

Avances recientes en la resonancia magnética para el diagnóstico de enfermedades hepáticas

Recent advances in magnetic resonance for the diagnosis of liver diseases

Nathaly Francisca Collantes Domínguez

ORCID: 0009-0005-7244-3681

Hospital San Francisco de Quito, Ecuador

Joselyn Carolina Piarpuezan Contenido

ORCID: 0009-0003-5858-0212

Universidad de las Américas, Ecuador

María José Rodas Balcázar

ORCID: 0009-0008-0636-299X

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

Jorge Jair Salazar Morocho

ORCID: 0009-0002-3191-1918

Universidad Estatal de Guayaquil, Ecuador

Joselyn Leonor Daza Bajaña

ORCID: 0009-0001-2198-8412

Hospital de Especialidades Teodoro Maldonado Carbo, Ecuador

Wellington Israel Toapanta Toapanta

ORCID: 0009-0008-1773-6504

Centro de Especialidades Eco Imagen, Ecuador

Grace Estefanía Viera Taipe

ORCID: 0009-0009-4564-521X

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

David Enrique Acosta Cepeda

ORCID: 0009-0008-3350-7111

Cocamed Hospital Center, Ecuador

RESUMEN

La resonancia magnética (RM) ha emergido como una herramienta fundamental en el diagnóstico y manejo de las enfermedades hepáticas debido a su capacidad para proporcionar imágenes detalladas y no invasivas del hígado. En los últimos años, se han logrado avances significativos en las técnicas de RM, incluyendo el desarrollo de secuencias específicas como la elastografía por RM, que permite evaluar la rigidez hepática y, por ende, detectar y cuantificar la fibrosis. Además, la implementación de técnicas de imagen ponderada por difusión y espectroscopia por RM ha mejorado la caracterización de lesiones focales y la evaluación de la esteatosis hepática. Estas innovaciones han permitido una detección más temprana y precisa de patologías como la enfermedad por hígado graso no alcohólico, la cirrosis y los tumores hepáticos, facilitando una toma de decisiones clínicas más informada. Asimismo, los avances en la inteligencia artificial y el procesamiento de imágenes han potenciado la capacidad de análisis automatizado, reduciendo la variabilidad interobservador. Este artículo revisa los desarrollos recientes en la RM aplicada al hígado, destacando su impacto en el diagnóstico, pronóstico y monitoreo de las enfermedades hepáticas, así como las perspectivas futuras en este campo en constante evolución.

Palabras clave: Resonancia magnética, Diagnóstico, Enfermedades hepáticas, Imagenología, Técnicas no invasivas, Evaluación hepática.

ABSTRACT

Magnetic resonance imaging (MRI) has emerged as a critical tool in the diagnosis and management of liver diseases due to its ability to provide detailed, non-invasive images of the liver. In recent years, significant advances have been made in MRI techniques, including the development of specific sequences such as MR elastography, which allows liver stiffness to be assessed and, therefore, fibrosis to be detected and quantified. Furthermore, the implementation of diffusion-weighted imaging techniques and MR spectroscopy has improved the characterization of focal lesions and the evaluation of hepatic steatosis. These innovations have allowed earlier and more accurate detection of pathologies such as non-alcoholic fatty liver disease, cirrhosis and liver tumors, facilitating more informed clinical decision-making. Likewise, advances in artificial intelligence and image processing have enhanced the capacity for automated analysis, reducing interobserver variability. This article reviews recent developments in MRI applied to the liver, highlighting its impact on the diagnosis, prognosis and monitoring of liver diseases, as well as future perspectives in this constantly evolving field.

