

Ablación hepática guiada por fusión de imágenes: una herramienta eficaz para lesiones no visibles en ultrasonido

Image fusion-guided liver ablation: an effective tool for ultrasound invisible lesions

Benjamín Horwitz-Zanolli^{ID}, Nicolás Radic-González^{*ID}, Antonio Vallejos-Cabezas^{ID}, Patricio Vargas-Hudson, Roberto Muñoz-Estrada, Paula Araneda-Castiglioni^{ID} y Diego Constenla-Vásquez^{ID}

Departamento de Imágenes, Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Resumen

Introducción: La ablación percutánea guiada por ultrasonido (US) es una alternativa eficaz en el tratamiento de tumores hepáticos. Sin embargo, su utilidad disminuye en lesiones pequeñas o isoecogénicas. La fusión de imágenes permite localizar estas lesiones, ampliando las posibilidades de tratamiento y reduciendo la tasa de complicaciones. **Objetivo:** Describir la experiencia en nuestro centro en la ablación de tumores hepáticos guiada por fusión de imágenes y evaluar su utilidad clínica y reproducibilidad. **Material y métodos:** Estudio retrospectivo de las ablaciones hepáticas guiadas por fusión de imágenes realizadas entre 2017-2023 en nuestro centro. Se realizó un análisis descriptivo de variables tales como edad, sexo, tamaño e histología tumoral, visibilidad en US, éxito técnico, recurrencia local y complicaciones. **Resultados:** Se realizaron 134 ablaciones en 62 pacientes. El 81% fueron hepatocarcinomas, seguidos por metástasis. El 43% de las lesiones fueron visibles con US y el 100% con fusión de imágenes. La tasa de éxito técnico fue del 90% tras la primera sesión y del 94% tras una segunda. La recurrencia local fue del 12%. No se reportaron complicaciones graves. **Conclusión:** La ablación hepática guiada por fusión de imágenes es una técnica segura, eficaz y útil, especialmente en el tratamiento de lesiones pequeñas.

Palabras clave: Neoplasia hepática. Fusión de imágenes. Técnicas de ablación. Ultrasonografía intervencionista.

Abstract

Introduction: Ultrasound (US)-guided percutaneous ablation is an effective alternative for the treatment of liver tumors. However, its utility decreases in small or iso-echoic lesions. Image fusion allows localization of these lesions, increasing treatment options and reducing complication rates. **Objective:** To describe our center's experience with image fusion-guided liver tumor ablation and to assess its clinical utility and reproducibility. **Material and methods:** We conducted a retrospective study of image fusion-guided liver ablations performed between 2017 and 2023 at our center. A descriptive analysis was performed, including variables such as age, sex, tumor size and histology, US visibility, technical success, local recurrence, and complications. **Results:** A total of 134 ablations were performed in 62 patients. Hepatocellular carcinoma accounted for 81% of cases, followed by metastases. Lesions were visible by conventional US in 43% of cases and in 100% with image fusion. The technical success rate was 90% after the first session and 94% after a second. Local recurrence was 12%. No major complications were reported. **Conclusion:** Image fusion-guided liver ablation is a safe, effective, and useful technique, particularly for the treatment of small lesions.

Keywords: Liver neoplasm. Image fusion. Ablation techniques. Interventional ultrasonography.

*Correspondencia:

Nicolás Radic-González
E-mail: nradicg@outlook.com

Fecha de recepción: 30-04-2025

Fecha de aceptación: 01-09-2025

DOI: 10.24875/AJI.25000030

Disponible en internet: 28-04-2026

Austral J. Imaging. 2026;32(2):74-79

www.resochradi.com

2810-6954 / © 2025 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permayer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La ablación percutánea guiada por ultrasonido (US) ha surgido como una alternativa eficaz y mínimamente invasiva para el tratamiento de tumores hepáticos malignos. Sin embargo, la limitada visualización de ciertas lesiones ha impulsado el desarrollo de nuevas herramientas como la fusión de imágenes, que permiten optimizar la localización de la lesión y el éxito terapéutico. La ablación percutánea consiste en la aplicación de energía térmica mediante la introducción de una antena de radiofrecuencia o microondas directamente en la lesión, lo cual ocasiona la necrosis del tejido tumoral^{1,2}. Esto se realiza de manera percutánea bajo visión directa con US, ya que es una herramienta altamente disponible, de bajo costo y que no emite radiación ionizante³. No obstante, esta técnica presenta varias limitaciones, especialmente en el tratamiento de lesiones pequeñas e isoecogénicas, las cuales son difíciles de visualizar adecuadamente en ecografía^{4,5}.

