

Ablación percutánea de tumores hepáticos ≤ 3 cm: comparación de microondas y radiofrecuencia en resultados tempranos

Juana del Águila Pleguezuelo. R2 radiodiagnóstico
Hospital Universitario de San Juan de Alicante

Objetivos

Objetivos generales

- Evaluar y comparar la eficacia y seguridad de la ablación percutánea mediante microondas (MWA) y radiofrecuencia (RFA) en el tratamiento de tumores hepáticos ≤ 3 cm, analizando especialmente los resultados tempranos tras el procedimiento.

Objetivos específicos

1. Revisar los principios técnicos y físicos de la ablación por radiofrecuencia y por microondas en el tratamiento de tumores hepáticos.
2. Analizar las indicaciones clínicas de la ablación percutánea en tumores hepáticos pequeños (≤ 3 cm), principalmente en hepatocarcinoma y metástasis hepáticas.
3. Comparar la eficacia temprana de ambas técnicas mediante parámetros como tasa de ablación completa, recurrencia tumoral local temprana y margen de ablación.
4. Evaluar la seguridad de ambos procedimientos, considerando la incidencia de complicaciones mayores y menores.
5. Analizar factores que influyen en los resultados, como el tamaño tumoral, la localización de la lesión o la proximidad a estructuras vasculares (efecto heat-sink).
6. Revisar la evidencia científica reciente que compara microondas y radiofrecuencia en tumores hepáticos pequeños.

Importancia clínica

Importancia clínica de los tumores hepáticos

- El carcinoma hepatocelular (HCC) es uno de los tumores más frecuentes y una causa importante de mortalidad por cáncer.
- El hígado es también el principal órgano de metástasis de tumores digestivos, especialmente del cáncer colorrectal.
- Muchos pacientes no son candidatos a cirugía por cirrosis, comorbilidades o localización tumoral.
- Por ello, se requieren alternativas terapéuticas eficaces y menos invasivas.

Papel de la ablación percutánea

- La ablación térmica percutánea es un tratamiento mínimamente invasivo guiado por imagen.
- Técnicas más utilizadas: Radiofrecuencia (RFA) y Microondas (MWA)
- Indicada principalmente en tumores hepáticos ≤ 3 cm, especialmente en HCC en estadio temprano.
- Puede alcanzar tasas de ablación completa superiores al 90%.
- Permite tratamiento curativo en pacientes no candidatos a cirugía.

Importancia clínica de los tumores hepáticos

Relevancia de comparar microondas y radiofrecuencia

- Ambas técnicas son eficaces y ampliamente utilizadas.
- Presentan diferencias en:
 - volumen de ablación
 - tiempo del procedimiento
 - efecto heat-sink
- La microondas puede generar temperaturas más altas y ablaciones mayores.

Comparar sus resultados tempranos permite optimizar la selección del tratamiento y mejorar el control tumoral.

Estrategia terapéutica en el carcinoma hepatocelular (CHC)

La elección del tratamiento en el carcinoma hepatocelular (CHC) se basa en:

- Estadio tumoral
- Estado funcional del paciente
- Enfermedad hepática subyacente

Estos factores se integran en la clasificación BCLC (Barcelona Clinic Liver Cancer).

El sistema BCLC es uno de los modelos más utilizados para orientar el manejo terapéutico del CHC.

Permite seleccionar la estrategia de tratamiento más adecuada según el estadio de la enfermedad.

Papel del equipo multidisciplinario y la radiología intervencionista

- El manejo del CHC requiere un enfoque multidisciplinario, que incluye:
 - Hepatólogos
 - Oncólogos
 - Cirujanos
 - Anatomopatólogos
 - Radiólogos diagnósticos
 - Radiólogos intervencionistas
- El radiólogo intervencionista desempeña un papel clave en pacientes no candidatos a cirugía.
- Principales tratamientos mínimamente invasivos:
 - Ablación percutánea
 - Tratamientos intraarteriales
 - En determinados casos, puede realizarse una combinación de ambas técnicas para optimizar el tratamiento.