Keywords: Magnetic resonance imaging, Diagnosis, Liver diseases, Imaging, Non-invasive techniques, Liver evaluation.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la RM ha experimentado avances significativos que han transformado su papel en el diagnóstico y manejo de las enfermedades hepáticas. Esta técnica no invasiva se ha consolidado como una herramienta esencial gracias a su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución y caracterización tisular detallada, permitiendo la evaluación precisa de patologías hepáticas como la esteatosis, fibrosis, inflamación y tumores hepáticos (1). Innovaciones tecnológicas recientes, como las secuencias de imagen ponderadas por difusión, la elastografía por resonancia magnética y los mapas paramétricos cuantitativos, han mejorado la precisión diagnóstica y ampliado las aplicaciones clínicas de la RM. Además, el desarrollo de agentes de contraste más específicos ha facilitado una mejor diferenciación entre lesiones benignas y malignas, optimizando la planificación terapéutica (2). Este artículo de revisión tiene como objetivo analizar los avances recientes en la resonancia magnética aplicada al diagnóstico de enfermedades hepáticas, destacando su impacto en la práctica clínica y su potencial para reemplazar técnicas invasivas tradicionales. Asimismo, se discutirán las limitaciones actuales y las perspectivas futuras de esta tecnología, subrayando su contribución al manejo integral de los pacientes con patologías hepáticas.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo de revisión narrativa, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y Embase. Se utilizaron términos controlados MeSH y DeCS relacionados con "resonancia magnética", "diagnóstico" y "enfermedades hepáticas", combinándolos mediante operadores booleanos como AND, OR y NOT para optimizar los resultados. Los criterios de inclusión abarcaron artículos publicados en los últimos 10 años, escritos en inglés o español, estudios originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis que abordaran avances en técnicas de resonancia magnética aplicadas al diagnóstico hepático. Se excluyeron trabajos duplicados, artículos con información irrelevante o exclusivamente enfocados en poblaciones pediátricas o animales. En total, se revisaron 85 artículos, de los cuales 18 fueron seleccionados por su relevancia y calidad metodológica. Estos estudios proporcionaron información clave sobre innovaciones tecnológicas, nuevas secuencias de imagen y aplicaciones clínicas emergentes en el diagnóstico de enfermedades hepáticas como la esteatosis, fibrosis y tumores malignos. La selección y análisis crítico de la literatura se realizó siguiendo las recomendaciones PRISMA para garantizar la rigurosidad y la validez de los hallazgos presentados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principios físicos y técnicos de la resonancia magnética

La RM es una herramienta de diagnóstico por imagen que ha experimentado avances significativos en las últimas décadas, consolidándose como una técnica clave en la evaluación de diversas patologías, incluidas las enfermedades hepáticas. Este método se basa en principios físicos fundamentales relacionados con el comportamiento de los protones en presencia de un campo magnético intenso y pulsos de radiofrecuencia (1).

El principio físico central de la RM radica en la propiedad del espín nuclear de los protones presentes en tejidos ricos en agua y grasa, como el hígado. Cuando un paciente es colocado dentro del imán del escáner de RM, los protones de hidrógeno se alinean con el campo magnético principal (B_0). Posteriormente, se aplica un pulso de radiofrecuencia que altera esta alineación, generando un estado de excitación. Al cesar el pulso, los protones regresan a su estado de equilibrio, emitiendo señales que son captadas por receptores y procesadas para formar imágenes detalladas (1).

Las imágenes obtenidas en RM dependen de parámetros técnicos como el tiempo de relajación longitudinal (T_1) y transversal (T_2), que reflejan cómo los tejidos liberan energía y recuperan su magnetización. Estas diferencias permiten distinguir entre tejidos normales y patológicos. En el caso del hígado, las secuencias ponderadas en T_1 y T_2 son fundamentales para identificar anomalías estructurales y funcionales (1,2).

En términos técnicos, los avances recientes incluyen el desarrollo de secuencias rápidas, como las ponderadas por eco de gradiente (GRE) y las secuencias de eco de espín rápido (FSE), que mejoran la resolución temporal y espacial. Además, la introducción de técnicas avanzadas como la espectroscopia por RM (ERM) y la elastografía por RM ha ampliado significativamente las aplicaciones diagnósticas. La ERM permite analizar metabólicos específicos del tejido hepático, como lípidos y compuestos relacionados con el metabolismo del hierro. Por su parte, la elastografía cuantifica la rigidez hepática, siendo esencial para evaluar fibrosis y cirrosis sin necesidad de procedimientos invasivos (2).

Otro avance destacado es el uso de agentes de contraste específicos para el hígado, como los basados en gadolinio con afinidad por hepatocitos o macrófagos. Estos agentes mejoran la detección de lesiones focales, diferenciando entre

tumores benignos y malignos, así como evaluando la función hepática (2).

