



SOCIEDAD MEXICANA DE ONCOLOGÍA, A.C.

GACETA MEXICANA DE ONCOLOGÍA

www.elsevier.es



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Ablación por radiofrecuencia percutánea de metástasis pulmonares

Eunice Alejandra Lara-García^{a,*}, Carlos Enrique Rojas-Marín^a, Luis Alfonso Rodríguez-Palomares^a, Adrián José González-Aguirre^b, Esteban Ramírez-Centeno^c y Janin Sebastián-Huerta^c

^a Departamento de Radiodiagnóstico, Área de Radiología Intervencionista, Instituto Nacional de Cancerología, México D.F., México

^b Departamento de Radiología e Imagen Molecular, Área de Radiología intervencionista, Instituto Nacional de Nutrición y Ciencias Médicas "Salvador Zubirán", México D.F., México

^c Residencia del Curso de Alta Especialidad en Radiología intervencionista, Departamento de Radiología e Imagen Molecular, Área de Radiología intervencionista, Instituto Nacional de Cancerología, México D.F., México

PALABRAS CLAVE

Ablación por radiofrecuencia; Metástasis; Aguja; Electrodo; Pulmón; Tumor; México.

Resumen La ablación por radiofrecuencia (ARF) es una alternativa efectiva al tratamiento quirúrgico en pacientes con metástasis pulmonares. La tasa media de ablación completa reportada ha sido del 90% para tumores de 2.2 cm; la sobrevida media de 8.6-33 meses y la sobrevida global del 15%-46% a 3 años.

KEYWORDS

Radiofrequency ablation; Metastases; Probe; Electrode; Lung; Tumor; Mexico.

Percutaneous radiofrequency ablation of lung metastases

Abstract Radiofrequency ablation (RFA) of lung metastases is an effective alternative to surgical resection. The reported median rate of complete ablation is 90% for tumor size of 2.2 cm. The median survival ranged 8.6-33 months and the overall 3-year survival rate ranged 15%-46%.

* Autor para correspondencia: Av. San Fernando N° 22, Colonia Sección XVI, Delegación Tlalpan, C.P. 14080, México D.F., México. Teléfono: (55) 5628 0400, (55) 5655 4766. Celular: 55 9193 7471. Correo electrónico: eunice@ctcardiomexico.com (Eunice Alejandra Lara-García).

Introducción

Después del sistema linfático, los pulmones son el segundo órgano más comúnmente afectado por metástasis de tumores sólidos¹. Se estima que éstas ocurren hasta en el 30% de los pacientes con adenocarcinomas primarios metastásicos. Los tumores que presentan afinidad por la invasión pulmonar incluyen: osteosarcoma, cáncer de colon, cáncer de mama, melanoma y aquellos de cabeza y cuello².

La mayoría de estos pacientes, además, tienen múltiples lesiones pulmonares y/o enfermedad diseminada a otros sitios³. La metastasectomía ha mostrado mejorar la sobrevida libre de enfermedad, en pacientes cuidadosamente seleccionados¹. El Registro Internacional de Metástasis Pulmonares (IRLM, por sus siglas en inglés), un estudio clínico, multicéntrico, reportó el resultado de 5,206 pacientes con metástasis pulmonares tratados con cirugía, en el cual los tumores epiteliales y los sarcomas representaban la mayoría de los casos (43% y 41%, respectivamente), 46% de los pacientes presentaban lesiones únicas y la sobrevida global alcanzada fue de 20%-40% a 5 años⁴.

Los criterios de selección para cirugía incluyen: el control completo del tumor primario, ausencia de enfermedad extratorácica, intervalo largo libre de enfermedad y un número limitado de metástasis pulmonares⁵. De acuerdo con los resultados del IRLM, los factores de mejor pronóstico para la sobrevida en los pacientes que se someten a metastasectomía son: la resección completa, un intervalo libre de enfermedad > 36 meses (del tumor primario a la presentación de las metástasis), una sola metástasis e histología de célula germinal⁵.

Sin embargo, la cirugía requiere que el paciente cuente con suficiente reserva cardiopulmonar y además se asocia a riesgo de morbilidad y recaída⁶.

