



Ablación por radiofrecuencia percutánea de tumores pulmonares

Estándar del procedimiento

1. Concepto y descripción

El desarrollo de técnicas percutáneas guiadas por imagen para la ablación local de tumores ha sido uno de los principales avances en el tratamiento de tumores malignos. Estos métodos incluyen la Radiofrecuencia (ARF), crioablación, ablación por microondas, por láser, alcoholización etc. De ellos, la ARF es el más habitualmente usado en pulmón.

La ablación es preferible realizarla con anestesia general e intubación endotraqueal (que permite un mejor control respiratorio) ya que la sedación profunda puede producir dolor y tos que hacen difícil o imposible el procedimiento.

2. Indicaciones

1. **Cáncer de pulmón (excepto el de células pequeñas).** Como tratamiento curativo en tumores pulmonares primarios, en aquellos pacientes no candidatos a cirugía (EPOC severo, insuficiencia cardíaca) o la rechazan.

Se recomienda tratar tumores primarios en estadio I e, idealmente, menores a 3 cms.

2. **Metástasis pulmonares.** Como tratamiento paliativo en pacientes con progresión tumoral tras intervención quirúrgica y comorbilidad asociada (EPOC,

insuficiencia cardiaca, enfermedad extrapulmonar), o tras mala respuesta a la quimioterapia o radioterapia.

En caso de metástasis bilaterales, se recomienda tratar en una sesión sólo los tumores de un pulmón, esperando 3-4 semanas para tratar las lesiones del pulmón contralateral.

Se recomienda limitar a un máximo de 5 metástasis por pulmón e, idealmente, inferiores a 3 cms.

En el tratamiento de metástasis pulmonares se puede utilizar el “test del tiempo” consistente en que en aquellos pacientes a los que se va a realizar metastasectomía quirúrgica, realizar previamente ARF como medida de control local y esperar varias semanas; en caso de que en este tiempo no aparezcan nuevas metástasis y haya control local de las tratadas, se puede evitar la cirugía (44%), y en caso de que aparezcan nuevas lesiones se realizará metastasectomía quirúrgica de éstas (56%).

Los mejores índices de ablación completa se obtienen con tumores de menos de 3 cm. en su eje mayor. Sin embargo, se pueden tratar tumores de mayor tamaño realizando ablaciones solapadas o con sistemas de agujas como electrodos de tipo “pararaguas” que abren hasta 7 cms., sistemas de perfusión de suero fisiológico a través de las agujas durante el calentamiento y que mejoran la conductividad térmica o mediante ablación con microondas.

3. Contraindicaciones

a. Absolutas

Coagulopatía no corregible (Plaquetas<50.000/mm³; Actividad de Protrombina<50%).

b. Relativas

1. Los resultados son peores conforme aumenta el tamaño y el estadiaje tumoral.
2. Los tumores localizados próximos al pericardio y aorta pueden tratarse aunque hay mayor riesgo de complicaciones. Como maniobra de protección se puede provocar un

neumotórax que separe el tumor de dichas estructuras creando un margen de seguridad.

3. También los tumores próximos al hilio pueden tratarse aún a riesgo de provocar hemoptisis masiva; como maniobra de protección puede embolizarse la arteria pulmonar durante la ablación.

4. Pacientes con enfisema severo, fibrosis pulmonar o con un solo pulmón pueden tratarse mediante ARF aunque hay mayor riesgo de complicaciones intraoperatorias y empeoramiento de su función respiratoria a largo plazo.

4.- Requisitos estructurales

a. Personal

- Médico responsable

La ARF es una intervención percutánea de riesgo guiada por técnicas de imagen, por lo que debe ser realizada por un profesional médico con experiencia. La realización de este tipo de procedimientos requiere que el médico responsable tenga al menos la siguiente capacitación:

- Médico especialista.
- Haber realizado al menos 3 meses de formación en procedimientos guiados por tomografía computarizada (TC), formación que debe incluir la realización de al menos 25 procedimientos de punción percutánea guiada por TC de los cuales, al menos 15 deberán haber sido como primer operador.
- Haber realizado al menos 3 meses de formación en la técnica de imagen utilizada para guiar el procedimiento (TC).