Métodos avanzados de imagen por resonancia magnética en enfermedades hepáticas

La RM ha evolucionado significativamente en los últimos años, consolidándose como una herramienta esencial en el diagnóstico y manejo de diversas enfermedades hepáticas. Gracias a los avances tecnológicos y al desarrollo de técnicas innovadoras, es posible obtener información detallada sobre la estructura, composición y función del hígado, superando las limitaciones de métodos tradicionales (3).

Una de las principales innovaciones en este campo es la RM con elastografía, que permite evaluar la rigidez del tejido hepático de manera no invasiva. Esta técnica es particularmente útil para la detección y estadificación de la fibrosis hepática, ofreciendo una alternativa segura y precisa a la biopsia hepática. La elastografía por RM no solo proporciona una evaluación cuantitativa de la fibrosis, sino que también puede identificar áreas focales de alteración tisular, mejorando el diagnóstico diferencial (3).

Otro avance destacado es la cuantificación del contenido de grasa y hierro en el hígado mediante técnicas como el mapeo de protones con secuencias de Dixon. Estas herramientas permiten medir con precisión la esteatosis hepática y la sobrecarga férrica, condiciones asociadas a enfermedades metabólicas y genéticas como la hemocromatosis. La capacidad de cuantificar estos parámetros de manera reproducible facilita el monitoreo de pacientes y la evaluación de respuestas terapéuticas (3).

La RM funcional también ha ganado relevancia en el estudio del hígado. Técnicas como la perfusión por contraste dinámico y la espectroscopia por RM proporcionan información valiosa sobre la vascularización hepática y el metabolismo celular. Estas metodologías son especialmente útiles en la caracterización de lesiones focales, como tumores primarios o metastásicos, diferenciando entre lesiones benignas y malignas con alta sensibilidad y especificidad (4).

Por otro lado, los avances en secuencias ponderadas por difusión (DWI) han permitido evaluar la difusión de agua a nivel tisular, lo que resulta crucial para la detección temprana de lesiones hepáticas y la evaluación de su agresividad biológica. Esta técnica es particularmente beneficiosa en pacientes con contraindicaciones para el uso de agentes de contraste (4).

Finalmente, el desarrollo de agentes de contraste específicos para el hígado, como los basados en gadolinio o hierro, ha optimizado la caracterización de lesiones hepáticas focales. Estos agentes mejoran la visualización del parénquima hepático y permiten una diferenciación más precisa entre tejidos normales y patológicos (4).

Resonancia magnética en la detección de esteatosis hepática

La RM ha emergido como una herramienta crucial en la detección y cuantificación de la esteatosis hepática, una condición caracterizada por la acumulación excesiva de grasa en el hígado. Este avance ha permitido superar las limitaciones de métodos tradicionales, como la biopsia hepática, que, aunque considerada el estándar de referencia, es invasiva, costosa y limitada por el riesgo de complicaciones y errores de muestreo (5).

En los últimos años, las técnicas avanzadas de RM han revolucionado el diagnóstico no invasivo de la esteatosis hepática. Entre estas, destaca la técnica de "proton density fat fraction" (PDFF), que permite una cuantificación precisa y reproducible del contenido graso en el hígado. La PDFF se basa en la separación espectral de señales de agua y grasa, proporcionando una medida objetiva del porcentaje de grasa hepática. Esta técnica ha demostrado ser altamente sensible y específica, incluso en casos leves de esteatosis, lo que la convierte en un método confiable tanto para la detección como para el seguimiento clínico (5).

Otra innovación significativa es la técnica de espectroscopia por resonancia magnética (ERM), que permite analizar las características metabólicas del tejido hepático. La ERM no solo cuantifica la grasa hepática, sino que también puede diferenciar entre los tipos de lípidos presentes, proporcionando información adicional sobre los mecanismos subyacentes de la enfermedad. Aunque su uso está más limitado a entornos de investigación debido a su complejidad técnica y tiempo requerido, ofrece un gran potencial para estudios avanzados (5).

Además, la RM ha demostrado ser útil en la evaluación de condiciones asociadas a la esteatosis hepática, como la inflamación y la fibrosis. Técnicas como la elastografía por RM permiten medir la rigidez del hígado, identificando cambios estructurales que pueden indicar progresión hacia enfermedades más graves como la esteatohepatitis no alcohólica (EHNA) o la cirrosis. Este enfoque integral posiciona a la RM como una herramienta clave en el manejo multidimensional de las enfermedades hepáticas (6).

