

Tratamiento de tumores renales guiado por imagen: evolución tecnológica y papel emergente de las microondas

María Isabel Saiz Figuérez, Manuel Darío Rodríguez Martínez, Deisy Johanna Méndez Aceros, Ariadna Iniesta Sánchez, Letizia Bigli Garcia, Jorge Romero Martínez, Guillermo Giménez Hernández, Jesus Julián Cortés Vela.

Hospital General Universitario de Cuenca.

INTRODUCCIÓN

Epidemiología y diagnóstico

El carcinoma de células renales (CCR) representa una proporción relevante de los tumores sólidos del adulto. Su incidencia ha aumentado de forma progresiva en las últimas décadas, en gran medida debido al uso generalizado de las técnicas de imagen.

Este fenómeno ha favorecido el **diagnóstico incidental de masas renales pequeñas**, generalmente confinadas al órgano y en estadios iniciales. [1-6]

Evolución terapéutica

El tratamiento estándar consiste en la **nefrectomía parcial** para tumores cT1. Sin embargo, cada vez es más frecuente el uso de:

- Vigilancia activa
- Ablación tumoral percutánea guiada por imagen

La ablación, históricamente reservada a pacientes de edad avanzada o con comorbilidad, ha emergido como una **alternativa terapéutica mínimamente invasiva** con resultados oncológicos comparables en pacientes seleccionados. [1-6]

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

- 📄 **Hipótesis:** Las técnicas de ablación percutánea guiadas por imagen han emergido como una alternativa terapéutica mínimamente invasiva, con resultados oncológicos comparables en pacientes seleccionados y un perfil de seguridad favorable. Entre ellas, la ablación por microondas (MWA) ha experimentado un notable desarrollo tecnológico reciente.

1

Eficacia y seguridad

Analizar los fundamentos técnicos, eficacia y seguridad de las principales modalidades de ablación en tumores renales.

2

Comparación con técnicas ablativas

Destacar el papel de la ablación por microondas frente a otras técnicas ablativas (RFA, crioablación).

3

Comparación con cirugía

Comparar los resultados oncológicos, funcionales y perioperatorios de la ablación por microondas con la nefrectomía parcial.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de revisión

Revisión sistemática de la literatura científica publicada entre **2010 y 2025** sobre el tratamiento de tumores renales mediante técnicas ablativas.

Criterios de inclusión

- Estudios que evalúan ablación por microondas para CCR estadio T1a
- Estudios comparativos entre ablación con microondas y nefrectomía parcial
- Metaanálisis y revisiones sistemáticas sobre técnicas ablativas
- Guías de práctica clínica actualizadas

Variables analizadas

Eficacia técnica

Tasa de éxito técnico · Tasa de eficacia técnica

Resultados oncológicos

Tasa de recurrencia local · Supervivencia libre de metástasis · Supervivencia cáncer-específica

Seguridad

Complicaciones mayores y menores (clasificación Clavien-Dindo)

Función renal

Cambios en tasa de filtrado glomerular estimado (TFGe)

Resultados perioperatorios

Tiempo operatorio · Estancia hospitalaria · Pérdida sanguínea

RESULTADOS

Evolución histórica de las técnicas ablativas renales



Ablación química

Primera generación de técnicas ablativas renales, basada en la inyección de agentes químicos.



Radiofrecuencia (RFA)

Consolidada como alternativa mínimamente invasiva en tumores pequeños. Primera técnica térmica de referencia.



Crioablación (CA)

Alternativa basada en frío extremo con excelente control visual de márgenes "bola de hielo".



Microondas AMO)

Evolución más reciente. Impulsada por mejoras en generadores de energía y diseño de antenas percutáneas.

El desarrollo tecnológico progresivo ha permitido optimizar la eficacia, reducir las complicaciones y ampliar los criterios de selección de pacientes para el tratamiento de tumores renales mediante técnicas ablativas.

RESULTADOS

Principios generales de la ablación percutánea y ventajas frente a cirugía

Las técnicas de ablación percutánea tienen como objetivo **inducir necrosis tumoral** mediante la aplicación localizada de energía, preservando al máximo el parénquima renal sano. Se realizan bajo guía de imagen, con acceso percutáneo y, en la mayoría de los casos, con anestesia.



Menor invasividad

Acceso percutáneo sin necesidad de cirugía abierta ni laparoscópica.