El médico responsable del procedimiento deberá tener conocimientos suficientes sobre:

- Indicaciones y contraindicaciones de la intervención
- Anatomía y fisiología pulmonar
- Las complicaciones y su manejo

- Técnicas de resucitación cardiopulmonar
- Interpretación, proceso y manejo de las diferentes técnicas de imagen requeridas para guiar el procedimiento.
- Radioprotección, siendo recomendable el nivel 2.
- Farmacología de los medios de contraste y manejo de sus complicaciones.
- Las diferentes opciones de tratamiento radiológico y no radiológico

El profesional que dirija este tipo de procedimientos deberá mantener su competencia en la realización practicando al menos 10 procedimientos anuales. En caso de pérdida de la competencia, es imprescindible realizar un periodo de reciclaje con supervisión.

- Otro personal médico

Al ser la ablación térmica un procedimiento doloroso y con potenciales complicaciones graves es necesaria la presencia de un médico especialista en Anestesiología durante la intervención.

En procedimientos de gran complejidad, la colaboración de un segundo médico puede ser necesaria. Igualmente, es pertinente la presencia de otros médicos para cumplir con los requisitos de la formación de residentes o de otros especialistas.

- Personal sanitario auxiliar

- Al ser un procedimiento que se realiza bajo sedación profunda o anestesia general con intubación, se requiere la presencia de uno o dos enfermeros que deberán ocuparse de los cuidados del paciente previos y posteriores al procedimiento, de monitorizarlo y prestar ayuda en caso de complicaciones.

- También se requiere la presencia de un técnico en Radiodiagnóstico encargado de la manipulación de la TC.

b. Medio físico

La ablación por RF se realiza con control de TC, por lo que la máquina debe ser suficientemente avanzada siendo útil que lleve incorporada fluoroscopia y que tenga capacidad de reconstrucción multiplanar “in vivo”.

Asimismo, la sala donde se realice el procedimiento debe ser tecnológicamente avanzada para garantizar el éxito de la intervención y contar con:

- Aparato de anestesia que debe estar chequeado periódicamente para garantizar su correcto funcionamiento
- Equipo de resucitación cardiopulmonar con idénticos requisitos.
- Carro de medicamentos para anestesia general, sedación profunda, antibioterapia, resucitación cardio-pulmonar, etc. según las indicaciones realizadas por el servicio de Anestesiología.
- Un área apropiada para preparar al paciente y para observación después del procedimiento. Esta área debe contar con personal y equipo capacitado para resolver cualquiera de las posibles complicaciones agudas.
- Equipo para tratamiento de neumotórax.
- Apoyo por parte de un equipo quirúrgico en caso de complicaciones agudas graves.

c. Material

- *Material general para cualquier punción percutánea:* agujas, punta de bisturí, anestésico local (si se realiza el procedimiento con sedación profunda), antisépticos locales, etc.
- *Material de conservación de muestras, en caso de realizar PAAF/biopsia pre-ablación,* según las indicaciones del servicio de Anatomía Patológica.
- *Electrodos-agujas para realizar la ablación.* La elección de un determinado modelo será en función de las características del tumor.

El tamaño de los electrodos varía habitualmente entre 14-15G , pueden ser monopolares o bipolares y tener diferentes diseños:

- Electrodo monopolar: un solo electrodo-aguja activo aplica la corriente alterna conectado a la fuente de calor, y para cerrar el circuito eléctrico se colocan “parches” en las piernas del paciente que cierran el circuito.
- Electrodo bipolar: hay dos electrodos-aguja activos que se colocan en proximidad.
- Electrodo expansible “en paraguas”: Hay un electrodo-aguja principal del que salen diferentes agujas a modo de “paraguas” que transmiten el calor y que se expanden hasta un diámetro seleccionado.
- Electrodo internamente enfriados: el electrodo-aguja tiene una luz interna que se perfunde con solución salina, la cual no entra en contacto con el tejido tumoral
- Electrodo perfundido: la punta del electrodo-aguja tiene pequeñas aberturas que permiten la salida al tejido tumoral de una solución salina, la cual favorece la transmisión de la electricidad.

