to%20reduce%20treatment%20errors%20-%20feasibility%20study.pdf)

-
296. Gawande A, Zinner M, Suddert D, Bennis T. Analysis of errors reported by surgeons at three teaching hospitals. *Surgery*. [Internet]. 2003 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 133: 614-21. Disponible en: [https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(03\)00117-X/abstract](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(03)00117-X/abstract)
297. Flin R, Yule S, McKenzie L, Paterson-Brown S, Maran N. Attitudes to teamwork and safety in the operating theatre. *Surgeon*. [Internet]. 2006 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 4(3): 145-51. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16764199/>
298. Garcia JAS, Ruiz JA, Baños AIC, Lázaro JAM, Ramis BA. La importancia de la escucha activa en la intervención Enfermera. *Enfermería Global*. [Internet]. 2014 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 13(2). Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/eg/v13n34/administracion4.pdf>
299. Vélez Vélez E. Investigación en enfermería, fundamento de la disciplina. *Revista de administración sanitaria siglo XXI*. [Internet]. 2009 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 7(2): 341-356. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-administracion-sanitaria-siglo-xxi-261-pdf-13139769>
300. Solís Muñoz M, Serrano Gallardo P, investigadores del Grupo de Investigación en Enfermería y Cuidados de Salud. Grupo de Investigación en Enfermería y Cuidados de Salud. Instituto de Investigación Sanitaria Puerta de Hierro-Segovia de Arana (IDIPHISA). *Metas Enferm*. [Internet]. 2021 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 24(1): 66-75. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746913>
301. Castro M, Simian D. La enfermería y la investigación. *Revista clínica médica Las Condes*. [Internet]. 2018. [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 29(3): 301-310. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864018300531?via%3Dihub>
302. Powers J. Increasing capacity for nursing research in magnet-designated organizations to promote nursing research. *Appl Nurs Res*. [Internet]. 2020 [Consultado:

- 20 de febrero de 2024]; 55: 151286. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0897189719306354?via%3Dihub>
303. Rao AD, Kumar A, McHugh M. Better Nurse Autonomy Decreases the Odds of 30-Day Mortality and Failure to Rescue. *J Nurs Scholarsh an Off Publ Sigma Theta Tau Int Honor Soc Nurs*. [Internet]. 2017. [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 49(1): 73-9 Disponible en: <https://sigmapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jnu.12267>
304. Ávila JS, De Rossi E, Martínez M. Modelos anatómicos personalizados impresos en 3D como herramientas para el aprendizaje y la preparación de intervenciones. *Rev Colom Enfermo*. [Internet]. 2018 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 17(1): 31–38.
305. Disponible en: <http://revistacolombianadeenfermeria.unbosque.edu.co/article/view/2352>
306. Biglino G, Capelli C, Koniordou D, et al. Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses. *Congenit Heart Dis*. [Internet]. 2017 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; 12(1): 113-118. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/chd.12414>
307. Ortiz E, Ramos A, Moreno J, Pardo Martínez C, et al. Desarrollo multidisciplinario de la cirugía robótica en un hospital universitario de tercer nivel: organización y resultados. *Cir Esp*. 2010; 87(2): 95–100.
308. Mansilla I, Escudero M, García Y. Papel de la enfermería en el desarrollo de la Cirugía Robótica en el HCSC. *Seclaendosurgery*. [Internet]. 2007 [Consultado: 20 de febrero de 2024]; (21). Disponible en: <http://www.seclaendosurgery.com/seclan21/articulos/art01.htm>
309. Wang Y, Cao D, Chen SL, Li YM, Zheng YW, Ohkohchi N. Current trends in three-dimensional visualization and real-time navigation as well as robot-assisted technologies in hepatobiliary surgery. *World J Gastrointest Surg*. [Internet]. 2021 [Consultado 20 de febrero de 2024]; 13(9): 904-922. Disponible en: <https://www.wjgnet.com/1948-9366/full/v13/i9/904.htm>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Artículo publicado por nuestro grupo

OXFORD

BJS, 2021, 108, e394–e395

DOI: 10.1093/bjs/znab320

Advance Access Publication Date: 20 September 2021

Research Letter

Next-generation three-dimensional modelling software for personalized surgery decision-making in perihilar cholangiocarcinoma: multicentre study

V. Lopez-Lopez^{1,*}, B. Gomez-Perez¹, E. de Vicente², S. Jiménez-Galanes³, I. Mora-Oliver⁴, L. Sabater⁴, T. Huber⁵, H. Lang⁵, R. Brusadin¹, A. López Conesa¹, R. Melendez⁶, M. J. Castro Santiago⁷, D. Ferreras¹, M. J. Crespo¹, V. Cayuela¹ and R. Robles-Campos¹

¹Department of Surgery and Transplantation, Virgen de la Arrixaca Clinic and University Hospital, IMIB, Murcia, Spain

²Department of Surgery, HM Sanchinarro University Hospital, Madrid, Spain

³Department of Surgery, University Hospital Infanta Elena, Madrid, Spain

⁴Department of Surgery, Hospital Clinico Valencia, University of Valencia, Biomedical Research Institute (INCLIVA), Valencia, Spain

⁵Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Universitätsmedizin Mainz, Mainz, Germany

⁶Department of Surgery, University Hospital, Vigo, Spain

⁷Department of Surgery, Puerta del Mar University Hospital, Cadiz, Spain

*Correspondence to: Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Clinic and University Hospital Virgen de la Arrixaca, Ctra, Madrid-Cartagena, s/n, 30120, El Palmar, Murcia, Spain (e-mail: victorlopez@gmail.com)

Dear Editor

The only potentially curative treatment for perihilar cholangiocarcinoma (pCCA) is complete surgical resection of the tumour^{1,2}. Meteoric technological advances in the field of biomedicine, and three-dimensional (3D) reconstruction systems have made it possible to obtain detailed knowledge of the anatomy of the hepatic artery, portal vein, and biliary system, as well as their relationship with the tumour^{3–5}. The objective of this study was to detail a multi-institutional experience with novel next-generation modelling 3D software for personalized surgery decision-making.

This was a multicentre retrospective study from seven centres with experience in hepatobiliary surgery. Between September 2017 and January 2021, patients who underwent pCCA staging using a novel 3D preoperative planning system were eligible for this study (Fig. 1). To assess the agreement between surgical specimens, CT or MRI and 3D models, a Bland–Altman analysis was used. Anatomical vascular variations were also analysed. Survey questions were formulated to characterize the experience of hepatobiliary surgeons and evaluated using a five-point Likert scale. The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's α .

A total of 41 patients with a pCCA were evaluated using next-generation 3D modelling; 37 were scheduled for surgery and four were considered inoperable owing to findings in the virtual reconstruction. Of the 37 patients who were finally operated on, five had unresectable disease. According to the Bismuth–Corlette classification, two tumours were type I, four type II, 11 type IIIA, eight type IIIB, and 16 were type IV.