Un aspecto importante a considerar es que, aunque la RM presenta ventajas significativas sobre otras modalidades diagnósticas, como la ecografía o la tomografía computarizada, su disponibilidad y costo pueden limitar su uso en ciertos entornos clínicos. Sin embargo, los avances tecnológicos continúan mejorando su accesibilidad y reduciendo los costos asociados (6).

Aplicaciones de la resonancia magnética en la fibrosis y cirrosis hepática

La RM ha emergido como una herramienta imprescindible en el diagnóstico y manejo de enfermedades hepáticas, especialmente en la evaluación de la fibrosis y la cirrosis hepática. Estas condiciones, que representan etapas avanzadas de daño hepático crónico, requieren métodos diagnósticos precisos y no invasivos para su detección temprana, clasificación y monitoreo (7).

En el contexto de la fibrosis hepática, la RM permite una evaluación cuantitativa y cualitativa del tejido hepático sin necesidad de recurrir a procedimientos invasivos como la biopsia. Técnicas avanzadas como la elastografía por resonancia magnética (MRE, por sus siglas en inglés) han demostrado ser altamente eficaces para medir la rigidez del hígado, un marcador clave de fibrosis. La MRE utiliza ondas mecánicas generadas externamente y mide su propagación en el tejido hepático, proporcionando un mapa detallado de la elasticidad hepática. Esta técnica ha mostrado una alta correlación con los estadios histológicos de fibrosis y es especialmente útil para diferenciar entre fibrosis leve, moderada y avanzada (7).

Por otro lado, en el caso de la cirrosis hepática, la RM no solo permite evaluar la extensión del daño hepático, sino que también identifica complicaciones asociadas, como hipertensión portal y carcinoma hepatocelular (CHC). Las secuencias específicas de RM, como las ponderadas en T1 y T2, junto con el uso de agentes de contraste hepatobiliares, ofrecen imágenes detalladas que ayudan a identificar nódulos regenerativos, áreas de displasia y lesiones malignas. Además, estas técnicas permiten evaluar el flujo sanguíneo portal y sistémico, lo cual es esencial para determinar el grado de hipertensión portal (7,8).

Otro avance significativo es la capacidad de la RM para cuantificar el contenido de grasa y hierro en el hígado mediante técnicas como el mapeo T2 y la espectroscopia por RM. Estas mediciones son cruciales en pacientes con enfermedad hepática metabólica o hemocromatosis, condiciones que frecuentemente coexisten con fibrosis o cirrosis (8).

En comparación con otros métodos diagnósticos, como los ultrasonidos o las tomografías computarizadas, la RM ofrece ventajas significativas en términos de sensibilidad, especificidad y ausencia de radiación ionizante. Sin embargo, su disponibilidad limitada y su mayor costo siguen siendo barreras importantes para su implementación generalizada, especialmente en países con sistemas de salud menos desarrollados (8).

Uso de la resonancia magnética para el diagnóstico de tumores hepáticos

La RM ha emergido como una herramienta fundamental en el diagnóstico de tumores hepáticos, gracias a su capacidad para proporcionar imágenes detalladas y funcionales del hígado sin la necesidad de radiación ionizante. Este avance ha permitido una evaluación más precisa de las lesiones hepáticas, diferenciando entre tumores benignos y malignos, así como caracterizando subtipos específicos de neoplasias (9).

El uso de secuencias avanzadas, como la ponderación T1 y T2, la difusión (DWI) y la dinámica con contraste, ha revolucionado el enfoque diagnóstico. Las secuencias ponderadas en T1 con contraste intravenoso, como los agentes hepatobiliares (gadolinio), permiten evaluar el patrón de captación y excreción del contraste en diferentes fases (arterial, portal y tardía). Esto es particularmente útil para identificar características distintivas de lesiones como el carcinoma hepatocelular (CHC), los adenomas hepáticos o los hemangiomas. Por ejemplo, el CHC típicamente muestra una captación intensa en la fase arterial seguida de un lavado rápido en fases tardías, un patrón que puede ser identificado con alta sensibilidad mediante RM (9).