La fusión de imágenes con US es una innovadora tecnología que permite localizar tumores no visibles en ecografía mediante la combinación de imágenes de US con estudios de tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM), donde la lesión es claramente identificable. Esto ha permitido el tratamiento de un mayor número de tumores, que previamente eran considerados como no tratables bajo los métodos convencionales de ablación, reportando tasas de éxito técnico similares con una menor tasa de complicaciones^{6,7}. Sin embargo, pese a ser una técnica ampliamente utilizada en otros países, en nuestro medio sigue siendo una herramienta poco conocida tanto por médicos clínicos como por radiólogos, existiendo escasa literatura al respecto en nuestro país.

El objetivo de este estudio es describir la experiencia en nuestro centro en la ablación hepática de tumores malignos guiada por fusión de imágenes con US, con el fin de evaluar su utilidad clínica y la reproducibilidad, contrastando nuestros resultados con los reportados en la literatura internacional.

Material y métodos

Se realizó una revisión retrospectiva en el sistema de imágenes PACS (*Picture Archiving and Communication System*) de la Clínica Alemana de Santiago (CAS), de todas las ablaciones hepáticas guiadas por fusión de imágenes con US entre el periodo de enero de 2017 a diciembre de 2023.

Se excluyeron de la muestra los pacientes que recibieron terapias combinadas, tales como una ablación

percutánea en conjunto con una embolización transarterial, así como aquellos que fueron sometidos a otros procedimientos previos a la ablación. También se excluyeron los casos en los que no se dispusiera de imágenes de control y en los que hubo una pérdida en el seguimiento de los pacientes posterior al procedimiento.

Todos los procedimientos fueron realizados con la obtención previa del consentimiento informado del paciente. La ablación térmica se realizó mediante el uso de microondas o radiofrecuencia, para lo cual se utilizaron antenas con un calibre de 17 G, aplicando una cantidad determinada de energía por un periodo de tiempo definido según las indicaciones del fabricante basadas en el tamaño tumoral, buscando un margen de ablación de al menos 5 mm periférico a la lesión.

Para la fusión de imágenes con US se utilizaron estudios de TC o RM con contraste en fase arterial o venosa con un máximo de tres meses de vigencia respecto a la fecha del procedimiento. Se utilizó un ecógrafo Canon modelo Aplio i800 con el *software* Smart Fusion y un sistema adosado al ecógrafo, el cual mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas permitió la sincronización dinámica de ambas modalidades al desplazar el transductor (Fig. 1). En las figuras 2 y 3 se ilustran dos casos en donde se utilizó la fusión de imágenes para localizar tumores que no eran visibles por ecografía.

El éxito técnico del procedimiento se definió como la necrosis completa de la lesión en el primer control imagenológico posterior al procedimiento⁸. La recidiva tumoral local se estableció como la reaparición de la lesión en el sitio de ablación o en sus proximidades tras haber logrado un éxito técnico en controles anteriores, utilizando los criterios LI-RADS (*Liver Imaging Reporting and Data System*) para los hepatocarcinomas (HCC) y los criterios RECIST (Criterios de Evaluación de la Respuesta en Tumores Sólidos) para los otros tumores malignos⁹. Las complicaciones se definieron de acuerdo con el sistema de clasificación propuesto por la Sociedad de Radiología Intervencional de EE.UU. (SIR), donde se clasifican en complicaciones menores y mayores¹⁰.

Finalmente, se realizó un análisis descriptivo de todas estas variables, incluyendo también variables demográficas como el sexo y la edad de los pacientes, así como de las lesiones tales como el tamaño y la histología tumoral. Se analizó el número de lesiones que fueron localizables durante la ablación bajo el método convencional con ecografía y mediante el método con fusión de imágenes. Se establecieron tres grupos según el tamaño tumoral (0-10, 10-20 y ≥ 20 mm) con el objetivo de evaluar la visibilidad ecográfica en relación con el tamaño de la lesión.