The mean (s.d.) difference between two-dimensional (2D) reconstruction and intraoperative findings according to tumour size (3.60(3.75) mm, limits of agreement of –14.97 to 22.15 mm) was greater than with 3D reconstruction (–2.52(1.35) mm, limits of agreement of –9.21 to 4.17 mm). 3D modelling was able to

differentiate 2 types of portal vein variant, 4 from the hepato-caval junction, 3 from the left hepatic vein, 9 from the middle hepatic vein, 7 from the right hepatic vein, and 7 from the hepatic artery. In 15 patients, the Michels' classification was insufficient to correctly classify the variations in the hepatic artery described by 3D modelling.

Using the Likert-type scale, respondents detailed a better understanding of all parameters related to tumour staging, size, extension, and vasculature relationships with the use of 3D modelling, with the exception of lymph node involvement. A clear improvement in the interpretation of vascular and biliary anatomy was also reported, with mean Likert scores of 4.72(0.46) and 4.77(0.42) respectively. Its usefulness in teaching students and residents, as well as its potential in better communication with patients, was valued positively with mean scores of 4.77(0.42), 4.72(0.46), and 4.44(0.70) respectively. Regarding preoperative planning and surgical results, the items preoperative biliary drain approach, morbidity, and oncological outcomes obtained the least positive results: 3.50 (0.98), 3.88(0.90), and 3.50(0.85) respectively. In general, physicians strongly agreed with the statement: 'planning with the 3D model is much better than with 2D images', with a mean Likert score of 4.72(0.46). Items related to improvement in understanding of the biliary and vascular anatomy together with preoperative planning reached higher Cronbach's α scores of 0.88 and 0.83 respectively.

3D virtual reconstruction systems allow spatially accurate depiction of the hepatic and vasculature anatomy based on the complexity and individual variation in each patient. The results of this series have shown that next-generation 3D modelling software provides medical information on aspects such as anatomical variants, safety margins, and high-definition 3D relationships in the hepatic hilum that could facilitate decision-making about the preoperative strategy and the surgical procedure.

Received: June 26, 2021. Accepted: August 17, 2021

© The Author(s) 2021. Published by Oxford University Press on behalf of BJS Society Ltd. All rights reserved. For permissions, please email: journals.permissions@oup.com

Anexo 2. Artículo publicado por nuestro grupo

<https://doi.org/10.1016/j.hpb.2020.09.020>

HPB

ORIGINAL ARTICLE

Applicability of 3D-printed models in hepatobiliary surgery: results from “LIV3DPRINT” multicenter study

Victor Lopez-Lopez¹, Ricardo Robles-Campos¹, Dario García-Calderon¹, Hauke Lang², Esteban Cugat³, Santos Jiménez-Galanes⁴, Jose Manuel Fernández-Cebrian⁵, Victor Sánchez-Turrón⁶, José Manuel Fernández-Fernández⁷, Manuel Ángel Barrera-Gómez⁸, Juan de la Cruz⁹, Asunción Lopez-Conesa¹, Roberto Brusadin¹, Beatriz Gomez-Perez¹ & Pascual Parrilla-Paricio¹

¹Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Clinic and University Hospital Virgen de la Arrixaca, IMIB, Murcia, Spain, ²Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Universitätsmedizin Mainz, Mainz, Germany, ³Department of Surgery, University Hospital MutuaTerrassa, Barcelona, ⁴Department of Surgery, University Hospital Infanta Elena, ⁵Department of Surgery, University Hospital Foundation of Alcorcon, ⁶Department of Surgery, University Hospital Puerta de Hierro, Madrid, ⁷Department of Surgery, University Hospital of Ceuta, Ceuta, ⁸Department of Surgery, University Hospital Nuestra Señora La Candelaria, Tenerife, and ⁹Group of Applied Mathematics in Science and Engineering, Faculty of Computer Science, University of Murcia, Murcia, Spain

Abstract

Background: Hepatobiliary resections are challenging due to the complex liver anatomy. Three-dimensional printing (3DP) has gained popularity due to its ability to produce anatomical models based on the characteristics of each patient.

Methods: A multicenter study was conducted on complex hepatobiliary tumours. The endpoint was to validate 3DP model accuracy from original image sources for application in the teaching, patient-communication, and planning of hepatobiliary surgery.

Results: Thirty-five patients from eight centers were included. Process testing between 3DP and CT/MRI presented a considerable degree of similarity in vascular calibers (0.22 ± 1.8 mm), and distances between the tumour and vessel (0.31 ± 0.24 mm). The Dice Similarity Coefficient was 0.92, with a variation of 2%. Bland-Altman plots also demonstrated an agreement between 3DP and the surgical specimen with the distance of the resection margin (1.15 ± 1.52 mm). Professionals considered 3DP at a positive rate of 0.89 (95%CI; 0.73–0.95). According to student's distribution a higher success rate was reached with 3DP (median:0.9, IQR: 0.8–1) compared with CT/MRI or 3D digital imaging ($P = 0.01$).

Conclusion: 3DP hepatic models present a good correlation compared with CT/MRI and surgical pathology and they are useful for education, understanding, and surgical planning, but does not necessarily affect the surgical outcome.

Received 4 August 2019; accepted 25 September 2020

Correspondence

Victor Lopez-Lopez, Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Clinic and University Hospital Virgen de la Arrixaca, Ctra. Madrid-Cartagena, s/n, 30120, El Palmar, Murcia, Spain. E-mail: victorlopez@gmail.com

Introduction

This is a new era of healthcare in which many technological changes are being introduced. One such example is three-dimensional printing (3DP), which has gained popularity in medicine over the last decade.^{1,2} Conventionally, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and subsequently, 3D visualization (3DV) techniques are the standard

procedures for surgical planning; however, particularly in complex procedures, an additional aid from tangible printed objects providing spatiotemporal mapping, anatomical accuracy, and tactile feedback would be useful.^{3–5}

3DP in the field of surgery was initially dominated by maxillofacial⁶ and orthopaedic surgery,⁷ but its benefits are being appreciated in an increasing number of subspecialties, showing early promising developments.^{8–10} One of these subspecialties, is surgery of the liver due to the complex nature of its anatomy.^{11–13} Some authors have described positive feedback

The paper is based on a previous communication in Madrid to the 26th Annual Meeting of the European Surgical Association.