Estancia reducida

Hospitalización significativamente menor que la cirugía conservadora.



Recuperación rápida

Menor impacto sistémico y retorno más precoz a la vida cotidiana.



Preservación renal

Menor impacto sobre la función renal frente a las opciones quirúrgicas.

RESULTADOS:

Modalidades ablativas: comparativa técnica

Radiofrecuencia (RFA)

Mecanismo: Corriente alterna de alta frecuencia → calor por agitación iónica. Necrosis coagulativa a $>60^{\circ}\text{C}$.

Ventajas: Control local $>90\%$ en tumores exofíticos pequeños. Amplia experiencia acumulada.

Limitaciones: Dependencia de conductividad tisular · Aumento progresivo de impedancia · Efecto heat-sink en vasos de alto flujo · Menor eficacia en tumores grandes o centrales. [6]

Crioablación (CA)

Mecanismo: Expansión de gases criogénicos (argón) → temperaturas muy bajas → daño celular por cristales de hielo, deshidratación, trombosis vascular y rotura de membranas.

Ventajas: Visualización directa de la bola de hielo · Excelente control de márgenes · Útil en lesiones centrales y adyacentes al sistema colector.

Limitaciones: Procedimientos más prolongados · Mayor número de sondas necesarias · Mayor coste.

Microondas (AMO)

Mecanismo: Energía electromagnética (915 MHz–2,45 GHz) → agitación directa de moléculas de agua → calentamiento rápido y homogéneo.

Ventajas: Independiente de conductividad · $>100^{\circ}\text{C}$ estables · Menor efecto heat-sink · Zonas de ablación amplias, esféricas y reproducibles · Múltiples antenas simultáneas.

Limitaciones: Técnica de incorporación más reciente con menor seguimiento a largo plazo.

El efecto "heat sink" se refiere a la disminución de la eficacia de la ablación térmica causada por la disipación del calor debido al flujo sanguíneo en vasos cercanos al área tratada.

RESULTADOS

Ablación por microondas: fundamentos y ventajas diferenciales

Principio físico

La ablación por microondas utiliza energía electromagnética en el rango de **915 MHz a 2,45 GHz**. Esta energía produce calentamiento tisular mediante la **agitación directa de las moléculas de agua**, generando calor de forma rápida y homogénea en el volumen tratado.

A diferencia de la radiofrecuencia, el calentamiento **no depende de la conductividad eléctrica del tejido** ni se ve limitado por el aumento de impedancia. [4-6]

Tecnología de antenas

Las antenas modernas, **refrigeradas internamente**, permiten una transmisión estable de energía y la creación de zonas de ablación amplias, esféricas y reproducibles.

Ventajas técnicas clave

- Temperaturas $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$
Alcanzadas de forma estable, con menor influencia del flujo sanguíneo adyacente.
- Menor efecto heat-sink
Menor sensibilidad a la disipación térmica por vasos, lo que garantiza necrosis más homogénea.
- Múltiples antenas simultáneas
Permite tratar volúmenes tumorales mayores en una única sesión.
- Menor tiempo de ablación
Ventaja relevante frente a otras técnicas, mejorando la eficiencia del procedimiento.

RESULTADOS

Eficacia técnica de la ablación por microondas

- Alta tasa de ablación completa en casi todos los casos, con mínima proporción de ablaciones incompletas.
- Éxito técnico en tumores T1a DEL 100%.
- Alto éxito técnico también en tumores T1b, aunque con mayor tasa de recurrencia local (5%).
- La capacidad de generar temperaturas superiores a 100 °C y superar el efecto heat-sink contribuye a estos resultados.

📄 Basado en un metaanálisis de 27 estudios con 1.584 pacientes. [7]

RESULTADOS

Resultados oncológicos

Control local y supervivencia

Los resultados oncológicos de la ablación por microondas (AMO) son **favorables a corto y mediano plazo**, con un buen control local del tumor en el seguimiento a 1, 2 y 5 años.