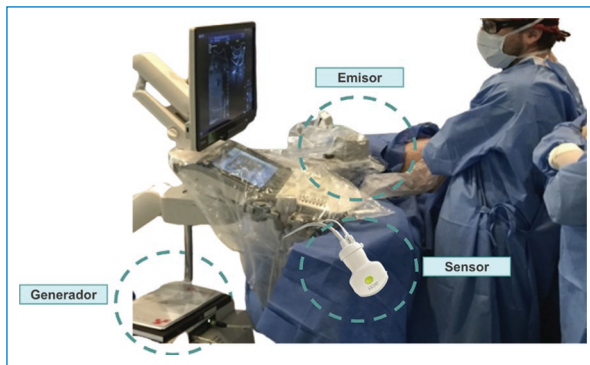


Figura 1. Imagen representativa de los distintos componentes que conforman el sistema de fusión de imágenes adosado al equipo de ultrasonido. Los círculos con líneas discontinuas señalan sus principales elementos: el generador de ondas electromagnéticas, el emisor y el sensor.

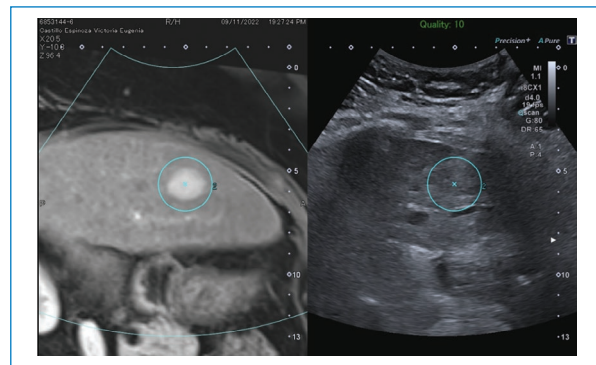


Figura 3. Fusión de imágenes entre RM y ecografía previo a la ablación de un HCC. A la izquierda, RM donde se observa un HCC. La imagen de la derecha muestra la ecografía, sincronizada con la RM, en donde la lesión no se logra visualizar, sin embargo, el ROI verde indica su ubicación exacta. HCC: hepatocarcinoma; RM: resonancia magnética; ROI: región de interés.

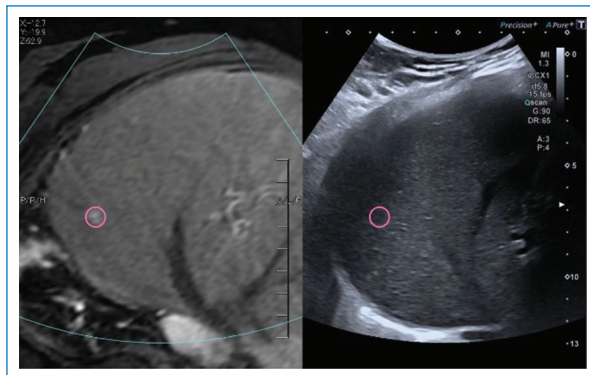


Figura 2. Imágenes sincronizadas de una fusión de imágenes entre una RM y US previo a la ablación de un HCC pequeño (el ROI rosada indica la ubicación de la lesión y el margen de ablación que realizar). A la izquierda se muestra la RM con una pequeña lesión hiperintensa, y a la derecha la ecografía intraprocedimiento en donde dicha lesión no es visible. HCC: hepatocarcinoma; RM: resonancia magnética; ROI: región de interés; US: ultrasonido.

Resultados

Se realizaron 134 ablaciones hepáticas en 62 pacientes (51% hombres), con una edad promedio de 65 años. El 81% de las lesiones correspondieron a HCC, seguidas en frecuencia por metástasis de adenocarcinoma de colon (Tabla 1). El tamaño promedio de las lesiones tratadas fue de 15 mm (Fig. 4).

Del total de lesiones tratadas ($n = 134$), solo el 43% ($n = 58$) fueron visibles mediante ecografía convencional durante el procedimiento. La tabla 2 muestra la

Tabla 1. Clasificación de tumores según su histología

Tipo de tumor	Número de lesiones ablacionadas	%
Hepatocarcinoma	108	80.60
MTT de adenocarcinoma de colon	11	8.21
MTT de melanoma	7	5.22
MTT de cáncer de mama	5	3.73
MTT de colangiocarcinoma	1	0.75
MTT de carcinoma suprarrenal	1	0.75
MTT de carcinoma adenoideo quístico submaxilar	1	0.75

MTT: metástasis.

relación entre el tamaño de las lesiones hepáticas, su visibilidad mediante ecografía convencional y fusión de imágenes, y la tasa de éxito técnico del procedimiento. El éxito técnico fue de aproximadamente un 90% tras una primera sesión de ablación y un 94% tras una segunda sesión (Fig. 5). La recidiva tumoral local fue de un 12% tras un año de seguimiento.