Algoritmo terapéutico del CHC según BCLC

El sistema de clasificación BCLC (Barcelona Clinic Liver Cancer) es uno de los modelos más utilizados para el manejo del carcinoma hepatocelular (CHC). Este sistema integra tres factores principales:

- Estadio tumoral
- Función hepática
- Estado funcional del paciente

En función de estos parámetros, el sistema BCLC establece diferentes estrategias terapéuticas.

Indicaciones de ablación hepática (Guías EASL / AASLD)

- La ablación percutánea es un tratamiento curativo recomendado en pacientes con carcinoma hepatocelular en estadio temprano cuando la cirugía no es posible.
- Indicaciones principales:
 1. Tumor único ≤ 3 cm
 2. Hasta 3 nódulos ≤ 3 cm
 3. Pacientes no candidatos a resección o trasplante hepático
 4. Función hepática preservada (Child-Pugh A o B)
 5. Ausencia de invasión vascular o metástasis extrahepática
- Otras indicaciones:
 1. Metástasis hepáticas, especialmente de origen colorrectal
 2. Pacientes con alto riesgo quirúrgico
- Resultados clínicos:
 1. Tasa de ablación completa >90 % en tumores ≤ 3 cm
 2. Baja tasa de complicaciones
 3. Posibilidad de repetir el tratamiento en caso de recurrencia

Ablación percutánea de tumores hepáticos

- Técnica mínimamente invasiva que destruye el tumor mediante energía térmica.
 - Se realiza bajo guía de imagen (ecografía, TC o RM) con inserción de una aguja en el tumor.
 - Produce necrosis coagulativa a temperaturas $>60^{\circ}\text{C}$ con margen de seguridad de 5–10 mm.
 - Principales técnicas:
 - Radiofrecuencia (RFA)
 - Microondas (MWA)
 - Indicada en carcinoma hepatocelular y metástasis hepáticas, especialmente en tumores pequeños o pacientes no candidatos a cirugía.
-

Ablación por radiofrecuencia (RFA)

Principios físicos

- Técnica de ablación térmica que utiliza corriente alterna de alta frecuencia ($\approx 400\text{--}500\text{ kHz}$).
- La energía se transmite desde un generador a un electrodo introducido en el tumor.
- La corriente produce agitación iónica en el tejido, generando calor por resistencia eléctrica.
- Cuando la temperatura supera $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, se produce:
 - Desnaturalización proteica
 - Daño celular irreversible
 - Necrosis coagulativa del tejido tumoral
- Objetivo: lograr destrucción tumoral completa con un margen de ablación de $5\text{--}10\text{ mm}$

Aspectos generales a considerar en la RFA

- Factores tumorales
 - Mejores resultados en tumores $\leq 3\text{ cm}$
 - Tumores mayores pueden requerir múltiples aplicaciones
- Factores anatómicos
 - Presencia de vasos cercanos puede producir efecto heat-sink
 - Disminuye la eficacia de la ablación
- Factores técnicos
 - El calor se genera alrededor del electrodo activo y se distribuye por conducción térmica
 - Influye la conductividad y vascularización del tejido
- Control del procedimiento
 - Realizado bajo guía de imagen (ecografía o TC)
 - Evaluación posterior mediante TC o R

Ablación por microondas (MWA)

Principios físicos

- La ablación por microondas (MWA) es una técnica de ablación térmica que utiliza energía electromagnética con frecuencias generalmente entre 900 y 2450 MHz.
- La energía se transmite desde un generador a una antena percutánea introducida en el tumor.
- Las microondas producen oscilación rápida de las moléculas de agua del tejido, generando calor por fricción molecular.
- Este proceso produce un calentamiento rápido del tejido, alcanzando temperaturas superiores a 100 °C.
- El resultado es la necrosis coagulativa del tejido tumoral, con el objetivo de obtener un margen de ablación de seguridad de 5–10 mm alrededor del tumor.

Aspectos generales a considerar en la RFA

- Factores técnicos
 - Genera calentamiento rápido y mayor volumen de ablación.
 - Permite realizar procedimientos más cortos que la radiofrecuencia.
- Factores anatómicos
 - Menor influencia del efecto heat-sink debido al flujo sanguíneo.
 - Más eficaz en tumores cercanos a vasos.
- Factores tumorales
 - Resultados óptimos en tumores ≤ 3 cm, aunque puede tratar lesiones algo mayores.
 - Puede generar zonas de ablación más amplias y homogéneas.
- Control del procedimiento
 - Se realiza bajo guía de imagen (ecografía o TC).
 - El control posterior mediante TC o RM con contraste permite confirmar la ablación completa del tumor.

