

GASTROENTEROLOGIA E HEPATOLOGIA

Edição XIII

Capítulo 3

DIAGNÓSTICO POR IMAGEM NAS DOENÇAS HEPÁTICAS: AVANÇOS E APLICAÇÕES CLÍNICAS

RENATA DOS SANTOS FERNANDES¹
NICOLE KLEIN MULLER¹
JULINE NEUHAUS WASEM¹
LAÍSA DE MATTOS TEIXEIRA¹
NATÁLIA DE WALLAU¹
LUANA POHLMANN KEHRWALD¹
NICOLE BRUNELLO PAGLIARIN¹
BRUNO JARDIM TESHEINER¹
MARIA CAROLINNA BECKER¹
LUCAS DA SILVA BORBA¹
THEO FUTURO TELÖKEN¹
CARLOS SCHMITT FERREIRA²

1. Discente - Medicina na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS.

2. Médico - Graduado pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS.

Palavras-chave

Elastografia; Doença Hepática Crônica; Inteligência Artificial.

INTRODUÇÃO

As doenças hepáticas crônicas, incluindo esteatose, fibrose, cirrose e carcinoma hepatocelular (CHC), representam um problema de saúde pública global de grande magnitude, configurando-se entre as principais causas de morbimortalidade (RIAZI *et al.*, 2022). A progressão da fibrose é o determinante prognóstico central, orientando risco de cirrose, hipertensão portal e CHC, e essa lógica de estratificação vem sendo reafirmada em diretrizes recentes. Tradicionalmente, a biópsia hepática é o padrão-ouro histológico, mas seu uso rotineiro é limitado por invasividade, custo e erro amostral, que são limitações consolidadas nas diretrizes da EASL de 2021 (EASL, 2021).

Nesse contexto, os métodos de imagem não invasivos assumem papel cada vez mais proeminente na prática da hepatologia. A ultrassonografia convencional, embora amplamente utilizada, apresenta baixa sensibilidade para detecção de alterações iniciais da fibrose. Já a ultrassonografia com elastografia (transitória (TE) e por onda de cisalhamento [p-SWE/2D-SWE]) permite quantificar a rigidez hepática de forma reprodutível, com boa acurácia para identificar fibrose significativa e cirrose. Ainda assim, a interpretação clínica permanece condicionada por fatores como obesidade, esteatose acentuada, ascite e critérios de qualidade (EASL, 2021).

A ressonância magnética também evoluiu consideravelmente nesse cenário. A elastografia por RM (MRE) gera mapas quantitativos de rigidez com elevada correlação com estágios histológicos e avaliação de todo o órgão de maneira uniforme (CUNHA *et al.*, 2024). Além disso, a ressonância magnética multiparamétrica possibilita analisar outras características do parênquima hepático. Técnicas de difusão e

relaxometria auxiliam na avaliação da integridade tecidual (GUGLIELMO *et al.*, 2019). A quantificação de gordura hepática pode ser feita de forma padronizada pela fração de gordura por ressonância (PDFF), um biomarcador validado para o diagnóstico e acompanhamento da doença hepática gordurosa metabólica (REEDER *et al.*, 2012). A sobrecarga de ferro no fígado, por sua vez, pode ser medida com alta precisão por métodos de relaxometria (R2 e R2*), permitindo diagnóstico não invasivo em condições como hemocromatose ou anemias transfusionais (WOOD *et al.*, 2005; ST PIERRE *et al.*, 2005).

Outro avanço importante foi a consolidação da ultrassonografia contrastada (CEUS) e da ressonância magnética dinâmica com contraste na caracterização de nódulos hepáticos. Essas técnicas permitem avaliar o comportamento vascular das lesões, especialmente o padrão de realce na fase arterial e o “washout” nas fases portal e tardia, parâmetros fundamentais para o diagnóstico não invasivo do carcinoma hepatocelular (DIETRICH *et al.*, 2020; ACR LI-RADS, 2024). A utilização de critérios padronizados, como os definidos pelo sistema LI-RADS, aumenta a acurácia e reduz a variabilidade na interpretação dos exames (KIM *et al.*, 2017). A CEUS tem papel de destaque nesses algoritmos, mostrando elevada sensibilidade para diferenciar lesões benignas de malignas, sobretudo em situações nas quais a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética convencional apresentam achados inconclusivos (LI *et al.*, 2022; MOGA *et al.*, 2024).

