



TERMOABLACIÓN DE NÓDULOS PULMONARES: TÉCNICA, INDICACIONES Y COMPLICACIONES

Irene Pérez Saus, Miguel Villar García, Enrique Marcos Naranjo, Mónica Campos Pérez, Manuel Martínez Villalba, Gloria Giraldo Alfaro, Isabel Esther Lizaran Parra, Hugo José Castellanos Tinojo

Complejo Hospitalario Universitario de Albacete, Albacete

1. OBJETIVOS DOCENTES

- Descripción de las técnicas ablativas térmicas para el tratamiento del nódulo pulmonar
- Revisión de las principales indicaciones, el protocolo de seguimiento, los cambios evolutivos esperables postprocedimientos así como sus complicaciones ulteriores

2. REVISIÓN DEL TEMA

A. INTRODUCCIÓN. TÉCNICAS DE PERCUTÁNEAS DE ABLACIÓN

Se entiende por ablación a la aplicación de un tratamiento químico o térmico en lesiones tumorales localizadas, con objeto de su destrucción total o parcial.

El desarrollo de las técnicas percutáneas de ablación tumoral guiadas por imagen ha sido uno de los principales avances en el tratamiento de tumores malignos.

En la actualidad se disponen de numerosos métodos, que clásicamente se han clasificado según su mecanismo de acción, en dos grandes categorías: las técnicas térmicas y las técnicas químicas (Figura 1) [1]. Aunque esta clasificación podría verse modificada con la aparición de nuevos procedimientos como la electroporación irreversible.

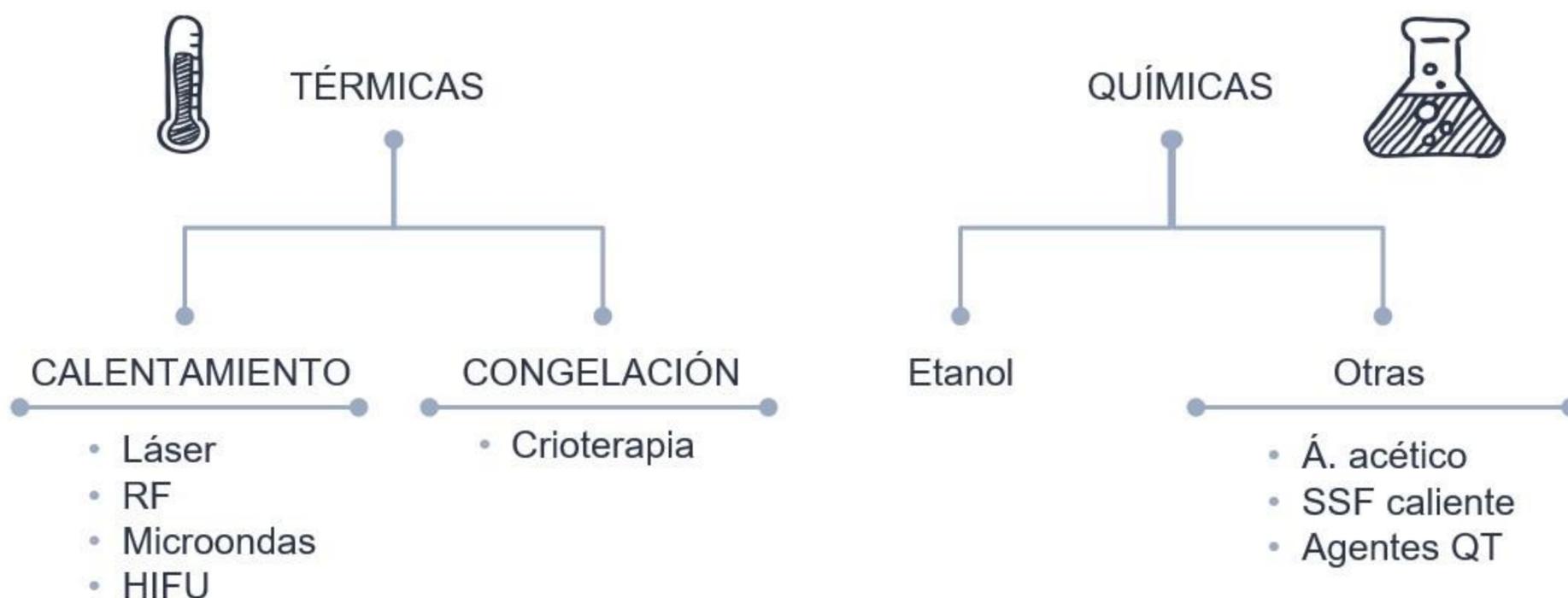


Figura 1. Esquema clásico que recoge las principales técnicas de ablación tumoral.

De entre todas estas técnicas, las más ampliamente utilizadas en el tratamiento de tumores pulmonares son las técnicas térmicas o de termoablación, dentro de las que destacan la radiofrecuencia (RF), las microondas y la crioterapia.

El principio básico que siguen es el de la aplicación de energía térmica; ya sea en forma de frío, como en el caso de la crioablación, o de calor, como en el caso de las microondas y la RF.

I. Técnicas de termoablación tumoral

RADIOFRECUENCIA

La radiofrecuencia consiste en la generación de ondas electromagnéticas (radioondas) a una frecuencia aproximada de unos 200-1200 MHz, producidas por el paso de una corriente alterna a través de un electrodo (que generalmente se encuentra en el extremo de la aguja que se inserta en el tejido a tratar). Las radioondas interactúan con los canales iónicos de la membrana, que se resisten al paso de energía, lo que resulta en un proceso de agitación iónica y fricción molecular, que de forma secundaria inducirá un aumento de temperatura intracelular. Si se alcanza la temperatura adecuada ($>50^{\circ}\text{C}$) durante el tiempo suficiente, se producirá una disfunción de la membrana celular y desnaturalización proteica que finalmente concluirán en una necrosis coagulativa del tejido tratado [2,3].