RFA vs MRW

Característica	Radiofrecuencia (RFA)	Microondas (MWA)
Tipo de energía	Corriente alterna	Energía electromagnética
Frecuencia	400–500 kHz	900–2450 MHz
Mecanismo de generación de calor	Agitación iónica, resistencia tisular	Oscilación de moléculas de agua
Temperatura alcanzada	60–100 °C	>100 °C
Velocidad de calentamiento	Más lenta	Más rápida
Volumen de ablación	Menor	Mayor
Influencia del flujo sanguíneo	Mayor efecto “heat-sink”	Menor efecto “heat-sink”
Tiempo de procedimiento	Mayor	Menor
Dependencia de la conductividad tisular	Alta	Baja
Experiencia clínica	Técnica más consolidada	Uso creciente en los últimos años

Ventajas y limitaciones

Ventajas e inconvenientes de RFA vs MWA

Técnica	Ventajas	Inconvenientes
Radiofrecuencia (RFA)	✓ Técnica ampliamente consolidada con gran evidencia clínica ✓ Alta eficacia en tumores ≤ 3 cm ✓ Equipamiento ampliamente disponible ✓ Buen control local tumoral	✗ Efecto heat-sink más marcado cerca de vasos ✗ Menor volumen de ablación ✗ Tiempo de procedimiento mayor ✗ Mayor dependencia de la conductividad del tejido
Microondas (MWA)	✓ Mayor temperatura alcanzada ✓ Mayor volumen de ablación ✓ Menor tiempo de procedimiento ✓ Menor influencia del efecto heat-sink	✗ Mayor coste del equipamiento ✗ Técnica relativamente más reciente ✗ Menor estandarización histórica de los protocolos

Conclusión: Ambas técnicas son efectivas para el tratamiento de tumores hepáticos pequeños, aunque la MWA ofrece ciertas ventajas físicas, mientras que la RFA cuenta con mayor experiencia acumulada.

Estudios clave sobre ablación hepática: RFA vs MWA

**Vietti Violi et al., 2018 –
Lancet Gastroenterology &
Hepatology**

Facciorusso et al., 2016

**Facciorusso et al., 2020
Cancers**



Vietti Violi et al., 2018

Microwave ablation versus radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma

Lancet Gastroenterology & Hepatology

- Tipo de estudio
 - Metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados
- Objetivo
 - Evaluar la eficacia y seguridad de MWA frente a RFA utilizando solo estudios de alto nivel de evidencia.

• Resultados

- Supervivencia global similar entre ambas técnicas.
- Recurrencia tumoral local comparable.
- Algunos análisis sugieren menor recurrencia tumoral con MWA.

• Conclusión

- MWA y RFA muestran resultados clínicos equivalentes, con posibles ventajas técnicas de la MWA.

Facciorusso et al., 2016

Microwave ablation versus radiofrequency ablation for the treatment of hepatocellular carcinoma

International Journal of Hyperthermia

- Tipo de estudio
 - Revisión sistemática y metaanálisis
 - Muestra
 - 7 estudios
 - 774 pacientes
 - Resultados
 - Respuesta completa similar entre MWA y RFA.
 - Recurrencia tumoral local comparable.
 - La MWA mostró mejores resultados en tumores de mayor tamaño.
 - Conclusión
 - Las dos técnicas presentan eficacia comparable, aunque la MWA podría ser más eficaz en lesiones mayores.
-

Facciorusso et al., 2020

Microwave ablation versus radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma *Cancers*

- Tipo de estudio
- Metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados
-
- Objetivo
- Evaluar la eficacia y seguridad de MWA frente a RFA utilizando solo estudios de alto nivel de evidencia.
- Resultados
- Supervivencia global similar entre ambas técnicas.
- Recurrencia tumoral local comparable.
- Algunos análisis sugieren menor recurrencia tumoral con MWA.
-
- Conclusión
- MWA y RFA muestran resultados clínicos equivalentes, con posibles ventajas técnicas de la MWA.