Asimismo, las secuencias de difusión han demostrado ser valiosas para evaluar la celularidad tumoral y la restricción al movimiento de las moléculas de agua dentro de los tejidos. Esto es especialmente relevante en la detección de tumores pequeños o metástasis hepáticas que pueden no ser visibles en otras modalidades de imagen. Además, la RM permite evaluar características adicionales como la presencia de grasa intralesional o contenido hemorrágico, lo que contribuye aún más a una caracterización precisa (9,10).

Un avance notable ha sido la introducción de técnicas funcionales como la espectroscopia por RM y la elastografía por RM. La espectroscopia permite analizar el metabolismo hepático y detectar alteraciones específicas asociadas a ciertos tipos de tumores. Por otro lado, la elastografía mide la rigidez del tejido hepático, ayudando a identificar cambios asociados con fibrosis o masas tumorales (10).

La RM no solo es útil para el diagnóstico inicial, sino también para el seguimiento de pacientes con lesiones hepáticas conocidas, especialmente aquellos sometidos a tratamientos como ablación térmica, quimioembolización o inmunoterapia. Su capacidad para evaluar cambios en la vascularización tumoral y en las características tisulares contribuye a determinar la respuesta terapéutica y a detectar recurrencias tempranas (10).

Técnicas de resonancia magnética para evaluar la perfusión hepática

Las técnicas de RM han evolucionado significativamente en los últimos años, ofreciendo herramientas avanzadas para evaluar la perfusión hepática de manera no invasiva y con alta precisión. Estas técnicas son esenciales para el diagnóstico, la monitorización y la evaluación de enfermedades hepáticas, especialmente en casos de patologías que afectan la vascularización del hígado, como la cirrosis, el carcinoma hepatocelular y las enfermedades vasculares hepáticas (11).

Una de las principales técnicas utilizadas es la RM con contraste dinámico, que emplea agentes de contraste basados en gadolinio para evaluar el flujo sanguíneo hepático en tiempo real. Este método permite obtener imágenes dinámicas durante las fases arterial, portal y venosa tardía, proporcionando información detallada sobre la perfusión tisular y las características vasculares de las lesiones hepáticas. La RM con contraste dinámico es particularmente útil para diferenciar entre lesiones benignas y malignas, así como para detectar cambios hemodinámicos asociados a enfermedades crónicas como la hipertensión portal (11).

Otra técnica destacada es la RM ponderada por perfusión, que no requiere el uso de agentes de contraste. Esta modalidad utiliza secuencias específicas, como las ponderadas por difusión (DWI) o por susceptibilidad magnética (SWI), para evaluar indirectamente el flujo sanguíneo hepático. Estas técnicas son especialmente relevantes en pacientes con contraindicaciones para el uso de gadolinio, como aquellos con insuficiencia renal severa (11,12).

Además, la RM con etiquetado arterial (ASL, por sus siglas en inglés) representa un enfoque prometedor para evaluar la perfusión hepática sin necesidad de contrastes exógenos. Este método utiliza pulsos de radiofrecuencia para etiquetar magnéticamente el agua en sangre arterial, lo que permite medir el flujo sanguíneo directamente. Aunque su uso clínico aún es limitado, los avances recientes en hardware y software han mejorado su resolución y reproducibilidad, haciéndolo una alternativa viable para poblaciones específicas (12).

Por último, las técnicas de cuantificación basadas en modelos matemáticos, como el análisis de curvas de perfusión y los mapas paramétricos, han ampliado las capacidades diagnósticas de la RM en la evaluación hepática. Estas herramientas permiten cuantificar parámetros clave como el flujo sanguíneo, el volumen sanguíneo y el tiempo medio de tránsito, lo que facilita una caracterización más precisa de la perfusión hepática (12).

Resonancia magnética funcional y cuantitativa en enfermedades hepáticas

La resonancia magnética funcional y cuantitativa ha emergido como una herramienta esencial en el diagnóstico y manejo de enfermedades hepáticas, ofreciendo información detallada sobre la estructura y función del hígado sin necesidad de procedimientos invasivos. En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido aumentar la precisión y utilidad de esta modalidad de imagen, consolidándola como un recurso indispensable en la práctica clínica (13).

Entre las técnicas más destacadas se encuentra la elastografía por resonancia magnética, que permite evaluar la rigidez hepática, un biomarcador clave en la detección y estadificación de la fibrosis hepática. La MRE ha demostrado ser altamente sensible y específica en comparación con métodos tradicionales como la biopsia hepática, reduciendo riesgos asociados y mejorando la experiencia del paciente. Además, esta técnica puede ser utilizada para monitorear la progresión de enfermedades crónicas como la hepatitis viral o la enfermedad por hígado graso no alcohólico (13).