La radiofrecuencia es actualmente la técnica más conocida, extendida y reproducible. Si bien es cierto, se está viendo relegada a un segundo plano con la aparición de otras técnicas más recientes, que en adelante se describen. Los motivos por los que esto ocurre son los siguientes:

- Alcanzan menores volúmenes de ablación (la zona activa de calor alcanza un radio de 1.5 cm frente a los 2 cm de las microondas).
- Presentan mayor susceptibilidad al “efecto sumidero” (entendiéndose éste como el evento que se produce en el contexto del tratamiento de tumores cercanos a vasos sanguíneos de gran calibre y alto flujo, pues este alto flujo provocaría cierta dispersión del calor, no pudiendo alcanzar la temperatura adecuada y propiciando una menor efectividad del tratamiento)
- Se obtienen peores resultados en tejidos de alta impedancia (al tener un radio tan pequeño de calor activo, la periferia del tumor se necrosa por conducción del calor, por lo que las tasas de ablación completa serían menores en este tipo de tejidos de alta resistencia) [4].

MICROONDAS

Las microondas también se basan en la generación de un campo electromagnético y propagación del mismo por un electrodo, pero esta vez con ondas de mayor frecuencia (aproximadamente entre 900-2500 MHz).

Las moléculas polares se ven obligadas a realinearse continuamente con el campo eléctrico oscilante, aumentando su energía cinética y, por lo tanto, la temperatura de los tejidos (lo que eventualmente conducirá a la necrosis coagulativa de estos) [3,4].

Respecto a la radiofrecuencia, estos últimos presentan mayores volúmenes de ablación. Además, al alcanzar mayores temperaturas se acortan los tiempos de procedimiento. Este tipo de técnica depende menos del fenómeno de conducción del calor por lo que se obtienen mejores resultados en tejidos de alta impedancia y son menos susceptibles al “efecto sumidero”. Como inconvenientes presenta una menor disponibilidad y unos mayores costes [5].

CRIOABLACIÓN

La crioblación es la única técnica térmica que se basa en la congelación de los tejidos para la destrucción de estos [6].

Se basa en el paso de gas Argón a alta presión a través de un electrodo que provoca el enfriamiento de la antena metálica, que por conducción a los tejidos induce la formación de cristales de hielo intracelulares. Seguidamente, la liberación de gas Helio provoca el calentamiento de la zona, sucediéndose así una serie de ciclos de congelación-descongelación que conducirán finalmente a la muerte celular.

Esta técnica alcanza unos mayores volúmenes de ablación con respecto a la RF, preservando además la red de colágeno y la arquitectura celular (lo que sería interesante en los tumores cercanos a bronquios principales). Al utilizar una fuente de enfriamiento, ejerce cierto efecto analgésico (útil en el tratamiento de tumores cercanos a la pleura).

Otra ventaja con respecto al resto de técnicas es que podría considerarse un potencial detector precoz de progresión tumoral. Cuando se trata un tejido con una técnica de ablación, se esperan una serie de cambios reactivos a la misma. Pues bien, se ha visto que la involución de estos cambios inflamatorios se resolvería más tempranamente en el caso de la crioterapia, por lo que si nos encontramos ante un paciente con una recidiva esta se detectaría más precozmente en los subsiguientes controles [7].

II. Selección de la técnica de termoablación

Todos los métodos descritos con anterioridad son adecuados para la ablación de tumores pulmonares. No obstante, existirán determinados factores que harán más apropiado el uso de uno u otro, como son la localización del tumor, las dimensiones de este y las comorbilidades que pueda presentar el paciente.

La localización es el factor más determinante a la hora de decantarse por una determinada técnica ablativa. En los tumores periféricos o con extensión pleural y/o a la pared torácica, debido a sus propiedades analgésicas, la crioablación constituiría la técnica más adecuada. También se preferiría en el caso de tumores cercanos a la vía aérea central, puesto que es capaz de lograr daño celular con preservación de la matriz extracelular de colágeno (reduciendo las tasas de complicaciones como las estenosis bronquiales). Por otro lado, en tumores cercanos a los grandes vasos mediastínicos, la opción más adecuada parece encontrarse en las microondas, al verse menos influenciado por el “efecto sumidero” [7].

El tamaño tumoral también debe tenerse en cuenta, puesto que las microondas consiguen mayores volúmenes ablativos con menores tiempos de procedimiento.

Las comorbilidades del usuario pueden limitar el uso de algunas técnicas. Por ejemplo, en el caso de pacientes portadores de marcapasos sería conveniente el uso de microondas frente a la RF [8], debido a una mayor tasa de interferencias con el dispositivo por parte de los parches dispersores utilizados en esta última. En el caso de pacientes con enfisema severo y/o fibrosis, debería evitarse la crioablación por su mayor riesgo hemorrágico, siendo más adecuado el uso de microondas o RF por su efecto de cauterización.

B. PROCEDIMIENTO

I. Manejo pre-procedimiento

Antes de realizar cualquier procedimiento de termoablación es mandatorio el adecuado manejo previo, individualizándolo según las características y los factores de riesgo del paciente. La necesidad de profilaxis antibiótica y el manejo de la anticoagulación deberán ser atendidas convenientemente por el equipo de Anestesiología, puesto que este tipo de intervención conlleva alto riesgo de sangrado. El grado de sedación del paciente también deberá estudiarse previamente atendiendo al confort y grado de cooperación que se alcance con el paciente, así como a las características propias del tumor (tamaño, dificultad técnica...).

Sería conveniente disponer de una prueba de imagen reciente, generalmente una tomografía computarizada (TC) torácica, que sirva al equipo de Radiodiagnóstico como estudio de planificación. Con ella se determinará el tipo de técnica ablativa, la vía de acceso adecuada y el posicionamiento más adecuado del paciente, entre otras cosas [9,10].

II. Descripción del procedimiento

Según las características del tumor, se posicionará al paciente de la forma en la que se encuentre una mayor accesibilidad de la tumoración (decúbito supino, decúbito lateral...). Se realizará una TC convencional de planificación, con objeto de localizar el nódulo y con ayuda de un marcador radioopaco sobre el torso del paciente (generalmente agujas hipodérmicas) se realizará el marcaje del punto percutáneo de acceso.