Mais recentemente, a incorporação da inteligência artificial (IA) às modalidades de imagem trouxe avanços significativos na hepatologia diagnóstica. Algoritmos de aprendizado profundo aplicados à ultrassonografia, à tomografia e à ressonância são capazes de identificar padrões sutis não perceptíveis ao olho humano,

aumentando a acurácia na detecção e no estadiamento de fibrose, bem como no diagnóstico precoce do CHC. Modelos de IA têm mostrado desempenho comparável ao de especialistas humanos, com potencial para automatizar e padronizar análises, reduzir variabilidade interobservador e contribuir para medicina de precisão (LI *et al.*, 2024).

Dessa forma, o diagnóstico por imagem nas doenças hepáticas deixou de ser apenas ferramenta auxiliar e passou a ocupar papel central em algoritmos diagnósticos e de acompanhamento clínico. A combinação de métodos não invasivos, integração com biomarcadores séricos e uso de modelos baseados em IA aponta para uma abordagem mais individualizada, segura e eficaz no manejo dos pacientes (CUNHA *et al.*, 2024).

Este capítulo tem como objetivo discutir os avanços e aplicações clínicas desses métodos, ressaltando como a incorporação de novas tecnologias de imagem vem transformando a hepatologia moderna e substituindo gradualmente a dependência exclusiva da biópsia hepática.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa de literatura desenvolvida com o objetivo de reunir e analisar criticamente as principais evidências científicas sobre os avanços das técnicas de diagnóstico por imagem aplicadas às doenças hepáticas crônicas. A pesquisa foi conduzida entre setembro e outubro de 2025, por meio de buscas nas bases de dados PubMed, SciELO, LILACS e *ScienceDirect*, contemplando publicações nacionais e internacionais. Foram utilizados os seguintes descritores: “doenças hepáticas crônicas”, “elastografia hepática”, “ressonância magnética multiparamétrica”, “ultrassonografia contrastada”, “inteligência artificial” e “diagnóstico por imagem”.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos disponíveis na íntegra, publicados entre 2005 e 2024, que abordassem diretamente o uso das técnicas de imagem na avaliação hepática, incluindo estudos clínicos, revisões e diretrizes internacionais. Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos de congresso, editoriais e publicações que não apresentassem relação direta com o tema proposto. Após triagem e leitura minuciosa, foram incluídas oito publicações que atenderam aos critérios de elegibilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O avanço das técnicas de diagnóstico por imagem nas últimas décadas transformou de maneira significativa a abordagem das doenças hepáticas. A crescente busca por métodos não invasivos, precisos e reprodutíveis impulsionou o desenvolvimento de ferramentas capazes de avaliar o fígado de forma quantitativa e funcional, reduzindo a dependência da biópsia. Nesse contexto, a literatura recente evidencia um conjunto de modalidades que se complementam, oferecendo informações estruturais, hemodinâmicas e moleculares essenciais para o manejo clínico e para o acompanhamento terapêutico das hepatopatias crônicas (**Figura 3.1**).

Elastografia hepática

A elastografia revolucionou o diagnóstico não invasivo das doenças hepáticas ao permitir a mensuração quantitativa da rigidez tecidual, parâmetro diretamente relacionado ao grau de fibrose. Segundo as diretrizes da *European Association for the Study of the Liver* (EASL, 2021), a elastografia transitória (TE) é atualmente o método mais difundido por ser rápida, reprodutível e aplicável em larga escala. Seus valores de rigidez hepática se correlacionam de forma consistente com os estágios histológicos

da fibrose, possibilitando a identificação de fibrose significativa ($\geq F2$) e cirrose (F4) com elevada acurácia diagnóstica.

