

Journal für
**Gastroenterologische und
Hepatologische Erkrankungen**

Fachzeitschrift für Erkrankungen des Verdauungstraktes

**Die klinische Rolle der
kontrastmittelverstärkten MRT in
der morphologischen und
funktionellen Diagnostik von
Erkrankungen der Leber und
Gallenwege**

Ba-Ssalamah A, Bastati N, Nolz R
Wibmer A, Schima W

*Journal für Gastroenterologische
und Hepatologische Erkrankungen*
2013; 11 (4), 6-13

Österreichische Gesellschaft
für Gastroenterologie und
Hepatology

www.oeggh.at



ÖGGH

Österreichische Gesellschaft
für Chirurgische Onkologie

www.aco-asso.at

acoasso
Österreichische Gesellschaft für Chirurgische Onkologie
Austrian Society of Surgical Oncology

Homepage:

**[www.kup.at/
gastroenterologie](http://www.kup.at/gastroenterologie)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Indexed in EMBASE/Compendex, Geobase
and Scopus

www.kup.at/gastroenterologie

Member of the



Krause & Pacherneegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P.b.b. 032035263M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

Die klinische Rolle der kontrastmittelverstärkten MRT in der morphologischen und funktionellen Diagnostik von Erkrankungen der Leber und Gallenwege

A. Ba-Ssalamah¹, N. Bastati¹, R. Nolz¹, A. Wibmer¹, W. Schima²

Kurzfassung: Im klinischen Alltag ist die korrekte nichtinvasive Diagnose einer fokalen Leberläsion bzw. einer diffusen Leberparenchymerkrankung oder Gallengangserkrankung erstrebenswert und unabdingbar. Eine morphologische Abklärung dieser Erkrankungen erfolgt heutzutage anhand von Schnittbildverfahren wie CT und MRT sowie mittels Ultraschall. Die MRT stellt aufgrund kontinuierlicher technischer Weiterentwicklungen und Verbesserungen die sensitivste Bildgebungsmodalität für diese Indikationen dar. Die Applikation von Kontrastmittel (KM), insbesondere der hepatobiliären oder hepatospezifischen KM, ermöglicht zusätzliche funktionelle Informationen und in weiterer Folge

eine erhöhte diagnostische Genauigkeit des breiten Spektrums der hepatobiliären Erkrankungen.

Schlüsselwörter: MRT, hepatobiliäre Erkrankungen, Kontrastmittel

Abstract: The Role of Contrast-Enhanced MRI in the Morphologic and Functional Diagnosis of the Liver and Biliary Duct Disorders.

An accurate and noninvasive diagnosis of a focal liver lesion, diffuse liver parenchymal disease, or a biliary disorder without the need for biopsy or ERCP is within reach. Recently, the morphologic evaluation of hepatobiliary diseases has

become available by using cross-sectional imaging, including US, CT, and MRI. MRI, due to continuous technical developments, is the most sensitive and specific imaging modality for hepatobiliary dysfunctions. Furthermore, the administration of contrast material, particularly hepatobiliary or liver-specific contrast agents, can provide us with additional functional information, and thus, increases the diagnostic accuracy of a broad spectrum of hepatobiliary diseases. **J Gastroenterol Hepatol Erkr 2013; 11 (4): 6–13.**

Key words: MRI, hepatobiliary diseases, contrast agents

■ Einleitung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) der Leber und der Gallenwege (MRCP) hat sich in der täglichen Routine als die sensitivste und spezifischste Bildgebungsmodalität etabliert. Diese Technik erlaubt dank zahlreicher Sequenzen eine bessere Detektion und Charakterisierung der verschiedenen Leber- und Gallenwegserkrankungen. Eine Kontrastmittelgabe ist jedoch für das vollständige Untersuchungsprotokoll einer Leber-MRT erforderlich. Kontrastmittel (KM) sind Substanzen, welche helfen, pathologische Veränderungen in verschiedenen Bildgebungsmodalitäten besser abzugrenzen. Das ideale KM greift nicht nachteilig in den Stoffwechsel ein, es führt lediglich durch unterschiedlich starke Anreicherung in verschiedenen Geweben zur besseren Erkennbarkeit anatomischer Strukturen und fokaler oder diffuser pathologischer Veränderungen. Weiters ist eine Charakterisierung verschiedener Erkrankungen aufgrund unterschiedlich starker KM-Aufnahme möglich.