Aunque la recurrencia local es algo más frecuente que en técnicas quirúrgicas, sigue siendo **relativamente baja**. La supervivencia cáncer-específica es **superior al 90% a largo plazo**. [8]

Supervivencia libre de metástasis

Al comparar con la nefrectomía parcial, los estudios han mostrado que la AMO ofrece una **supervivencia libre de metástasis comparable**, con resultados similares en cuanto a supervivencia global. [8-9]

AMO vs. Nefrectomía parcial

Variable	Microondas	Nefr. parcial
Supervivencia cáncer-específica (SCE)	Alta (>90%)	Alta
Recurrencia local	Algo mayor	Menor
Supervivencia libre de metástasis	Similar	Similar
Supervivencia global	Similar	Similar

Las diferencias en supervivencia cáncer-específica y desarrollo de enfermedad metastásica entre microondas y cirugía **no han demostrado ser estadísticamente significativas**. Sí se ha demostrado mayor recurrencia local estadísticamente significativa. [9]

RESULTADOS

Preservación de la función renal

La **preservación del parénquima renal** es una de las principales ventajas de las microondas frente a la cirugía conservadora. La mayoría de los estudios muestran cambios **mínimos en el filtrado glomerular (TFGe)**, lo que resulta crucial en:

- Pacientes con riñón único
- Pacientes con enfermedad renal crónica preexistente
- Pacientes de edad avanzada con deterioro funcional basal
- Pacientes con alto riesgo quirúrgico y comorbilidad

📄 La evidencia disponible respalda que, con el uso de microondas, se producen descensos leves y **clínicamente asumibles** del filtrado glomerular, en contraste con el mayor impacto asociado a la nefrectomía parcial. [10]

Ventaja funcional diferencial

Mínima pérdida de nefronas

El acceso percutáneo y la precisión de la ablación preservan el parénquima sano adyacente al tumor.

Sin isquemia caliente/fría

A diferencia de la nefrectomía parcial, no requiere clampaje vascular, evitando el daño isquémico renal.

Relevancia clínica

La preservación funcional es un objetivo prioritario en el contexto del aumento de incidencia de ERC en la población tratada.

RESULTADOS

Perfil de seguridad y complicaciones

Las complicaciones asociadas a la ablación por microondas (AMO) presentan un **perfil de seguridad favorable**. Las complicaciones son mayoritariamente leves, siendo las mayores infrecuentes.

Complicaciones menores

- Dolor postprocedimiento
- Hematomas perirrenales
- Fiebre postoperatoria

Son las más frecuentes y de resolución espontánea en la mayoría de los casos.

Complicaciones mayores (Clavien-Dindo $\geq$ III)

- Infrecuentes: **<2-6%** de los procedimientos
- Comparables o inferiores a otras técnicas ablativas
- Comparables o inferiores a las de la nefrectomía parcial

La clasificación Clavien-Dindo es un sistema estandarizado que categoriza las complicaciones postoperatorias según la gravedad y el tipo de intervención requerida para su manejo.

- 📌 La incidencia de complicaciones generales, incluyendo fiebre postoperatoria, es **inferior en comparación con la nefrectomía parcial**, lo que refuerza el perfil de seguridad de la técnica.

RESULTADOS

Resultados perioperatorios: AMO vs. nefrectomía parcial



Tiempo de procedimiento

Significativamente más corto con ablación que con cirugía, reduciendo la agresividad global del tratamiento.



Estancia hospitalaria

Claramente menor tras AMO. Elevado porcentaje de altas al día siguiente e incluso en régimen **ambulatorio** en series recientes.



Pérdida sanguínea

Mínima en comparación con la cirugía conservadora. Menor necesidad de transfusión y de ingreso en UCI.