Entretanto, a EASL ressalta que a TE apresenta limitações em pacientes com obesidade, ascite ou esteatose avançada, situações em que as medições podem ser superestimadas. Nesses casos, técnicas baseadas em ondas de cisalhamento (p-SWE e 2D-SWE) oferecem melhor desempenho, pois permitem a seleção da área de amostragem e fornecem mapas elastográficos em tempo real, aumentando a precisão e a confiança diagnóstica (EASL, 2021).

A elastografia por ressonância magnética (MRE) é considerada o método mais acurado e reprodutível atualmente disponível. Ao contrário das técnicas ultrassonográficas, a MRE avalia todo o parênquima hepático, minimizando o erro amostral e apresentando excelente concordância interobservador. Essa abordagem permite detectar fibrose em estágios precoces e acompanhar a regressão após intervenções terapêuticas, tornando-se um marcador prognóstico robusto (CUNHA *et al.*, 2024; GUGLIELMO *et al.*, 2019).

Embora apresente desempenho diagnóstico superior e elevada reprodutibilidade, a elastografia por ressonância magnética ainda enfrenta limitações logísticas e econômicas que restringem sua ampla implementação, sobretudo em países de média renda. Dessa forma, a seleção do método elastográfico mais adequado deve considerar não apenas o custo-benefício e a expertise do serviço, mas também as características clínicas e metabólicas do paciente, de modo a garantir resultados comparáveis e reprodutíveis. Essa abordagem ressalta a importância da padronização de protocolos e da integração entre modalidades, aspectos continuamente reforçados pelas diretrizes internacionais (EASL, 2021; CUNHA *et al.*, 2024).

Ressonância magnética multiparamétrica

Os avanços na ressonância magnética (RM) consolidaram-na como o padrão de referência na caracterização tecidual hepática, indo além da simples avaliação morfológica. A quantificação da fração de gordura por ressonância (PDFF), descrita por Reeder *et al.* (2012), é hoje o biomarcador mais validado e padronizado para mensurar a esteatose. Essa técnica supera métodos qualitativos como o hipsinal em T1 ou a supressão de gordura, permitindo mensuração precisa e reprodutível do conteúdo lipídico intra-hepático, inclusive em pacientes com esteato-hepatite não alcoólica (NASH).

De forma complementar, as técnicas de relaxometria (R2 e R2*) permitem quantificar de forma não invasiva a concentração de ferro hepático, apresentando forte correlação com o padrão histológico e com o conteúdo hepático total de ferro, conforme demonstrado por Wood *et al.* (2005) e St Pierre *et al.* (2005). Esses métodos tornaram-se essenciais no diagnóstico e acompanhamento da hemocromatose hereditária, das anemias transfusionais e de outras condições associadas à sobrecarga fêrrica, reduzindo a necessidade de biópsia hepática e aprimorando a acurácia na estratificação da sobrecarga de ferro.

A evolução da ressonância magnética multiparamétrica ampliou significativamente a capacidade de avaliação funcional do parênquima hepático, permitindo analisar simultaneamente gordura, ferro, inflamação e fibrose com alto grau de reprodutibilidade (GUGLIELMO *et al.*, 2019). Essa abordagem fornece informações quantitativas sobre alterações microestruturais e metabólicas, oferecendo uma visão integrada da fisiopatologia hepática e auxiliando na diferenciação de processos reversíveis e irreversíveis.

Quando associada à elastografia por ressonância magnética (MRE), a RM multiparamétrica possibilita uma interpretação abrangente dos biomarcadores de rigidez, gordura e ferro, aprimorando a avaliação global do fígado e seu papel na estratificação de risco em doenças metabólicas e inflamatórias, como a doença hepática gordurosa metabólica (DHGM), cuja prevalência global ultrapassa 30% da população (RIAZI *et al.*, 2022). Essa integração reforça o protagonismo da RM como ferramenta central no acompanhamento clínico e terapêutico das hepatopatias crônicas, alinhando-se ao conceito de medicina de precisão e à tendência atual de caracterização tecidual multiparamétrica.