En pacientes no candidatos a cirugía existen muy pocas opciones terapéuticas. Algunos de ellos son manejados con quimioterapia, siendo la sobrevida a largo plazo no muy alentadora^{5,6}.

La ablación percutánea por radiofrecuencia (ARF) es una modalidad de tratamiento local, mínimamente invasiva, guiada por imagen (en el caso de pulmón, por tomografía), que consiste en la aplicación de energía, en forma de calor (térmica), a través de una aguja (electrodo), la cual se introduce a la lesión blanco y provoca agitación celular con la consecuente desnaturalización y muerte celular. Esta técnica se utiliza para tratar lesiones pulmonares tanto primarias como metastásicas. Además, es una alternativa para aquellos con enfermedad metastásica recidivante, donde una reintervención quirúrgica implica alto riesgo y para quienes no aceptan la cirugía^{1,5}.

Aspectos técnicos

Principios elementales

La técnica de ablación térmica en el pulmón usando RF fue descrita por primera vez en un pulmón animal en 1995, y reportada en pacientes en el 2000⁷.

En la ARF se emplea una corriente alterna de 460-480 Hz. Se aplica una potencia de salida de 10-200W a un electrodo, el cual forma un circuito eléctrico junto con 2-4 parches que se colocan en ambos muslos del paciente. La aplicación

de esta radiofrecuencia (RF), agita los iones del tejido circundante al electrodo provocando que estos fluctúen a altas velocidades, dependiendo de la dirección de la corriente alternante. La fluctuación de los iones es proporcional a la intensidad del campo eléctrico; el campo eléctrico es exponencialmente atenuado dependiendo de la distancia del electrodo. La fluctuación de los iones a alta velocidad genera calor por fricción, y el calor generado da lugar a coagulación tisular⁸⁻¹¹.

Los tejidos biológicos calentados a 50°C o más, por más de 5 minutos sufren necrosis coagulativa. Los tejidos calentados a > 105°C-115°C son carbonizados y generan gas. Es por ello que en la ARF, la temperatura tisular debe oscilar entre 60°C-105°C, idealmente menor de 100°C.

El área de coagulación depende de la forma del electrodo (aguja), de la fuerza de la energía de RF, de la corriente que fluye en determinado tiempo y de la composición de los tejidos adyacentes^{7,9}. La energía de la RF en el pulmón se deposita de forma eficiente, ya que el aire circundante actúa como un aislador (concentrando la energía dentro del tumor), y el alto flujo vascular y el intercambio de aire actúan como una especie de "sifón" lo que llaman *heat skin*, disipando el calor dentro del parénquima normal⁷. Sin embargo, este efecto de "sifón" a la par de ese efecto "protector" del parénquima, también limita el tamaño del margen terapéutico de ablación que rodeará al tumor, margen necesario para prevenir la recurrencia local. El tamaño del volumen de ablación también se encuentra limitado en el pulmón, debido al ambiente de alta impedancia creado por el tejido aireado y pequeñas cantidades de agua por unidad de volumen tisular, si se compara con aquellas de los órganos sólidos. La infusión de solución salina y el uso de diseños de múltiples electrodos activos, ayudan a sortear esta limitante y además promueven la disminución de la alta impedancia y suscitan la conducción de la energía eléctrica^{7,10,11}.

Un sistema cualquiera de RF consiste en un generador de RF, electrodos y almohadillas de tierra (o parches). Existen en el mercado mexicano 3 sistemas de este tipo, sin existir hasta ahora, una ventaja significativa de un dispositivo sobre otro. Este equipo se utiliza tanto para RF de hígado como para pulmón (tabla 1).

Él o los electrodos de la sonda de RF son liberados dentro del tumor para permitir la máxima distribución de la energía. Para controlar el volumen de ablación y limitar el daño a las estructuras circundantes, los 3 sistemas tienen un mecanismo automático de retroalimentación o *feedback* que determinará cuándo terminar el procedimiento. La mayoría de los algoritmos ya vienen elaborados de fábrica. El sistema de Boston y el de ValleyLab[®] están basados en la impedancia, donde el término del tratamiento se encuentra marcado por un incremento específico de ésta. El sistema de RITA se basa en elevación de la temperatura hasta que la temperatura del tumor, alcanza un nivel específico durante un periodo determinado de tiempo^{2,8-10}.

