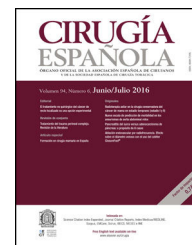




CIRUGÍA ESPAÑOLA

www.elsevier.es/cirugia


Original

Rentabilidad de la reconstrucción volumétrica de la arteria pulmonar para la planificación de lobectomías y segmentectomías endoscópicas



Amaia Ojanguren ^{a,*}, José Luis Recuero ^a, Marina Pardina ^b, Lucía Milla ^a y Maite Santamaría ^a

^aUnidad de Cirugía Torácica, Departamento de Cirugía, Hospital Universitari Arnau de Vilanova, Lérida, España

^bServicio de Radiodiagnóstico, Hospital Universitari Arnau de Vilanova, Lérida, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 12 de octubre de 2016

Aceptado el 14 de enero de 2017

On-line el 16 de febrero de 2017

Palabras clave:

Tomografía computarizada

Videotoracoscopia

Lobectomía

Segmentectomía

Arteria pulmonar

RESUMEN

Introducción: El número de resecciones pulmonares mayores endoscópicas ha presentado un incremento exponencial durante la última década. La realización de la videotoracoscopia (VTC) puede ocasionar dificultades para la correcta interpretación de la anatomía torácica debido a la ausencia de exploración manual y de la visión en profundidad en el caso de trabajar con monitores bidimensionales. En consecuencia, el hecho de conocer con exactitud la anatomía de cada paciente contribuiría enormemente a la realización de una cirugía segura y precisa. El objetivo del estudio es analizar la eficacia de las reconstrucciones volumétricas realizadas mediante angiotomografía computarizada multidetector para identificar el patrón de ramificación de la arteria pulmonar en el preoperatorio de lobectomías y segmentectomías endoscópicas.

Métodos: Estudio descriptivo prospectivo de 25 pacientes seleccionados de noviembre de 2015 a julio de 2016 para realización de lobectomía/segmentectomía VTC en un hospital de tercer nivel. En todos los casos se realizó una reconstrucción volumétrica de la arteria pulmonar mediante angiotomografía computarizada multidetector de 16 coronas. Se analizaron comparativamente el número de ramas arteriales identificadas mediante reconstrucción volumétrica y las observadas durante la resección pulmonar.

Resultados: En total 67 de las 68 (98%) ramas de la arteria pulmonar fueron correctamente identificadas mediante la reconstrucción volumétrica preoperatoria. La única rama no objetivada mediante la reconstrucción volumétrica presentaba un diámetro menor a 2 mm. No fue precisa ninguna conversión a toracotomía abierta debido a accidente vascular.

Conclusiones: La reconstrucción volumétrica es útil como herramienta diagnóstica preoperatoria para la correcta identificación del patrón de ramificación de la arteria pulmonar.

© 2017 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: aojanguren.lleida.ics@gencat.cat (A. Ojanguren).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2017.01.005>

0009-739X/© 2017 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Three dimensional computed tomography for preoperative assessment of the pulmonary artery in patients undergoing endoscopic lobectomy or segmentectomy

A B S T R A C T

Keywords:

Computed tomography
VATS
Lobectomy
Segmentectomy
Pulmonary artery

Background: The interest for endoscopic pulmonary anatomic resections has grown exponentially during the last decade. During thoracoscopic procedures surgeons cannot rely on digital handling and operative field is viewed on a two-dimensional video monitor, thus frequently encountering anatomical difficulties. The hypothesis is that foreknowledge of the anatomy of each patient would greatly contribute to the safety and accuracy of the operation.

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of 3 dimensional multidetector computed tomography (3D-MDCT) software to identify the pulmonary artery branching pattern during the preoperative study of endoscopic lobectomies and segmentectomies.

Methods: Descriptive prospective study of 25 consecutive patients scheduled from November 2015 to July 2016 in a tertiary referral academic hospital for VATS lobectomy or segmentectomy and evaluated about branching pattern of the pulmonary artery with preoperative 16-row 3D-MDCT angiography. Intraoperative findings of the pulmonary branching pattern were compared with the preoperative 3D-MDCT angiography images.

Results: According to the intraoperative findings, 67 out of 68 (98%) of pulmonary artery branches were well defined in the 3D-MDCT angiography images. There was a unique 2 mm undetected branch. No conversion to open thoracotomy was needed because of intraoperative bleeding.

Conclusion: 3D-MDCT angiography imaging is useful for preoperative identification of the pulmonary artery branching pattern.