Generell nahm die Entwicklung der MRT-Kontrastmittel ihren Anfang in den 1980er-Jahren. Ursprünglich ging man davon aus, dass man in der Magnetresonanztomographie auf KM

verzichten könne und die Unterschiede der MR-Relaxationszeiten (als gewebetypischer Parameter) zwischen pathologischem und gesundem Lebergewebe genügend Informationen zur Detektion und Charakterisierung von Tumoren liefern würden [1]. Diese These konnte jedoch nur teilweise bestätigt werden. So gibt es Leberläsionen, welche die gleiche Signalintensität wie das umgebende Lebergewebe besitzen und daher ohne MRT-Kontrastmittel nicht nachweisbar und charakterisierbar sind [2]. Die in Relation zum Lebergewebe unterschiedliche KM-Aufnahme macht solche Läsionen eindeutig detektierbar. Eine sensitivere Detektion sowie spezifischere Charakterisierung hepataler Läsionen erforderte daher die Entwicklung von intravenös verabreichbarem KM [2]. Die ersten MRT-Kontrastmittel waren unspezifische Gadolinium-Chelate, deren Verteilung sich auf den Extrazellulärraum beschränkte. Diese extrazellulären KM haben noch immer ein breites Anwendungsspektrum und werden heutzutage in der MR-Diagnostik von Kopf/Hals, Wirbelsäule, Gelenken, Gefäßen etc. verwendet. Bei der Verwendung extrazellulärer unspezifischer KM stößt man jedoch in Bezug auf Detektion und Charakterisierung von Leberläsionen an Grenzen. Limitierender Faktor ist hierbei das uncharakteristische KM-Enhancement mit Überlappung des Anfärbeverhaltens mancher benignen und malignen Läsionen [3]. In den vergangenen Jahren sind diese MRT-Kontrastmittel jedoch leider in die Schlagzeilen geraten: So wurde 2006 erstmals über eine gravierende KM-assoziierte Nebenwirkung der Gadolinium-Chelat-hältigen KM, die Nephrogene Systemische Fibrose (NSF), bei einer Risikogruppe mit Niereninsuffizienz berichtet [4]. Positiv ist jedoch zu werten, dass in den vergangenen Jahren neben diesen unspezifischen Gadolinium-Chelaten auch leberspezifische, so genannte hepatobiliäre Kontrastmittel auf den Markt kamen. Die molekularen und zellulären Mechanismen dieser KM wurden genau untersucht [5, 6].

Eingelangt am 9. Jänner 2013; angenommen nach Revision am 5. Juni 2013; Pre-Publishing Online am 17. Juli 2013

Aus der ¹Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien; ²Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Krankenhaus Göttlicher Heiland, KH der Barmherzigen Schwestern Wien und Sankt Josef Krankenhaus, Vinzenzgruppe, Wien

Korrespondenzadresse: Univ.-Lektor Ass.-Prof. Univ.-Doz. Dr. med. Ahmed Ba-Ssalamah, Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20; E-Mail: ahmed.ba-ssalamah@meduniwien.ac.at

Der zusätzliche Vorteil der hepatobiliären KM gegenüber unspezifischen KM ist die bessere Detektion und Charakterisierung von hepatalen Raumforderungen, sowie durch den Effekt der hepatobiliären Ausscheidung die Möglichkeit einer funktionellen MR-Cholangiographie (MRC) [7, 8]. Es gibt derzeit hepatobiliäre (bimodale) KM, Gadoxetat (Gd-EOB-DTPA, Primovist®, Bayer Healthcare, Berlin, Deutschland) und Gadobenat (Gd-BOPTA, Multihance®, Bracco Imaging SpA, Mailand, Italien). Die bimodalen hepatobiliären KM sind gadoliniumbasierend, haben ein ähnliches dynamisches KM-Verhalten wie die extrazellulären KM, zeigen jedoch eine starke Aufnahme in den Leberzellen und eine Ausscheidung in den intra- und extrahepatalen Gallenwegen in der hepatobiliären Phase. Aufgrund des Gadoliniumgehaltes können diese KM ebenfalls potenziell eine NSF induzieren.

In diesem Artikel erläutern wir die Indikationen für den Einsatz der Magnetresonanztomographie in der hepatobiliären Diagnostik und erklären, wie man unter gezielter Verwendung hepatobiliärer KM die Diagnostik fokaler und diffuser hepatobiliärer Erkrankungen verbessern kann.