Indicaciones

Las indicaciones para ARF de metástasis pulmonares son similares a aquellas para metastasectomía, sin embargo, la RF habitualmente se reserva para pacientes con alto riesgo quirúrgico. Se considera entonces candidato a RF pulmonar a^{12,13}:

Tabla 1 Sistemas de radiofrecuencia disponibles en México

Elemento	Sistemas disponibles /Fabricante		
	RITA Medical systems (Mountain View, CA, USA)	Boston scientific (Watertown, MA, USA)	Valley lab (Boulder, CO, USA)
Generador	RITA 1500X	RF 3000	Cooltip RF system CCI
Salida	0-150 W	0-200 W	0-200 W
Radiofrecuencia	460 KHz	460 KHz	480 KHz
Parche a tierra	2	4	2 o 4
Parámetros	Impedancia, potencia, tiempo y temperatura	Impedancia, potencia y tiempo	Impedancia, corriente, potencia, tiempo y temperatura
Electrodo	Pieza de liberación manual	LeVeen	Cooltip
Diámetro	14 gauge, 15 gauge (g)	15 -17 g	17-g
Tipo	Expandible (7-9 veces)	Expandible (8,10 o 12 veces)	Única o cluster
Tamaño	Diámetro expandido: 3 cm, 5 cm	Diámetro expandido: 2, 3, 3.5 y 4 cm	Longitud expuesta: Única: 1,2 y 3 cm Cluster: 2.5 cm

Los más empleados en nuestra Institución para pulmón son: RITA y Cool-Tip™.

- Pacientes no candidatos a cirugía o aquellos que la rechazan.
- Cuando todas las lesiones son de tamaño pequeño.
- Las lesiones no *abutting* estructuras mediastinales.
- El tumor primario está controlado o es controlable.
- Número limitado de metástasis.

Independientemente de lo anterior, la decisión de tratar a un paciente con RF se debe tomar de manera multidisciplinaria (cirugía de tórax, oncólogo de tórax, radioterapeuta, neumólogo, anestesiólogo y el radiólogo intervencionista). La evaluación preprocedimiento debe incluir (al igual que en la cirugía), las condiciones cardiopulmonares del paciente y el riesgo de sangrado. Las pruebas de función respiratoria se recomiendan en pacientes con antecedente de cirugía pulmonar o patología pulmonar^{7,14}. Los parámetros de laboratorio deben incluir los tiempos de coagulación, cuenta plaquetaria e INR. Los medicamentos anticoagulantes y antiagregantes plaquetarios deben discontinuarse antes del procedimiento según sea el caso, de 5 hasta 10 días antes. Pacientes con ECOG > 2 no son candidatos al procedimiento. En pacientes con marcapasos se debe considerar el uso de otras alternativas ablativas como la crioablación o microondas.

La tomografía de tórax es el estudio clave para la evaluación pretratamiento de la o las lesiones a tratar, su tamaño, localización y su relación con los vasos y bronquios. Nos permite la planeación del procedimiento y la evaluación inmediata de la respuesta al tratamiento¹⁵. Se debe contar también, idealmente, con un estudio de estadificación, lo más factible es una tomografía de abdomen y pelvis.

La biopsia se recomienda antes del tratamiento, cuando la presentación de las metástasis es atípica.

En base a los estudios publicados, la RFA para metástasis pulmonares se realiza principalmente en: cáncer de colon y recto, cáncer pulmonar, de células renales, melanoma, carcinoma hepatocelular y sarcoma¹⁶⁻²¹. El número máximo de metástasis que pueden ser tratadas aún no se encuentra bien definido. La mayoría de los estudios realizan el tratamiento en pacientes con 5 lesiones o menos⁷ (tabla 2).

La combinación de ARF y cirugía para el tratamiento de mayor número de lesiones en tumores bilaterales, puede ser una opción útil para incrementar la posibilidad de limitación de una enfermedad invasiva²¹. También, por ejemplo, otros proponen la combinación de ARF con quimioterapia sistémica en pacientes con metástasis irsecables de colon y recto²². Sin embargo, las terapias combinadas aún requieren de estudios posteriores para su validación.