© 2017 AEC. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las lobectomías y segmentectomías por videotoroscopia (VTC) se han afianzado como técnicas quirúrgicas de elección para el tratamiento del cáncer de pulmón, metástasis pulmonares y enfermedades pulmonares benignas¹⁻³. La eficiencia del abordaje endoscópico ha sido recogida en numerosas ocasiones en la literatura médica e incluye las siguientes ventajas: menor morbilidad, mayor función respiratoria postoperatoria y resultados oncológicos superponibles a los obtenidos por toracotomía⁴⁻⁹. El patrón de ramificación de los vasos pulmonares presenta una gran variabilidad interindividual, y esa característica condiciona que su abordaje requiera un conocimiento detallado de la anatomía locorregional. La necesidad de conocer la anatomía del paciente se acentúa en la cirugía endoscópica debido a que carece de exploración manual y de visión en profundidad, en el caso de trabajar con monitores bidimensionales. La angiotomografía computarizada permite obtener reconstrucciones volumétricas (3D-ATC) de forma fácil y rápida y aporta información visual muy práctica¹⁰⁻¹⁴. La hipótesis de este trabajo postula que la identificación preoperatoria del patrón de ramificación de la arteria pulmonar contribuiría eficazmente a evitar accidentes vasculares. El objetivo del estudio es analizar la eficacia de la 3D-ATC para la planificación preoperatoria de las lobectomías y segmentectomías VTC.

Métodos

Estudio descriptivo prospectivo de 25 pacientes seleccionados para lobectomía o segmentectomía VTC de noviembre de 2015

a julio de 2016 en el único hospital de tercer nivel del área geográfica correspondiente. Los criterios de inclusión para la lobectomía o segmentectomía VTC incluyó a pacientes adultos con cáncer de pulmón estadio I, metástasis pulmonares centrales y enfermedad pulmonar benigna (enfisema lobar). En los casos de cáncer de pulmón, se aplicaron las guías de estadificación mediastínica de la Sociedad Europea de Cirugía Torácica¹⁵. En todos los casos de cáncer de pulmón se realizó una linfadenectomía sistemática tras la resección pulmonar en función de las recomendaciones establecidas por las guías europeas: resección en bloque de las adenopatías mediastínicas junto al tejido/grasa colindante de al menos 3 zonas ganglionares en la que se incluye siempre la zona subcarinal, acompañada de la resección de adenopatías hiliares e intrapulmonares¹⁶. Los criterios de exclusión del estudio fueron estadios II y III de cáncer de pulmón, índice de masa corporal >30, metástasis pulmonares periféricas (definidas como metástasis en el tercio externo del parénquima pulmonar), cirugía torácica previa, radioterapia torácica previa y antecedente de tuberculosis pulmonar conocida. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los pacientes y se cumplieron las directrices de la Declaración de Helsinki, respetando la confidencialidad de los datos. Como parte del estudio preoperatorio se obtuvieron reconstrucciones volumétricas de todos los pacientes a partir de la tomografía computarizada multidetector con contraste intravenoso, según nuestro protocolo hospitalario.

A todos los pacientes se les realizó una tomografía computarizada multidetector de 16 coronas (Philips Ingenuity flex™ V3.6.6.13104, Philips Healthcare Nederland) con los siguientes parámetros: velocidad de rotación de 0,5 s, colimación de 16 × 0,75 y voltaje de 120 kV. Las secciones axiales, de 1 mm de grosor, se reconstruyeron a intervalos de 0,5 mm.

Se inyectaron 100 mL de contraste intravenoso mediante un inyector mecánico a una velocidad de 3 mL/s. Las imágenes se obtuvieron en apnea tras la administración del contraste. Las imágenes digitales se transfirieron a una estación de trabajo con software habilitado para realizar reconstrucciones multiplanares y volumétricas. La ATC permitió obtener un mapa tridimensional de la arteria pulmonar muy preciso en un intervalo de 15-25 min.

Las cirugías se realizaron bajo anestesia general, intubación selectiva y en posición decúbito lateral. Las lobectomías y segmentectomías VTC se realizaron mediante 2 o 3 puertas de entrada según las preferencias del cirujano: una de 10,5 mm en el 8.º espacio intercostal con línea axilar anterior para la óptica de 30º, otra de 10,5 mm en el 7.º/8.º espacio intercostal con línea axilar posterior y una incisión de utilidad de 3 cm en el 4.º espacio intercostal con línea axilar anterior. Se empleó instrumental diseñado para resección pulmonar mayor endoscópica. No se empleó separador costal en ningún caso.