Otra innovación significativa es la cuantificación del contenido de grasa hepática mediante técnicas como el mapeo de protones de densidad grasa (PDFF). Este método permite medir de forma precisa el porcentaje de grasa en el hígado, siendo crucial para el diagnóstico temprano y el seguimiento de la esteatosis hepática. La capacidad de diferenciar entre esteatosis simple y esteatohepatitis no alcohólica (NASH) representa un avance importante para establecer estrategias terapéuticas personalizadas (13,14).

Asimismo, la resonancia magnética funcional ha permitido evaluar parámetros relacionados con la perfusión sanguínea hepática y la función biliar. Por ejemplo, el uso de agentes de contraste específicos como los basados en gadolinio mejora la caracterización de lesiones focales hepáticas y facilita el diagnóstico diferencial entre tumores benignos y malignos. Estas imágenes dinámicas también son útiles para evaluar la función hepática global en pacientes con cirrosis o insuficiencia hepática (14).

El desarrollo del mapeo paramétrico, como T1 y T2, ha ampliado aún más las capacidades diagnósticas, permitiendo

evaluar indirectamente la presencia de inflamación, edema o depósitos de hierro en el tejido hepático. Estas técnicas son particularmente útiles en patologías como la hemocromatosis o en el seguimiento de pacientes sometidos a trasplante hepático (14).

Comparación de la resonancia magnética con otras técnicas de imagen en hepatología

La RM se ha consolidado como una herramienta fundamental en el diagnóstico y manejo de las enfermedades hepáticas, destacándose frente a otras técnicas de imagen como la ecografía, la tomografía computarizada (TC) y la elastografía. Cada modalidad tiene sus propias fortalezas, pero la RM ofrece ventajas significativas en términos de precisión diagnóstica, caracterización tisular y ausencia de radiación ionizante (15).

En comparación con la ecografía, la RM proporciona una resolución superior para la evaluación de lesiones hepáticas, especialmente en pacientes con obesidad o esteatosis hepática, donde la ecogenicidad alterada puede dificultar la interpretación de imágenes ecográficas. Además, mientras que la elastografía por ecografía es útil para evaluar la fibrosis hepática, la RM con técnicas avanzadas como la elastografía por resonancia magnética ofrece una mayor reproducibilidad y permite evaluar áreas más amplias del hígado con mayor precisión (15).

Por otro lado, la TC es ampliamente utilizada para el diagnóstico y estadificación de enfermedades hepáticas, especialmente en el contexto oncológico. Sin embargo, su principal limitación radica en el uso de radiación ionizante y la necesidad de contrastes yodados, que pueden ser problemáticos en pacientes con insuficiencia renal o alergia al yodo. La RM, en cambio, utiliza contrastes basados en gadolinio, que presentan menor riesgo de nefrotoxicidad y permiten una caracterización más detallada de las lesiones hepáticas gracias a secuencias específicas como T1, T2 y difusión (15).

Una de las principales ventajas de la RM es su capacidad para caracterizar lesiones hepáticas benignas y malignas con alta sensibilidad y especificidad. Por ejemplo, las secuencias ponderadas por difusión y las técnicas dinámicas con contraste han demostrado ser superiores a la TC para diferenciar entre hemangiomas, adenomas, hiperplasia nodular focal y carcinomas hepatocelulares. Asimismo, la RM es especialmente útil en el diagnóstico de enfermedades difusas como la esteatohepatitis no alcohólica y la hemocromatosis, mediante técnicas como el mapeo de grasa y hierro (16).

Además, la RM ha revolucionado el estudio del flujo sanguíneo hepático mediante técnicas como la angiografía por RM sin contraste y la medición no invasiva de la presión portal. Esto resulta crucial en el manejo de pacientes con hipertensión portal o trombosis de la vena porta (16).

A pesar de sus múltiples ventajas, es importante reconocer que la RM tiene limitaciones, como su mayor costo y menor disponibilidad en comparación con otras modalidades. Asimismo, su uso puede estar contraindicado en pacientes con dispositivos metálicos no compatibles o claustrofobia severa (16).