A continuación, se cumplirán con las medidas de esterilidad que acompañan a cualquier técnica invasiva (povidona yodada sobre pared costal, uso de paños estériles, esterilidad del operador con el uso de guantes y bata...).

Tras el uso de anestésico local, se realizará una pequeña incisión sobre la pared costal y se introducirá el electrodo cuidadosamente y guiándonos con controles seriados de TC (cuya adquisición se limitará a la zona del tumor). Es importante tener en cuenta la distancia del nódulo al punto de acceso percutáneo, así como la angulación más adecuada para alcanzar el mismo (figura 2) [11,12].

En tumores subpleurales es mejor la punción tangencial a la pleura para anclar adecuadamente el electrodo al parénquima pulmonar. En lesiones de localización más central el dispositivo se posicionará paralelo a las estructuras broncovasculares. En el caso de que nuestro objetivo se encuentre cerca de estructuras críticas se pueden intentar maniobras de termoprotección complementarias como el neumotórax iatrogénico o la hidrodisección [13].

Para considerar que el tratamiento se ha aplicado correctamente se deberá conseguir la termoablación de la tumoración, así como de al menos 10 mm de tejido sano circundante (margen de seguridad). La presencia de un halo en vidrio deslustrado mayor de 5 mm se ha considerado un signo indirecto precoz de éxito en la aplicación de la terapéutica termoablativa.

El paciente no debería abandonar el servicio de Radiodiagnóstico sin una prueba de imagen postprocedimiento, que asegure la ausencia de complicaciones precoces.

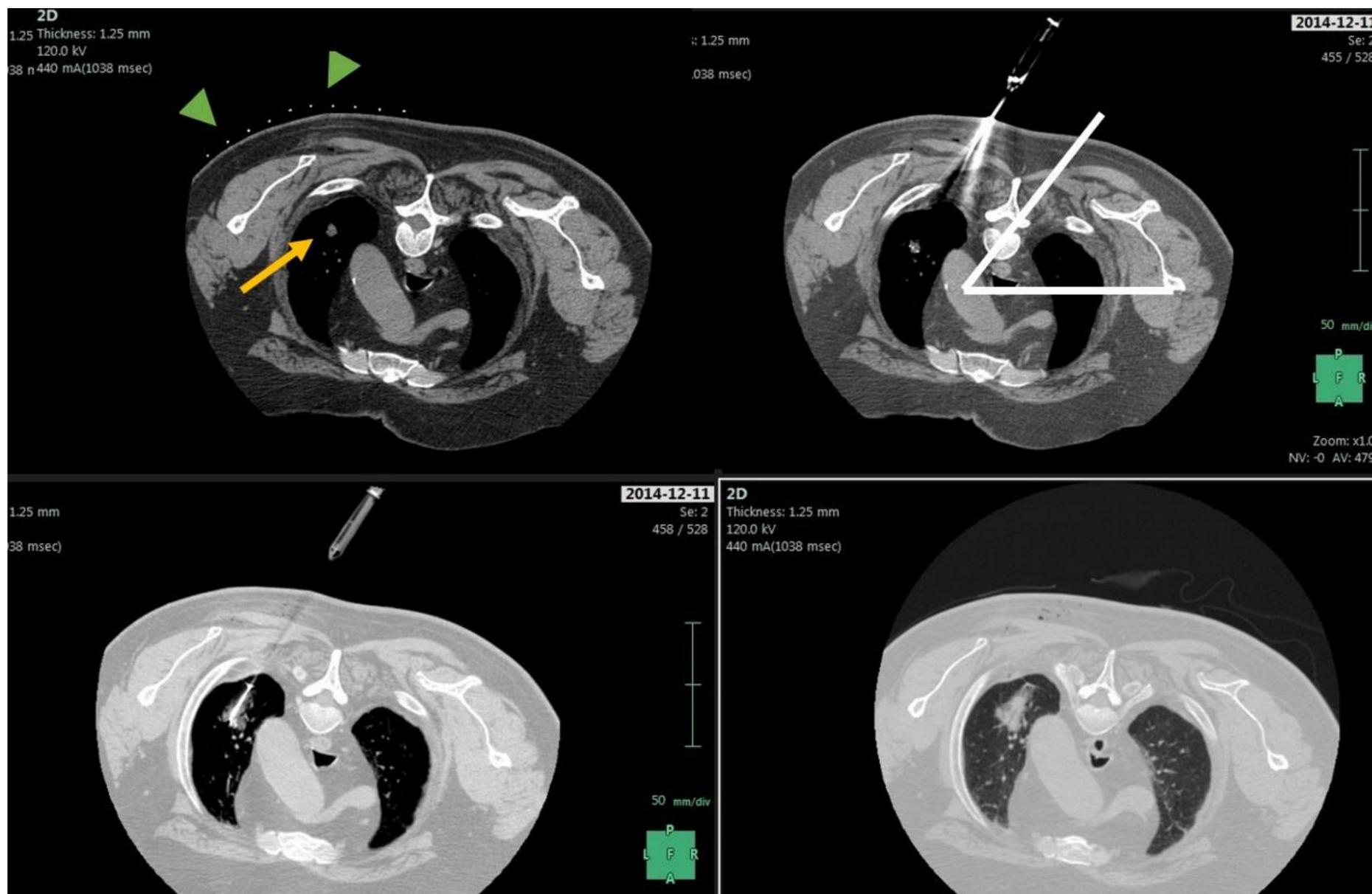


Figura 2. Planificación y ablación de un nódulo pulmonar en segmento superior del lóbulo inferior izquierdo. La tumoración (flecha amarilla) se presentaba más accesible en decúbito prono. Sobre la vertiente posterior del torso del paciente, se visualizan los marcadores radioopacos (agujas hipodérmicas) utilizados como guía visual para el marcaje percutáneo de la zona de acceso (imagen 1, cabezas de flecha verdes). Se calculó la angulación que el electrodo debía seguir para alcanzarse la tumoración (imagen 2). La aplicación de microondas induce cambios inflamatorios sobre el tejido circundante, que se visualizan como áreas en vidrio deslustrado (imágenes 3 y 4).