Anexo 3. Artículo publicado por nuestro grupo



BJS, 2023, 110, 108–110

<https://doi.org/10.1093/bjs/znac355>

Advance Access Publication Date: 26 October 2022

Research Letter

Development and validation of advanced three-dimensional navigation device integrated in da Vinci Xi[®] surgical robot for hepatobiliary surgery: pilot study

Victor Lopez-Lopez^{1*}, Ignacio Sánchez-Esquer¹, María Jesús Crespo¹, Miguel Ángel Navarro², Roberto Brusadin¹, Asunción López Conesa¹, Alvaro Navarro Barrios¹, Kohei Miura³ and Ricardo Robles-Campos¹

¹Department of Surgery and Transplantation, Virgen de la Arrixaca Clinic and University Hospital, IMIB, Murcia, Spain

²Faculty of Industrial Engineering, Department of Electronic Technology, Polytechnic University of Cartagena, Murcia, Spain

³Division of Digestive and General Surgery, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata City, Japan

*Correspondence to: Victor Lopez-Lopez, Department of General, Visceral and Transplantation Surgery, Clinic and University Hospital Virgen de la Arrixaca, Ctra. Madrid-Cartagena, s/n, 30120, El Palmar, Murcia, Spain (e-mail: victorlopez@gmail.com)

Dear Editor

Three-dimensional (3D) technology is transforming medical care and clinical practice by enabling the achievement of more personalized treatments. In the field of hepatobiliary surgery, progress in digital devices has significantly improved and current state-of-the-art 3D reconstruction systems allow a particularly accurate representation of the anatomy^{1,2}. In the past decade there has been a great evolution in minimally invasive liver surgery. Laparoscopic surgery is the most widely used by most hepatobiliary surgeons, although robotic surgery is expected to play more important roles in the coming years^{3–5}. Within this framework of technological advances that attempt to integrate patient images simultaneously with surgery, the authors have developed a device to transfer the virtual planning of advanced 3D reconstruction to the surgical robot console during surgery. The aim of this pilot study was to analyse the initial experience of integrating the 3D planner in liver surgery inside the surgical robot.

This prospective pilot study was conducted at the Clinic and University Hospital Virgen de la Arrixaca between December 2021 and June 2022 in patients who underwent robotic liver surgery using a 3D navigation device integrated in the da Vinci Xi surgical robot (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, USA) (Fig. 1). Ethical approval was obtained for this study (Internal Protocol Code: 2022-3-3HCUVA). Advanced medical image processing combines processing algorithms, radiomics, and artificial intelligence. The device interface has been developed specifically for surgical use. The interface is permanently visible on the physical tablet device, and also on the robot console display when activated by the surgeon operating at the console via TilePro. The connection of the device to the robot is made through the type C port of the device with an adapter to convert the output to the HDMI standard.

The surgical techniques comprised two right and two left hepatectomies, four posterior right sectionectomies, three bisegmentectomies, two left lateral sectionectomies, eight segmentectomies, and five wedge resections. The mean Iwate difficulty score was 7.1 (range 2–11), with no conversions. Mean

duration of operation was 277 (range 90–15) min. Median blood loss was 200 (range 50–1000) ml. Median hospital stay was 3 (range 2–9) days. None of the patients had complications greater than grade IIIb according to the Clavien–Dindo classification.

By integrating this platform into the surgical robot, intraoperative ultrasound imaging, the surgical field, and the 3D planner can be shown at the same time on the surgeon's screen. This model of 3D integration in robotic surgery makes it possible to visualize the patient's 3D structures and load planning on the robot screen simultaneously during the operation. Features of this system include the liver segmentation and subsegmentation with a highly detailed description of the territories to be resected on the virtual model, and the ability to project the original preoperative planning of the resection, or to perform a new simulation at the same moment. This integration does not interfere with the normal practice of the intervention. The DaVinci TilePro system can be configured to display the planner screen only when activated by means of a specific foot pedal. Thus, it facilitates communication within the surgical team and discussion of alternatives on the virtual model. The console image is shared by the robotic tower so that surgical assistants can view and manipulate the planner with a remote-control device. This option can be especially useful during the mentoring of novel surgeons, as senior surgeons can give the appropriate indications both with the tablet screen and directly from the surgical field. It also allows interaction with other surgeons, nurses, residents or students present in the operating room, which facilitates teaching, learning, and better understanding of surgery.

Funding

The authors have no funding to declare.

Disclosure

Miguel Ángel Navarro collaborate with the research and design department of Cella Medical Solutions. The authors declare no other conflict of interest.

Received: August 30, 2022. Accepted: October 03, 2022

© The Author(s) 2022. Published by Oxford University Press on behalf of BJS Society Ltd. All rights reserved.

For permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com

Anexo 4. Artículo publicado por nuestro grupo

CIR ESP. 2020;101(1):66-74



CIRUGÍA ESPAÑOLA

www.elsevier.es/cirugia


Scientific letters

Laparoscopic extended left lateral sectionectomy in the early postoperative period following a liver transplant



Seccionectomía lateral izquierda extendida laparoscópica en el postoperatorio temprano de un trasplante hepático

Early hepatic artery thrombosis (HAT) after liver transplantation (LT) is a serious complication associated with a postoperative morbidity rate of 3%–7% and risk of graft loss.¹ Occasionally, thrombosis is exclusive to one of the branches of the hepatic artery and results in necrosis limited to one lobe or several segments. In these cases, resection of the affected parenchyma has proven to be an alternative with good long-term results. The development of laparoscopic surgery has allowed efficient resolution of early complications associated with liver transplantation.² We present the first case, to our knowledge, of a laparoscopic extended left lateral sectionectomy in the early postoperative period in a patient with LT.

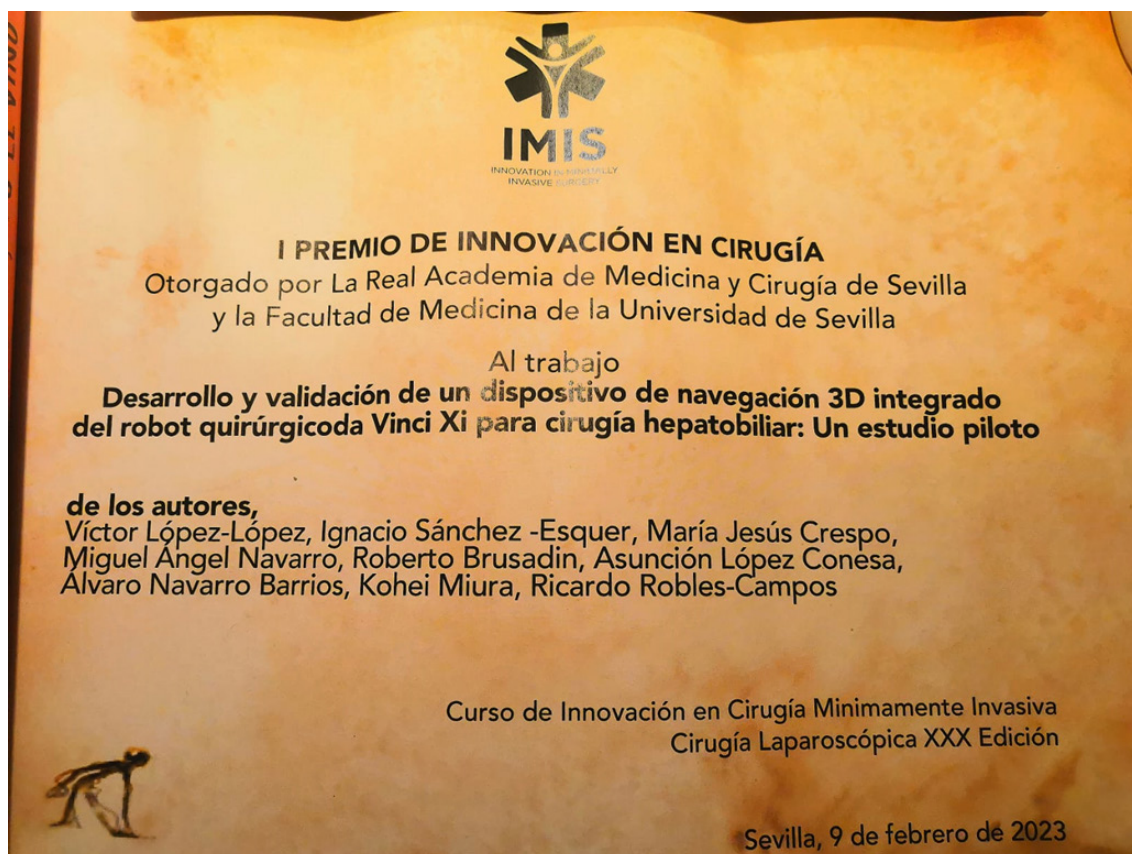
A 69-year-old man with a history of hepatorenal transplant in 2017. In 2020, he started with cholestasis, was diagnosed with ischaemic cholangiopathy and was included in the transplant waiting list. The graft came from a brain death donation from a 55-year-old woman with a normal liver biopsy (total warm ischaemia time of 17 min and cold ischaemia time of 396 min). The left hepatic artery originated from the left gastric artery coming directly from the aorta. In bench surgery, the left hepatic artery was anastomosed to the splenic artery and, in transplantation, the recipient's splenic artery was anastomosed to the donor's celiac trunk patch. On the second postoperative day, in the control ultrasound, there was no flow in the left hepatic artery, confirmed by computed tomography angiography, with no relevant clinical or analytical repercussions, so a non-invasive approach and treatment with heparin at anticoagulant doses was decided.