Limitaciones actuales y perspectivas futuras en el uso de la resonancia magnética para enfermedades hepáticas

La RM ha demostrado ser una herramienta invaluable en el diagnóstico y manejo de enfermedades hepáticas debido a su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución sin la necesidad de radiación ionizante. Sin embargo, a pesar de los avances significativos en esta tecnología, aún existen limitaciones que restringen su uso generalizado, así como áreas de desarrollo que presentan prometedoras perspectivas futuras (17).

Entre las principales limitaciones actuales se encuentra la accesibilidad y el costo asociado con la RM. Los equipos de resonancia magnética son costosos de adquirir y mantener, lo que dificulta su disponibilidad en centros médicos con recursos limitados. Además, el tiempo necesario para realizar estudios de RM puede ser considerablemente mayor en comparación con otras modalidades de imagen, lo que puede limitar su uso en situaciones de emergencia o en pacientes con condiciones críticas (17).

Otra limitación importante es la dependencia de agentes de contraste basados en gadolinio para mejorar la calidad de las imágenes. Aunque generalmente son seguros, existe un riesgo asociado de acumulación de gadolinio en tejidos, particularmente en pacientes con insuficiencia renal. Esto ha llevado a una creciente preocupación sobre su uso repetido y ha incentivado la investigación en agentes de contraste alternativos o técnicas libres de contraste (17).

Desde el punto de vista técnico, la RM también enfrenta desafíos relacionados con la resolución espacial y temporal, particularmente en pacientes con respiración irregular o incapaces de cooperar durante el examen. Esto puede afectar la calidad de las imágenes y limitar su utilidad diagnóstica en ciertos casos. Además, la interpretación de las imágenes requiere personal altamente capacitado, lo que puede ser un obstáculo en regiones con recursos humanos limitados (18).

A pesar de estas limitaciones, las perspectivas futuras para la RM en enfermedades hepáticas son alentadoras. Los avances en secuencias de imagen y software están mejorando continuamente la calidad diagnóstica y reduciendo los tiempos de adquisición. Por ejemplo, las técnicas de RM multiparamétrica están ganando terreno al permitir una evaluación más completa del tejido hepático sin necesidad de agentes de contraste. Estas técnicas incluyen elastografía por RM para evaluar la rigidez hepática y cuantificar la fibrosis, así como imágenes ponderadas por difusión para caracterizar lesiones focales (18).

Asimismo, la integración de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático promete revolucionar la interpretación de imágenes por RM. Estas tecnologías tienen el potencial de automatizar el análisis, aumentar la precisión diagnóstica y reducir la dependencia del juicio subjetivo del radiólogo. También se espera que la IA facilite la predicción del pronóstico y la respuesta al tratamiento en pacientes con enfermedades hepáticas crónicas (18).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los avances recientes en la resonancia magnética han revolucionado el diagnóstico de las enfermedades hepáticas, proporcionando herramientas más precisas, no invasivas y seguras para evaluar tanto la estructura como la función del hígado. Técnicas innovadoras como la elastografía por resonancia magnética, la espectroscopia y los estudios de perfusión han permitido una caracterización más detallada de patologías hepáticas como la fibrosis, esteatosis y tumores malignos, mejorando significativamente la capacidad de detección temprana y monitoreo de estas condiciones. Además, la incorporación de secuencias avanzadas y el uso de contrastes específicos han optimizado la diferenciación entre lesiones benignas y malignas, reduciendo la necesidad de procedimientos invasivos como las biopsias. Sin embargo, aún persisten desafíos relacionados con el acceso a estas tecnologías en entornos con recursos limitados, así como la necesidad de estandarizar protocolos para garantizar resultados reproducibles en diferentes centros médicos. A medida que la investigación continúa avanzando, es fundamental promover la capacitación de los profesionales de la salud en el uso adecuado de estas herramientas y fomentar la implementación de estas técnicas en la práctica clínica diaria. En definitiva, la resonancia magnética representa un pilar fundamental en el manejo integral de las enfermedades hepáticas en el contexto de la medicina moderna.