III. Manejo post-procedimiento

Es importante la monitorización estrecha las primeras horas tras el procedimiento. De esta manera, el paciente quedará ingresado con indicación de reposo y dieta absoluta durante las primeras 8h, con toma de constantes vitales periódica. Durante estas primeras horas se colocará al paciente en decúbito lateral ipsilateral al pulmón tratado, con objeto de prevenir la formación de neumotórax.

La observación hospitalaria tendrá una duración promedio de 24-48h, según el estado del paciente. Se recomienda la realización de una prueba de imagen (generalmente una radiografía de tórax) a las 4h después de la ablación, con objeto de identificar complicaciones inmediatas como neumotórax o derrame pleural. Será conveniente además repetirla antes de que se produzca el alta del paciente [14].

C. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES

I. Indicaciones

Las indicaciones actuales de la termoablación percutánea pulmonar en tumores primarios son:

- Pacientes con cáncer pulmonar de células no pequeñas (CPCNP) en estadio la con contraindicación para la cirugía o médicamente inoperable.
- Recurrencia local irresecable de un CPCNP o recurrencia tras otras líneas de tratamiento (cirugía o radioterapia).
- Paciente con CPCNP múltiples y sincrónicos.
- En combinación con inhibidores de la tirosinkinasa para el control del volumen tumoral residual.

En cuanto a la enfermedad oligometastásica, las indicaciones están menos protocolizadas y aunque no existe un consenso entre las diferentes guías disponibles, este tipo de tratamientos son una excelente opción en pacientes de alto riesgo quirúrgico. Se podrán aplicar siempre que el paciente presente no más de 4-5 lesiones por pulmón, con un diámetro máximo de hasta 3-3.5 cm [9,10,11,14].

II. Contraindicaciones

Las contraindicaciones absolutas para este tipo de procedimientos van a ir en relación con el estatus basal del paciente: enfermedad pulmonar severa (enfisema pulmonar grave, pulmón único...) o proceso bronconeumónico activo, esperanza de vida menor de 3 meses, pacientes con un ECOG mayor de 2 o la presencia de una coagulopatía incorregible.

Las características de la tumoración son las que condicionarán las contraindicaciones, ya sea por su tamaño o estadiaje tumoral o por la cercanía a estructuras críticas como a grandes vasos o al hilio pulmonar (<1 cm) [9,10,11,14].

D. SEGUIMIENTO

I. Protocolo de seguimiento

El seguimiento con pruebas de imagen resulta vital para este tipo de pacientes. Inicialmente, por la necesidad de detección de complicaciones que requieran un tratamiento específico y a largo plazo para localizar posibles recidivas tumorales.

No existe un protocolo estandarizado y actualmente existen diferentes guías. Unas proponen una monitorización simple con TC mientras que otros abogan por el seguimiento combinado con TC y tomografía por emisión de positrones (PET-TC). La CIRSE en su última actualización recomienda el siguiente esquema: TC torácico sin contraste seguido de la administración de contraste (con adquisición en fase venosa) a 1, 3, 9, 12, 18, 24 meses; y anualmente tras este periodo [9,10].

II. Cambios evolutivos esperables

Los cambios evolutivos que acontecen al tejido tratado con técnicas termoablativas se van a dividir en tres fases, según el tiempo de evolución [14,15,16,17].

FASE TEMPRANA (24h a 1 semana)

La zona de ablación presentará un patrón en anillos concéntricos, cada uno de los cuales representará un estado histológico distinto. Existirá un área de consolidación central que se corresponderá con la necrosis inducida por el procedimiento (y que incluirá el tejido tumoral y el margen de seguridad de tejido sano tratado), rodeado por dos anillos de vidrio deslustrado; uno más interno (más tejido necrótico) y otro más externo y denso (que traducirá cierto grado de edema pulmonar y hemorragia alveolar). Es importante conocer que el volumen de la zona de ablación será más grande que el tumor primario, sin que eso se traduzca en un crecimiento tumoral, y que esta continuará aumentando durante las primeras 24 horas (figura 3).

La captación de contraste deberá ser menor que aquella objetivada en el tumor inicial, aunque puede existir cierto ribete de captación periférica de carácter reactivo (siempre que sea < 5 mm y de bordes suaves).