Evidence Summary: RFA vs MWA en tumores hepáticos

- Hallazgos principales
 - Eficacia clínica comparable entre RFA y MWA en tumores hepáticos pequeños (≤ 3 cm).
 - Tasas de ablación completa altas en ambas técnicas (>90 % en lesiones pequeñas).
 - Supervivencia global similar entre los grupos tratados con RFA y MWA.
 - Algunos estudios sugieren menor recurrencia tumoral local con MWA, especialmente en tumores mayores.
 - Ventajas técnicas observadas
 - MWA: mayor volumen de ablación, calentamiento más rápido y menor efecto heat-sink.
 - RFA: técnica más consolidada, con amplia experiencia clínica y evidencia acumulada.
-

Evidence Summary: RFA vs MWA

Estudio	Tipo de estudio	Población	Resultados principales	Conclusión
Vietti Violi et al., 2018 <i>Lancet Gastroentero & Hepatology</i>	Ensayo clínico aleatorizado (RCT)	Pacientes con HCC ≤ 4 cm	Progresión tumoral local y supervivencia similares entre RFA y MWA	Ambas técnicas presentan eficacia y seguridad comparables
Facciorusso et al., 2016 <i>Metaanálisis de RCTs</i>	Revisión sistemática y metaanálisis	7 estudios, 774 pacientes	Respuesta completa y recurrencia local similares	Ambas técnicas presentan eficacia y seguridad comparables
Facciorusso et al., 2020	Ensayos clínicos aleatorizados	Ensayos clínicos aleatorizados	Supervivencia global similar, posible menor recurrencia con MWA	MWA puede ser más eficaz en tumores de mayor tamaño

Conclusión general: La evidencia científica muestra que RFA y MWA son técnicas eficaces y seguras en tumores hepáticos pequeños (≤ 3 cm), con **resultados clínicos comparables**, aunque la MWA puede ofrecer algunas ventajas técnicas como mayor **volumen de ablación** y menor efecto heat-sink.

Limitaciones de la ablación percutánea

- Eficacia reducida en tumores >3 cm, pudiendo requerir múltiples aplicaciones.
 - Efecto heat-sink en lesiones cercanas a vasos, que puede disminuir la necrosis completa (especialmente en RFA).
 - Dificultad en localizaciones complejas (subcapsulares, cercanas a vía biliar o diafragma).
 - Dependencia de la experiencia del operador y de la técnica empleada.
 - Posibilidad de recurrencia tumoral local, especialmente en márgenes insuficientes.
 - Limitaciones en pacientes con mala ventana ecográfica o anatomía desfavorable.
-

Conclusiones

- La ablación percutánea es un tratamiento eficaz y mínimamente invasivo en tumores hepáticos ≤ 3 cm.
 - La radiofrecuencia (RFA) y las microondas (MWA) presentan eficacia y seguridad comparables en resultados tempranos.
 - La MWA ofrece ventajas técnicas, como mayor volumen de ablación, calentamiento más rápido y menor efecto heat-sink.
 - La RFA es una técnica consolidada, con amplia experiencia clínica y resultados bien establecidos.
 - La elección entre ambas técnicas debe individualizarse según características del tumor, localización y paciente.
-

Perspectivas futuras

- Desarrollo de nuevos sistemas de ablación más precisos y eficientes.
 - Mejora en la navegación y guía por imagen (fusión ecografía-TC/RM, navegación 3D).
 - Combinación de técnicas (ablación + tratamientos intraarteriales) para aumentar la eficacia.
 - Avances en la selección de pacientes mediante modelos predictivos e inteligencia artificial.
 - Potencial expansión de indicaciones a tumores de mayor tamaño o localizaciones complejas.
-

Bibliografía

- Vietti Violi N, et al. Microwave ablation versus radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2018.
 - Facciorusso A, et al. Microwave ablation versus radiofrequency ablation for the treatment of hepatocellular carcinoma. Int J Hyperthermia. 2016.
 - Facciorusso A, et al. Microwave ablation versus radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma. Cancers (Basel). 2020.
 - European Association for the Study of the Liver (EASL). Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma.
 - American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD). Practice Guidance on hepatocellular carcinoma.
-

