EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LA IMPRESIÓN EN 3D EN LA PLANIFICACIÓN DE RESECCIONES PULMONARES MAYORES

S. Sevilla López[1], C. Giraldo Ospina[2], G. Carrasco Fuentes[1], O. Fernández González[1], J. Torres Bermúdez[1], A. Bravo Cerro[1], R. Arrabal Sánchez[2]

[1]*Hospital Universitario de Jaén.*

[2]*Hospital Regional Universitario de Málaga.*

Proyecto Financiado con la Beca Neumosur nº 1/2017

RESUMEN

El objetivo de este este estudio fue comparar las intervenciones quirúrgicas que utilizan un modelo anatómico impreso en 3D para la planificación de la cirugía (Hospital Universitario de Jaén), frente a las que no disponen de dicha herramienta (Hospital Regional de Málaga) en el periodo 2018-2021.

Métodos: estudio cuasiexperimental no aleatorizado que compara 388 casos consecutivos de lobectomías, segmentectomías anatómicas, y neumonectomías no electivas: 137 pacientes del grupo 3D (Jaén) y 251 del control (Málaga). Se analizaron los accidentes vasculares, iatrogenia posoperatoria, las diferencias en el nivel de confianza del equipo quirúrgico (instrumentistas, anestesistas y cirujanos) y del paciente, la prueba radiológica utilizada (TAC/AngioTAC) y si para los cirujanos son suficientes las pruebas diagnósticas disponibles en los dos centros y si facilitan la comucicación (ANEXO 2). También se registróen qué porcentaje de intervenciones el modelo anatómico en 3D conllevó un cambio en el abordaje de la intervención en el centro que disponía de dicha herramienta (ANEXO 2). Además, se analizó si existían diferencias en los niveles de ansiedad y depresión de los pacientes entre los dos grupos (puntuación mediante test de HAD).

Resultados: no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en edad, sexo, tipo de resección, diagnóstico anatomo-patológico y confianza de paciente y equipo quirúrgico frente a la intervención. Sí las hubo en accidentes vasculares, 1,5% (3D) frente a 5.9% (control) p = 0,04; estadio IIB, 17,3% (3D) frente a 28,4% (control) p <0,001; utilización de la AngioTAC como prueba radiológica preoperatoria 19,1% (3D) frente a 4,4% (control) p <0,001 y nivel de ansiedad, 12,23 (3D) frente a 14,16 (control) p <0,001, no así en el de depresión 8,43 (3D) frente a 6,48 (control) p <0,001. Así mismo, también existieron diferencias estadísticamente significativas en los test utilizados por los cirujanos para evaluar si son suficientes las pruebas diagnósticas de cada centro y si facilitan la comunicación del equipo quirúrgico, con el paciente y familiares. En 3 casos del grupo 3D, hubo un cambio en el abordaje propuesto inicialmente, de cirugía mínimamente invasiva a abierta.

Conclusiones: la mejora en la planificación preoperatoria mediante laimpresión 3D, disminuye la probabilidad de accidentes vasculares y los niveles de ansiedad del paciente. También puede ayudar a la elección del abordaje en casos complejos.

Palabras clave: impresión 3D, cáncer de pulmón, planificación quirúrgica, comunicación.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF 3D PRINTING IN THE PLANNING OF MAJOR LUNG RESECTIONS

ABSTRACT

The aim of this study was to compare surgical interventions that used a 3D-printed anatomical model for surgical planning (University Hospital of Jaén) with those that did not have this tool (Regional Hospital of Málaga) during the period 2018–2021.

Methods: A quasi-experimental, non-randomized study was conducted comparing 388 consecutive cases of lobectomies, anatomical segmentectomies, and non-elective pneumonectomies: 137 patients in the 3D group (Jaén) and 251 in the control group (Málaga). Vascular accidents, postoperative iatrogenic events, differences in the confidence levels of the surgical team (scrub nurses, anesthesiologists, and surgeons) and patients, the radiological test used (CT/Angio-CT), and whether the available diagnostic tests at both centers were considered sufficient by surgeons and facilitated communication (ANNEX 2) were analyzed. The percentage of interventions in which the 3D anatomical model led to a change in the surgical approach at the center with access to the tool (ANNEX 2) was also recorded. Additionally, differences in patient anxiety and depression levels between the two groups were assessed using the HAD scale.