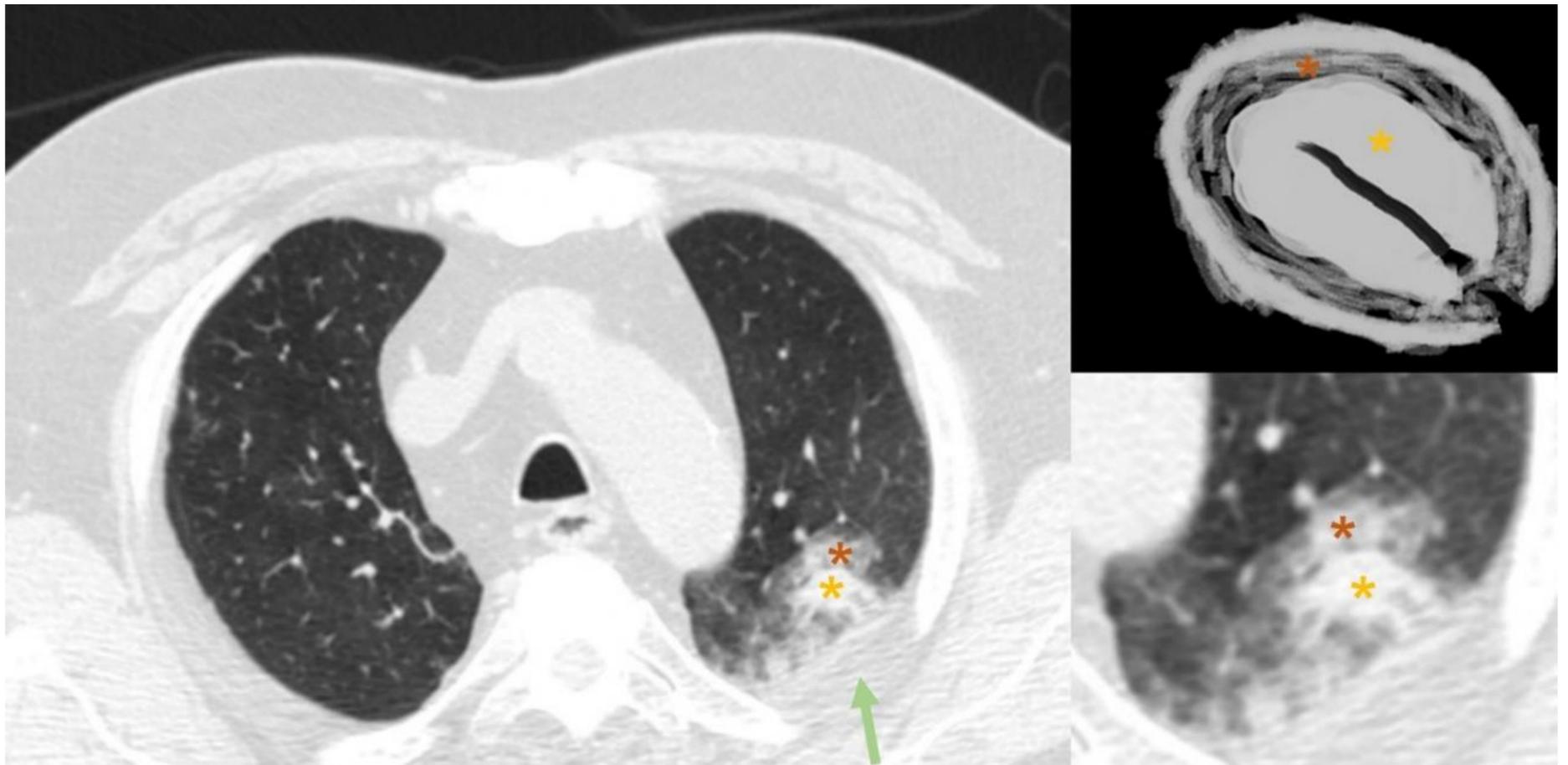


Figura 3. TC torácico con contraste intravenoso en fase venosa (corte axial) en el control a las 24h del caso anterior. Se aprecia una imagen central sólida consolidativa (asterisco amarillo) que se corresponde con el área tratada, rodeada por un halo de vidrio deslustrado (asterisco naranja) que traduce cierto grado de edema/hemorragia parenquimatosa. Como complicación puede observarse una pequeña lámina de derrame pleural (flecha verde).

FASE INTERMEDIA (1 semana a 2 meses)

Las zonas de vidrio deslustrado van a sufrir una involución progresiva durante los siguientes meses. Por otro lado, en la zona más central de la lesión, podrá aparecer un área de cavitación que traducirá una respuesta positiva al tratamiento. Aunque exista cierto grado de regresión del edema parenquimatoso y la inflamación, la zona de ablación continuará siendo de mayor tamaño que la tumoración inicial.

Es común el engrosamiento de la pleura adyacente, que se correspondería con el punto de entrada del electrodo en la cavidad pleural. La aparición de realce nodular central mayor de 10 mm y/o 15 UH durante esta fase es sugestivo de progresión o de ablación incompleta.