La interpretación del mapa vascular tridimensional se realizó de forma conjunta por 2 cirujanos torácicos y un radiólogo especializado en tórax. Se consideraron ramas arteriales «no detectadas» aquellas observadas durante la resección pulmonar que no tuvieron traducción radiológica previa.

Análisis estadístico

Estudio descriptivo prospectivo. Los datos demográficos, los datos con relación a la 3D-ATC y las resecciones pulmonares se recogieron en una plantilla protocolizada en el programa Microsoft Excel v.15.17. Para la descripción de las variables nominales se utilizaron medidas de frecuencia absolutas y porcentajes. Las variables cuantitativas se expresaron mediante estadísticos de centralización.

Resultados

Las características demográficas de los pacientes que fueron intervenidos mediante una lobectomía o segmentectomía VTC durante el estudio se recogen en la [tabla 1](#). La cohorte de 25 pacientes incluye 19 (76%) hombres y 6 (24%) mujeres, con una edad media de 70 años (r: 50-86). En 19 de los casos (76%) el diagnóstico histológico se obtuvo en el estudio de extensión preoperatorio. Los 6 casos restantes (24%) precisaron la realización de una biopsia intraoperatoria para filiación del nódulo pulmonar. El diagnóstico definitivo fue de 21 casos (84%) de cáncer de pulmón, 3 (12%) de metástasis pulmonar y un caso (4%) de enfisema lobar. De los 21 casos de cáncer de pulmón, el diagnóstico anatomopatológico fue de 12 adenocarcinomas (57%), 7 carcinomas escamosos (33%), un tumor carcinoide (5%) y un cáncer de pulmón de células pequeñas (5%). Los estadios intervenidos fueron los siguientes: 14 casos pT2aN0M0 (66%), 5 pT1aN0M0 (24%), un pT3_{sat}N0M0 (5%) y un pT2bN2M0 (5%). En todos los casos se realizaron reconstrucciones volumétricas ([figs. 1-3](#)). No hubo ningún caso de contraindicación de contraste intravenoso por alergia o comorbilidad. Las resecciones VTC realizadas fueron las siguientes: lobectomía superior derecha (9; 36%), lobectomía superior izquierda (8; 32%), lobectomía media (3; 12%),

Tabla 1 – Características de los pacientes que fueron intervenidos mediante VTC tras obtener la 3D-ATC (n = 25)

Variables	N.º de pacientes (%)
Edad, mediana (años, rango)	70 (50-86)
Sexo	
Hombres	19 (76)
Mujeres	6 (24)
Diagnóstico preoperatorio	
Sí	19 (76)
No	6 (24)
Diagnóstico	
Cáncer de pulmón	21 (84)
Metástasis pulmonar	3 (12)
Enfermedad pulmonar benigna	1 (4)
Tipo de resección	
LSD	9 (36)
LM	3 (12)
LID	2 (8)
LSI	8 (32)
LII	1 (4)
Culmen (S ₁₋₂ + S ₃)	2 (8)

3D-ATC: angiotomografía computarizada tridimensional; LID: lóbulo inferior derecho; LII: lóbulo inferior izquierdo; LM: lóbulo medio; LSD: lóbulo superior derecho; LSI: lóbulo superior izquierdo; VTC: videotoroscopia.

lobectomía inferior derecha (2; 8%), segmentectomía S₁₋₂+S₃ (2; 8%) y lobectomía inferior izquierda (1; 4%). Con relación a los hallazgos intraoperatorios, 67 de las 68 ramas de la arteria pulmonar fueron correctamente identificadas en la 3D-ATC preoperatoria ([tabla 2](#)), lo que arroja un índice de concordancia global del 98%. La única rama no objetivada mediante la 3D-ATC era tributaria del lóbulo superior izquierdo y presentaba un diámetro inferior a 2 mm. La mediana de ramas arteriales por lóbulo, confirmadas mediante cirugía, fue la siguiente: lóbulo superior izquierdo 3 (r: 2-5), culmen 2,5 (r: 2-3), lóbulo superior derecho 2 (r: 1-5), lóbulo inferior derecho 2 (r: 2-3), lóbulo inferior izquierdo 2 y lóbulo medio 1 (r: 1-2). No se precisó ninguna conversión a toracotomía abierta debido a accidente vascular.

Discusión

El objetivo del estudio fue analizar la efectividad de la 3D-ATC para determinar el patrón de ramificación de la arteria pulmonar como protocolo de estudio preoperatorio. Con esta técnica un total de 67 ramas arteriales (98%) fueron correctamente filiadas.