On the eighth day, he developed fever and blood tests revealed mainly worsening leukocytes ($3.20 \times 10^3/L$), C-reactive protein (12.10 mg/L), γ -glutamyl transpeptidase (422 U/L) and prothrombin activity (54%). A new CT scan was performed and reported ischaemia of the left hepatic lobe more marked in segments 2–3 with signs of hepatic necrosis and extension to part of segment 4 (Fig. 1A–E). On the twelfth

postoperative day, in view of these findings, a laparoscopic hepatectomy was planned. We used the lithotomy position ("French" position) and the surgeon was positioned between the legs. We placed 4 trocars: one supraumbilical (10 mm), 2 in the right and left upper quadrant (10 and 12 mm respectively) and one in the epigastric area (5 mm) (Fig. 2). On insertion of the camera, there was an abscess in the left subhepatic space which was drained. The left lateral sector was completely necrotic. We performed a pure laparoscopic extended left lateral sectioning on demand of the ischaemic area of 4a-b to a depth with viable and well perfused tissue (Fig. 1F–H). During hepatectomy, Pringle's manoeuvre was not prepared due to the risk of portal vein and hepatic artery damage in early postoperative LT. The operative time was 210 min and blood losses were 300 ml. without the need for transfusions. The hepatectomy specimen was removed through an incision in the left lateral region of the bilateral subcostal incision. Blood culture was positive for *Enterococcus faecium*. There were no postoperative complications. The patient was discharged on the fifth postoperative day. After 9 months of follow-up the patient had no complications.

The management of early HAT is directly related to its clinical situation and the location of the thrombosis. Endovascular or surgical revascularisation is often the first-line treatment for patients with HAT as it can reduce the risk of graft loss.³ The success of the endoluminal approach in achieving definitive restoration of arterial flow is very limited if arterial anatomical defects are not resolved.⁴ Among the therapeutic management options for early thrombosis, the option of not performing immediate revascularisation can be selected.⁵ This non-invasive approach often avoids the need for further transplantation, but the development of biliary or infectious complications is not uncommon. In these situations, endoscopic and radiological approaches may be insufficient, with liver resection being the most recommended

Anexo 5. Certificado premio innovación en cirugía otorgado por la Real Academia de Medicina y Cirugía de Sevilla en 2023



Anexo 6. Póster seleccionado para exposición oral en la I Jornada de enfermería robótica en Barcelona 2022

1 Jornada de Enfermería Quirúrgica Robótica
Una nueva manera de hacer
16 y 17 de noviembre de 2022

Abrazando la tecnología sin dejar de cuidar

ÁREA DE SALUD 1
MURCIA-OESTE

Arrixaca

Percepción de los profesionales enfermeros sobre la planificación quirúrgica en cirugía hepática con integración del modelo virtual anatómico en 3D en el robot Da Vinci Xi: estudio piloto.

Crespo Castillo, M.J; Martínez Marín, R; Trigueros García, D; Rodríguez Castro, C; López López, V; Robles Campos, R.



PALABRAS CLAVE
Modelo en tres dimensiones (3D), Planificación quirúrgica, Quirófano, Enfermería, Robótica.

INTRODUCCIÓN
La planificación quirúrgica ha ido mejorando en los últimos tiempos con el desarrollo de las nuevas tecnologías¹. La tendencia a una cirugía mínimamente invasiva hace que la cirugía robótica tenga cada vez mayor repercusión y sea una vía de abordaje de elección incluso en procedimientos complejos como son muchos tumores hepáticos²⁻³. En la actualidad la tecnología en 3D aporta una serie de ventajas para planificar la intervención de una manera más precisa, permitiendo una atención personalizada basada en las características únicas de cada paciente.

OBJETIVO: Analizar la percepción del equipo enfermero sobre los beneficios en la planificación quirúrgica de enfermería con el modelo virtual 3D integrado en el robot Da Vinci Xi.

MATERIAL Y MÉTODO

- Estudio descriptivo, prospectivo, Periodo: Diciembre 2021 / Junio 2022.
- Herramienta: Se realizó encuesta por Web ("Percepción sobre la utilización de la figura en 3D en quirófano como herramienta de apoyo durante la cirugía") con 10 preguntas y respuestas cerradas (Sí-No-No sé).
- Población a estudio: Equipo de enfermería (n=10): 6 enfermeros forman el equipo robótico y 4 enfermeros suplentes que han estado en el robot más de 1 mes.
- Modelo 3D: Obtenido mediante tomografía computarizada y/o resonancia magnética.
- Sistema Da Vinci Surgical System®/Xi: apoyado con pantalla adicional y ecógrafo con sonda laparoscópica. Una vez iniciada la intervención se integra la imagen virtual en la pantalla del robot.

RESULTADOS

La encuesta fue respondida en su totalidad por todos los enfermeros incluidos en el estudio. (Grado de cumplimentación: 100%)

Se analizó la satisfacción sobre el total de las intervenciones realizadas en el periodo de estudio (n=21) de las cuales, se comparó la imagen del TAC con la imagen 3D, distribuidas en los diagnósticos:

a) Colangiocarcinoma: n=3, b) Metástasis Hepáticas: n=10, C) Hepatocarcinoma: n=5, D) Cistoadenoma: n=2, E) Hemangioma n=1.