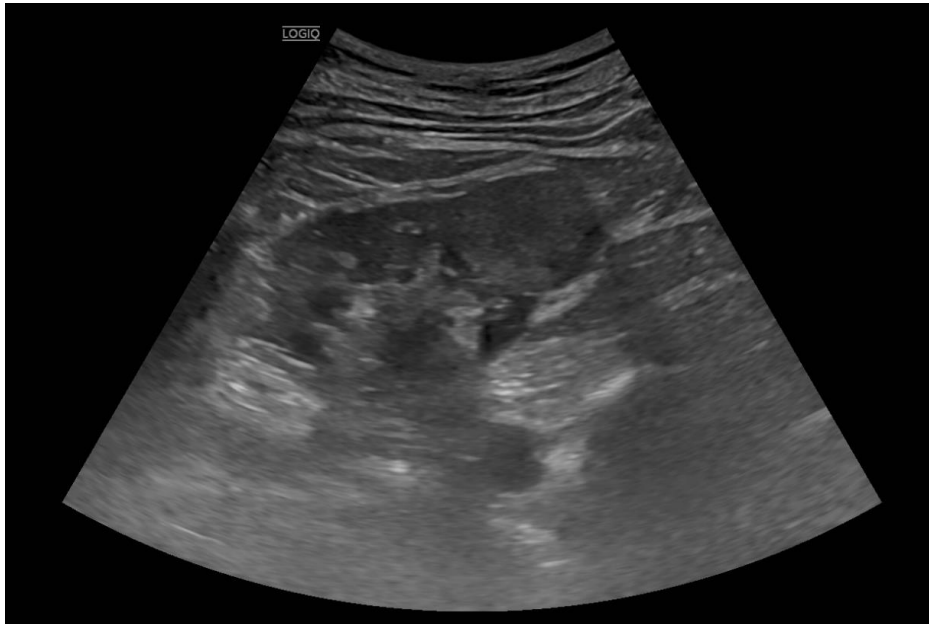
Analgesia y sedación

Puede realizarse bajo sedación moderada, con escasa necesidad de analgesia posterior al procedimiento.

En conjunto, la evidencia disponible indica que la ablación por microondas ofrece un procedimiento **más corto, menos invasivo y con menor repercusión perioperatoria** que la cirugía conservadora, manteniendo resultados oncológicos adecuados en pacientes seleccionados. [7]

CASOS CLINICOS

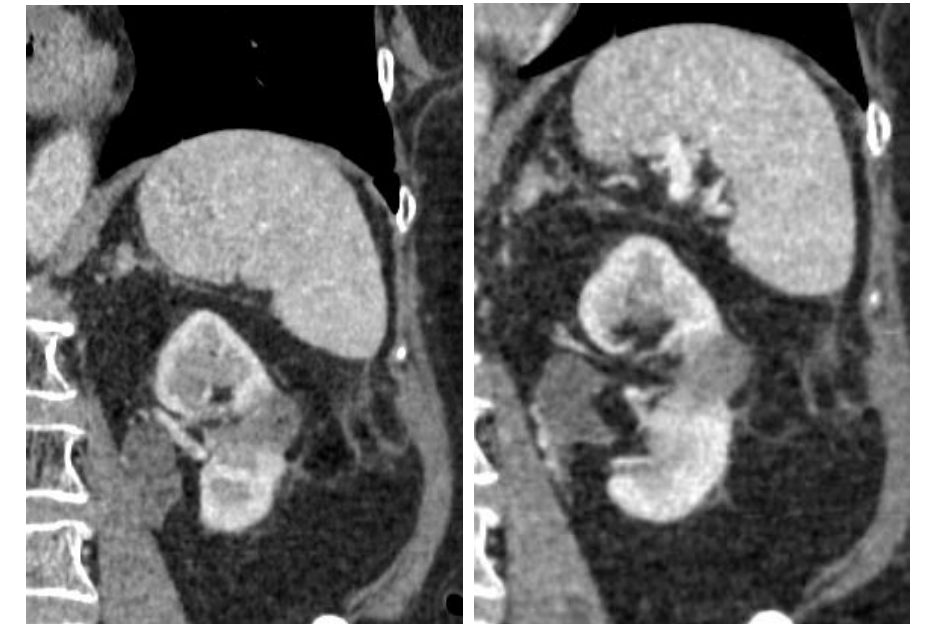
Paciente con tumoración renal sólida de 3 cm en mesorriñón izquierdo en relación con hipernefroma.