■ Fokale Leberläsionen: Detektion und Charakterisierung

Eine genaue Kenntnis des breiten Spektrums benigner und maligner fokaler Leberläsionen, aber auch so genannter Pseudoläsionen sowie der geeigneten radiologischen Untersuchungsmethoden ist essenziell, um eine sichere Diagnose bezüglich der Dignität und damit für das weitere Vorgehen bestimmen zu können. Damit wird eine Verunsicherung des Patienten und des behandelnden Arztes vermieden. Weiters können invasive, eventuell mit Komplikationen assoziierte Biopsien sowie zeit- und kostenintensive Verlaufskontrollen vermieden bzw. reduziert werden [9].

Zysten und Hamartome

Die Diagnose von simplen Leberzysten ist eine Domäne der Sonographie. Falls jedoch in Sonographie oder Computertomographie (CT) eine eindeutige Diagnose nicht möglich ist (vor allem bei kleinen Zysten < 1 cm), kann MR-tomographisch ohne Kontrastmittelgabe aufgrund des klassischen Erscheinungsbildes die Diagnose klar gestellt werden. Biliäre Hamartome (von Meyenburg'sche Komplexe), obwohl klinisch unbedeutend weil nicht krankheitswertig, sind in Sonographie und

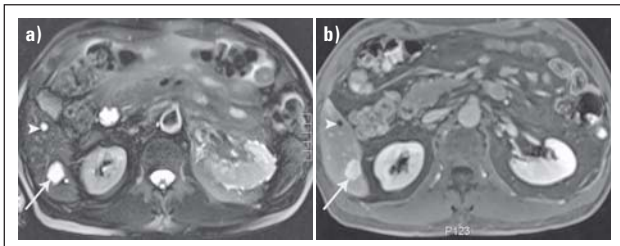


Abbildung 1: MRT-Kontrastmittel zur Differenzierung zwischen Leberzyste und Hämangiom. **(a)** T2-gewichtetes Bild zeigt 2 ähnlich erscheinende helle oder hyperintense Läsionen im Segment 6 des rechten Leberlappens (Pfeil und Pfeilspitze). Eine Differenzierung zwischen beiden Läsionen ist nicht möglich. **(b)** In dem T1-gewichteten Bild nach KM-Gabe zeigt das Hämangiom (Pfeil) eine kontinuierliche KM-Aufnahme von der arteriellen zur Äquilibriumphase (so genanntes „Pooling“), wobei die Zyste keine KM-Aufnahme aufweist und daher dunkler als das Lebergewebe ist.

CT oft irreführend. In schwierigen Fällen sowie beim Vorliegen einer malignen Grunderkrankung sind Zysten und biliäre Hamartome durch die fehlende KM-Aufnahme in der MRT gegenüber anderen Leberläsionen eindeutig differenzierbar (Abb. 1) [9, 10].

Hämangiome

Hämangiome sind die häufigsten gutartigen Leberläsionen mit einer Prävalenz von bis zu 20 % in der allgemeinen Bevölkerung. Diese einzeln oder multipel auftretenden Leberläsionen können eine Größe von < 1 cm bis > 20 cm aufweisen [11].

Das Erscheinungsbild der Hämangiome in der MRT ist durch die erhöhte homogene Signalintensität auf T2-gewichteten Sequenzen und die lobulierten Konturen charakterisiert (Abb. 1). Entscheidend für die Diagnosestellung eines Hämangioms ist aber das Kontrastmittelanflutungsverhalten in der CT oder MRT. Hier kann, je nach Hämangiomtyp, ein bestimmtes KM-Anfärbeverhalten (kapillär, kavernös oder Riesenhämangiom) beobachtet werden (Abb. 1). Alle Hämangiome inklusive des so genannten atypischen Hämangioms zeigen eine kontinuierliche KM-Akkumulation in den Spätsequenzen (so genanntes „Kontrastmittel-Pooling“), welches ein spezifisches diagnostisches Merkmal ist. Im Unterschied dazu weisen hypervaskularisierte oder zystische Metastasen in der Spätphase ein inhomogenes KM-Enhancement mit peripherem Auswaschen auf [3].