5. Descripción del procedimiento y sus variables

La ARF consiste en la aplicación por un electrodo-aguja de 14-15G de una corriente alterna electromagnética a un tejido que provoca una agitación de los iones tisulares y produce calor por fricción; el efecto inmediato a nivel celular es su necrosis por coagulación. Esta corriente está suministrada por un generador que suministra 375-500 MHz y la temperatura ideal para conseguir el efecto son 90°C-120°C.

Este electrodo-aguja se colocará en el tumor durante la cirugía (abierto o por laparoscopia), o con control de técnicas de imagen, fundamentalmente la TC.

Para conseguir una ablación completa es necesario tratar un margen de ablación tumoral de al menos 1 cm. mayor al diámetro tumoral.

Además del tamaño, el contacto del tumor con vasos de más de 3 mm incide negativamente en su necrosis por el “efecto sumidero del calor”. La oclusión del vaso previo a la ablación (con catéter-balón o coils) facilita la necrosis, si bien, esta maniobra no siempre es bien tolerada por los pacientes.

6. Cuidado del paciente

a. Antes del procedimiento

1.- *Consentimiento informado.* Tras la toma de decisión por el equipo multidisciplinar, el médico responsable debe citar previamente al paciente para explicarle el procedimiento, sus riesgos y beneficios así como otras opciones terapéuticas.

Se debe disponer de una hoja de consentimiento informado que el paciente debe conocer y firmar antes de la intervención.

2.-*Evaluación preoperatoria.* El paciente debe ser sometido a una evaluación preanestésica por un médico especialista que garantice la normalidad de parámetros analíticos, bioquímicos y de coagulación, el conocimiento de la historia y antecedentes clínicos, la existencia de alergias a fármacos o medios de contraste, la medicación habitual del paciente, etc. y que ponga los medios adecuados para minimizar el riesgo de complicaciones. La antibioterapia previa al procedimiento no será obligatoria sino a discreción del equipo médico.

3.- *Planificación del procedimiento.* Los médicos que van a realizar la intervención deben disponer de todas las imágenes adquiridas al paciente (o solicitarlas en caso contrario hasta completar la evaluación pre-tratamiento) para planificar correctamente el tratamiento.

b. Durante el procedimiento

El paciente debe estar monitorizado.

Deben seguirse las más estrictas medidas de asepsia.

La punción de la lesión se realiza con guía de tomografía computarizada. Se tomarán las medidas necesarias para que la exposición del personal y del paciente a las radiaciones ionizantes sean lo más bajas posibles, siguiendo el criterio ALARA.

c. Después del procedimiento

Valoración postprocedimiento INMEDIATA:

1. Los pacientes deben permanecer en reposo absoluto durante el ingreso, con toma de constantes cada 8 horas y a dieta absoluta hasta 8 horas post-intervención.

2. En caso de no ocurrir complicaciones, los pacientes se podrán ir de alta a las 24-48 horas, permaneciendo en observación hospitalaria durante ese tiempo.
3. La administración de antibioterapia pre- y postintervención será a discreción del servicio de quien esté a cargo el paciente.
4. La tolerancia al procedimiento es muy buena incluso respecto a la función respiratoria (hasta en pacientes con neumonectomía y un volumen espiratorio forzado durante el primer segundo $< 0,8$ l/s).

Valoración postprocedimiento NO inmediata:

En general se usa la TC torácica (sin y con contraste i.v.) como técnica de seguimiento tras ablación. En los primeros días post-ablación suele aparecer un área en vidrio deslustrado rodeando al tumor tratado (correspondiente con edema, necrosis o hemorragia) y neumotórax que podrían provocar un error de interpretación respecto al índice de necrosis tumoral.

Debe realizarse un primer TC de control a las 3-4 semanas post-procedimiento. En los tumores pulmonares el índice de realce intratumoral no es un buen indicador para la detección de restos/recidivas locales tumorales, de ahí que esta técnica se base en otros criterios morfológicos como son el tamaño, para valorar el índice de necrosis tumoral. Como durante los primeros meses lo habitual es un “aumento paradójico” del área tumoral tratada (debido a que se trata el tumor con un margen de seguridad sobreañadido), tampoco el tamaño es un indicador de necrosis tumoral. Por ello, lo que se suele hacer es tomar el primer TC post-ARF a las 3-4 semanas como referencia para valorar estos cambios morfológicos (tamaño y captación de contraste) en los sucesivos controles.