Lesión renal exofítica de 3 x 3 cm



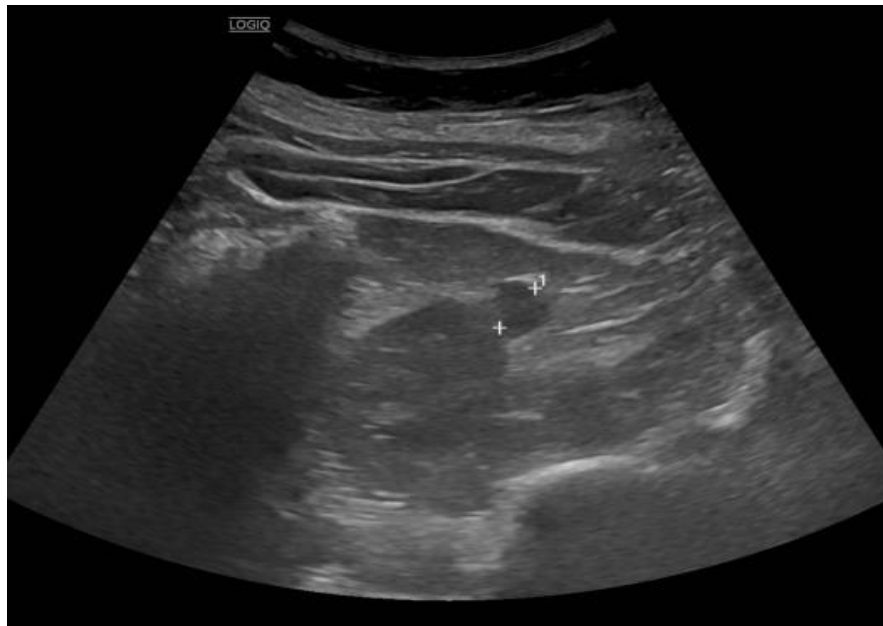
Ablación con microondas (pulsado) de tumor renal izquierdo de 3 x 3 cm, con aguja de 14G y aplicando una potencia de 140W durante 10 minutos (energía total de 31,2 KJ), quemando una superficie de 4,7 X 3,9 cm.



Estudio de control 1 mes postratamiento y a los 6 meses.
La lesión no presenta realce vascular, sugiere estar necrosada

CASOS CLINICOS

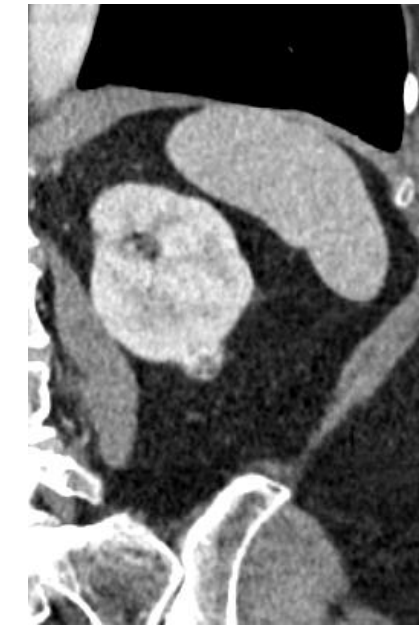
Paciente con nódulo sólido cortical exofítico de 1.2 cm en relación con hipernefroma/oncocitoma



Lesión renal exofítica de 12 mm en el polo inferior del RI



Mediante control ecográfico y aguja de 16G se realiza termoablación con microondas de nódulo renal izq de 12 mm. Se administran 60W durante 3 min, logrando unos diámetros de ablación de 32 x 23 mm. .



TC previo a tratamiento



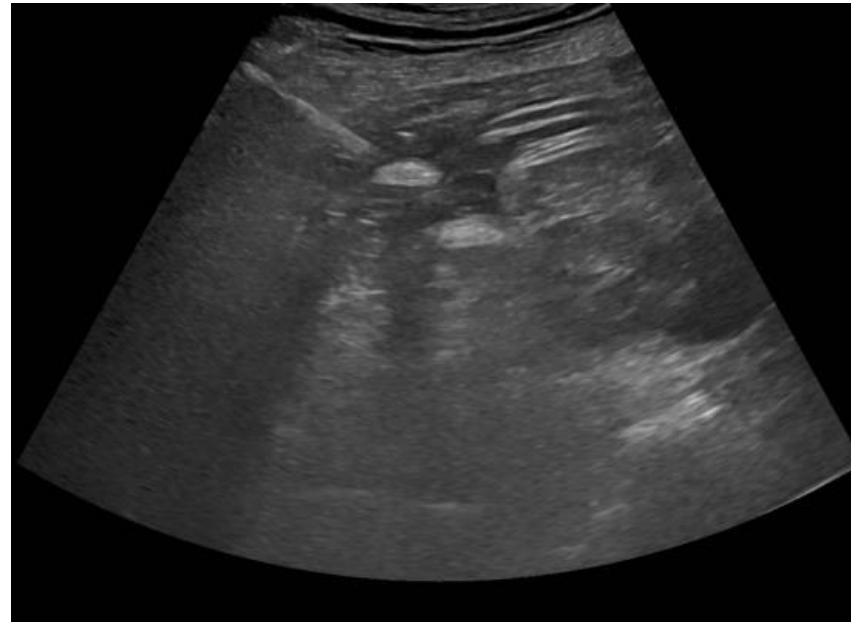
TC de control postratamiento 3 meses

CASOS CLINICOS

Paciente que presenta foco sólido, heterogéneo en fase portal en riñón derecho de unos 24.2mm sugestivo de neoplasia.