Técnica del procedimiento

La ARF debe ser un procedimiento no doloroso, por lo cual es realizado usualmente con anestesia local más sedación consciente o, en algunos casos, con anestesia general. La ventaja de esta última radica en que permite un mejor control de la vía aérea, así como la obtención de apneas cuando se requiere durante el procedimiento, sobre todo durante la colocación de la aguja dentro de la lesión. Sin embargo, tiene la desventaja de incrementar el costo y la duración del procedimiento, así como la exacerbación del neumotórax con ventilación con presión positiva.

La modalidad de imagen guía habitualmente empleada para la ARF es la tomografía por razones ya conocidas (disponibilidad, nos muestra la localización exacta de la lesión y la relación de ésta con nuestro electrodo, se pueden tomar medidas y realizar movimientos de la aguja adecuadamente orientados, etc.). Su limitante es carecer en algunos

Tabla 2 Criterios de selección de pacientes para ARF de metástasis pulmonares

Características de las lesiones	Criterio
Número	< 5 o 6 por hemitórax. Se sugiere no tratar tumores bilaterales en la misma sesión, porque incrementa el riesgo de neumotórax.
Tamaño	< 5 cm
Localización	A > 1 cm de los grandes vasos, bronquios principales, hilio, tráquea, esófago. Evitar aquellas en contacto directo con un vaso > 3 mm o del miocardio.*
Características de la enfermedad	
Control del tumor primario	Debe ser completo.
Enfermedad extratorácica	Debe haber sido tratada o controlada.
Características del paciente	
No candidato a cirugía	Pobre función pulmonar predictora de una FEVI postoperatorio < 40%. Alto riesgo cardiaco u otras comorbilidades. No acepta cirugía.
Tratamientos previos	No candidato o han fallado.
Trastornos irreversibles de la coagulación	Se sugiere sean evitados, incluyendo aquellos con indicación vital de anticoagulación.
Condición clínica inadecuada	Donde el tratamiento ponga en riesgo la vida del paciente, no debe considerarse su realización.

*Se ha reportado como factor predictivo negativo para coagulación completa de la lesión^{23,24}.

casos de tiempo real, pero cuando se cuenta con la modalidad de fluoroscopia, tanto el médico radiólogo como el paciente, deben estar de acuerdo en aceptar la exposición a mayor dosis de radiación. Esta modalidad en tiempo real facilita la colocación del electrodo dentro de la lesión.

Ya en el tomógrafo, la posición del paciente dependerá de la localización de la lesión y del abordaje que permita obtener la distancia más corta a ella desde la pared torácica. Se deberán colocar uno o 2 parches en cada pierna (dependiendo del sistema de RF a emplear), para permitir la puesta a tierra. Es preciso cerciorarse de la buena adhesión de los parches a la piel, ya que si esto no sucede, la corriente de energía se concentrará en los márgenes de los parches y esto puede ocasionar quemaduras²⁵.

En nuestra Institución, el sitio de entrada en la piel se marca con un objeto metálico pequeño (por ejemplo, *clip*) y se realizan cortes para corroborar la situación. En base al *clip*, se decide si la aguja entrará en su borde medial, lateral, superior, inferior o punto medio. Se infiltra con lidocaína al 2% en piel y en plano muscular hasta antes de tocar la pleura. Se realiza una pequeña incisión con hoja de bisturí en la piel, para que la aguja electrodo no tenga dificultad para entrar. La aguja se avanza en dirección a la lesión y su situación se corrobora realizando cortes de tomografía con el FOV cerrado, que incluya los márgenes de la lesión. Una vez corroborada la localización de la aguja dentro del tumor en al menos 2 planos (reconstrucción multiplanar, MPR), se aplica la energía recomendada por el algoritmo de ablación de tejido pulmonar.

El objetivo técnico de la ARF es alcanzar la necrosis coagulativa del tumor y dejar un anillo de 0.5-1 cm de "margen quirúrgico".

Complicaciones

La ARF se considera un procedimiento relativamente seguro, con una morbilidad global, relacionada al procedimiento en el rango del 15.2%-55.6% (media de 35.7%) y un rango de mortalidad entre 0%-5.6%²⁶. Las complicaciones que se presenten dentro de los primeros 30 días posteriores al procedimiento, aún pueden estar relacionadas con él²⁷.