Según los artículos publicados en la literatura médica, el 95-98% de las ramas de la arteria pulmonar fueron debidamente identificadas en pacientes que dispusieron de 3D-ATC en el preoperatorio de una resección pulmonar mayor, bien fuese VTC o abierta¹²⁻¹⁴. Estos resultados son superponibles a los obtenidos en nuestro trabajo. Además, el hecho de identificar de forma anticipada las características anatómicas de cada paciente se ha relacionado también con una menor tasa de complicaciones postoperatorias y un menor tiempo quirúrgico.

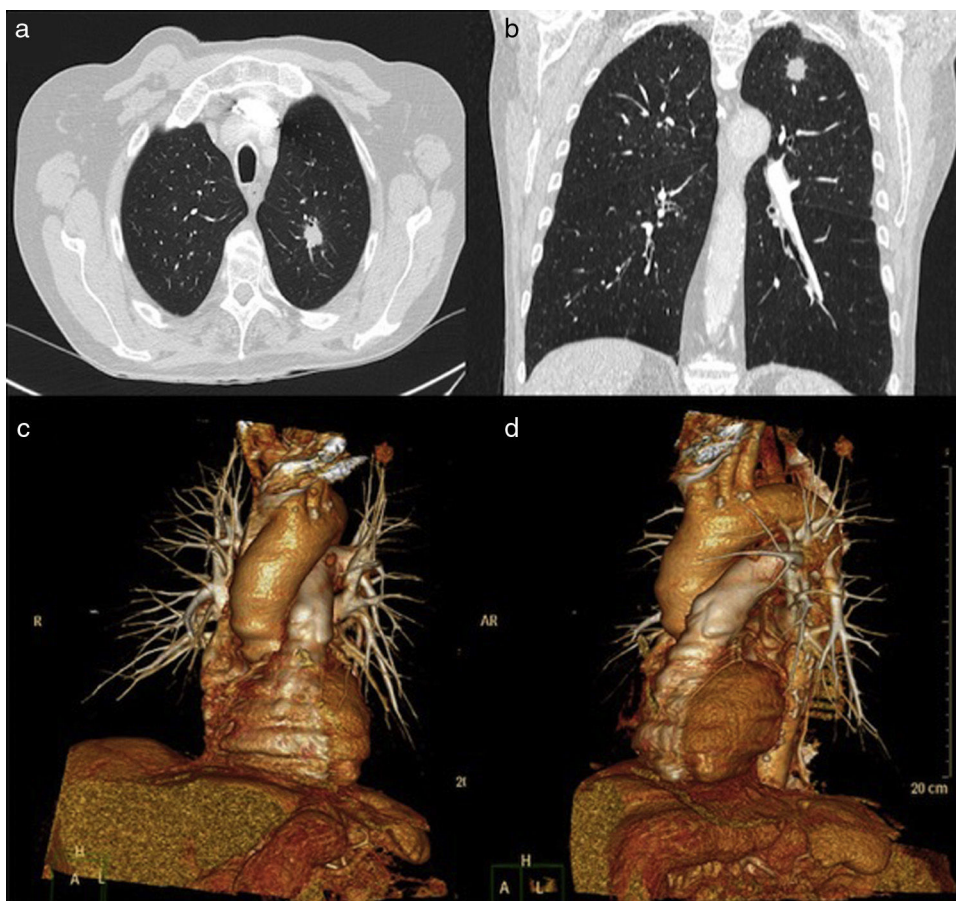


Figura 1 – Angiotomografía computarizada que muestra un nódulo pulmonar solitario en lóbulo superior izquierdo: a) corte axial; b) corte coronal. Reconstrucciones volumétricas que muestran el complejo entramado de vascularización pulmonar bilateral y el nódulo en lóbulo superior izquierdo: c) visión anterior; d) visión lateral izquierda.