Lesión exofítica en el riñón derecho de unos 24 mm



Mediante guía ecográfica, se realiza ablación percutánea de tumor renal derecho (aprox de 3 x 2,5 x 2,5 cm) con aguja 14G, aplicando una potencia de 80W durante 10 minutos, que resulta en una superficie quemada de 5 x 4 cm.



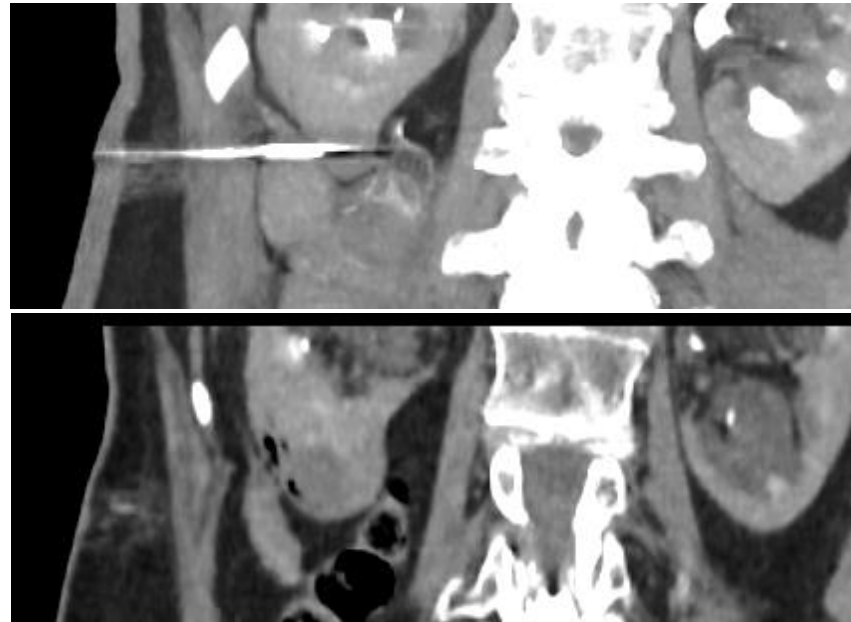
En la cortical de la región interpolar del riñón derecho, donde se encontraba la lesión referida en la petición, se visualiza ahora un área hipodensa de aproximadamente 35 x 24 mm en el plano axial,

CASOS CLINICOS

Paciente que presenta foco sólido hipercaptante como hallazgo incidental en uroTC.



Lesión nodular sólida exofítica en polo inferior del riñón derecho de 17 x 13 mm que hiperrealza tras la administración de contraste



Mediante guía TC se realiza ablación con microondas (40 W, 2 min) de tumor renal derecho.



Control con TC 1 mes postratamiento, sin observar captaciones anómalas

DISCUSIÓN

Ventajas técnicas diferenciales

La ablación por microondas ha emergido como una técnica con ventajas técnicas diferenciales frente a otras modalidades ablativas. Su capacidad para alcanzar temperaturas elevadas de forma rápida y **menos dependiente de la perfusión tisular** le permite minimizar el efecto *heat-sink*, traduciéndose en una mayor homogeneidad de la zona de necrosis y un control local consistente.

Población diana

La población tratada con microondas suele ser de **mayor edad y con mayor carga de comorbilidad**, lo que condiciona el perfil de riesgo basal y refuerza el valor del procedimiento en este subgrupo de pacientes frágiles.

Equilibrio eficacia-agresividad

Eficacia oncológica

Tasas de recurrencia local discretamente superiores a la cirugía, pero sin diferencias significativas en SCE ni en desarrollo de enfermedad metastásica.

Menor agresividad

Menor morbilidad, estancias más cortas, pérdida hemática mínima y recuperación más rápida frente a nefrectomía parcial.