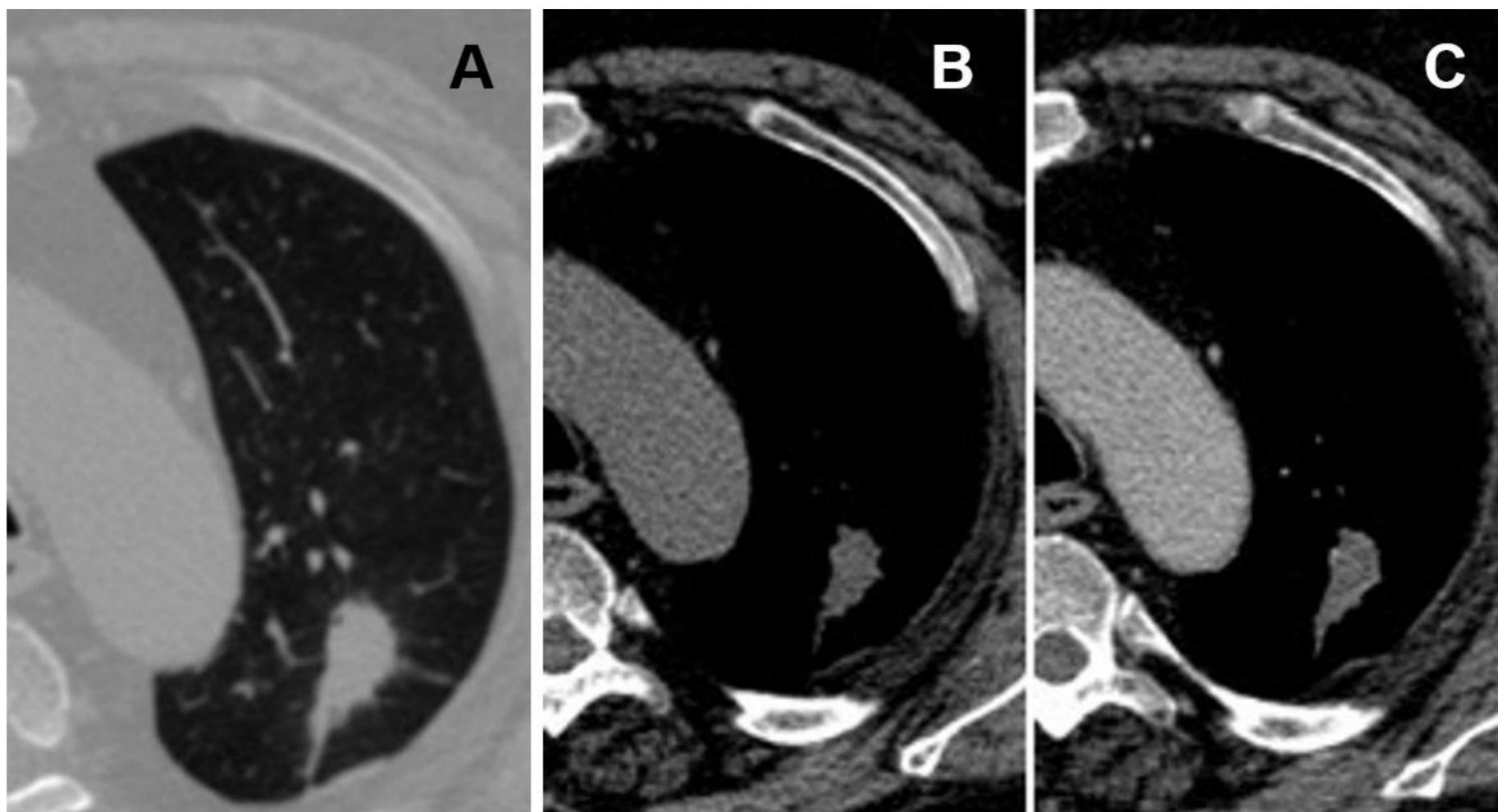


Figura 4. TC torácico sin contraste intravenoso (imágenes A y B) y con contraste intravenoso en fase venosa (imagen C) en paciente con tumoración tratada en LSI. En la imagen A, del control al mes, se aprecia un área de consolidación sin el patrón en vidrio deslustrado perilesional característico de la fase temprana. La zona no presenta captación de contraste, existiendo un diferencial <15 UH entre la TC sin contraste y la TC con contraste.

FASE TARDÍA (más allá de los 2 meses)

Los hallazgos presentes en las fases anteriores prácticamente se resuelven o mejoran notablemente, persistiendo únicamente una zona de cicatriz parenquimatosa (de morfología lineal o nodular) o bien una cavitación de paredes finas. A partir de los 6 meses dichos cambios cicatriciales deberán ser de menor tamaño que el tumor inicial.

Alrededor de los 3 meses puede existir un aumento paradójico de la captación de contraste respecto a la fase intermedia. Esto se correlaciona con el restablecimiento de la microcirculación dentro del tejido lesionado, no debiendo tomarse como un signo precoz de recidiva. Después de los 6 meses la captación debe ir disminuyendo y no sobrepasar este patrón de captación transitorio de los 3 meses.