El 100% de los enfermeros (n=10) consideran que la imagen 3D facilita la identificación de las lesiones hepáticas tanto en número como en localización, en relación con las estructuras vasculares del hígado, con más facilidad que la imagen en 2D del TAC.

El 90% afirma que el uso de la imagen 3D mejora la comunicación con el resto del equipo multidisciplinar.

En cuanto a la planificación del material empleado para la intervención el 100% responde que consigue adecuar y mejorar la planificación y utilización de los recursos disponibles, así como la calidad de los cuidados proporcionados. Además, todos consideran que la imagen 3D favorece la seguridad dentro del quirófano.

CT/MRI Scan	VIRTUAL IMAGE	PRINTED MODEL
		
		



DISCUSIÓN / CONCLUSIONES

Mediante el modelo virtual en 3D los profesionales de enfermería encuentran una herramienta de apoyo que contribuye a facilitar la comprensión de la intervención quirúrgica, favoreciendo la planificación y mejorando el trabajo en equipo y su comunicación.

Esta tecnología puede aplicarse a cualquier caso de tumor hepático, pero quizá su uso destaca en tumores con dificultad de acceso (tumores cerca de estructuras vasculares o posteriores) procurando obtener la mayor rentabilidad posible. Es necesario ampliar el estudio de esta nueva herramienta en otras especialidades para valorar mejor los resultados a nivel global.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lopez-Lopez V, Gomez-Perez B, de Vicente E, Jiménez-Galanes S, Mora-Oliver I, Sabater L, Huber T, Lang H, Brusadin R, López Comesa A, Meléndez R, Castro Santiago MJ, Ferreras D, Crespo MI, Cayuela V, Robles-Campos R. Next-generation three-dimensional modelling software for personalized surgery decision-making in perihilar cholangiocarcinoma: multicentre study. *Br J Surg.* 2021 Dec 1;108(12):e394-e395. doi: 10.1093/bjs/znab320. PMID: 34542590.
2. Cugat Andorrà E, Cremades Perez M, Navinés López J, Mataliana Atorin C, Zárate Pinedo A, Pardo Aranda F, et al. Desafío y futuro de la cirugía robótica hepática y pancreática. Análisis de 64 casos en una unidad especializada. *Cir Esp.* 2022;100:154-160.
3. Görgec B, Zwart M, Nots CL, Blijstra OD, Bosscha K, de Boer MT, de Wilde RF, Draalima WA, Gerhards MF, Liem MS, Lips DJ, Marsman HA, Miesog JSD, Molenaar QJ, Nijkamp M, Te Riele WW, Terkivatan T, Vahrmeijer AL, Besselink MG, Swijnenburg RJ, Hagendoorn J; Dutch Liver Collaborative Group. Implementation and Outcome of Robotic Liver Surgery in the Netherlands: A Nationwide Analysis. *Ann Surg.* 2022 Jul 18. doi: 10.1097/SLA.0000000000005600. Epub ahead of print. PMID: 35848742.




Anexo 7. Cuestionario para evaluación cualitativa del modelo hepático 3DP en cirugía hepatobiliar

1. Detalle si el modelo impreso en 3D le da una mejor percepción de las relaciones espaciales entre estructuras intrahepáticas

- SÍ
- NO
- NO SÉ

2. ¿Crees que el modelo impreso en 3D proporciona información adicional útil comparando la reconstrucción virtual 3D de la imagen TC/RM?

- SÍ
- NO
- NO SÉ

3. ¿Existe una relación espacial precisa entre el modelo impreso en 3D y la cirugía?

- SÍ
- NO
- NO SÉ

4. ¿Podría el modelo impreso en 3D ayudarle a mejorar la planificación quirúrgica permitiéndole identificar un plan quirúrgico más seguro?

- SÍ
- NO
- NO SEGURO

5. ¿Podría el modelo impreso en 3D cambiar la estrategia quirúrgica? Por ejemplo: cambiar resección segmentaria para hepatectomía después de embolización.

- SÍ
- NO
- NO SEGURO

6. ¿Podría el modelo impreso en 3D ayudar a reducir los tiempos de operación?

- SÍ
- NO
- NO SÉ

7. ¿Cree que los modelos impresos en 3D podrían tener el potencial de reducir la posibilidad de las complicaciones intraoperatorias de la cirugía hepática compleja?

- SÍ
- NO
- NO SÉ

8. ¿Cree que los modelos 3D podrían tener el potencial de reducir las pérdidas hemáticas intraoperatoria y las transfusiones en cirugía hepática compleja?

- SÍ
- NO
- NO SÉ

9. ¿Crees que los modelos impresos en 3D serán útiles para la enseñanza y la evaluación médica, para estudiantes y residentes de cirugía en su enseñanza y formación?

- SÍ (por favor cómo especificar a continuación)
- NO
- NO SÉ

10. Utilice el espacio a continuación para detallar cualquier comentario, inquietud o comentario adicional como sugerencias. Su aporte y opinión profesional es muy valorada.

Anexo 8. Cuestionario para evaluación educativa de alumnos de medicina

1. Indique el número de lesiones en el hígado:

- a) 1
- b) 2
- c) 3 o más

2. Indique los lóbulos del hígado afectados:

- a) Derecho
- b) Izquierdo
- c) Ambos

3. Indique el segmento o segmentos del hígado afectados con el número correspondiente según la clasificación de Brisbane.

4. Indique la parte del hígado afectada.

- a) Anterior
- b) Posterior
- c) Ambos

5. Indicar si la lesión está en contacto con el tronco principal de la porta o con una de sus principales ramas (derecha o izquierda).

- a) Tronco principal
- b) rama derecha
- c) rama izquierda
- d) Ninguno

6. Indique si la lesión está en contacto con el tronco principal de la arteria o con uno de sus principales ramas (derecha o izquierda):

- a) Tronco principal

- b) rama derecha
- c) rama izquierda
- d) Ninguno

7. Indique si la lesión se encuentra en la vía biliar principal o en alguna de sus ramas principales (derecha o izquierda).