Algunos pacientes pueden presentar dolor leve a moderado e incluso elevación de la temperatura (como resultado de liberación de citocinas y mediadores de respuesta inflamatoria), durante o inmediatamente después del procedimiento. El neumotórax y el derrame pleural son las complicaciones más frecuentes durante la RF, presentándose en cerca del 40% de los casos y en algunos de ellos necesitarán la colocación de tubo pleural (hasta en el 30%)^{1,8,27}. La aspiración manual del neumotórax, durante la ablación puede ser de utilidad principalmente para aquellos neumotórax moderados para evitar la coagulación excesiva del parénquima atelectásico durante la aplicación de energía. Es posible que el neumotórax se vuelva a formar posteriormente. Un neumotórax tardío o persistente puede indicar la presencia de fístula broncopleural a lo largo del trayecto coagulado de salida, producido con el mismo electrodo. Por ello, algunos recomiendan realizar una zona de ablación en la vía de acceso, pero ésta debe limitarse a 2-3 cm por fuera del tejido ablatido, lo cual no sólo minimizaría el riesgo de

fístula broncopleural sino también el de sangrado y de siembra^{8,28}.

La hemorragia pulmonar ocurre alrededor del 7%-8% de los casos, asociándose en la minoría de los casos a hemoptisis. Si ésta se presenta durante el procedimiento, siempre que el paciente permanezca estable, no es indicación para suspenderlo. Otras complicaciones pueden ser: neumonía, absceso pulmonar y exacerbación de enfermedad pulmonar obstructiva crónica^{1,8,26-28}. Hay que recordar que todas aquellas complicaciones que resulten en incapacidad permanente del paciente, hospitalización prolongada y muerte deben ser consideradas mayores.

Resultados y efectividad

La tasa media de ablación completa reportada es del 90% para tumores de 2.2 cm con una alta variabilidad, desde 38%-97% tanto para lesiones primarias como metastásicas. La sobrevida media va de 8.6-33 meses y la sobrevida global del 15%-46% a 3 años^{26,29}.

Se ha demostrado que lesiones > 3 cm se asocian de forma independiente con disminución de la sobrevida global ($p < 0.003$)³⁰.

Uno de los reportes iniciales de sobrevida a largo plazo fue el de Simon et al., quienes evaluaron una cohorte mixta de 153 pacientes con metástasis pulmonar de cáncer colorrectal y carcinoma de células no pequeñas. La sobrevida global a 1, 2, 3, 4 y 5 años para aquellos con cáncer primario ($n=75$) fue 78%, 57%, 36%, 27% y 27%, respectivamente, y para aquellos con metástasis fueron 87%, 78%, 57%, 57% y 57%. La sobrevida fue mayor para tumores menores de 3 cm ($p < 0.002$)³¹. El estudio RAPTURE (por sus siglas en inglés), sobre la evaluación de la respuesta de tumores pulmonares posterior a ARF fue un estudio prospectivo, de un solo brazo, con intención a tratar, multicéntrico, que involucró a 7 países de Europa, Estados Unidos y Australia, dirigido por Leoinci et al.³², en el cual se incluyeron a 106 pacientes con 183 tumores, no candidatos a cirugía o no aptos para quimioterapia ni radioterapia. Del total de lesiones, 33 fueron carcinoma de células no pequeñas (CCNP), 55 metástasis de colon y recto y 20 metástasis de otros primarios. Se confirmó respuesta completa a un año en 75 de los pacientes (88%). La tasa de sobrevida para aquellos con CCNP a 1 y 2 años fueron 70% (CI=51%-83%) y 48% (CI=30%-65%), respectivamente. Para aquellos con metástasis de cáncer colorrectal, la tasa de sobrevida a 1 y 2 años fue del 89% (76%-95%) y 66% (CI=53%-79%), respectivamente.

También se ha propuesto un efecto sinérgico de la ARF a la radioterapia convencional de rayo externo; ello basado en el principio de que, si la radioterapia con rayo externo reduce el número de células cancerígenas, altera la cinética del ciclo celular y cambia el microambiente del tumor, entonces esta puede potencializar los efectos de la ARF. Existen estudios de la combinación de estos 2 tratamientos que demuestran beneficio en la sobrevida cuando se compara con el tratamiento solo con radioterapia, tanto en CCNP como en metástasis de colon y recto^{30,33-35}.