Ultrassonografia contrastada e sistema LI-RADS

A ultrassonografia contrastada (*Contrast-Enhanced Ultrasound* – CEUS), consolidou-se como método essencial na caracterização de lesões focais hepáticas, principalmente na detecção do carcinoma hepatocelular (CHC). De acordo com as diretrizes da *European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology* (EFSUMB) e do *American College of Radiology* (ACR), o diagnóstico de CHC pode ser estabelecido com base nos padrões de realce arterial intenso seguido de “washout” portal e tardio, sem necessidade de confirmação histológica (DIETRICH *et al.*, 2020; ACR, 2024).

A CEUS apresenta vantagens relevantes, destacando-se pela ausência de radiação ionizante, pelo uso de agentes de contraste com excelente perfil de segurança e pela elevada resolução temporal, que possibilita a avaliação detalhada da perfusão vascular das lesões hepáticas. Essas características conferem à técnica papel fundamental na caracterização não invasiva de nódulos hepáticos, especialmente em pacientes com contraindicação ao uso de contrastes

iodados ou à administração de gadolínio, ampliando seu valor clínico em contextos de rastreamento e seguimento de hepatopatias crônicas.

O sistema LI-RADS (*Liver Imaging Reporting and Data System*), atualizado em 2024, trouxe critérios mais robustos para padronizar a interpretação de achados e reduzir a variabilidade interobservador (ACR, 2024). Essa padronização é crucial para uniformizar relatórios e guiar decisões terapêuticas, especialmente em contextos de vigilância para CHC.

Trabalhos recentes demonstram que o uso de agentes de contraste mais estáveis, como o perfluorobutano, aumentam a sensibilidade da CEUS para detecção de lesões malignas, sem comprometer a especificidade (LI *et al.*, 2022). Além disso, Moga *et al.* (2024) destacam que a CEUS é particularmente útil em situações em que tomografia ou ressonância apresentam achados inconclusivos, podendo esclarecer até 30% desses casos.

Em conjunto, esses achados consolidam a CEUS e o LI-RADS como pilares na avaliação não invasiva dos nódulos hepáticos, promovendo diagnósticos mais precoces e seguros.

Inteligência artificial na hepatologia diagnóstica

A incorporação da IA às modalidades de imagem representa um dos avanços mais transformadores da radiologia moderna. Segundo Li *et al.* (2024), modelos automatizados de aprendizado profundo aplicados à ressonância magnética sem contraste alcançaram acurácia comparável à de radiologistas experientes no estadiamento da fibrose hepática. Esses algoritmos analisam padrões de textura e intensidade invisíveis ao olho humano, identificando graus de fibrose e inflamação com elevado desempenho.

Além de sua capacidade diagnóstica, a IA reduz a variabilidade interobservador, otimiza o

tempo de leitura e padroniza relatórios, contribuindo para uma prática clínica mais objetiva e eficiente (CUNHA *et al.*, 2024). A integração desses algoritmos com dados laboratoriais e clínicos sinaliza o surgimento de modelos híbridos de predição, capazes de estimar prognóstico e resposta terapêutica de forma personalizada. No entanto, os desafios atuais incluem a necessidade de validação multicêntrica, a transparência dos modelos algorítmicos e a garantia de

equidade de acesso, especialmente em sistemas de saúde com recursos limitados.

A tendência é que a IA se torne um componente complementar da prática radiológica, não substituindo o especialista, mas aprimorando a acurácia e a eficiência diagnóstica. Assim, a hepatologia caminha para uma nova era, na qual a análise de imagem será cada vez mais automatizada, preditiva e integrada à medicina de precisão.