Results: No statistically significant differences were found between the two groups in age, sex, type of resection, pathological diagnosis, or patient and surgical team confidence before surgery. However, significant differences were observed in vascular accidents, 1.5% (3D) vs. 5.9% (control), p = 0.04; stage IIB, 17.3% (3D) vs. 28.4% (control), p < 0.001; use of Angio-CT as a preoperative radiological test, 19.1% (3D) vs. 4.4% (control), p < 0.001; and anxiety level, 12.23 (3D) vs. 14.16 (control), p < 0.001, though not in depression level, 8.43 (3D) vs. 6.48 (control), p < 0.001. Statistically significant differences were also found in the tests used by surgeons to evaluate whether the diagnostic tests at each center were sufficient and whether they facilitated communication among the surgical team, with patients, and with their families. In three cases in the 3D group, the initially proposed approach was changed from minimally invasive surgery to open surgery.

Conclusions: Improved preoperative planning with 3D printing reduces the likelihood of vascular accidents and patient anxiety levels. It may also assist in selecting the surgical approach in complex cases.

Keywords: 3D printing, lung cancer, surgical planning, communication.

Recibido: 31.7.24 Aceptado: 11.10.24

Dr. Sebastián Sevilla López.
sebastiansevilla@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la anatomía es clave en la actividad profesional de cualquier cirujano, y de mayor importancia aun en la cirugía de resección pulmonar por tres razones: las variantes anatómicas **(FIGURA 1)**, la implantación de cirugía torácica mínimamente invasiva (VATS por sus siglas en inglés) como abordaje más frecuente y el aumento del porcentaje de segmentectomías en nuestra práctica diaria desde la publicación de los dos ensayos clínicos, japonés[1] y estadounidense[2].

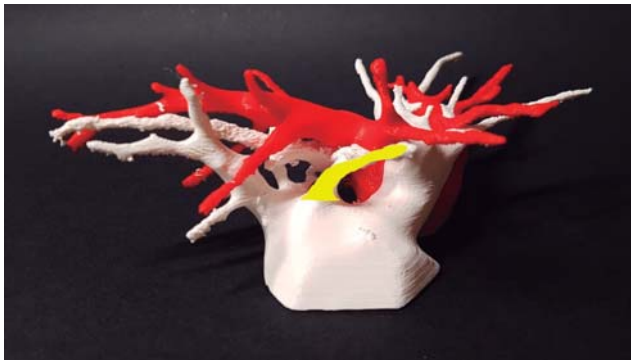

FIGURA 1: Variante anatómica: vena del lóbulo medio independiente. Anatomical variant: independent middle lobe vein.

Si bien la VATS, presenta las ventajas para el paciente de menor dolor, morbilidad y estancia hospitalaria, con mayor función respiratoria posoperatoria, calidad de vida e iguales resultados oncológicos a los obtenidos por cirugía abierta[3-5], también le resta al cirujano sus valiosos sentidos del tacto y de la profundidad de campo, ya que la intervención se realiza mirando monitores de vídeo de 2D en la inmensa mayoría de centros. Este déficit sensorial, unido a la variabilidad anatómica broncovascular[6-8], hacen técnicamente más dificultosa la cirugía por este abordaje y, en última instancia, puede conllevar accidentes vasculares o divisiones de arterias y venas no indicadas. A este hecho, se añade la mayor complejidad que presentan las segmentectomías anatómicas, ya que al distalizar en la disección, la anatomía se vuelve más compleja.

Los modelos anatómicos impresos en 3D permiten complementar la información perdida por la ausencia de los sentidos del tacto y profundidad de campo y aportan al cirujano la valiosa información de la anatomía broncovascular previo a la intervención. Desde la primera publicación en 2014[9], la implantación en los hospitales de esta tecnología ha sido muy lenta, a pesar de sus magníficos resultados en cuanto a seguridad para el paciente y mejora la comunicación evidenciada en las publicaciones existentes[10]. La razón ha sido su poca accesibilidad debido al alto precio tanto del software y hardware necesarios como del personal técnico que precisan. Por este motivo, en el Hospital Universitario de Jaén, comenzamos en 2017 a trabajar con software libre, impresoras domésticas y personal propio del hospital con el objetivo de hacer un proyecto sostenible, en el que pedir una impresión 3D de la anatomía del paciente, fuera tan rutinario como solicitar una prueba diagnóstica más.