- a) Conducto biliar principal
- b) Conducto hepático derecho
- a) Conducto hepático izquierdo
- b) Ninguno

8. Indique si la lesión está en contacto con las venas suprahepáticas derecha, media o izquierda.

- a) Correcto
- b) Medios
- c) Izquierda
- d) Ninguno

9. Indique el tamaño de la lesión o lesiones.

- a) Menos de 3 cm
- b) Entre 3-10 cm
- c) Mayor de 10 cm

10. En caso de cirugía, indique qué tipo de resección necesita.

- a) Resección mayor (más de 3 segmentos)
- b) Resección menor (menos de 3 segmentos)

Anexo 9. Cuestionario para evaluación de la utilidad del manejo preoperatorio 3D en el pCCA

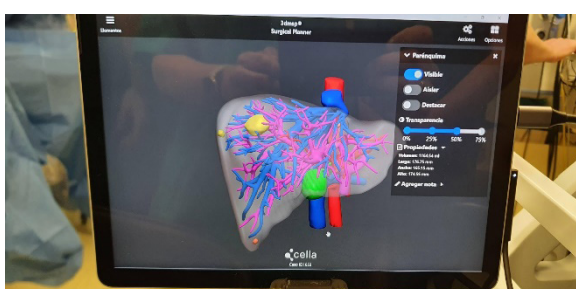
“Software de modelado 3D de nueva generación para la toma de decisiones quirúrgicas personalizadas en el colangiocarcinoma perihiliar: Resultados de un estudio de cohorte multiinstitucional”

1. Evaluación de cirujanos hepatobiliares:
2. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la relación de la vena porta con el tumor en comparación con las imágenes 2D?
3. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la relación de la arteria hepática con el tumor en comparación con las imágenes 2D?
4. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión del tipo de tumor perihiliar según la Clasificación de Bismuth respecto a las imágenes 2D?
5. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión del tipo de tumor perihiliar según la clasificación Blumberg-Jarnagin (MSKCC) en comparación con las imágenes 2D?
6. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la anatomía de la arteria hepática y sus variantes en comparación con las imágenes 2D?
7. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la vena porta y sus variantes en comparación con las imágenes 2D?
8. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la vía biliar y sus variantes en comparación con las imágenes 2D?
9. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de la afectación de los ganglios linfáticos en comparación con las imágenes 2D?
10. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la estadificación preoperatoria en comparación con las imágenes 2D?

11. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la decision de colocación de drenajes biliares preoperatorios en comparación con las imágenes 2D?
12. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la planificación del tipo de resección hepatica en comparación con las imágenes 2D?
13. ¿La planificación con el modelo virtual 3D puede favorecer mejores resultados postoperatorios respecto a las imágenes 2D?
14. ¿La planificación con el modelo virtual 3D puede favorecer mejores resultados de supervivencia respecto a las imágenes 2D?
15. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la discusión sobre estadificación en comites multidisciplinarios de tumores versus imágenes 2D?
16. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la discusión preoperatoria de los casos entre los cirujanos en comparación con las imágenes 2D?
17. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de los casos en los estudiantes en comparación con las imágenes 2D?
18. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comprensión de los casos en los residents de cirugía en comparación con las imágenes 2D?
19. ¿La planificación con el modelo virtual 3D mejora la comunicación con el paciente sobre el manejo de su caso en comparación con las imágenes 2D?
20. ¿La planificación con impresion 3D aporta beneficios respecto a los modelos virtuales 3D?
21. En términos globales, ¿Planificar con el modelo virtual 3D es mayor que con las imágenes 2D?

Anexo 10. Formulario para enfermeros con experiencia en quirófano de cirugía hepatobiliar

1. ¿Cree que los modelos de última generación 3D son útiles para comprender mejor la intervención quirúrgica que se va a llevar a cabo en el quirófano?
2. ¿Reconoces con facilidad el número de lesiones hepáticas existentes en el modelo 3D?




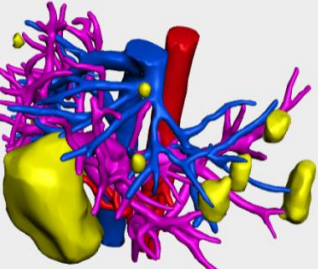


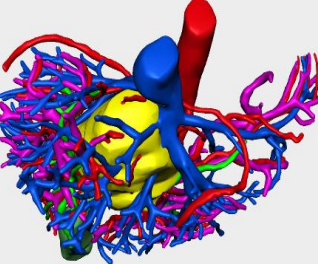


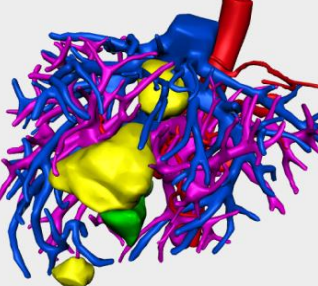


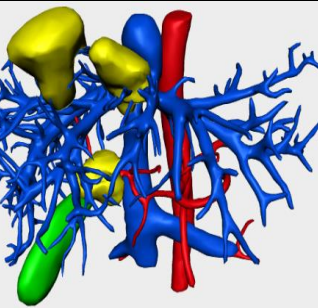

3. ¿Reconoces cuál es el lóbulo hepático afectado (Izquierdo o derecho) en cada modelo 3D?
4. ¿Cree que con la figura en 3D es más sencillo identificar las lesiones y su relación con las estructuras vasculares del hígado, que con el TAC y/o Resonancia Magnética?
5. ¿Considera más sencillo reconocer las lesiones con la imagen en 3D que con la imagen en 2D del TAC o RM?
6. ¿Cree que con el uso de la imagen en 3D se fomenta la comunicación entre los distintos miembros del equipo multidisciplinar?
7. ¿Cree que la planificación con el modelo virtual 3D facilita la preparación de los recursos y material quirúrgico necesarios antes de la cirugía, con respecto a la planificación con las imágenes 2D?
8. ¿Piensa que con la imagen en 3D aumenta la calidad asistencial en el quirófano proporcionando unos cuidados individualizados, consiguiendo mejores resultados, a la vez que se minimizan las posibles complicaciones derivadas de la intervención?

9. ¿Piensa que los modelos impresos en 3D pueden mejorar aún mas la comprensión de los casos?
10. ¿Considera que puede aumentar la seguridad del paciente con la planificación de la intervención utilizando el modelo 3D?
11. En términos globales ¿Considera que planificar la intervención con el modelo virtual 3D es mejor, o más preciso que con imágenes 2D?

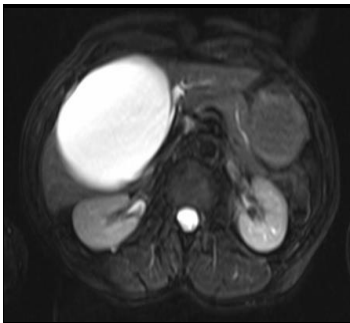
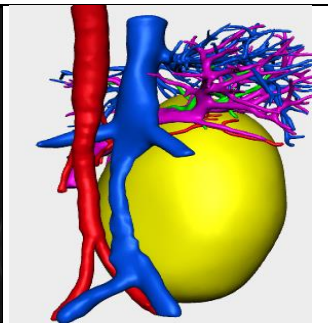
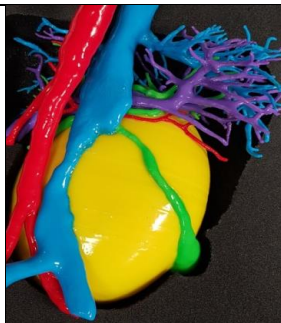
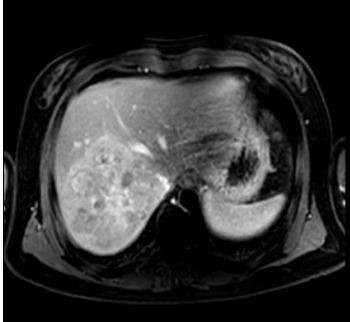
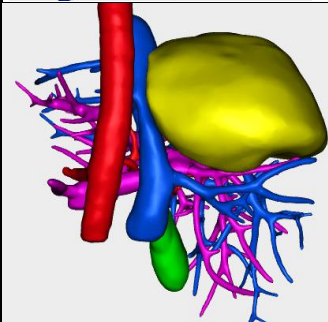
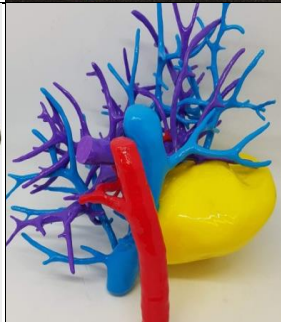