Seguimiento posprocedimiento y evaluación de la respuesta por imagen

Es importante conocer los hallazgos esperados posteriores a la ARF a través del tiempo, porque de eso depende nuestra conducta a seguir con respecto al paciente disminuyendo también la cantidad de estudios innecesarios (en tiempo) para su valoración.

Hay que subrayar la importancia de hacer un estudio de tomografía, simple o contrastada inmediata e idealmente un mes posterior al procedimiento, la cual será nuestro nuevo estudio basal a partir del cual se compararán los estudios posteriores (tabla 3).

La tomografía por emisión de positrones (PET, por sus siglas en inglés) si se realiza de forma inmediata posterior a la ARF puede mostrar un anillo de actividad hipermetabólica, que no deberá confundirse con actividad tumoral. La inflamación post-ablación, puede oscurecer focos residuales de tumor; por ello el PET no se recomienda antes de los 2 meses post-ARF. Posterior a este tiempo cualquier incremento en la actividad metabólica con patrón central en la zona de ablación o nodular es sugestivo de recurrencia.

Cualquier crecimiento de la lesión posterior a los 3 meses debe considerarse sospechoso de recurrencia, así como cualquier reforzamiento nodular > de 10 mm o central > 15 UH o cualquiera mayor al tumor original, así como crecimientos ganglionares regionales o a distancia y la aparición de nuevas lesiones intra o extratorácicas^{36-37,39}.

El criterio de evaluación de respuesta en tumores sólidos, RECIST (por sus siglas en inglés), es un sistema obsoleto para la correcta evaluación de tumores post-ablación, sobre todo tratándose del periodo inmediato y mediato después de la misma, ya que en este lapso todas las zonas sometidas a ARF deben verse más grandes que el tumor original. Ello ha resultado en una modificación del RECIST⁴⁰ basado en la densidad y el tamaño de la lesión, así como en su actividad metabólica en estudio de PET. De tal manera que la respuesta completa, respuesta parcial, enfermedad estable y la progresión de la enfermedad se basarán en la ausencia o presencia de una o 2 de las características propuestas tanto por tomografía computada (tamaño y densidad), como por PET (captación < 2.5).

Conclusión

La ARF ha demostrado ser un tratamiento alternativo (no sustitutivo) a la cirugía, en pacientes con tumores pulmonares tanto primarios como metastásicos, con tasas de respuesta y efectividad que impactan en la sobrevida de los pacientes. El conocimiento de la técnica y sobre todo la adecuada elección de los pacientes, son las piezas clave para lograr los mejores resultados. Es necesario que tanto radiólogos intervencionistas, como oncólogos clínicos y cirujanos estén familiarizados con la misma (en todos sus aspectos), ya que la elección, el tratamiento y seguimiento de los pacientes deberán ser multidisciplinares.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Tabla 3 Hallazgos por tomografía esperados posterior a ARF de pulmón

Tiempo de evolución posterior a la radiofrecuencia		
Inmediato o < 1 semana	1 y 2 meses	> 2 meses
Anillo en vidrio despulido que representa zona de hiperemia que puede envolver de forma total o parcial la lesión ^{36,37}	El anillo de vidrio despulido involuciona. Cavitación (24%-31%). Engrosamiento pleural < 7 mm adyacente al sitio de entrada del electrodo. Persistencia de neumotórax, lo cual puede representar fístula bronco pleural ³⁸ .	Involución de la zona de ablación. Aunque pueden verse zonas focales de mayor densidad. Disminución del tamaño y del grosor de la pared de las cavitaciones previas hasta que desaparecen, dejando una cicatriz. Resolución del engrosamiento pleural o neumotórax, si es que aún los tenía ³⁶⁻³⁹ .
Mayor tamaño que la lesión original	Continúa de mayor tamaño que el tumor original, pero menor que en el control inmediato post-ARF.	La lesión deberá ser del mismo tamaño o mayor que el tumor original hasta los 3 y 6 meses deberá ser del mismo tamaño o menor.
Puede verse reforzamiento periférico, de margen definido, en anillo, < de 5 mm de grosor ³⁶	Continúa el reforzamiento periférico, en anillo.	El reforzamiento periférico puede persistir hasta los 6 meses, sin embargo nunca deberá ser nodular o central, ya que esto es sospechoso de recurrencia. Posterior a los 6 meses ya no deberá existir reforzamiento y si lo hay no debe ser mayor al visto a los 3 meses ^{38,39} .