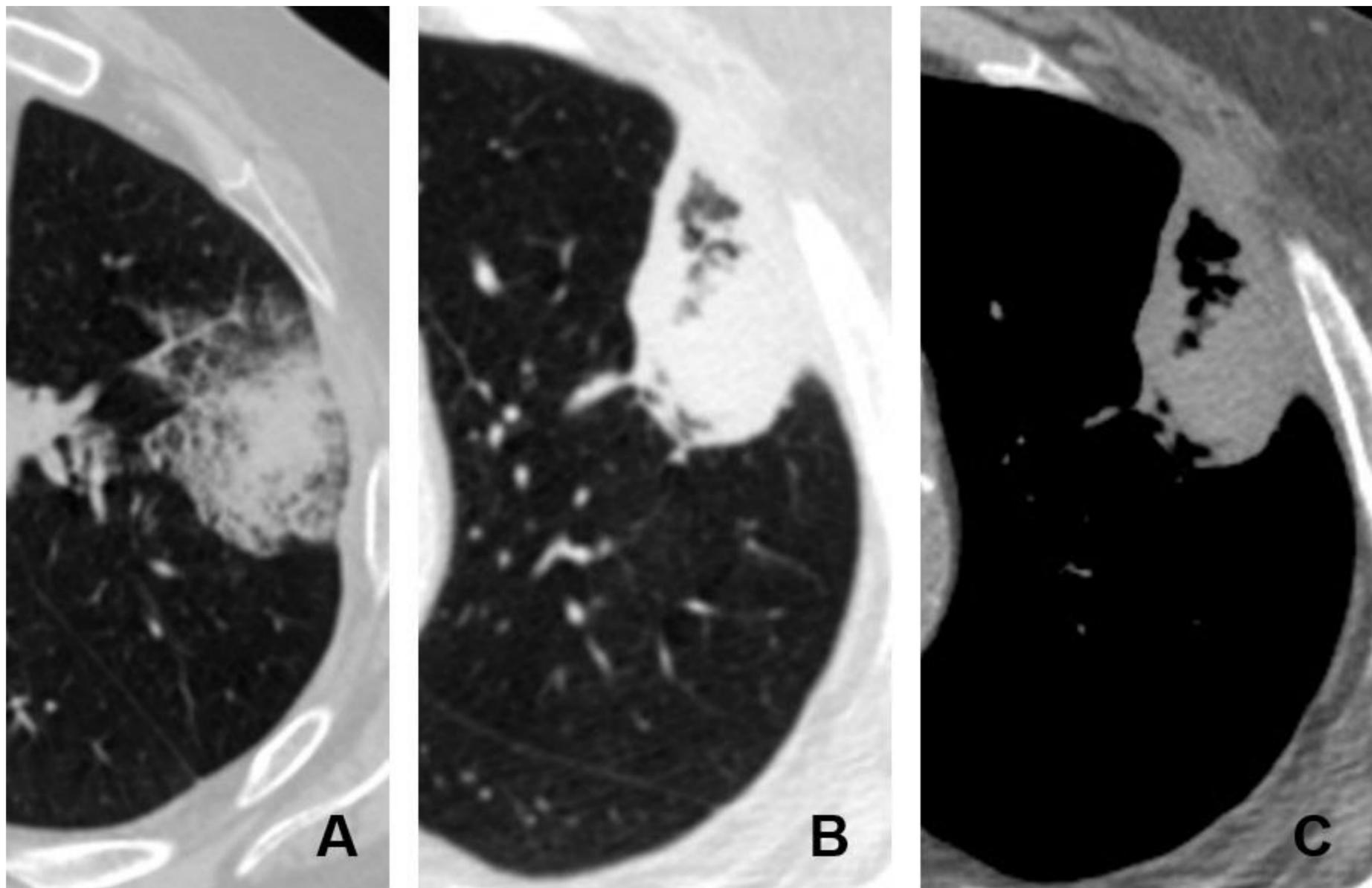


Figura 5. TC torácico con contraste intravenoso en fase venosa (corte axial) en paciente con tumoración tratada en LSI. En la imagen A, del control inmediato, se aprecia un área de vidrio deslustrado y engrosamiento septal correspondiente al edema/hemorragia alveolar postprocedimiento. En los siguientes controles (imágenes B y C) se aprecia una resolución de estos hallazgos, así como el inicio de un área de cavitación excéntrica a la consolidación central.

E. COMPLICACIONES

A pesar de que son relativamente frecuentes, con una incidencia aproximada del 50-60%, la mayoría son de carácter leve y autolimitadas [14,15,16,17].

I. Complicaciones pleurales (figura 6)

- Neumotórax. Es la complicación más frecuente y generalmente asintomática, pero es importante su seguimiento con radiografías seriadas para la detección de aquellos que persistan y requieran drenaje.
- Hemotórax. Es una complicación rara que debe tenerse en cuenta ante todo derrame pleural rápidamente progresivo, que en ocasiones se asociará a hipotensión arterial.

- Fístula broncopleural. Con una incidencia menor del 1%, se manifiesta como un neumotórax persistente más allá de las 4 semanas. Suelen resolverse espontáneamente y su riesgo aumenta si se realiza ablación del trayecto del electrodo.
- Empiema.

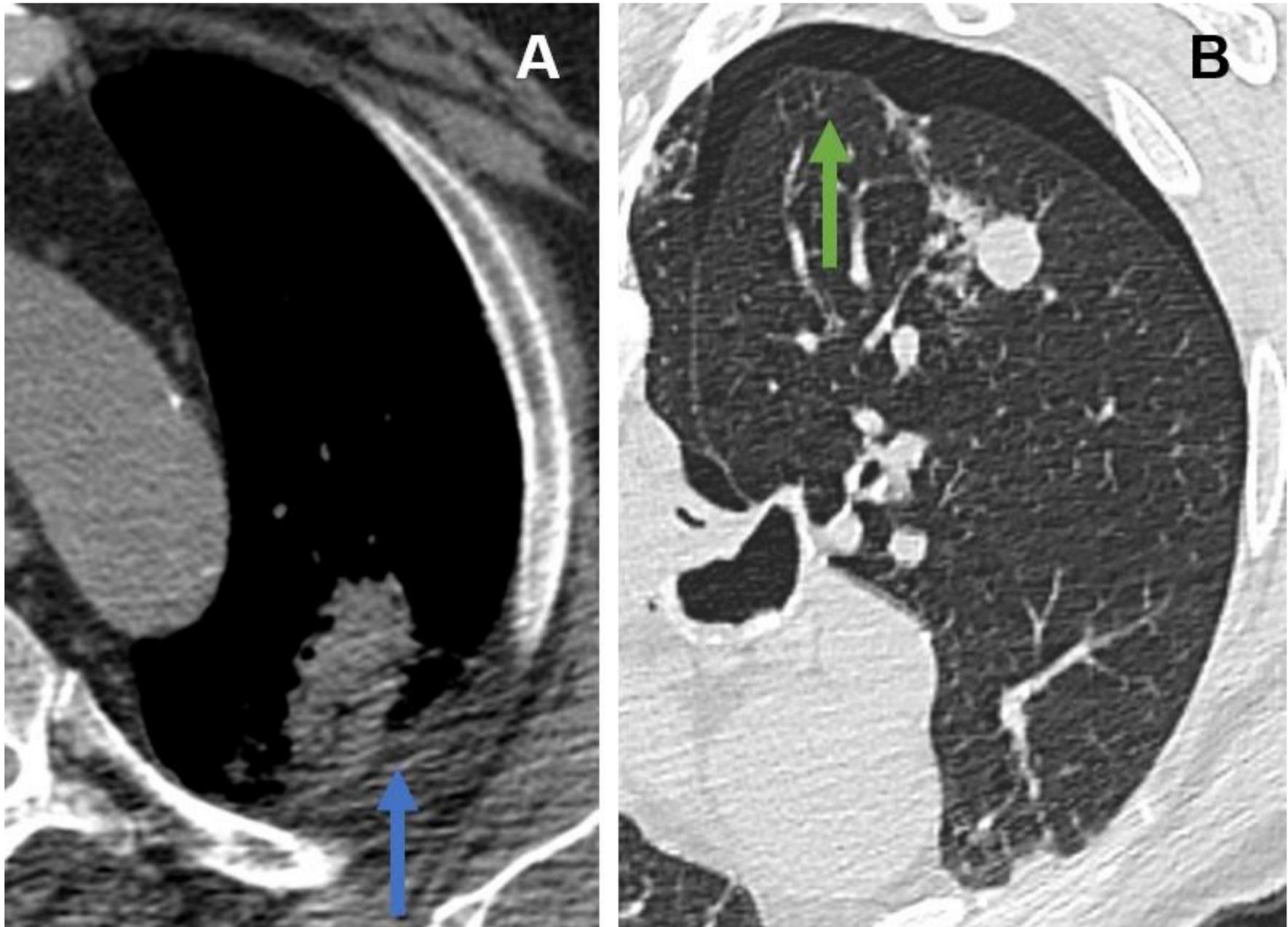


Figura 6. Ejemplos de complicaciones más frecuentes tras la aplicación de una terapia ablativa. En la imagen A se puede ver una lámina de derrame pleural adyacente a la tumoración (flecha azul). En la imagen B se aprecia una cámara de neumotórax (flecha verde).