En un intento de solucionar estas deficiencias de la TC para valorar la eficacia local del procedimiento se están empezando a utilizar otras técnicas como la RM por difusión y, principalmente, la TC-PET secuencial. Con esta última técnica, la captación < 3 de 18-fluor-2-deoxyglucosa (FDG) por el tumor o sus metástasis respecto a un estudio basal podría ser más fiable que con TC. Hay que tener en cuenta en los primeros meses las captaciones debidas a actividad inflamatoria post-ablación.

Como protocolo de seguimiento: realizar una exploración de referencia al mes. Repetir la misma técnica a 3-6-9-12 meses durante el primer año tras la ablación y posteriormente a intervalos de 6 meses durante 3 años. El seguimiento más intensivo durante el primer año se debe a la mayor frecuencia de recidivas locales durante este periodo.

7. Informe

Se deberá incluir una hoja de enfermería donde se reflejen las incidencias ocurridas durante la intervención.

Se anotará en la historia clínica del paciente la descripción de la intervención, los materiales empleados y las complicaciones si las hubiera, así como las instrucciones post-intervención.

Al alta del paciente se adjuntará un informe de la intervención donde se hagan constar: hallazgos en las técnicas de imagen, descripción del procedimiento, materiales empleados, resultado inicial, complicaciones e instrucciones al paciente para los días posteriores.

8. Complicaciones

La incidencia de complicaciones menores es del 50%, y mayores del 8%.

- La mayoría de pacientes experimentan un síndrome post-ablación durante los siguientes 2-7 días consistente en dolor, disnea y fiebre que se maneja de manera conservadora.

- Neumotórax. Aparece hasta en el 50% de los casos y hasta un 30% no requieren tratamiento. Aproximadamente un 30% requieren aspiración durante el procedimiento y sólo un 4%-15% requerirán mantener el catéter de aspiración tras el mismo.

Factores de riesgo son los tumores más centrales (con mayor recorrido de la aguja durante la ablación) y mayor número de tumores tratados, mientras que la cirugía del pulmón previa parece proteger de esta complicación.

La incidencia de neumotórax de repetición es del 10%, de los que menos del 2% requerirán drenaje.

- Enfisema subcutáneo. Es muy infrecuente (15%) y puede aparecer asociado a neumoperitoneo. Aparece tras tratamiento de tumores adheridos a pleura o tras la aparición de una fístula bronquial. Suele desaparecer espontáneamente en varias semanas (tan sólo casos anecdóticos requerirán “sellarlo” con fibrina o con intubación endotraqueal del pulmón contralateral).

- Hemoptisis. Aparece hasta en un 15% de los casos y generalmente es autolimitada en 2-7 días. Puede ser severa en tumores próximos al hilio o como consecuencia de un pseudoaneurisma de una rama arterial pulmonar (en cuyo caso requerirán de embolización).

- Infección. Aparecen neumonías o abscesos hasta en un 6 % de los procedimientos. Son factores de riesgo la radioterapia previa y el EPOC. Aunque no hay evidencia de que la profilaxis antibiótica esté indicada, la mayoría de equipos la suelen realizar.

- Diseminación por el tracto de la aguja.- Es anecdótica (0,2%) y, a diferencia de la realizada en otros órganos, la ablación en retirada de la aguja (para prevenir esta complicación) no está recomendada por el riesgo de provocar una fístula broncopleurales.

- Neuropatía. por lesión del nervio intercostal tras el tratamiento de tumores adheridos a la pleura. Provoca parestesias y dolor torácico, generalmente autolimitado. También se puede lesionar el nervio frénico (cuando el tumor está próximo al corazón/mediastino, provocando disnea por parálisis diafragmática) y el plexo braquial (cuando el tumor se localiza en el vértice pulmonar, provocando parestesias o parálisis del brazo).

La realización de un neumotórax artificial como maniobra de protección puede evitar esta complicación.