Fokale Noduläre Hyperplasie (FNH)

Die FNH ist eine weitere, sehr häufige gutartige Leberläsion mit einer Prävalenz von 3–5 % [12], die vor allem bei Frauen im reproduktiven Alter anzutreffen ist [13]. Für eine sichere Diagnosestellung der FNH (und zur Vermeidung einer Ultraschall- oder CT-gezielten Biopsie) ist eine MRT-Untersuchung mit hepatobiliärem KM sinnvoll. Da die FNH eine stark hypervaskularisierte Läsion darstellt, können durch den Einsatz die

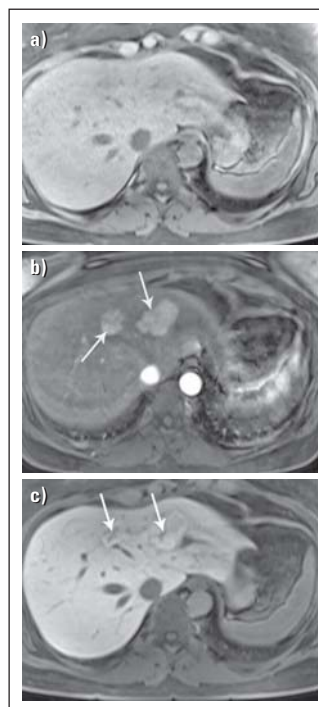


Abbildung 2: MRT-KM-Anfärbeverhalten bei Fokaler Nodulärer Hyperplasie (FNH): **(a)** In dem T1-gewichteten Bild ohne Kontrastmittel ist keine fokale Leberläsion zu erkennen, da FNHs meistens ähnliche Signalintensitäten (= Helligkeit) wie das umgebende Lebergewebe aufweisen. **(b)** Nach KM-Gabe zeigen die 2 nebeneinanderliegenden FNHs ein starkes KM-Enhancement in der arteriellen Phase und sind gut detektierbar. **(c)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoxetat (Primovist®) zeigen die 2 nebeneinanderliegenden FNHs eine ähnliche KM-Aufnahme wie das umgebende Lebergewebe. Es demarkieren sich nun auch die charakteristischen (dunklen) Narben. Dies sind sichere radiologische Merkmale für die Diagnosestellung von FNHs.

ser KM sogar sehr kleine FNHs in der arteriellen Serie detektiert werden (Abb. 2) [10, 13, 14]. Weil FNHs aus regulären Hepatozyten bestehen, nehmen diese KM in der hepatobiliären Phase gleichartig oder sogar etwas stärker auf als das umgebende Leberparenchym, was eine eindeutige Charakterisierung solcher Läsionen erlaubt. Weiters wird die diagnostische Sicherheit durch die in der hepatobiliären Phase häufig am deutlichsten demarkierte zentrale Narbe erhöht (Abb. 2) [9]. Eine eindeutige und sichere nichtinvasive Diagnose ist in der täglichen klinischen Routine aufgrund der hohen Prävalenz der FNH sehr wichtig.

Hepatozelluläres Adenom (HCA)

Das hepatozelluläre Adenom ist ein seltener Tumor. Es kommt v. a. bei Frauen im reproduktionsfähigen Alter vor, die eine länger bestehende Einnahme östrogenhaltiger Kontrazeptiva in ihrer Anamnese aufweisen, aber auch bei Männern nach längerer Einnahme von Anabolika sowie bei Patienten mit Stoffwechsel- oder Speichererkrankungen [15]. Adenome können

solitär oder multipel auftreten, ab 10 Adenomen spricht man von einer Adenomatose [16, 17].

In der rezenten Literatur wurde das HCA in 4 Subgruppen nach den Kriterien der geno- und phänotypischen Klassifikation eingeteilt. Diese Subgruppen beinhalten (1) das unklassifizierte Adenom oder Mischtyp, (2) das inflammatorische Adenom, (3) das Hepatocyte-nuklear-factor-1 α - (HNF-1 α -) inaktiviertes Adenom (Steatotisches Adenom) und (4) das β -Catenin-aktivierte Adenom [17]. Diese Genotyp/Phänotyp-Subgruppen sind mit unterschiedlichen klinischen Prognosen assoziiert, wobei das β -Catenin-aktivierte Adenom das höchste Entartungsrisiko mit Entwicklung eines HCC zeigt. Es konnte gezeigt werden, dass eine enge Korrelation zwischen histopathologischer Klassifikation der Adenome und deren Merkmalen in der MRT besteht [18].