El tiempo para realizar el primer control por imagen varía de acuerdo al protocolo de cada institución, sin embargo, se recomienda se realice al mes posterior al procedimiento (tomografía simple/contrastada) y a los 3 meses en el caso del PET-CT³⁶.

Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Referencias

- Casal, RF, Tam AL, Eapen GA. Radiofrequency Ablation of Lung Tumors. *Clin Chest Med* 2010;31:151-163.
- Zheng Y, Hiran CF. Surgical and Nonresectional Therapies for Pulmonary Metastases. *Surg Clin N Am* 2010;90:1041-1051.
- Chua TC, Sarkar A, Saxena A, et al. Long Term Outcome of Image-Guided Percutaneous Radiofrequency Ablation of Lung Metastases: An Open Labeled Prospective Trial of 148 Patients. *Annals of Oncology* 2010; -6.
- Pastorino U. The Development of an International Register. *Journal of Thoracic Oncology* 2010;5(2 suppl):S196-197.
- Pennathur A, Abbas G, Qureshi I, et al. Radiofrequency Ablation for the Treatment of Pulmonary Metastases. *Ann Thorac Surg* 2009;87:1030-1039.
- Von Meyenfeldt Erik, Prevoo W, Peyrot D, et al. Local Progression After Radiofrequency Ablation for Pulmonary Metastases. *Cancer* 2011;117:3781-3787.
- Dupuy D. Image-guided Thermal Ablation of Lung Malignancies. *Radiology* 2011;260(3):633-655.
- Matsuoka T, Okuma T. CT-guided radiofrequency ablation for lung cancer. *Int J Clin Oncol* 2007;12:71-78.
- White DC, D'Amico TA. Radiofrequency ablation for primary lung cancer and pulmonary metastases. *Clin Lung Cancer* 2008;9:16-23.
- Morrison PR, Van Sonnenberg E, Shankar S, et al. Radiofrequency ablation of thoracic lesions: part 1, experiments in the normal porcine thorax. *Am J Roentgenol* 2005;184:375-380.
- Thanos L, Mylona S, Ptohis N, et al. Percutaneous radiofrequency thermal ablation in the management of lung tumors: presentation of clinical experience on a series of 35 patients. *Diagn Interv Radiol* 2009;15:290-296.
- Ketchedjian A, Daly B, Luketich J, et al. Minimally invasive techniques for managing pulmonary metastases: video-assisted thoracic surgery and radiofrequency ablation. *Thorac Surg Clin* 2006;16:157-165.
- Fernando HC, Ghulam A. Alternatives to surgical resection for non-small lung cancer. *Pearson's thoracic and esophageal surgery*. 3rd ed. Philadelphia: Churchill and Livingstone; 2008. p. 796-803.
- Pereira PL, Salvatore M. Standards of Practice: Guidelines for Thermal Ablation of Primary and Secondary Lung Tumors. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2012;35:247-254.
- Crocetti L, Lencioni R. Radiofrequency ablation of pulmonary tumors. *Eur J Radiol* 2010;75:23-27.
- Chua TC, Glenn D, Morris DL. Extending the survival of patients with melanoma lung metastases through radiofrequency ablation. *Acta Oncol* 2010;49:517-519.
- Hiraki T, Yamakado K, Ikeda O, et al. Percutaneous radiofrequency ablation for pulmonary metastases from hepatocellular carcinoma: results of a multicenter study in Japan. *J Vasc Interv Radiol* 2011;22:741-748.
- Fernando HC, Hoyos AD, Litle V, et al. Radiofrequency ablation: identification of the ideal patient. *Clin Lung Cancer* 2004;6:149-153.
- Palussiere J, Italiano A, Descat E, et al. Sarcoma lung metastases treated with percutaneous radiofrequency ablation: results from 29 patients. *Ann Surg Oncol* 2011;18:371-377.