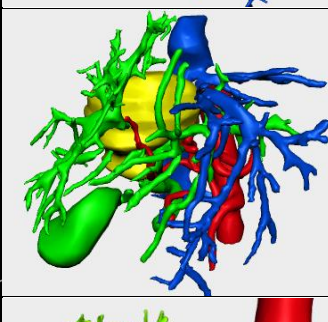
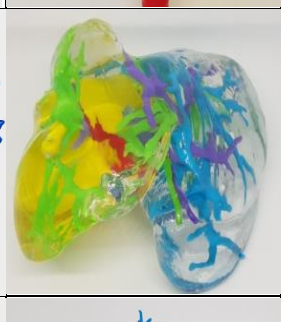
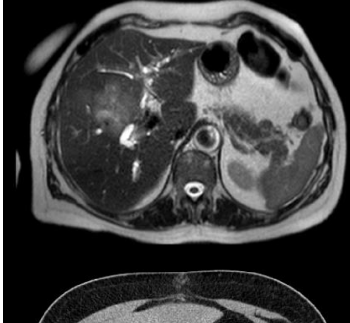
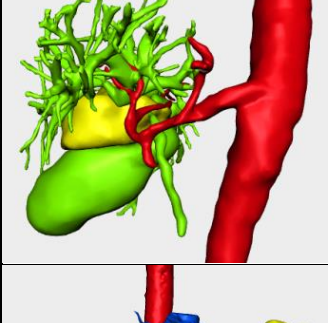


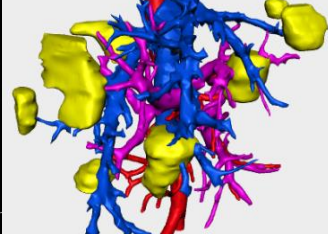

Anexo 11. Escala Likert de las 11 preguntas realizadas a enfermeras de quirófano sobre el uso del 3D en cirugía hepatobiliar. Cálculo de la mediana

QUESTION	MEDIAN	Totally disagree (1)	Disagree (2)	Neither agree nor disagree (3)	Agree (4)	Totally agree (5)
Q1. ¿Cree que los modelos de última generación 3D son útiles para comprender mejor la intervención quirúrgica que se va a llevar a cabo en el quirófano?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (20%)	16 (80%)
Q2. ¿Reconoces con facilidad el número de lesiones hepáticas existentes en el modelo 3D?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (30%)	14 (70%)
Q3. ¿Reconoces cuál es el lóbulo hepático afectado(Izquierdo o derecho) en cada modelo 3D?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (40%)	12 (60%)
Q4. ¿Cree que con la figura en 3D es más sencillo identificar las lesiones y su relación con las estructuras vasculares del hígado, que con el TAC y/o Resonancia Magnética ?	5	0 (0%)	0 (0%)	1 (5%)	5 (25%)	14 (70%)
Q5. ¿Considera más sencillo reconocer las lesiones con la imagen en 3D que con la imagen en 2D del TAC o RM?	5	0 (0%)	0 (0%)	1 (5%)	4 (20%)	15 (75%)
Q6. ¿Cree que con el uso de la imagen en 3D se fomenta la comunicación entre los distintos miembros del equipo multidisciplinar?	5	0 (0%)	1 (5%)	3 (15%)	4 (20%)	12 (60%)
Q7. ¿Cree que la planificación con el modelo virtual 3D facilita la preparación de los recursos y material quirúrgico necesarios antes de la cirugía, con respecto a la planificación con las imágenes 2D?	5	0 (0%)	0 (0%)	2 (10%)	4 (20%)	14 (70%)
Q8. ¿Piensa que con la imagen en 3D aumenta la calidad asistencial en el quirófano proporcionando unos cuidados individualizados, consiguiendo mejores resultados, a la vez que se minimizan las posibles complicaciones derivadas de la intervención?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (25%)	15 (75%)
Q9. ¿Piensa que los modelos impresos en 3D pueden mejorar aún mas la comprensión de los casos?	5	0 (0%)	1 (5%)	0 (0%)	7 (35%)	12 (60%)
Q10. ¿Considera que puede aumentar la seguridad del paciente con la planificación de la intervención utilizando el modelo 3D?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (30%)	14 (70%)
Q11. En términos globales, considera que planificar la intervención con el modelo virtual 3D es mejor, o más preciso, que con imágenes 2D?	5	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (25%)	15 (75%)

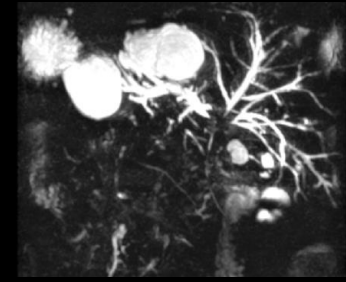
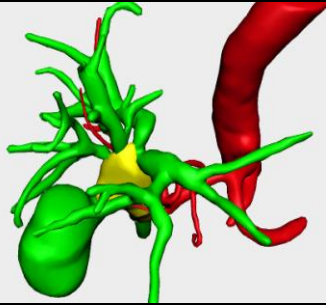


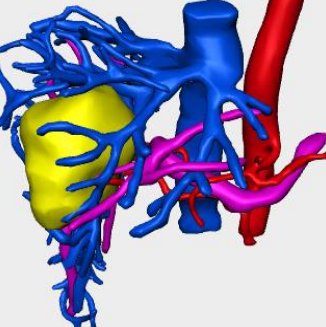

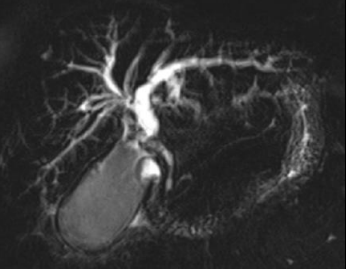
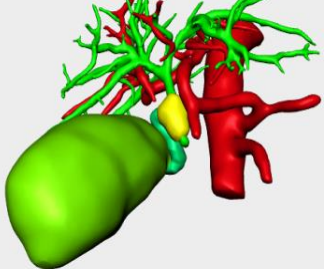
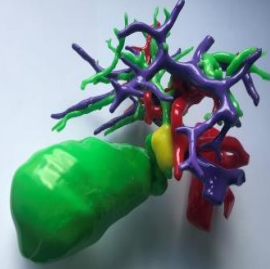
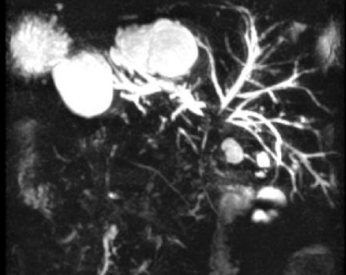
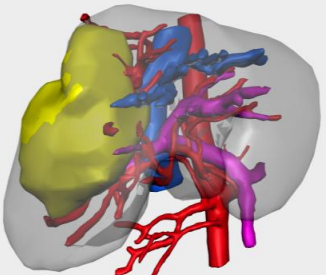