Quadro 3.1 Principais métodos de imagem nas doenças hepáticas crônicas e suas características comparativas

Técnica de imagem	Aplicação principal	Vantagens	Limitações
Elastografia transitória (TE)	Quantificação da rigidez hepática para detecção de fibrose significativa e cirrose.	Exame rápido, reprodutível e amplamente disponível; validado em diretrizes internacionais.	Interferência por obesidade, esteatose acentuada e ascite; avalia área hepática limitada.
Elastografia por ressonância magnética (MRE)	Avaliação global da fibrose e monitoramento longitudinal da rigidez hepática.	Elevada acurácia e reprodutibilidade; avaliação de todo o parênquima; mínima variabilidade interobservador.	Alto custo, tempo de exame prolongado e menor disponibilidade em centros não especializados.
Ressonância magnética multiparamétrica (PDFF, R2*, DWI)	Quantificação da gordura e ferro hepático, além da análise funcional e inflamatória.	Biomarcadores quantitativos padronizados; permite correlação multiparamétrica entre gordura, ferro e fibrose.	Custo elevado; sensível a artefatos de movimento e requer padronização de protocolos.
Ultrassonografia contrastada (CEUS) e LI-RADS	Caracterização de lesões focais e diagnóstico não invasivo do carcinoma hepatocelular.	Alta sensibilidade; ausência de radiação; contraste seguro e padronização pelo LI-RADS.	Dependência do operador e do campo acústico; limitação em fígados profundos ou com interposição gástrica.
Inteligência artificial (IA) aplicada à imagem hepática	Estadiamento automatizado da fibrose, predição de desfechos e suporte à decisão clínica.	Alta acurácia diagnóstica; redução da variabilidade interobservador; otimização da análise e do tempo de leitura.	Necessidade de validação multicêntrica; barreiras de infraestrutura tecnológica e padronização.

Nota: Quadro elaborado com base nas principais evidências descritas nas diretrizes internacionais e em estudos recentes sobre diagnóstico por imagem nas hepatopatias crônicas. A síntese demonstra o papel complementar e evolutivo dos diferentes métodos de imagem, reforçando a tendência atual de integração entre abordagens não invasivas, quantitativas e baseadas em inteligência artificial.

De forma geral, os estudos revisados evidenciam que o diagnóstico por imagem evoluiu de ferramenta auxiliar para um eixo estruturante da hepatologia contemporânea. A elasticidade tecidual, a caracterização multiparamétrica e os padrões de realce vascular compõem hoje uma base sólida para o diagnóstico, o prognóstico e o seguimento das hepatopatias crônicas.

CONCLUSÃO

Os avanços nas técnicas de diagnóstico por imagem remodelaram o manejo das doenças hepáticas crônicas, consolidando um novo paradigma baseado em métodos não invasivos, quantitativos e integrados. A elastografia, tanto

ultrassonográfica quanto por ressonância magnética, estabeleceu-se como pilar fundamental na avaliação da fibrose, permitindo medições objetivas da rigidez tecidual e o acompanhamento longitudinal da resposta terapêutica com alta acurácia e reprodutibilidade.

A incorporação da ressonância magnética multiparamétrica expandiu o espectro diagnóstico, viabilizando a quantificação simultânea de esteatose, fibrose e sobrecarga férrica, além de integrar informações sobre inflamação e função hepática. Quando combinada à elastografia e a biomarcadores séricos, essa abordagem multiparamétrica proporciona uma caracterização abrangente e integrada do parênquima hepático, favorecendo condutas clínicas mais precisas, personalizadas e ancoradas na medicina baseada em evidências.

De forma complementar, a ultrassonografia contrastada (CEUS) e os sistemas padronizados, como o LI-RADS, fortaleceram a acurácia e a reprodutibilidade diagnóstica na detecção e caracterização de nódulos hepáticos, especialmente no contexto do carcinoma hepatocelular. A padronização de critérios interpretativos reduziu a variabilidade interobservador e reforçou a confiabilidade dos laudos em programas de vigilância oncológica.