No se reportaron complicaciones graves de acuerdo con el sistema de clasificación establecido por el SIR. Se reportó una complicación menor intraprocedimiento, la cual consistió en una crisis hipertensiva transitoria, secundaria a la ablación de un HCC que se encontraba en contigüidad con la glándula suprarrenal (Fig. 6), sin requerir de un traslado a una unidad de mayor

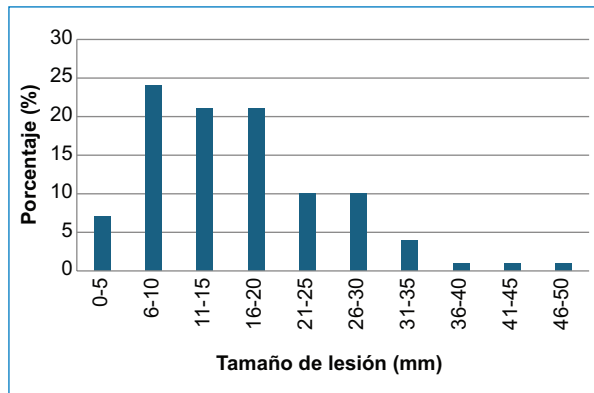


Figura 4. Distribución porcentual de las lesiones hepáticas tratadas según su tamaño.

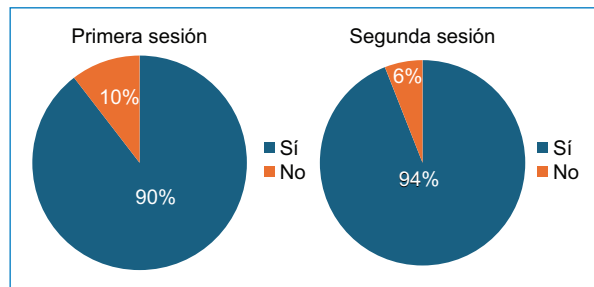


Figura 5. Porcentaje de éxito técnico tras la primera y segunda sesión de ablación.

complejidad ni prolongar el tiempo de hospitalización del paciente.

Discusión

El uso de técnicas de fusión de imágenes con US en la ablación de tumores hepáticos malignos ha aumentado significativamente durante los últimos años^{11,12}. Su principal utilidad ha sido descrita en el tratamiento de lesiones pequeñas e isoecogénicas, así como también en lesiones ubicadas en sitios anatómicos complejos con una mala ventana ecográfica por la proximidad con otras estructuras como el intestino o el diafragma¹³⁻¹⁵.

En nuestro estudio, solo el 43% de las lesiones tratadas fueron localizables mediante ecografía convencional. Al estratificar por tamaño, se observó que el grupo de lesiones de menor tamaño (< 10 mm) presentó la tasa de visualización ecográfica más baja con apenas un 7%, siendo fundamental la fusión de imágenes para localizar dichas lesiones. A pesar de la baja visibilidad por ecografía convencional, todas las

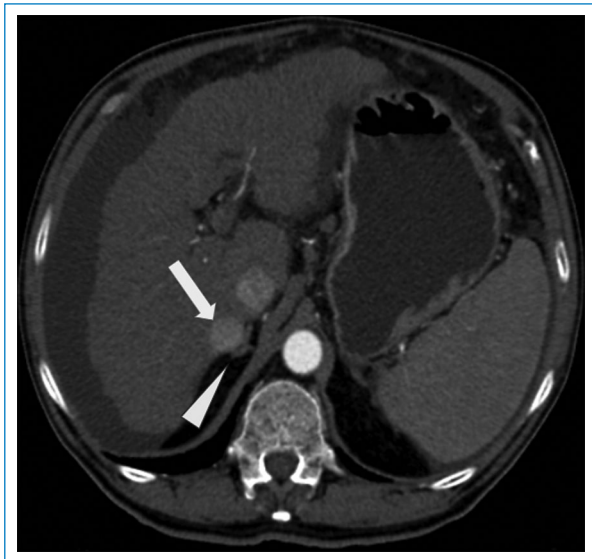


Figura 6. Tomografía computarizada de abdomen en fase arterial, que evidencia un hepatocarcinoma (flecha), en contigüidad con la glándula suprarrenal derecha (cabeza de flecha). Producto de la ablación térmica se produjo una crisis hipertensiva al momento de realizar el procedimiento.