- Embolismo por microburbujas aéreas. Ha sido detectado mediante ecografía-Doppler durante la ablación, y es asintomático (sólo se ha detectado un caso de infarto cerebral).

- Derrame pleural. Hasta en un 13%, de escasa cuantía y autolimitado.

- Mortalidad. Hasta el 2,5%, en pacientes con neumonectomía previa.

9. Control de calidad

Carcinoma de pulmón

a.- Resultados

Deberá obtenerse respuesta objetiva en, al menos, el 80% de tumores de menos de 2 cms. durante el primer año de seguimiento.

Para tumores de 3-5 cms. debe obtenerse la necrosis en el 40%,y solo del 10% en los tumores de más de 5 cms.

b.- Supervivencia

En cualquier cáncer de pulmón en estadio I (excepto el de células pequeñas) tratado mediante ablación la supervivencia media debe ser de 25 meses, con supervivencias a 1, 3 y 5 años del 75%, 35% y 25% respectivamente. En tumores con tamaño < 3cms se mejora la supervivencia alcanzando el 45% a 5 años. La asociación de radioterapia mejora aún más la supervivencia.

Metástasis pulmonares

a.- Resultados

Los resultados de control local son similares a los del cáncer primario de pulmón.

b.- Supervivencia

La supervivencia también depende de diferentes factores como son el tamaño, número, localización, repetición de los procedimientos, existencia de metástasis extrapulmonares y quimioterapia administrada. La supervivencia media debe ser a los 1, 2 y 5 años del 90%, 65% y 55% respectivamente.

10. Bibliografía recomendada

1. Ahmed M, Liu Z, Afzal KS. Radiofrequency ablation: effect of surrounding tissue composition on coagulation necrosis in a canine tumor model. Radiology. 2004; 230:761–7.

2. Miao Y, Ni Y, Bosmans H. Radiofrequency ablation for eradication of pulmonary tumor in rabbits. *J Surg Res.* 2001; 99:265–71.
3. Hakime H, Hines-Peralta A, Peddi H. Combination of radiofrequency ablation with antiangiogenics therapy for tumor ablation efficacy: study in mice. *Radiology.* 2007; 244:464–70.
4. de Baere T, Palussiere J, Auperin A. Mid-term local efficacy and survival after radiofrequency ablation of lung tumors with a minimum follow-up of 1 year: prospective evaluation. *Radiology.* 2006; 240:587–96.
5. Lee JM, Han JK, Chang JM. Radiofrequency ablation in pig lungs: in vivo comparison of internally cooled, perfusion and multitined expandable electrodes. *Br J Radiol.* 2006; 79:562–71.
6. Hoffmann RT, Jakobs TF, Lubienski A. Percutaneous radiofrequency ablation of pulmonary tumors—is there a difference between treatment under general anaesthesia and under conscious sedation? *Eur J Radiol.* 2006; 59:168–74.
7. Yasui K, Kanazawa S, Sano Y. Thoracic tumors treated with CT-guided radiofrequency ablation: initial experience. *Radiology.* 2004; 231:850–7.
8. Lee JM, Jin GY, Goldberg SN. Percutaneous radiofrequency ablation for inoperable non-small cell lung cancer and metastases: preliminary report. *Radiology.* 2004; 230:125–34.
9. Gillams AR, Lees WR. Radiofrequency ablation of lung metastases: factors influencing success. *Eur Radiol.* 2008; 18: 672–7.
10. Bojarski JD, Dupuy DE, Mayo-Smith WW. CT imaging findings of pulmonary neoplasms after treatment with radiofrequency ablation: results in 32 tumors. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;185:466–71.
11. Jin GY, Lee JM, Lee YC. Primary and secondary lung malignancies treated with percutaneous radiofrequency ablation: evaluation with follow-up helical CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2004;183:1013–20.
12. Okuma T, Matsuoka T, Yamamoto A. Assessment of early treatment response after CT-guided radiofrequency ablation of unresectable lung tumours by diffusion-weighted MRI: a pilot study. *Br J Radiol.* 2009; 82:989–94.
13. Beland MD, Wasser EJ, Mayo-Smith WW, Dupuy DE. Primary non-small cell lung cancer: review of frequency, location, and time of recurrence after radiofrequency ablation. *Radiology.* 2010; 254:301–7.
14. Zhu JC, Yan TD, Morris DL. A systematic review of radiofrequency ablation for lung tumors. *Ann Surg Oncol.* 2008; 15:1765–74.
15. Nguyen CL, Scott WJ, Young NA. Radiofrequency ablation of primary lung cancer: results from an ablate and resect pilot study. *Chest.* 2005;128:3507–11
16. Hiraki T, Sakurai J, Tsuda T. Risk factors for local progression after percutaneous radiofrequency ablation of lung tumors: evaluation based on a preliminary review of 342 tumors. *Cancer.* 2006; 107:2873–80.
17. Lencioni R, Crocetti L, Cioni R. Response to radiofrequency ablation of pulmonary tumours: a prospective, intention-to-treat, multicentre clinical trial (the RAPTURE study). *Lancet Oncol.* 2008; 9:621–8.
18. Anderson EM, Lees WR, Gillams AR. Early indicators of treatment success after percutaneous radiofrequency of pulmonary tumors. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2009; 32:478–83.