La primera impresora 3D nació de la mano de Charles "Chuck" Hull en 1983, pero no fue hasta finales de los 90 cuando se comenzó a aplicar al campo de la cirugía[11]. No obstante, es en los últimos años cuando han surgido más publicaciones sobre la aplicabilidad de la impresión en 3D en términos de planificación, docencia y comunicación, utilizándose sobre todo en cirugía cardiovascular infantil, traumatología, cirugía maxilofacial y neurocirugía, obteniendo los modelos a partir de imágenes de TAC, resonancia magnética y ecografía[12]. Incluso ya se ha conseguido la implantación con éxito de prótesis personalizadas a medida realizadas con material biocompatible con impresoras especiales 3D[13]. Así pues, este avance en la medicina personalizada aporta al cirujano la valiosa información de la anatomía previa a la intervención, mejorando la planificación quirúrgica, permitiendo su entrenamiento y el premoldeado de material protésico, reduciendo así tiempos operatorios y consiguiendo una mayor seguridaddel paciente oncológico torácico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio cuasiexperimental no aleatorizado realizado en dos centros hospitalarios que comparó las intervenciones quirúrgicas que utilizan un modelo anatómico impreso en 3D para la planificación de la cirugía, Hospital Universitario de Jaén, en adelante grupo 3D, frente a las que no disponen de dicha herramienta, Hospital Regional de Málaga, en adelante grupo control. Ambos con experiencia en cirugía mínimamente invasiva, y con docencia MIR el grupo control.

Durante los años 2018-2021 se recogieron de forma consecutiva los datos de los pacientes intervenidos mediante lobectomía, segmentectomía y neumonectomía no electiva. Para el estudio se seleccionaron solo aquellos casos con TAC con contraste intravenoso y se descartaron aquellos con baja calidad de la imagen radiológica, falta de datos en la hoja operatoria y neumonectomías como indicación inicial. Fueron 388 en total: 137 del grupo 3D y 251 del control los casos válidos. No se consideró oportuno el desarrollo de un diseño aleatorizado ya que podría no resultar ético el utilizar una herramienta ya disponible en la práctica habitual en el centro 3D, y que estaba aportando información muy útil a todos los profesionales involucrados en la intervención quirúrgica del paciente. Por ello se decidió comparar, como grupo control, con los pacientes de un hospital que aún no disponían de esta tecnología.

Se compararon los grupos según variables demográficas, por tipo de resección, diagnóstico, abordaje quirúrgico, accidentes vasculares solo por disección de arterias y venas pulmonares, niveles de confianza previos a la intervención del equipo quirúrgico (instrumentista, anestesista y cirujano) y paciente. Además, se creó untest de utilidad de pruebas diagnósticas para el equipo

quirúrgico de cada centro y se preguntó en el grupo 3D, si la disponibilidad de la impresión motivó un cambio de abordaje de la intervención **(ANEXO 2)**. Para medir los niveles de ansiedad y depresión de los pacientes se utilizó el test de HAD[14] **(TABLAS 4 y 5)**.

Cuestionario sobre la utilidad de las pruebas diagnósticas disponibles en el centro						
Indique el grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes frases:						
Las pruebas diagnósticas disponibles…		Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Muy de acuerdo
Preparación intervención	Son suficientes					
Comunicación	Facilitan la comunicación entre el equipo quirúrgico					
	Facilitan la comunicación con el paciente y sus familiares					
Indique su nivel de confianza antes de la cirugía (siendo 1 el mínimo valor y 10 el máximo)						
¿La información aportada por el modelo 3D ha provocado un cambio en el abordaje de la intervención prevista? ☐ Sí ☐ No ☐ Ns/Nc						
En caso afirmativo indique:						
¿A qué se ha debido el cambio?		¿Qué ha provocado dicho cambio?				

ANEXO 2: Test de utilidad de las pruebas diagnósticas creado para el estudio.

TABLA 4: Nivel de ansiedad según el centro de intervención. Estadísticos descriptivos de HAD[14](1-15 puntos). El test U de Mann-Whitney indica que hay diferencias en el Nivel de ansiedad de los pacientes según el centro, p_valor<0,001

Centro de intervención	N	VALOR (0-15)
Hospital Universitario de Jaén	137	12,23
Hospital Regional Universitario de Málaga	251	14,16

TABLA 5: Nivel de depresión según el centro de intervención. Estadísticos descriptivos de HAD[14](1-15 puntos). El test U de Mann-Whitney indica que hay diferencias en el nivel de depresión de los pacientes según el centro, p_valor<0,001

Centro de intervención	N	VALOR (0-15)
Hospital Universitario de Jaén	137	8,43
Hospital Regional Universitario de Málaga	251	6,48

Análisis estadístico: las variables cuantitativas se representan a través de media y desviación, y las cualitativas se representan a través de la frecuencia y el porcentaje.