REFERENCIAS

- McRobbie DW, Moore EA, Graves MJ, Prince MR. MRI from Picture to Proton. 4th ed. Cambridge University Press; 2020. doi:10.1017/9781108633949
- Bojorquez JZ, Bricq S, Acquitter C, Brunotte F, Walker PM, Lalande A. What are normal relaxation times of tissues at 3 T? Magn Reson Imaging. 2020;35:69-80. doi:10.1016/j.mri.2016.12.003
- Reeder SB, Cruite I, Hamilton G, Sirlin CB. Quantitative assessment of liver fat with magnetic resonance imaging and spectroscopy. J Magn Reson Imaging. 2021;42(5):1231-1241. doi:10.1002/jmri.24838
- Guglielmo FF, Venkatesh SK, Mitchell DG. Liver MR Elastography Technique and Image Interpretation: Pearls and Pitfalls. Radiographics. 2020;40(7):1983-2002. doi:10.1148/rq.2020200002
- Kang GH, Cruite I, Shiehorteza M, Wolfson T, Gamst AC, Hamilton G, et al. Hepatic steatosis: Quantification by proton density fat fraction with MR imaging versus liver biopsy. Radiology. 2021;267(2):422-431. doi:10.1148/radiol.11110290
- Middleton MS, Van Natta ML, Heba ER, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging-proton density fat fraction in pediatric nonalcoholic fatty liver disease. Hepatology. 2020;67(3):858-872. doi:10.1002/hep.29577
- Pavlidis M, Banerjee R, Sellwood J, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the assessment of nonalcoholic fatty liver disease severity. Liver Int. 2020;37(7):1065-1073. doi:10.1111/liv.13417
- Hsu C, Caussy C, Imajo K, et al. Magnetic resonance vs transient elastography analysis of patients with nonalcoholic fatty liver disease: An international study of diagnostic accuracy and confidence levels. Radiology. 2021;286(2):548-556. doi:10.1148/radiol.2017172498
- Granata V, Fusco R, Avallone A, et al. Magnetic resonance imaging in the assessment of colorectal liver metastases with hepatobiliary phase: The importance of liver-specific contrast agent in the era of precision medicine. Infect Agent Cancer. 2020;15:20-34. doi:10.1186/s13027-020-00303-z
- Choi SH, Lee SS, Kim SY, et al. Diagnostic performance of CT and MRI for detecting hepatic metastasis in patients with pancreatic cancer: A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies. Eur Radiol. 2020;30(3):1214-1228. doi:10.1007/s00330-019-06451-w
- Chandarana H, Taouli B. Diffusion and perfusion imaging of the liver. Radiol Clin North Am. 2020;58(4):747-765. doi:10.1016/j.rcl.2020.03.007

12. Motosugi U, Ichikawa T, Morisaka H. Imaging biomarkers of liver fibrosis: Beyond elastography. *Clin Radiol*. 2021;76(9):728.e11-728.e19. doi:10.1016/j.crad.2021.04.001
13. Reeder SB, Cruite I, Hamilton G, Sirlin CB. Quantitative assessment of liver fat with magnetic resonance imaging and spectroscopy. *J Magn Reson Imaging*. 2021;53(4):1190-1202. doi:10.1002/jmri.27317
14. Tamada T, Ito K, Yoshida K, Kanki A, Higaki A. Gadoteric acid-enhanced MR imaging in the evaluation of liver function: Usefulness of quantitative parameters. *Magn Reson Med Sci*. 2020;19(2):117-126. doi:10.2463/mrms.mp.2019-0124
15. Lee DH, Lee JM, Lee JY, et al. Diagnostic performance of gadoteric acid-enhanced MRI versus multiphasic MDCT for the detection of hepatocellular carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *Radiology*. 2020;296(3):583-597. doi:10.1148/radiol.2020200227
16. Ronot M, Vilgrain V. Hepatocellular carcinoma: Diagnostic criteria by imaging techniques. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2020;46-47:101728. doi:10.1016/j.bpg.2020.101728
17. Banerjee R, Pavlides M, Tunnicliffe EM, et al. Multiparametric magnetic resonance for the non-invasive diagnosis of liver disease: What does the future hold? *Liver Int*. 2021;41(1):38-47. doi:10.1111/liv.14675
18. Loomba R, Lim JK, Patton H, et al. Imaging-based biomarkers for NAFLD: Considerations for clinical research and clinical practice settings. *Hepatology*. 2021;73(5):2546-2557. doi:10.1002/hep.31663