19. Shiono S, Ishii G, Nagai K. Predictive factors for local recurrence of resected colorectal lung metastases. *Ann Thorac Surg.* 2005; 80:1040–5.
20. Brace CL, Hinshaw JL, Laeseke PF. Pulmonary thermal ablation: comparison of radiofrequency and microwave devices by using gross pathologic and CT findings in a swine model. *Radiology.* 2009; 25:705–11.
21. Wolf FJ, Grand DJ, Machan JT. Microwave ablation of lung malignancies: effectiveness, CT findings, and safety in 50 patients. *Radiology.* 2008; 247:871–9.
22. Hiraki T, Gobara H, Takemoto M. Percutaneous radiofrequency ablation combined with previous bronchial arterial chemoembolization and followed by radiation therapy for pulmonary metastasis from hepatocellular carcinoma. *J Vasc Interv Radiol.* 2006; 17:1189–93.
23. Anai H, Uchida BT, Pavcnik D. Effects of blood flow and/or ventilation restriction on radiofrequency coagulation size in the lung: an experimental study in swine. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006; 29:838–45.
24. Steinke K, Arnold C, Wulf S, Morris DL. Safety of radiofrequency ablation of myocardium and lung adjacent to the heart: an animal study. *J Surg Res.* 2003; 114:140–5.
25. Iguchi T, Hiraki T, Gobara H. Percutaneous radiofrequency ablation of lung tumors close to the heart or aorta: evaluation of safety and effectiveness. *J Vasc Interv Radiol.* 2007; 18:733–40.
27. Hiraki T, Gobara H, Mimura H. Does tumor type affect local control by radiofrequency ablation in the lungs? *Eur J Radiol.* 2010; 74:136–41.
28. Dupuy DE, Zagoria RJ, Akerley W. Percutaneous radiofrequency ablation of malignancies in the lung. *AJR Am J Roentgenol.* 2000; 174:57–9.
29. Simon CJ, Dupuy DE, Dipetrillo TA. Pulmonary radiofrequency ablation: long-term safety and efficacy in 153 patients. *Radiology.* 2007; 243:268–75.
30. Grieco CA, Simon CJ, Mayo-Smith WW. Percutaneous image-guided thermal ablation and radiation therapy: outcomes of combined treatment for 41 patients with inoperable stage I/II nonsmall-cell lung cancer. *J Vasc Interv Radiol.* 2006; 17:1117–24.
31. Yamakado K, Hase S, Matsuoka T. Radiofrequency ablation for the treatment of unresectable lung metastases in patients with colorectal cancer: a multicenter study in Japan. *J Vasc Interv Radiol.* 2007; 18:393–8.
32. Yan TD, King J, Sjarif A. Percutaneous radiofrequency ablation of pulmonary metastases from colorectal carcinoma: prognostic determinants for survival. *Ann Surg Oncol.* 2006; 13:1529–37.
33. Yoshimatsu R, Yamagami T, Terayama K. Delayed and recurrent pneumothorax after radiofrequency ablation of lung tumors. *Chest.* 2009; 135:1002–9.
34. Radvany MG, Allan PF, Frey WC. Pulmonary radiofrequency ablation complicated by subcutaneous emphysema and pneumomediastinum treated with fibrin sealant injection. *AJR Am J Roentgenol.* 2005; 185:894–8.
35. Abu-Hijleh M, Blundin M. Emergency use of an endobronchial one-way valve in the management of severe air leak and massive subcutaneous emphysema. *Lung.* 2010; 188:253–7.
36. Vaughn C, Mychaskiw G 2nd, Sewell P. Massive hemorrhage during radiofrequency ablation of a pulmonary neoplasm. *Anesth Analg.* 2002; 94:1149–51.