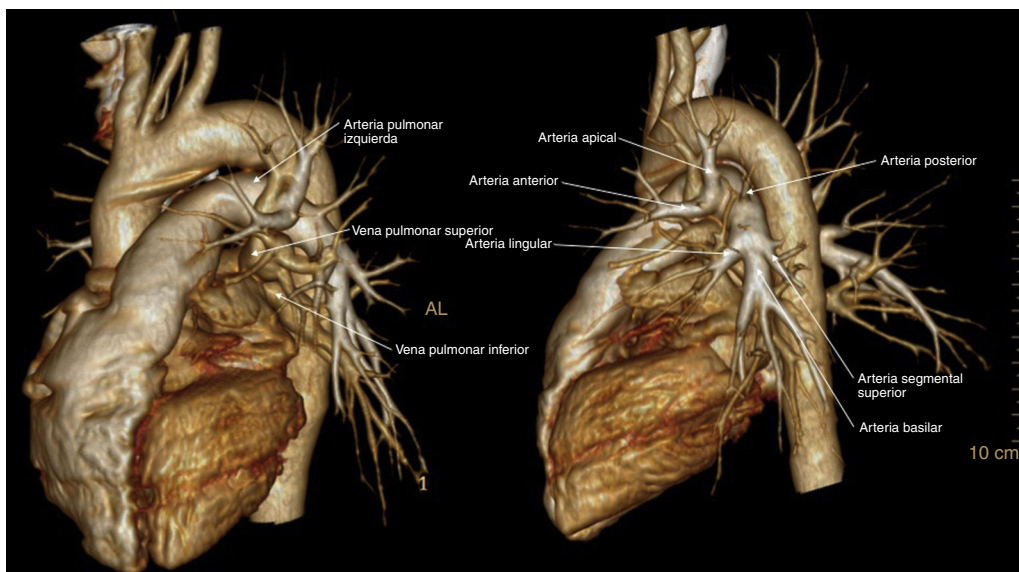


Figura 2 – Reconstrucción volumétrica, relación de las arterias lobares y segmentarias izquierdas con las venas pulmonares: a) visión lateral; b) visión posterolateral.

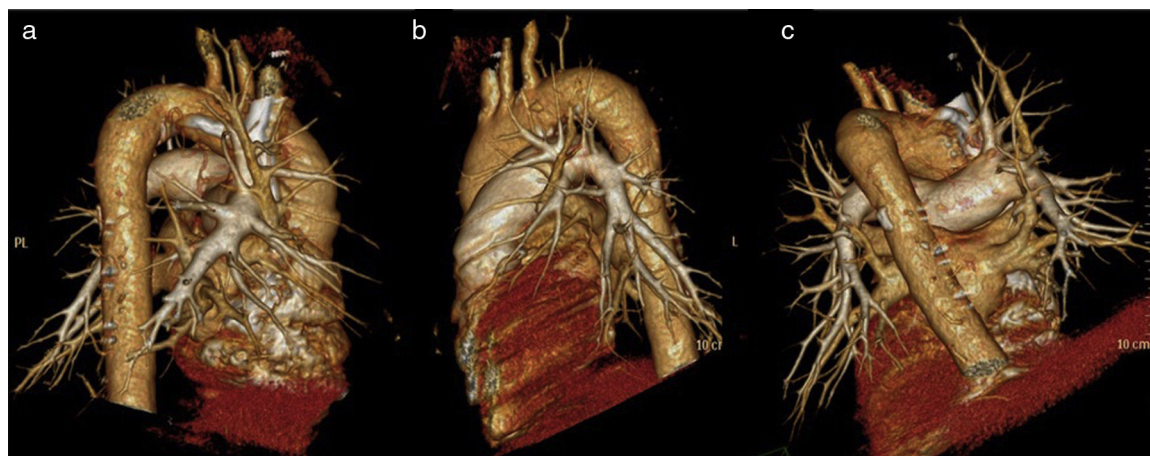


Figura 3 – Reconstrucción volumétrica que muestra la capacidad de rotación de las imágenes: a) patrón de vascularización pulmonar derecho, visión lateral; b) patrón de vascularización pulmonar izquierdo, visión lateral; c) patrón de vascularización pulmonar, visión posterior.

Tabla 2 – Tasa de identificación de ramas arteriales pulmonares mediante 3D-ATC y mediante cirugía VTC

Variables	N.º	Mediana de ramas arteriales por lóbulo/segmento	N.º de ramas arteriales		Índice de concordancia (%)	N.º de ramas no detectadas
			3D-ATC	Cirugía		
Total	25		67	68	98	1
Resección						
LSD	9	2	25	25	100	
LM	3	1	4	4	100	
LID	2	2	4	4	100	
LSI	8	3	27	28	96	
LII	1	2	2	2	100	
Culmen	2	2,5	5	5	100	

3D-ATC: angiotomografía computarizada tridimensional; LID: lóbulo inferior derecho; LII: lóbulo inferior izquierdo; LM: lóbulo medio; LSD: lóbulo superior derecho; LSI: lóbulo superior izquierdo; VTC: videotoracoscopia.

gico¹⁷⁻¹⁹. En este sentido hemos planteado una segunda fase del estudio en pacientes intervenidos mediante una resección pulmonar anatómica VTC con el fin de realizar un análisis comparativo entre los pacientes que dispongan de 3D-ATC preoperatoria y aquellos que disponen únicamente de la TC multiplanar convencional.