Adenome haben meistens ein typisches MR-Erscheinungsbild und KM-Anfärbeverhalten, wobei das erhöhte Signal auf T2-gewichteten Sequenzen, der Fettgehalt sowie die KM-Persistenz in den dynamischen Serien den Radiologen in den meisten Fällen ermöglichen, die Klassifikation eines Adenoms einem dem am häufigsten vorkommenden Subtyp, nämlich dem inflammatorischen oder steatotischen Adenom (Abb. 3, 4) zuzuordnen [18]. Weiters ist die Applikation von hepatobiliärem KM für eine eindeutige Differenzierung zwischen der FNH, welche eine Akkumulation des hepatobiliären KM aufweist, und dem Adenom, welches das hepatobiliäre KM auswäscht, definitiv möglich [10, 19]. Dies unterstreicht die klinische Relevanz der KM-verstärkten MRT und reflektiert sich wiederum direkt auf das Management der verschiedenen Adenomsubtypen.

Bei einer Größe > 5 cm ist aufgrund der Ruptur- und Einblutungsgefahr eine chirurgische Resektion empfehlenswert [20]. Bei Adenomen < 5 cm, welche MR-tomographisch nicht dem

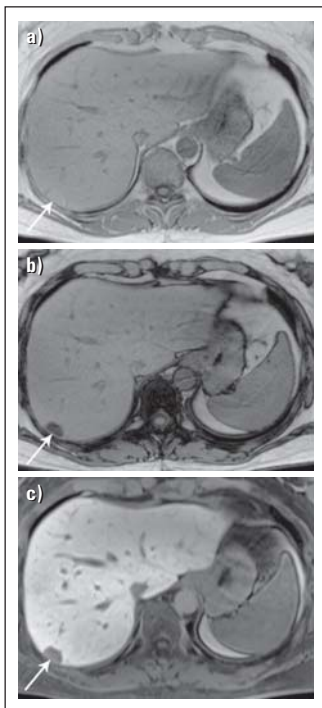


Abbildung 3: MRT-Erscheinungsbild und MRT-KM-Anfärbeverhalten des steatotischen Adenoms. **(a)** In dem T1-gewichteten Bild In-Phase ist das kleine steatotische Adenom im Segment 7 (Pfeil) aufgrund des Fettgehalts hyperintens (= hell). **(b)** In dem T1-gewichteten Bild Opposed-Phase ist das kleine steatotische Adenom im Segment 7 (Pfeil) typischerweise hypointens (= dunkel) geworden, der Beweis für die Fett-haltigkeit des Läsion. **(c)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoxetat zeigt das kleine steatotische Adenom im Segment 7 (Pfeil) ein deutliches Auswaschen. Diese MRT-Merkmale erlauben die sichere Diagnose eines kleinen steatotischen Adenoms und indizieren eine Verlaufskontrolle.

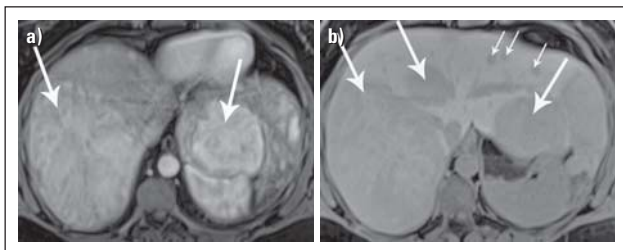


Abbildung 4: MRT-KM-Anfärbeverhalten des inflammatorischen Adenoms. **(a)** In dem T1-gewichteten Bild in der arteriellen Phase nach Gabe von Gadoxetat kommen mehrere, bis > 5 cm messende, hypervaskularisierte Raumforderungen in beiden Leberlappen zur Darstellung (Pfeile). **(b)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoxetat zeigen die Raumforderungen in beiden Leberlappen (Pfeile) ein eindeutiges Auswaschen. Weitere kleine Adenome kommen durch das KM-Auswaschen besser zur Darstellung (kleine Pfeile). Diese MRT-Merkmale erlauben die sichere Diagnose von multifokalen inflammatorischen Adenomen. Die Größe des Adenoms und dessen Subtyp indizieren eine entsprechende gezielte Therapie auf Basis der KM-verstärkten MRT-Merkmale.