37. Herrera LJ, Fernando HC, Perry Y. Radiofrequency ablation of pulmonary malignant tumors in nonsurgical candidates. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003; 125:929–37.
38. Yamakado K, Takaki H, Takao M. Massive hemoptysis from pulmonary artery pseudoaneurysm caused by lung radiofrequency ablation: successful treatment by coil embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2010; 33:410–2.
39. Hess A, Palussier J, Goyers J. Lung radiofrequency in single lung patients: feasibility, tolerance and efficacy (abstract 1207). In: Paper presented at Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe meeting. 2009.
40. Rose SC, Fotoohi M, Levin DL, Harrell JH. Cerebral microembolization during radiofrequency ablation of lung malignancies. *J Vasc Interv Radiol.* 2002; 13:1051–4.
41. Okuma T, Matsuoka T, Tutumi S. Air embolism during needle placement for CT-guided radiofrequency ablation of an unresectable metastatic lung lesion. *J Vasc Interv Radiol.* 2007;18:1592–4.
42. Jin GY, Lee JM, Lee YC, Han YM. Acute cerebral infarction after radiofrequency ablation of an atypical carcinoid pulmonary tumor. *AJR Am J Roentgenol.* 2004; 182:990–2.
43. Hiraki T, Mimura H, Gobara H. Two cases of needle tract seeding after percutaneous radiofrequency ablation for lung cancer. *J Vasc Interv Radiol.* 2009; 20:415–8.
44. Pua BA, Thornton RH, Solomon SB. Ablation of Pulmonary Malignancy: Current Status. *J Vasc Interv Radiol.* 2010; 21:S223–S232.
45. Hiraki T, Gobara H, Mimura H. Radiofrequency Ablation of Lung Cancer at Okayama University Hospital: A Review of 10 Years of Experience. *Acta Med. Okayama.* 2011; 65:287-97.
46. de Baére T. Lung Tumor Radiofrequency Ablation: Where Do We Stand?. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2011; 34:241–51.
47. Hiraki T, Gobara H, Mimura H. Percutaneous radiofrequency ablation of clinical stage I non–small cell lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011; 1-7.
48. Hiraki T, Gobara H, Shibamoto K. Technique for Creation of Artificial Pneumothorax for Pain Relief during Radiofrequency Ablation of Peripheral Lung Tumors: Report of Seven Cases. *J Vasc Interv Radiol.* 2011; 22:503–6.
49. Rose SC, Dupuy DE, Gervais DA. Research Reporting Standards for Percutaneous Thermal Ablation of Lung Neoplasms. *J Vasc Interv Radiol.* 2009; 20:S474–S485.
50. Sharma A, Abtin F, Shepard JA. Image-guided ablative therapies for lung cancer. *Radiol Clin N Am.* 2012; 50:975-99.
51. 49. Jornet J, Pallardó Y, Revert AJ. Drenaje de neumotórax iatrogénico con catéter de calibre pequeño. *Radiología* 2009; 51:57-62.
52. 50. Ghaye B, Bruyere PJ, Dondelinger RF. Nonfatal systemic air embolism during percutaneous radiofrequency ablation of a pulmonary metastasis. *AJR Am J Roentgenol.* 2006; 187:W327–W328.

Autores

Ponente: Luis Jesús Zurera

Revisión: José Luis del Cura, Elena Escalante, Rocío González, Hortensia Montes, Teresa Moreno.