A pesar de que la TC convencional aporta información detallada del patrón vascular y bronquial en 2D, en la práctica presenta dificultad lograr una composición de las dimensiones, dirección, longitud y ángulo de los vasos. La 3D-ATC aporta información más precisa y detallada de la anatomía regional en cada paciente y, consecuentemente, ayuda a los cirujanos a perfeccionar la orientación anatómica, especialmente durante la cirugía VTC.

En primer lugar, la 3D-ATC es una técnica mínimamente invasiva y menos costosa que la angiografía convencional. En segundo lugar, las imágenes pueden ser rotadas, lo que permite una interacción dinámica desde el ángulo deseado (figs. 1 y 2). El hecho de poder observar las estructuras vasculares desde el punto de vista del cirujano es una ventaja añadida. En este sentido contribuye enormemente a la docencia y aprendizaje de la anatomía quirúrgica. En cuanto a las desventajas de la 3D-ATC, se incluye la dificultad de

discernir las ramas arteriales y venosas de los lóbulos superiores porque se suelen ver solapadas en un entramado anatómico complejo (fig. 3). La arteria ascendente posterior y el tronco arterial anterior pueden ser confundidos con la vena del segmento apical o con las ramas venosas interlobares. Este hecho puede ser debido a la anatomía de los lóbulos superiores, más compleja que la de los lóbulos inferiores. Sin embargo, el *software* empleado permite eliminar las estructuras no deseadas y obtener imágenes por separado de la arteria pulmonar, de las venas pulmonares y del árbol traqueobronquial.

El uso de las segmentectomías es cada vez más extendido para reseccionar lesiones de características premalignas del tipo vidrio deslustrado, estadios iniciales de cáncer de pulmón en pacientes frágiles o añosos y para la resección de metástasis pulmonares centrales adyacentes al origen de las ramas vasculares²⁰⁻²².

La posibilidad de visualizar las relaciones anatómicas entre las ramas arteriales, venosas y los bronquios segmentarios es muy útil a la hora de planear las segmentectomías VTC por la dificultad inherente a este tipo de resección, puesto que requieren una disección más extensa y precisa de la trama broncovascular pulmonar que las lobectomías. De hecho, la

identificación de la vena segmentaria se ha empleado como referencia para localizar el plano intersegmental^{11,17}. De esta manera en el estudio preoperatorio se determina conjuntamente la localización de la lesión y el margen existente entre dicha lesión y el plano intersegmental. Este hecho es aplicable de forma particular a las segmentectomías totalmente endoscópicas, ya que no se emplea la minitoracotomía de asistencia y no se puede emplear la palpación digital para identificar la localización de la lesión²³⁻²⁶ y el margen existente respecto al plano intersegmental.

En nuestra serie se realizaron 2 culminectomías ($S_{1-2} + S_3$) que transcurrieron sin incidencias. La 3D-ATC permitió determinar la localización de la lesión y su relación con los componentes broncovasculares. Tal y como describen Shimizu¹⁸ y Oizumi¹⁹, durante el acto quirúrgico el plano intersegmental se determinó mediante la técnica de insuflación/deflación tras pinzar el bronquio segmentario correspondiente.

En nuestra experiencia consideramos fundamental valorar las reconstrucciones junto al radiólogo para intercambiar impresiones, disipar dudas y realizar un estudio dirigido a la cirugía que tenemos en mente. Nos parece razonable enfrentarse a un 3-5% de ramas no detectables, especialmente teniendo en cuenta que, según nuestra serie, el calibre de estas ramas es inferior a 2 mm. El pequeño tamaño de estos vasos hace que una eventual laceración o rotura vascular sea manejable mediante VTC. En este sentido, Akiba et al.¹⁴ reportaron 2 casos de ramas arteriales de 2 mm no identificadas por su 3D-ATC. En su serie ambos casos presentaron metástasis adenopáticas, por lo que se achacó la falta de identificación de esas ramas, no a su tamaño, sino a la disminución del flujo arterial causada por la infiltración metastásica de las adenopatías, lo que provocaría una compresión arterial. En nuestra serie, la rama de 2 mm no identificada correspondió al paciente pN2 positivo, con lo que puede ser plausible la explicación de Akiba.