Para estudiar las diferencias en las características de las pacientes, según el centro de intervención, se usaron el test chi-cuadrado, el test exacto de Fisher, el test t-Student y el test U de Mann-Whitney. El estudio de normalidad de las variables numéricas se llevó a cabo a través del test de Kolmogorov-Smirnov.

Para todos los análisis se considera estadísticamente significativo un alfa inferior a 0,05. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas IBM SPSS V21 y R versión 4.4.1.

Proceso de impresión 3D: para la obtención de los modelos personalizados necesitábamos un método de trabajo sistemático y, sobre todo, económico. Se diseñaron protocolos y circuitos que permitieron la creación de modelos para cada intervención quirúrgica de igual forma que otras pruebas diagnósticas se aplican a estos pacientes. Y todo a través de una aplicación web que implementaba estos circuitos, desde la fase de solicitud por parte del cirujano hasta la construcción del modelo, permitiendo el seguimiento y trazabilidad de la fabricación. Se utilizó software libre, 3DSlicer[15] para el renderizado y Cura para la impresión. La cual era realizada en una impresora 3D de uso doméstico Ultimaker y con PLA (ácido poliláctico), un polímero obtenido a partir de almidón de maíz, yuca o caña de azúcar, potencialmente biodegradable y muy económico (consumo de 2-3€ de PLA/modelo 3D) **(FIGURA 2)**.

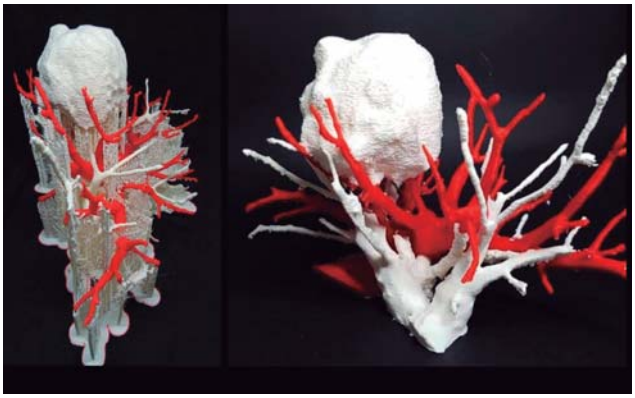

FIGURA 2: Tumor pulmonar en lóbulo superior izqdo. (arterias en rojo, venas en blanco y tumor en blanco rugoso). Left upper lobe lung tumor. (arteries in red, veins in white and tumor in rough white).

Todo este proceso era realizado por ingenieros del propio hospital, lo que lo convertía en un proyecto sistemático, sostenible y reproducible en cualquier otro centro sanitario.

¿Por qué imprimir?: en medicina, buscamos continuamente la mejora en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes, así que cualquier avance tecnológico que nos pueda ayudar es recibido con entusiasmo. La mayor precisión de las pruebas radiológicas es muestra de ello, y fue con la llegada de la tomografía axial computarizada (TAC) helicoidal en los años 90 cuando se pasó de ver planos a ver volúmenes y, posteriormente, realizar renderizados en tres dimensiones (3D). No obstante, esos modelos 3D radiológicos presentan una limitación fundamental, dado que son virtuales, por lo que requieren de una ubicación concreta, un equipo informático y que los profesionales dispongan de las necesarias capacidades y/o habilidades para el uso y manejo de este tipo de imágenes. Esto conlleva que, en términos reales, el consumo de estos modelos 3D tenga carencias desde el punto de vista de la accesibilidad.La impresión en 3D del modelo anatómico viene a solucionar estas dificultades, mejorando la visualización de la anatomía y aportando la ventaja fundamental del tacto, que junto con la vista son los sentidos prioritarios del cirujano en su trabajo y claves para la correcta realización de la intervención **(FIGURA 3)**.

Además, el empleo de un modelo anatómico físico, es un elemento manejado intuitivamente por los profesionales, sin ningún tipo de limitación. Por lo tanto, permite un máximo grado de accesibilidad al mismo y puede ser utilizado con fines docentes.