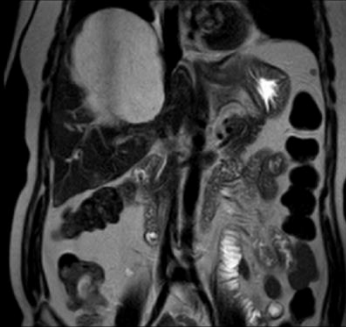
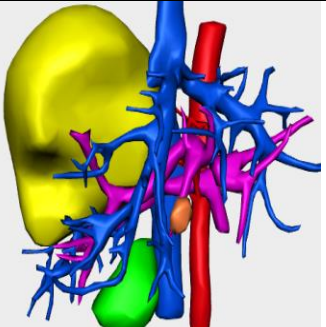
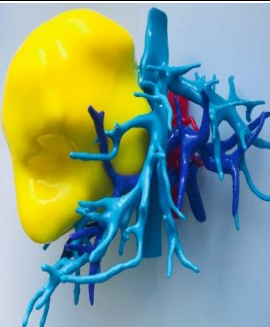
Anexo 12. Recopilación de imágenes de TC/RM y modelos 3D virtuales e impresos

CT/MRI Scan	VIRTUAL IMAGE	PRINTED MODEL	CHARACTERISTICS
			<p>CRLM Segments II, III, IV, VI, VII.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments IVa- VIII.</p>
			<p>CRLM Segments IVa- b, V, VIII.</p>
			<p>CRLM Segments IVa, V, VIII.</p>


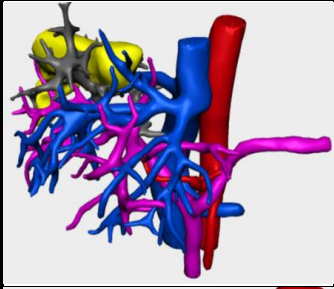
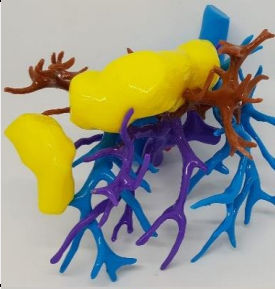

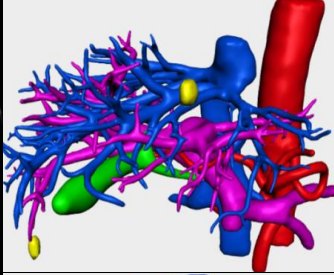

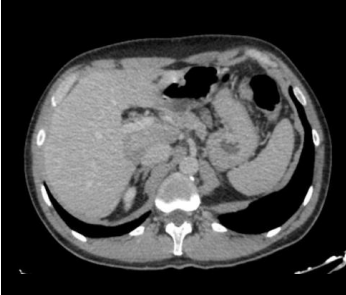
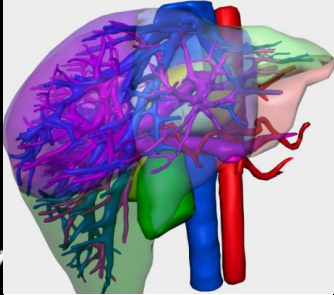
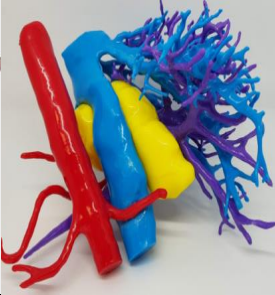

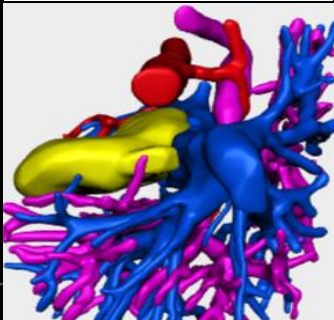


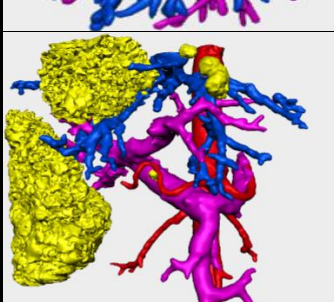

			<p>CRLM Segments IVa, VIII, V, VI.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments II, III, IV.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments I-V- VII-VIII.</p>
			<p>CRLM and SYMPLE CIST Segments II, III, VIII.</p>
			<p>GALLBLADDER TUMOR Segments IVb, V.</p>

			<p>SARCOMA Segments II, III, IV, V, VI, VIII.</p>
			<p>LIPOSARCOMA Segments S.VI-VII-VII.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments S.V- VI-VII-VIII.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments V, VIII, VI.</p>
			<p>CRLM Segments II, III, IV, VI, VII y VIII.</p>

			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments V, VI, VII y VIII.</p>
			<p>CRLM Segment VII (right suprahepatic invasion).</p>
			<p>KLATSKIN TUMOR Left bile duct</p>
			<p>HCC Segments VIII- V.</p>
			<p>CRLM Left-medium hepatic vein confluence.</p>

			<p>KLATSKIN TUMOR Type IV.</p>
			<p>FOCAL NODULAR HYPERPLASIA Segments Iva- Ivb.</p>
			<p>KLATSKIN TUMOR Common bile duct.</p>
			<p>CHOLANGIO CARCINOMA Segments VI- VII.</p>
			<p>HEMANGIOMA Segments V- VI-VII-VIII.</p>

			<p>HCC Segments V- VI-VII-VIII.</p>
			<p>SARCOMA METASTASES Segments VIII- V.</p>
			<p>KLATSKIN TUMOR Segment IIIa.</p>
			<p>CRLM Segments I, Iva/b, V, VIII.</p>
			<p>HCC Segments II, V, VIII.</p>

			<p>CRLM Segments VI, VII, VIII.</p>
			<p>CRLM Segments V, VIII, IVa, II.</p>
			<p>ADENOMA Segments VII, I.</p>
			<p>ADRENAL METASTASES Segments I, V, VI, VII, VIII.</p>
			<p>CRLM Segments IV- V.VI.VII y VIII.</p>