La frecuencia de conversión de lobectomías VTC a cirugía abierta varía de un 2 a un 23% según las series²⁷⁻²⁹. En nuestra serie no hubo conversiones debido a accidentes quirúrgicos, probablemente debido a la selección rigurosa de los casos y a la precisión de la 3D-ATC a la hora de identificar los vasos pulmonares, lo que permitió al equipo quirúrgico anticiparse a potenciales complicaciones. En este sentido, se excluyó a aquellos pacientes con condiciones que potencialmente podrían dificultar la realización de la resección VTC por presencia de adherencias pleuropulmonares firmes o adenopatías adheridas sobre la arteria pulmonar: estadios de cáncer de pulmón locorregionalmente avanzado, radioterapia torácica, cirugía pulmonar previa y antecedente de tuberculosis pulmonar conocido.

Sorprende que una técnica mínimamente invasiva y que no supone costes económicos añadidos no se haya divulgado con mayor rapidez. Es posible que el hecho de que la reconstrucción volumétrica precise un tiempo de elaboración añadido (15-60 min) por parte de un radiólogo especializado haya jugado como elemento disuasorio. Recientemente se han comercializado programas informáticos capaces de realizar las reconstrucciones volumétricas en pocos minutos sin la necesidad de involucrar o sobrecargar a un radiólogo

especializado^{11,17,30}; este hecho facilitaría el empleo y difusión de la tecnología 3D por parte de los cirujanos.

Como conclusión, la 3D-ATC es útil para entender la anatomía del paciente previamente a la cirugía, es efectiva para determinar el patrón de ramificación de la arteria pulmonar y puede contribuir a una realización más segura de las lobectomías y segmentectomías VTC. En función de nuestra experiencia, recomendamos solicitar una 3D-ATC a la hora de realizar resecciones pulmonares anatómicas endoscópicas. La segunda fase de estudio diseñada como estudio comparativo podrá contribuir a matizar dicha afirmación.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Autoría/colaboraciones

Diseño del estudio: Amaia Ojanguren.

Adquisición y recogida de datos: Amaia Ojanguren, José Luis Recuero, Marina Pardina, Lucía Milla, Maite Santamaría.

Análisis e interpretación de resultados: Amaia Ojanguren, José Luis Recuero, Marina Pardina.

Redacción del artículo: Amaia Ojanguren.

Revisión crítica: José Luis Recuero, Lucía Milla, Maite Santamaría.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nwogu CE, D'Cunha J, Pang H, Gu L, Wang X, Richards WG, et al. VATS lobectomy has better perioperative outcomes than open lobectomy: CALGB 31001, an ancillary analysis of CALGB 14202 (Alliance). *Ann Thorac Surg*. 2015;99:399-405.
2. Paul S, Altorki NK, Sheng S, Lee PC, Harpole DH, Onaitis MW, et al. Thoracoscopic lobectomy is associated with lower morbidity than open lobectomy: A propensity-matched analysis from the STS database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139:366-78.
3. McKenna RJ Jr, Wolf RK, Brenner M, Fischel RJ, Wurnig P. Is lobectomy by video-assisted thoracic surgery an adequate cancer operation? *Ann Thorac Surg*. 1998;66:1903-8.
4. Flores RM, Alam N. Video-assisted thoracic surgery lobectomy (VATS), open thoracotomy, and the robot for lung cancer. *Ann Thorac Surg*. 2008;85Suppl2:710-5.
5. Denlinger CE, Fernandez F, Meyers BF, Pratt W, Zoole JB, Patterson GA, et al. Lymph node evaluation in video-assisted thoracoscopic lobectomy versus lobectomy by thoracotomy. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:1730-5.
6. Whitson BA, Andrade RS, Boettcher A, Bardales R, Kratzke RA, Dahlberg PA, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery is more favorable than thoracotomy for resection of clinical stage I non-small cell lung cancer. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1965-70.
7. Scott WJ, Allen MS, Darling G, Meyers B, Decker PA, Putnam JB, et al. Video-assisted thoracic surgery versus open lobectomy for lung cancer: A secondary analysis of data from the American College of Surgeons Oncology Group Z0030 randomized clinical trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139:976-83.