FIGURA 3: Árbol bronco-vascular izquierdo con posicionamiento de pequeña lesión (8mm) para su mejor localización intraoperatoria.Left bronchovascular tree with positioning of a small lesion (8mm) for better intraoperative localization.

Otros aspectos metodológicos: el estudio se llevó a cabo según la Ley 14/2007 de 3 de julio de Investigaciones Biomédicas, así como siguiendo los preceptos incluidos en el informe Belmont y la Declaración de Helsinki (actualizada en la Asamblea de Brasil en 2013) para la investigación biomédica. También se tendrá en consideración la Ley de Autonomía del paciente 41/2002.

El tratamiento de los datos de carácter personal de los sujetos que participan en el estudio se ajustó a lo establecido en la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal, 15/1999 de 13 de diciembre, actualizándola posteriormente a la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, informando al paciente de sus derechos ARCO (Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición). Se aseguró el anonimato de los sujetos y confidencialidad de los datos, los cuales no estarán accesibles a personas ajenas al estudio, para ello se disociaron las muestras de los datos personales sensibles para su adecuada protección durante el análisis de los casos.

Se informó a los pacientes candidatos a entrar en el proyecto a través de una Hoja de Información al Paciente.

Este proyecto fue sometido al dictamen de los Comités de Ética de la Investigación de las provincias implicadas, Jaén y Málaga, previamente a su inicio.

En cuanto a las limitaciones del estudio, tendría mayor validez científica si se llevase a cabo con aleatorización de pacientes a la intervención, pero conllevaría un conflicto ético, al estar utilizando un grupo una tecnología que había comprobado su aportación a la seguridad del paciente. Otras limitaciones son la calidad de las pruebas radiológicas (TAC) realizadas en otros centros, las cuales a veces presentan una calidad subóptima, y que las intervenciones quirúrgicas no se realizan por el mismo cirujano.

RESULTADOS

Las características demográficas, el diagnóstico anatomo-patológico y estadio fueron similares y se muestran en la TABLA 1. No se hallaron diferencias significativas en cuanto a la distribución de ambos grupos, salvo en los estadios IB, 15,4% del grupo 3D frente al 5,8% del control (p valor <0,005) y IIB, el 17,3% 3D frente al 28,4% control (p valor <0,005).

No hubo diferencias en la proporción de pacientes por centro según el tipo de resección anatómica: lobectomías, segmentectomías y bilobectomías **(TABLA 2)**. Se incluyeron sendas neumonectomías en ambos grupos por no ser electivas. En el grupo 3D se realizó por avance de la enfermedad y en el control por accidente vascular.

TABLA 2: Distribución por tipo de resección. El test chi-cuadrado de Pearson indica que no hay diferencias en la proporción de pacientes por centro según el tipo de resección anatómica, p_valor=0,425

			Centro de intervención		Total
			Hospital Universitario de Jaén	Hospital Regional Universitario de Málaga	
Tipo de resección anatómica	BILOBECTOMÍA INFERIOR	Recuento	3	13	16
		% dentro de Centro	2,2%	5,2%	4,1%
	BILOBECTOMÍA SUPERIOR	Recuento	2	2	4
		% dentro de Centro	1,5%	,8%	1,0%
	LID	Recuento	25	35	60
		% dentro de Centro	18,2%	13,9%	15,5%
	LII	Recuento	19	29	48
		% dentro de Centro	13,9%	11,6%	12,4%
	LM	Recuento	14	14	28
		% dentro de Centro	10,2%	5,6%	7,2%
	LSD	Recuento	38	84	122
		% dentro de Centro	27,7%	33,5%	31,4%
	LSI	Recuento	21	47	68
		% dentro de Centro	15,3%	18,7%	17,5%
	NEUMONECTOMIA IZQDA.	Recuento	1	1	2
		% dentro de Centro	0,7%	0,4%	0,5%
	SEGMENTECTOMÍA	Recuento	14	26	40
		% dentro de Centro	10,2%	10,4%	10,3%
Total		Recuento	137	251	388
		% dentro de Centro	100,0%	100,0%	100,0%

Sí hubo diferencias en la proporción de pacientes por centro según la prueba radiológica preoperatoria utilizada: 19,1% de AngioTAC en el grupo 3D frente al 4,4% en el control (p valor <0,001) y en el porcentaje de complicaciones intraoperatorias medidas como accidentes vasculares: 1,5% del grupo 3D frente a 5,9%

del control (p = 0,04) **(TABLA 3)**. No encontramos casos de iatrogenia por división de estructuras no indicadas.