Por sua vez, a inteligência artificial representa um marco transformador na hepatologia diagnóstica, ao automatizar análises complexas e identificar padrões sutis, além de prever desfechos clínicos com desempenho comparável ao de especialistas. A convergência entre IA, dados clínicos e laboratoriais inaugura uma nova era da medicina de precisão, orientada à personalização do cuidado e à otimização de recursos assistenciais.

Assim, o diagnóstico por imagem consolidou-se como eixo estruturante da hepatologia contemporânea, deixando de ocupar papel meramente auxiliar para se tornar determinante na estratificação de risco, no prognóstico e no acompanhamento terapêutico. A combinação de métodos não invasivos, ferramentas multiparamétricas e algoritmos inteligentes aponta para um futuro de maior sensibilidade, reprodutibilidade e acessibilidade diagnóstica. A consolidação definitiva desse paradigma exige padronização internacional de protocolos, validação multicêntrica de modelos de IA e democratização tecnológica, assegurando que os avanços científicos se traduzam em benefícios clínicos tangíveis, equitativos e sustentáveis para todos os pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY - ACR. Liver imaging reporting and data system (LI-RADS®) v2024: core and manual. [S.l.]: ACR, 2024.

CUNHA, G.M. *et al.* Interpretation, reporting, and clinical applications of liver MR elastography. *Radiology*, v. 310, e231220, 2024. doi: 10.1148/radiol.231220.

DIETRICH, C.F. *et al.* Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the liver: update 2020. *Ultrasound in Medicine and Biology*, v. 46, p. 2579, 2020. doi: 10.1016/j.ultrasmed-bio.2020.04.030

EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE STUDY OF THE LIVER - EASL. EASL clinical practice guidelines on non-invasive tests for evaluation of liver disease severity and prognosis: 2021 update. *Journal of Hepatology*, v. 75, p. 659, 2021. doi: 10.1016/j.jhep.2021.05.025.

GUGLIELMO, F.F. *et al.* Liver MR elastography technique and image interpretation: pearls and pitfalls. *Radiographics*, v. 39, p. 1983, 2019. doi: 10.1148/rg.2019190034.

KIM, T.K. *et al.* Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) liver imaging reporting and data system (LI-RADS) 2017: a review of important differences compared to the CT/MRI system. *Clinical and Molecular Hepatology*, v. 23, p. 280, 2017. doi: 10.3350/cmh.2017.0037.

LI, C. *et al.* Development of fully automated models for staging liver fibrosis using non-contrast MRI and artificial intelligence: a retrospective multicenter study. *EClinicalMedicine*, v. 77, 2024. doi: 10.1016/j.eclinm.2024.102881.

LI, L. *et al.* Contrast-enhanced ultrasound using perfluorobutane: impact of proposed modified LI-RADS criteria on hepatocellular carcinoma detection. *American Journal of Roentgenology*, v. 219, p. 434, 2022. doi:10.2214/AJR.22.27521.

MOGA, T.V. *et al.* Challenges in diagnosing focal liver lesions using contrast-enhanced ultrasound. *Diagnostics*, v. 15, 2024. doi: 10.3390/diagnostics15010046.

REEDER, S.B. *et al.* Proton density fat-fraction: a standardized MR-based biomarker of tissue fat concentration. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, v. 36, p. 1011, 2012. doi: 10.1002/jmri.23741.

RIAZI, K. *et al.* The prevalence and incidence of NAFLD worldwide: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, v. 7, p. 851, 2022. doi: 10.1016/S2468-1253(22)00165-0.

ST PIERRE, T.G. *et al.* Noninvasive measurement and imaging of liver iron concentrations using proton magnetic resonance. *Blood*, v. 105, p. 855, 2005. doi: 10.1182/blood-2004-01-0177.

WOOD, J.C. *et al.* MRI R2 and R2* mapping accurately estimates hepatic iron concentration in transfusion-dependent thalassemia and sickle cell disease patients. *Blood*, v. 106, p. 1460, 2005. doi: 10.1182/blood-2004-10-3982.