8. Nakano T, Endo S, Endo T, Otani S, Tsubochi H, Yamamoto S, et al. Surgical outcome of video-assisted thoracoscopic surgery vs. thoracotomy for primary lung cancer >5 cm in diameter. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;21:428-34.
9. Swanson SJ, Meyers BF, Gunnarsson CL, Moore M, Howington JA, Madaus MA, et al. Video-assisted thoracoscopic lobectomy is less costly and morbid than open lobectomy: A retrospective multiinstitutional data base analysis. *Ann Thorac Surg.* 2012;93:1027-32.
10. Remy-Jardin M, Remy J. Spiral CT angiography of the pulmonary circulation. *Radiology.* 1999;212:615-36.
11. Ikeda N, Yoshimura A, Hagiwara M, Akata S, Saji H. Three dimensional computed tomography lung modeling is useful in simulation and navigation of lung cancer surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;19:1-5.
12. Watanabe S, Arai K, Watanabe T, Koda W, Urayama H. Use of three-dimensional computed tomographic angiography of pulmonary vessels for lung resections. *Ann Thorac Surg.* 2003;75:388-92.
13. Fukuhara K, Akashi A, Nakane S, Tomita E. Preoperative assessment of the pulmonary artery by three-dimensional computed tomography before video-assisted thoracic surgery lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;34:875-7.
14. Akiba T, Marushima H, Harada J, Kobayashi S, Morikawa T. Importance of preoperative imaging with 64-row three-dimensional multidetector computed tomography for safer video-assisted thoracic surgery in lung cancer. *Surg Today.* 2009;39:844-7.
15. De Leyn P, Doooms C, Kuzdzal J, Lardinois D, Passlick B, Rami-Porta R, et al. Preoperative mediastinal lymph node staging for non small cell lung cancer: 2014 update of the 2007 ESTS guidelines. *Trans Lung Cancer Res.* 2014;3:225-33.
16. Lardinois D, de Leyn P, van Schil P, Rami-Porta R, Waller D, Passlick B, et al. ESTS guidelines for intraoperative lymph node staging in non-small cell lung cancer. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30:787-92.
17. Hagiwara M, Shimada Y, Kato Y, Nawa K, Makino Y, Furumoto H, et al. High-quality 3-dimensional image simulation for pulmonary lobectomy and segmentectomy: Results of preoperative assessment of pulmonary vessels and short-term surgical outcomes in consecutive patients undergoing video-assisted thoracic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;46:e120-6.
18. Shimizu K, Nakano T, Kamiyoshihara M, Takeyoshi I. Segmentectomy guided by three-dimensional computed tomography angiography and bronchography. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;15:194-6.
19. Oizumi H, Kanauchi N, Kato H, Endoh M, Suzuki J, Fukaya K, et al. Anatomic thoracoscopic pulmonary segmentectomy under 3-dimensional multidetector computed tomography simulation: A report of 52 consecutive cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;141:678-82.
20. Whitson BA, Groth SS, Andrade RS, Madaus MA, Habermann EB, D'Cunha J. Survival after lobectomy versus segmentectomy for stage I non-small cell lung cancer: A population-based analysis. *Ann Thorac Surg.* 2011;92:1943-50.
21. Berry MF. Role of segmentectomy for pulmonary metastases. *Ann Cardiothorac Surg.* 2014;3:176-82.
22. Berry MF, Onaitis MW, Tong BC, Harpole DH, D'Amico TA. A model for morbidity after lung resection in octogenarians. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;39:989-94.
23. Gossot D, Ramos R, Brian E, Raynaud C, Girard P, Strauss C. A totally thoracoscopic approach for pulmonary anatomic segmentectomies. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2011;12:529-32.
24. Ohtaki Y, Shimizu K. Anatomical thoracoscopic segmentectomy for lung cancer. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;62:586-93.
25. Yang Q, Xie B, Hu M, Sun X, Huang X, Guo M. Thoracoscopic anatomic pulmonary segmentectomy: A 3-dimensional guided imaging system for lung operations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;23:183-9.
26. Onuki T, Kanzaki M, Kikkawa T, Isaka T, Sakamoto K, Oyama K, et al. New findings on the three-dimensional anatomical relation between the bronchi and pulmonary blood vessels at the pulmonary hilum. *Clin Anat.* 2015;28:506-11.
27. Hanna JM, Berry MD, D'Amico TA. Contraindications of video-assisted thoracoscopic surgical lobectomy and determinants of conversion to open. *J Thorac Dis.* 2013;5Supl3:182-9.
28. McKenna RJ, Houck W, Fuller CB. Video-assisted thoracic surgery lobectomy: Experience with 1,100 cases. *Ann Thorac Surg.* 2006;81:421-5.
29. Walker WS, Codispoti M, Soon SY, Stamenkovic S, Carnochan F, Pugh G. Long-term outcomes following VATS lobectomy for non-small cell bronchogenic carcinoma. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23:397-402.
30. Kajiwaru N, Akata S, Hagiwara M, Yoshida K, Kato Y, Kakihana M, et al. High-speed 3-dimensional imaging in robot-assisted thoracic surgical procedures. *Ann Thorac Surg.* 2014;97:2182-4.