20. Nakamura T, Matsumine A, Yamakado K. Lung radiofrequency ablation in patients with pulmonary metastases from musculoskeletal sarcomas. *Cancer* 2009;115:3774-3781.
21. Sano Y, Kanazawa S, Mimura H, et al. A novel strategy for treatment of metastatic pulmonary tumors: radiofrequency ablation in conjunction with surgery. *J Thorac Oncol* 2008;3:283-288.
22. Chua TC, Thornbury K, Saxena A, et al. Radiofrequency ablation as an adjunct to systemic therapy for colorectal pulmonary metastases. *Cancer* 2011;116:2106-2114.
23. Gillams AR, Lees WR. Radiofrequency ablation of lung metastases: factor influencing success. *Eur Radiol* 2008;18:672-677.
24. Iguchi T, Hiraki T, Gobara H, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of lung tumors close to the heart or aorta: evaluation of safety and effectiveness. *J Vasc Interv Radiol* 2007;18:733-740.
25. Goldberg SN, Solbiati L, Halpern EF, et al. Variables affecting proper system grounding for radiofrequency ablation in an animal model. *J Vasc Interv Radiol* 2000;11:1069-1075.
26. Zhu JC, Yan TD, Morris DL. A systematic review of radiofrequency ablation for lung tumors. *Ann Surg Oncol* 2008;15:1765-1774.
27. Sacks D, McClenny TE, Cardella JF, et al. Society of Interventional Radiology clinical practice guidelines. *J Vasc Interv Radiol* 2005;14:199-202.
28. Clasen S, Kettenbach J, Kosan B, et al. Delayed development of pneumothorax after pulmonary radiofrequency ablation. *Cardiovasc Interv Radiol* 2009;32:484-490.
29. Yamakado K, Hase S, Matsouka T, et al. Unresectable Lung Metastases in patients with Colorectal Cancer: A multicenter Study in Japan. *J Vasc Interv Radiol* 2007;18:393-398.
30. Yan TD, King J, Sjarif A, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of pulmonary metastases from colorectal carcinoma: prognostic determinants for survival. *Ann Surg Oncol* 2006;13:1529-1537.
31. Simon CJ, Dupuy DE, DiPetrillo TA, et al. Pulmonary radiofrequency ablation: long-term safety and efficacy in 153 patients. *Radiology* 2007;243:268-275.
32. Lencioni R, Crocetti L, Cioni R, et al. Response to radiofrequency ablation of pulmonary tumours: a prospective, intention-to-treat, multicentre clinical trial (the RAPTURE study). *Lancet Oncol* 2008;9:621-628.
33. Dupuy DE, DiPetrillo T, Gandhi S, et al. Radiofrequency ablation followed by conventional radiotherapy for medically inoperable stage I non-small cell lung cancer. *Chest* 2006;129:738-745.
34. Grieco CA, Simon CJ, Mayo-Smith WW, et al. Percutaneous image-guided thermal ablation and radiation therapy: outcomes of combined treatment for 41 patients with inoperable stage I/II non-small-cell lung cancer. *J Vasc Interv Radiol* 2006;17:1117-1124.
35. De Baere T, Palussiere J, Auperin A, et al. Midterm local efficacy and survival after radiofrequency ablation of lung tumors with minimum follow-up of 1 year: prospective evaluation. *Radiology* 2006;240:587-596.
36. Abtin FG, Eradat F, Gutierrez AJ, et al. Radiofrequency Ablation of Lung Tumors: Imaging Features of the Post-ablation Zone. *RadioGraphics* 2012;32:947-969.
37. Goldberg SN, Grassi CJ, Cardella JF, et al. Image-guided tumor ablation: standardization of terminology and reporting criteria. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20(7 suppl):S377-S390.
38. Hiraki T, Tajiri N, Mimura H, et al. Pneumothorax, pleural effusion, and chest tube placement after radiofrequency ablation of lung tumors: incidence and risk factors. *Radiology* 2006;241:275-283.
39. Gadaleta C, Mattioli V, Colucci G, et al. Radiofrequency ablation of 40 lung neoplasms: preliminary results. *Am J Roentgenol* 2004;183:361-368.
40. Herrera LJ, Fernando HC, Perry Y, et al. Radiofrequency ablation of pulmonary malignant tumors in nonsurgical candidates. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;125:929-937