II. Complicaciones parenquimatosas

- Hemorragia intraparenquimatosa. Suele ser leve y limitada a la periferia del área tratada, asociando hemoptisis solo en una mínima proporción de los casos.
- Proceso bronconeumónico.
- Neumonitis. Complicación rara, más propia del tratamiento radioterápico.

III. Complicaciones de pared torácica

- Neuropatía. Es muy poco frecuente y está condicionada por el daño de algún nervio intercostal, frénico o del plexo braquial.
- Enfisema subcutáneo. De carácter autolimitado, suele desaparecer en las subsiguientes semanas de forma espontánea. En ocasiones se asocia a neumoperitoneo.
- Embolia gaseosa. Complicación extremadamente rara (<1%) que se produce ante la comunicación de una vena pulmonar con la vía aérea.
- Siembra tumoral del trayecto del electrodo. Con la ablación del trayecto disminuye el riesgo, pero esta acción no es recomendable al aumentar el riesgo de desarrollo de una fístula broncopleurales.

3. CONCLUSIONES

Las técnicas de termoablación pulmonar son una alternativa segura y con una baja tasa de complicaciones, excelente para el tratamiento del CPCNP precoz, de las metástasis pulmonares y sobre todo de los pacientes con alto riesgo quirúrgico.

Su aplicación debe ser discutida previamente a través de un comité multidisciplinar, capaz de determinar el manejo más adecuado del paciente individualizando el caso.

Es importante el conocimiento de los cambios evolutivos esperables del tejido tratado con objeto de una rápida y efectiva detección de signos precoces de recurrencia/recidiva tumoral.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmed M, Brace CL, Lee FT, Goldberg SN. Principles of and Advances in Percutaneous Ablation. Radiology. febrero de 2011;258(2):351-69.
2. Plasencia Martínez JM. Radiofrecuencia pulmonar (parte 1): Estado actual. Radiología. julio de 2015;57(4):275-86.
3. Luna FV. Ablación tumoral percutánea guiada por imágenes. 2020;24.
4. Vogl T, Nour-Eldin N-E, Albrecht M, Kaltenbach B, Hohenforst-Schmidt W, Lin H, et al. Thermal Ablation of Lung Tumors: Focus on Microwave Ablation. Fortschr Röntgenstr. septiembre de 2017;189(09):828-43.



5. Aufranc V, Farouil G, Abdel-Rehim M, Smadja P, Tardieu M, Aptel S, et al. Percutaneous thermal ablation of primary and secondary lung tumors: Comparison between microwave and radiofrequency ablation. *Diagnostic and Interventional Imaging*. diciembre de 2019;100(12):781-91.
6. Zhang Y-S, Niu L-Z, Zhan K, Li Z-H, Huang Y-G, Yang Y, et al. Percutaneous imaging-guided cryoablation for lung cancer. *J Thorac Dis*. octubre de 2016;8(S9):S705-9.
7. Hinshaw JL, Lubner MG, Ziemlewicz TJ, Lee FT, Brace CL. Percutaneous Tumor Ablation Tools: Microwave, Radiofrequency, or Cryoablation—What Should You Use and Why? *RadioGraphics*. septiembre de 2014;34(5):1344-62.
8. Hidalgo A, Guerra JM, Gallego O, Franquet T. Ablación mediante microondas de metástasis pulmonar de sarcoma en paciente portador de marcapasos. *Radiología*. marzo de 2014;56(2):171-4.
9. Venturini M, Cariati M, Marra P, Masala S, Pereira PL, Carrafiello G. CIRSE Standards of Practice on Thermal Ablation of Primary and Secondary Lung Tumours. *Cardiovasc Intervent Radiol*. mayo de 2020;43(5):667-83.
10. Genshaft SJ, Suh RD, Abtin F, Baerlocher MO, Dariushnia SR, Devane AM, et al. Society of Interventional Radiology Quality Improvement Standards on Percutaneous Ablation of Non-Small Cell Lung Cancer and Metastatic Disease to the Lungs. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. agosto de 2021;32(8):1242.e1-1242.e10.
11. Páez-Carpio A, Gómez FM, Isus Olivé G, Paredes P, Baetens T, Carrero E, et al. Image-guided percutaneous ablation for the treatment of lung malignancies: current state of the art. *Insights Imaging*. diciembre de 2021;12(1):57.
12. Plasencia Martínez JM. Radiofrecuencia pulmonar (Parte 2): procedimiento y seguimiento. *Radiología*. julio de 2015;57(4):287-302.
13. Garnon J, Cazzato RL, Caudrelier J, Nouri-Neuville M, Rao P, Boatta E, et al. Adjunctive Thermoprotection During Percutaneous Thermal Ablation Procedures: Review of Current Techniques. *Cardiovasc Intervent Radiol*. marzo de 2019;42(3):344-57.
14. Robert Sheu Y, Hong K. Percutaneous Lung Tumor Ablation. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*. diciembre de 2013;16(4):239-52.
15. Das JP, Barry C, Schöder H, Camacho JC, Ginsberg MS, Halpenny DF. Imaging following thermal ablation of early lung cancers: expected post-treatment findings and tumour recurrence. *Clinical Radiology*. noviembre de 2021;76(11):864.e13-864.e23.
16. Smith SL, Jennings PE. Lung radiofrequency and microwave ablation: a review of indications, techniques and post-procedural imaging appearances. *BJR*. febrero de 2015;88(1046):20140598.



17. Carrafiello G, Laganà D, Mangini M, Fontana F, Dionigi G, Boni L, et al. Microwave tumors ablation: Principles, clinical applications and review of preliminary experiences. International Journal of Surgery. 2008;6:S65-9.
18. Chheang S, Abtin F, Guteirrez A, Genshaft S, Suh R. Imaging Features following Thermal Ablation of Lung Malignancies. Semin Intervent Radiol. 28 de mayo de 2013;30(02):157-68.