TABLA 3: Accidentes vasculares por centros.El test exacto de Fisher indica que hay diferencias en la proporción de pacientes por centro según las Complicaciones intraoperatorias, p_valor=0,040

			Centro de intervención		Total
			H.U. de Jaén	H.R.U. de Málaga	
Complicaciones intraoperatorias	No	Recuento	135	236	371
		% dentro de Centro	98,5%	94,0%	95,6%
	Sí	Recuento	2	15	17
		% dentro de Centro	1,5%	6,0%	4,4%
Total		Recuento	137	251	388
		% dentro de Centro	100,0%	100,0%	100,0%

La confianza de los pacientes y equipo quirúrgico (instrumentistas, anestesistas y cirujanos) no se vio alterada por la disponibilidad del modelo 3D, siendo alta en ambos grupos. Pero sí encontramos diferencias en los niveles de ansiedad de los pacientes 12,23 (3D) frente a 14,16 (control) p <0,001, y en los de depresión 8,43 (3D) frente a 6,48 (control) p <0,001.

Así mismo, también existieron diferencias estadísticamente en los test utilizados para evaluar la utilidad de las pruebas diagnósticas de cada centro en cuanto a su disponibilidad, destacando la reivindicación del grupo control por disponer de reconstrucciones 3D para las cirugías, para mejorar la comunicación del equipo quirúrgico, con el paciente y familiares, y el aprendizaje del personal en formación.

En el grupo 3D, en 3 casos (2%), la impresión broncovascular 3D provocó un cambio en el abordaje propuesto inicialmente: de cirugía mínimamente invasiva a abierta. Esto se debió a la complejidad técnica y variantes anatómicas presentes en esos 3 casos, realizando toracotomía (lateral o póstero-lateral) de entrada.

La disponibilidad de reconstrucciones 3D de la anatomía de los pacientes quirúrgicos torácicos sigue siendo insuficiente y muy dependiente de los recursos económicos de cada centro y/o comunidad autónoma. Si bien, en cirugía torácica se considera de gran ayuda, solo se suele realizar en segmentectomías complejas y no en todos los centros. La barrera tecnológica y, sobre todo, la económica, constituyen los grandes escollos para su implantación universal. Para derribarlas, en abril de 2017, se comenzó un proyecto de impresión 3D de modelos anatómicos entre ingenieros y cirujano del Hospital Universitario de Jaén, con el objetivo final de mejorar la seguridad de los pacientes gracias al mayor conocimiento de la anatomía. Se pretendía generar un sistema en el que la solicitud de un biomodelo fuera como la de cualquier otra prueba más.

En el debate de si imprimir o no imprimir el biomodelo existe controversia, ya que la impresión es más costosa y precisa de materiales plásticos. Nosotros optamos por la impresión 3D por su accesibilidad en nuestro centro como proyecto innovador, por fines docentes y por su bajo gasto, si bien, entendemos que un cirujano experto puede solo necesitar la reconstrucción 3D en pantalla para la comprensión de la anatomía. En este ámbito se han realizado estudios comparativos entre ambos mundos: la impresión 3D y la reconstrucción CT-3D, con resultados favorables para el modelo físico[16].

Son muchos los estudios que nos ilustran la variabilidad anatómica del árbol broncovascular pulmonar, que puede suponer casi un 20% de los casos, por lo que su conocimiento es fundamental de cara a enfrentamos a la TAC preoperatoria del paciente quirúrgico torácico. Y no son pocas las ocasiones en las que, bien por la baja calidad de las pruebas radiológicas o por la inexperiencia del cirujano, nos las encontramos ya en el campo quirúrgico, lo que favorece la duda, la iatrogenia, y en los casos menos deseables, el accidente vascular. Las neumonectomías izquierdas por presencia de una vena común[17] son los ejemplos más representativosen cuanto a la iatrogenia por división de estructuras no indicadas,si bien, en nuestro estudio no se registraron casos.