Función renal

Descensos leves y clínicamente asumibles del filtrado glomerular, especialmente favorables en pacientes con ERC o riñón único.

CONCLUSIONES

Las técnicas de ablación guiadas por imagen constituyen una **herramienta fundamental** en el tratamiento actual de los tumores renales pequeños.

Eficacia probada

La AMO es eficaz, reproducible y segura, con tasas de éxito técnico del 100% en T1a y resultados oncológicos comparables a la cirugía en pacientes seleccionados.

Superación de limitaciones

Capaz de superar las limitaciones del efecto *heat-sink* y de la dependencia de conductividad presentes en otras técnicas ablativas como la RFA.

Preservación funcional

Excelente perfil de preservación de la función renal con descensos del TFGe leves y clínicamente asumibles.

Proyección en RI

Se posiciona como una de las técnicas con mayor proyección dentro de la radiología intervencionista actual, con creciente incorporación en la práctica clínica.

La ablación por microondas ofrece un equilibrio favorable entre eficacia oncológica y agresividad terapéutica, con un perfil de seguridad y preservación funcional que justifica su uso como alternativa a la cirugía conservadora en pacientes seleccionados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Krieger JR, Lee FT Jr, McCormick T, Ziemlewicz TJ, Hinshaw JL, Wells SA, et al. Microwave ablation of renal cell carcinoma. J Endourol. 2021;35(S2):S33-S37. doi:10.1089/end.2020.1078.
 2. Qiu J, Ballantyne C, Yeaman C, Lange M, Morgan J, Mershon JP, et al. Microwave ablation of the T1a small renal mass: expanding beyond 3 cm. Abdom Radiol (NY). 2023;48(8):2695-2704. doi:10.1007/s00261-023-03935-9.
 3. John JB, Anderson M, Dutton T, Stott M, Crundwell M, Llewelyn R, et al. Percutaneous microwave ablation of renal masses in a UK cohort. BJU Int. 2021;127(4):486-494. doi:10.1111/bju.15224.
 4. McCloskey C, Jacques A, McCloskey D, Tibballs J. Percutaneous microwave ablation of T1a renal cell carcinomas: a 10-year single-center retrospective review. J Med Imaging Radiat Oncol. 2024;68(3):297-302. doi:10.1111/1754-9485.13638.
 5. Iheanacho F, Rex N, Oueidat K, Collins S, Baird GL, Kim D, et al. Prospective margin estimates predict local tumor progression following microwave ablation of small renal masses. Cardiovasc Intervent Radiol. 2024;47(2):200-207. doi:10.1007/s00270-023-03635-3.
 6. Jannello LMI, Orsi F, Luzzago S, Mauri G, Mistretta FA, Piccinelli ML, et al. Microwave vs radiofrequency ablation for small renal masses: perioperative and oncological outcomes. BJU Int. 2025;135(1):156-165. doi:10.1111/bju.16528.
 7. Wu J, Sami S, Lajkocz K, Kishibe T, Ordon M. An updated systematic review and meta-analysis on the technical, oncologic, and safety outcomes of microwave ablation in patients with renal cell carcinoma. J Endourol. 2023;37(12):1314-1330. doi:10.1089/end.2023.0342.
 8. Yu J, Wang H, Cheng ZG, Liu FY, Li QY, He GZ, et al. A multicenter 10-year oncologic outcome of ultrasound-guided percutaneous microwave ablation of clinical T1 renal cell carcinoma: will it stand the test of time? Eur Radiol. 2022;32(1):89-100. doi:10.1007/s00330-021-07900-2.
 9. Yu J, Zhang X, Liu H, Zhang R, Yu X, Cheng Z, et al. Percutaneous microwave ablation versus laparoscopic partial nephrectomy for cT1a renal cell carcinoma: a propensity-matched cohort study of 1955 patients. Radiology. 2020;294(3):698-706. doi:10.1148/radiol.2020190919.
 10. Klapperich ME, Abel EJ, Ziemlewicz TJ, Best S, Lubner MG, Nakada SY, et al. Effect of tumor complexity and technique on efficacy and complications after percutaneous microwave ablation of stage T1a renal cell carcinoma: a single-center, retrospective study. Radiology. 2017;284(1):272-280. doi:10.1148/radiol.2016160592.
-