Tabla 2. Número de lesiones visualizadas durante el procedimiento con ecografía convencional y con fusión de imágenes, y su éxito técnico según tamaño

Tamaño	Número de lesiones	Visibilidad US-convencional	Visibilidad US-fusión	Éxito técnico 1.ª sesión
< 10 mm	32	7%	100%	96.9%
10-20 mm	68	45%	100%	86.8%
> 20 mm	34	70%	100%	61.8%
Total	134	42.5%	100%	89.6%

lesiones pudieron tratarse utilizando el método por fusión de imágenes con US, con una tasa de éxito técnico del 90% en la primera sesión y del 94% en la segunda. Estos resultados son concordantes con lo reportado en la literatura, donde se describen tasas de éxito técnico similares, que oscilan entre un 84 y 94%^{4,7,16,17}. Cabe destacar que el éxito técnico del procedimiento fue inversamente proporcional al tamaño de las lesiones tratadas, siendo mayor en el grupo de lesiones más pequeñas, con una tasa cercana al 97%, mientras que en el grupo de lesiones de mayor tamaño (> 20 mm) fue de aproximadamente un 62%. Esto podría explicarse por la mayor dificultad técnica que

presentan las lesiones de mayor tamaño para lograr márgenes adecuados de ablación, requiriendo en muchos casos repetir una o más sesiones de ablación para completar el tratamiento.

Por otro lado, la fusión de imágenes ha demostrado no solo mejorar la visualización de lesiones, sino que también disminuir la tasa de complicaciones y de recidiva tumoral local. En un reciente metaanálisis publicado en 2023, se comparó la ablación guiada por ecografía convencional con la ablación por fusión de imágenes, reportando una reducción en un 30% (riesgo relativo [RR]: 0.70), intervalo de confianza del 95% [IC 95%]: 0.50-0.97, $p = 0.03$ en el riesgo de complicaciones, y en un 39% (RR: 0.61) en el riesgo de recurrencia local en el grupo de pacientes en que se utilizó la fusión de imágenes⁷. En nuestro estudio no se reportaron complicaciones graves, y la tasa de recurrencia local fue de un 12%, sin embargo, al no contar con un grupo de control, no es posible establecer una comparación entre ambas técnicas.

Las principales limitaciones de este estudio incluyen su diseño retrospectivo, que puede introducir sesgos en la recolección de datos. El análisis estadístico fue de carácter exploratorio, sin un grupo de control que permitiera comparar ambas técnicas de ablación. Además, no se logró realizar un seguimiento prolongado de los pacientes, lo que limita la evaluación de la sobrevida a largo plazo y la interpretación de los resultados. Es necesario realizar estudios prospectivos, con un mayor tiempo de seguimiento, para confirmar estos hallazgos y evaluar de manera más precisa el impacto de esta técnica en la sobrevida a largo plazo.

Por último, este estudio se enfocó en una de las múltiples innovaciones tecnológicas desarrolladas en los últimos años. Será de especial interés que futuras investigaciones exploren el impacto de otras herramientas emergentes, como los sistemas de navegación asistidos por inteligencia artificial y los dispositivos robóticos, que también buscan mejorar la precisión y efectividad de los procedimientos mínimamente invasivos^{18,19}.

Conclusión

La ablación percutánea de tumores hepáticos malignos guiada por fusión de imágenes con US es una técnica segura, reproducible y clínicamente útil en nuestro medio, especialmente en el tratamiento de tumores hepáticos pequeños. Su mayor capacidad para localizar lesiones no detectables por ecografía convencional permite el tratamiento de un mayor número de tumores con tasas de éxito técnico similares a las reportadas en la literatura internacional.