Los accidentes vasculares son un riesgo latente en la cirugía de resección pulmonar, por lo que evitarlos constituye la mejor prevención de complicaciones intra y posoperatorias. El consenso internacional de expertos apuntan una incidencia de accidentes vasculares de 2,9%-8,3%[18], mientras que en otros artículos se describe una incidencia del 4,11 – 10,63%[19], y de forma más frecuente en las ramas arteriales y arteria pulmonar principal. En el estudio de Yamasita et al.[20], los factores predisponentes fueron la experiencia del cirujano (siendo mayor el número de sangrados en personal en formación) el uso de instrumentos de energía cerca de vasos <3mm, el uso de tijeras de disección y, el paso de la endograpadora. La localización del tumor y el estadio patológico no fueron factores influyentes en el sangrado, si bien, en nuestro estudio, observamos un mayor porcentaje de pacientes en estadio IIB del grupo control con respecto al 3D, y en el de Wei Chen, realizado sobre una población de 1.064 pacientes y con una tasa de accidente vascular del 6,3%, el factor T sí resultó ser un factor predictor de accidente vascular[21]. En nuestro estudio coincidimos con esta apreciación, ya que en el grupo 3D hubo un 23,1% de T3-4 mientras que en el grupo control un 29,8%, diferencias clínicas, aunque no estadísticamente significativas **(Figura 4)**. Ambos coincidieron en que la presencia de una cirugía previa y las adherencias pleurales aumentaron el riesgo, variables que no han sido objeto de recogida de este estudio. Los accidentes vasculares aumentaron el tiempo operatorio y la comorbilidad posoperatoria.

T	0	Recuento	1	2	3
		% dentro de Centro	1,0%	1,0%	1,0%
	T1-T2	Recuento	79	144	223
		% dentro de Centro	76,0%	69,2%	71,5%
	T3-T4	Recuento	24	62	86
		% dentro de Centro	23,1%	29,8%	27,6%
TOTAL		Recuento	104	208	312
		% dentro de Centro	100,0%	100,0%	100,0%

FIGURA 4: Comparación de ambos grupos según T1-2 y T3-4 con p_valor= 0,115 (test exacto de Fisher).

En cuanto al nivel de ansiedad del paciente frente a la intervención quirúrgica se demuestra una reducción significativa de la misma en el grupo 3D, probablemente por una mejor comunicación tal y como se describe en la publicación de Biro et al.[22] y Eijlers[23], sin influir en la confianza del paciente en su equipo quirúrgico **(Tabla 6)**. Esta confianza también fue medida en ambos grupos sin observar diferencias en ningún miembro del equipo, instrumentistas, anestesistas y cirujanos. Pero sí en cuanto a la comunicación entre ellos y con paciente y familiares[10].

CONCLUSIONES

La planificación preoperatoria con impresión 3D de la anatomía broncovascular de cada paciente, proporciona al cirujano una mayor información anatómica que permite la reducción de complicaciones vasculares, ansiedad del paciente y mejora de comunicación con su entorno y equipo quirúrgico. Consideramos que este avance en la cirugía personalizada mejorala seguridad del paciente y, por tanto, debería ser más accesible.