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable, de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Los procedimientos fueron autorizados por el Comité de Ética de la institución.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados. Debido a la naturaleza del estudio, no fue necesario el consentimiento informado individual. Se han seguido las recomendaciones éticas pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

- Goldberg SN, Gazelle GS, Compton CC, Mueller PR, Tanabe KK. Treatment of intrahepatic malignancy with radiofrequency ablation: radiologic-pathologic correlation. *Cancer*. 2000;88(11):2452-63.
- Kim YS, Rhim H, Lim HK, Choi D, Lee MW, Park MJ. Coagulation necrosis induced by radiofrequency ablation in the liver: histopathologic and radiologic review of usual to extremely rare changes. *Radiographics*. 2011;31(2):377-90.
- Hotsen N, Puls R, Bechstein W, Felix R. Focal liver lesion tumors: Doppler ultrasound. *Eur Radiol*. 1999;9:428-35.
- De Muzio F, Cutolo C, Dell'Aversana F, Grassi F, Ravo L, Ferrante M, et al. Complications after thermal ablation of hepatocellular carcinoma and liver metastases: imaging findings. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(5):1151.
- Zou YW, Ren ZG, Sun Y, Wang Q, Liu J, Li X, et al. The latest research progress on minimally invasive treatments for hepatocellular carcinoma. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2023;22:54-63.
- Mauri G, Cova L, De Beni S, Ierace T, Tondolo T, Cerri A, et al. Real-time US-CT/MRI image fusion for guidance of thermal ablation of liver tumors undetectable with US: results in 295 cases. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015;38(1):143-51. doi: 10.1007/s00270-014-0897-y
- Sheng Y, Sun X, Sun H, Qi J, Li H, Luan J, et al. Fusion imaging versus ultrasound-guided percutaneous thermal ablation of liver cancer: a meta-analysis. *Acta Radiol*. 2023;64(9):2506-17.
- Shiina S, Sato K, Tateishi R, Shimizu M, Ohama H, Hatanaka T, et al. Percutaneous ablation for hepatocellular carcinoma: comparison of various ablation techniques and surgery. *Can J Gastroenterol Hepatol*. 2018;2018:4756147.
- Berber E, Siperstein A. Local recurrence after laparoscopic radiofrequency ablation of liver tumors: an analysis of 1032 tumors. *Ann Surg Oncol*. 2008;15(10):2757-64. doi: 10.1245/s10434-008-0043-7

10. Crocetti L, de Baere T, Lencioni R. Quality improvement guidelines for radiofrequency ablation of liver tumours. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2010;33(1):11-7.
11. Carriero S, Della-Pepa G, Monfardini L, Vitale R, Rossi D, Masperi A, et al. Role of fusion imaging in image-guided thermal ablations. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(3):549.
12. Lee MW. Fusion imaging of real-time ultrasonography with CT or MRI for hepatic intervention. *Ultrasonography*. 2014;33(4):227-39. doi: 10.14366/usg.14021
13. Ahn SJ, Lee JM, Lee DH, Lee SM, Yoon JH, Kim YJ, et al. Real-time US-CT/MR fusion imaging for percutaneous radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol*. 2017;66(2):347-54. doi: 10.1016/j.jhep.2016.09.003
14. Venkatesan AM, Kadoury S, Abi-Jaoudeh N, Levy EB, MaassMoreno R, Krücker J, et al. Realtime FDG PET guidance during biopsies and radiofrequency ablation using multimodality fusion with electromagnetic navigation. *Radiology*. 2011;260(3):848-56.
15. Calandri M, Mauri G, Yevich S, Gazzera C, Basile D, Gatti M, et al. Fusion imaging and virtual navigation to guide percutaneous thermal ablation of hepatocellular carcinoma: a review of the literature. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2019;42(5):639-47. doi: 10.1007/s00270-019-02167-z
16. Xu ZF, Xie XY, Kuang M, Liu GJ, Chen LD, Zheng YL, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of malignant liver tumors with ultrasound and CT fusion imaging guidance. *J Clin Ultrasound*. 2014;42(6):321-30. doi: 10.1002/jcu.22141
17. Zensen S, Bucker A, Meetschen M, Haubold J, Opitz M, Theysohn JM, et al. Current use of percutaneous image-guided tumor ablation for the therapy of liver tumors: lessons learned from the registry of the German Society for Interventional Radiology and Minimally Invasive Therapy (DeGIR) 2018-2022. *Eur Radiol*. 2024;34(5):3322-30. doi: 10.1007/s00330-023-10412-w
18. Lanza C, Carriero S, Buijs EFM, Mortellaro S, Pizzi C, Sciacqua LV, et al. Robotics in interventional radiology: review of current and future applications. *Technol Cancer Res Treat*. 2023;22:15330338231152084.
19. Lesaunier A, Khlaoui J, Dancette C, Tselikas L, Bonnet B, Boeken T. Artificial intelligence in interventional radiology: current concepts and future trends. *Diagn Interv Imaging*. 2025;106(1):5-10. doi: 10.1016/j.diii.2024.08.004