BIBLIOGRAFÍA

1. Saji H, Okada M, Tsuboi M et al. Segmentectomy versus lobectomy in small-sized peripheral non-small-cell lung cancer (JCOG0802/WJOG4607L): a multicentre, open-label, phase 3, randomised, controlled, non-inferiority trial. Lancet. 2022; 399(10.335): 1.607-1.617. doi:10.1016/S0140-6736(21)02333-3.
2. Altorki N, Wang X, Kozono D et al. Lobar or Sublobar Resection for Peripheral Stage IA Non-Small-Cell Lung Cancer. N Engl J Med. 2023; 388(6): 489-498. doi:10.1056/NEJMoa2212083.
3. Yun J, Lee J, Shin S et al. Video-assisted thoracoscopic lobectomy versus open lobectomy in the treatment of large lung cancer: propensity-score matched analysis. J Cardiothorac Surg 2022; 17: 2. 3. Napolitano MA, Sparks AD, Werba G et al. Video Assisted Thoracoscopic Surgery Lung Resection in United States Veterans: Trends and Outcomes versus Thoracotomy. Thorac Cardiovasc Surg 2022; 70: 346-54.
4. Bendixen M, Jørgensen OD, Kronborg C et al. Postoperative pain and quality of life after lobectomy via video-assisted thoracoscopic surgery or anterolateralthoracotomy for early stage lung cancer: a randomised controlled trial. Lancet Oncol 2016; 17: 836-44.
5. Nath TS, Mohamed N, Gill PK et al. A Comparative Analysis of Video-Assisted Thoracoscopic Surgery and Thoracotomy in Non-Small-Cell Lung Cancer in Terms of Their Oncological Efficacy in Resection: A Systematic Review. Cureus 2022; 14: e25443.
6. Sivrikoz MC, Tulay CM. Variations of lobar branches of pulmonary arteries in thoracic surgery patients. Surg Radiol Anat. 2011; 33(6): 509–14. [PubMed] [Google Scholar]
7. Chujo M, Anami K. Branching patterns of segmental bronchi and arteries in the medial basal segment. J BronchologyIntervPulmonol. 2014; 21(3): 192–8. [PubMed] [Google Scholar]
8. Nagashima T, Shimizu K, Ohtaki Y et al. An analysis of variations in the bronchovascular pattern of the right upper lobe using three‐dimensional CT angiography and bronchography. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2015; 63(6): 354–60.
9. Nakada T, Akiba T, Inagaki T et al. Thoracoscopic anatomical subsegmentectomy of the right S2b + S3 using a 3D printing model with rapid prototyping. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2014 Oct; 19(4): 696-8.
10. Yoon SH, Park S, Kang CH, Park IK et al. Personalized 3D-Printed Model for Informed Consent for Stage I Lung Cancer: A Randomized Pilot Trial. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2019; 31(2): 316-318. doi:10.1053/j.semtcvs.2018.10.017.
11. D'Urso PS, Barker TM, Earwaker WJ et al. Stereolithographic biomodelling in cranio maxillofacial surgery: a prospective trial. J Craniomaxillofac Surg. 1999; 27(1): 30-37.
12. Andreas A. Giannopoulos, Michael L. Steigner et al. Cardiothoracic Applications of 3D Printing. Thorac Imaging. 2016 September; 31(5): 253–272.
13. Cano JR, Escobar FH, Alonso DP et al. Reconstruction of the anterior chest wall with a 3-dimensionally printed biodynamic prosthesis. J Thorac Cardiovasc Surg. 2018; 155(1): e59-e60. doi:10.1016/j.jtcvs.2017.08.118.
14. Zigmond AS, Snaith RP. The hospital anxiety and depression scale. Acta Psychiatr Scand. 1983 Jun; 67(6): 361-70.
15. Anselmi A, Collin S, Haigron P et al. Device-specific evaluation of intraventricular left ventricular assist device position by quantitative coaxiality analysis. J Surg Res. 2017; 213: 110-114. doi:10.1016/j.jss.2017.02.027.
16. Tongxin L, Jing X, Runyuan W et al. Application Research of Three-Dimensional Printing Technology and Three-Dimensional Computed Tomography in Segmentectomy. Front Surg. 2022; 9: 88.1076. Published 2022 Apr 29. doi:10.3389/fsurg.2022.881076.
17. Nakamura T, Koide M, Nakamura H et al. The common trunk of the left pulmonary vein injured incidentally during lung cancer surgery. Ann Thorac Surg 2009; 87: 954–5.
18. Liu L, Mei J, He J et al. International expert consensus on the management of bleeding during VATS lung surgery. Ann Transl Med. 2019; 7(23): 712. doi:10.21037/atm.2019.11.142.
19. Yamashita S, Tokuishi K, Moroga T et al. Totally thoracoscopic surgery and troubleshooting for bleeding in non-small cell lung cancer. Ann Thorac Surg. 2013; 95(3): 994-999. doi:10.1016/j.athoracsur.2012.11.005.
20. Chen W, Jin K, Yu Z, Liu H. Analysis of risk factors and management of unexpected intraoperative bleeding during video-assisted thoracic surgery for non-small cell lung cancer: a case-control study. J Thorac Dis. 2023; 15(5): 2.729-2.741. doi:10.21037/jtd-23-305.
21. Biro M, Kim I, Huynh A et al. The use of 3-dimensionally printed models to optimize patient education and alleviate perioperative anxiety in Mohs micrographic surgery: A randomized controlled trial. J Am Acad Dermatol. 2019; 81(6): 1.339-1.345.
22. Eijlers R, Dierckx B, Staals LM et al. Virtual reality exposure before elective day care surgery to reduce anxiety and pain in children: A randomised controlled trial. Eur J Anaesthesiol. 2019; 36(10): 728-737. doi:10.1097/EJA.0000000000001059.

AGRADECIMIENTOS

Servicio de cirugía torácica del Hospital Regional Universitario de Málaga, Carlos Ilia Herráiz Montalvo y equipo de ingenieros del HUJ, FIBAO (Verónica y Carmen Rosa), Fernando Cózar y David Poveda.