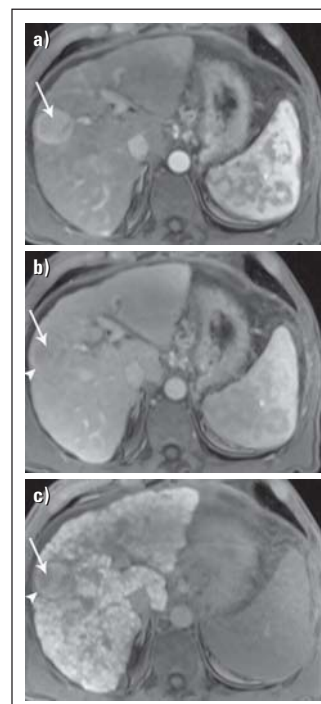


Abbildung 5: KM-Anfärbeverhalten des HCC. **(a)** In dem T1-gewichteten MRT-Bild zeigt sich in der arteriellen Phase nach KM-Gabe eine ca. 3 cm große, typischerweise hypervaskularisierte Raumforderung im rechten Leberlappen subkapsulär (Pfeil). **(b)** In dem T1-gewichteten Bild nach KM-Gabe zeigt die ca. 3 cm große Raumforderung im rechten Leberlappen subkapsulär (Pfeil) ein inhomogenes Wash-out. Die Kapsel zeigt eine KM-Aufnahme (kleiner Pfeil). **(c)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoxetat zeigt die ca. 3 cm große Raumforderung im rechten Leberlappen subkapsulär (Pfeil) ebenfalls ein inhomogenes Wash-out (Pfeil), die Kapsel weist auch ein KM-Auswaschen auf (kleiner Pfeil). Die Darstellung des Ausmaßes der Leberzirrhose mit zahlreichen Regeneratknoten, fibrotischen Septen, sowie der Zeichen der portalen Hypertension mit Splenomegalie und Ösophagusvarizen hilft, eine angemessene Therapieentscheidung zu treffen.

steatotischen oder inflammatorischen Typ zugeordnet sind, ist eine Biopsie aufgrund der morphologischen Überlappung mit anderen malignen Leberläsionen bzw. dem Entartungspotenzial im Fall vom β -Catenin-aktivierten Adenom zur weiteren Verifizierung indiziert [17].

Hepatozelluläres Karzinom (HCC)

Das HCC ist die fünfthäufigste maligne Erkrankung und das dritthäufigste zum Tode führende Karzinom weltweit mit einer jährlichen Inzidenz von > 500.000 Neuerkrankungen [21]. Die Ursachen dafür sind in 90 % der Fälle die chronische Hepatitis B oder C oder die nutritiv-toxische Leberzirrhose mit einer mehrstufigen Entwicklung im Rahmen der so genannten Hepatokarzinogenese. Ein *De-novo*-Aufreten ist selten [22].

Die KM-Gabe ist für die Diagnoseerstellung eines HCC für alle Bildgebungsmodalitäten inklusive MRT essenziell. Typischerweise zeigt das HCC ein starkes arterielles Kontrastmittelehancement mit nachfolgendem Auswaschen in der portalvenösen und Äquilibriumphase (Abb. 5) [22, 23]. Dieses KM-Verhalten ist laut den 2010 Practice Guidelines der American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD) für Läsionen > 1 cm Durchmesser eindeutig diagnostisch in CT oder MRT und ersetzt eine Biopsie [24].

Die dynamische KM-Aufnahme im Tumor korreliert mit der Entwicklung so genannter ungepaarter Arterien im Rahmen der Hepatokarzinogenese. Somit ist es möglich, das unterschiedliche Anfärbeverhalten verschiedener Knoten (Regeneratknoten, dysplastischer Knoten, kleines HCC) in Zusammenschau mit der Signalintensität in den verschiedenen Pulssequenzen in einer zirrhotischen Leber (Abb. 6) für die Differenzialdiagnose einzusetzen [22, 23]. Der Einsatz von hepatozellulären KM steigert unserer klinischen Erfahrung nach zudem deutlich die Sensitivität und Spezifität der MRT-Untersuchung (Abb. 6), was vor allem auf dem KM-Auswaschen in > 90 % der HCCs be-

ruht [25, 26]. Derzeit gibt es keine publizierten Studien, welche den Mehrwert der Gadoksetat-verstärkten MRT im Vergleich zur „klassischen“ KM-verstärkten MRT mit extrazellulären Gadolinium-Chelaten zeigen. Trotz der geringen applizierten Menge Gadolinium pro Kilogramm Körpergewicht im Falle der Gadoksetat-verstärkten MRT ist die Bildqualität in den dynamischen Serien vergleichbar, die hepatozelluläre Phase bietet zusätzliche Information. Diese positiven Eigenschaften beruhen auf der hohen Relaxivität dieses KM. In rezenten Studien hat sich gezeigt, dass das KM-Anfärbeverhalten von HCC-Herden in der hepatozellulären Phase von Gadoksetat-verstärkten MRT positiv mit der Anzahl, Art und Lokalisation der Expression verschiedener Transportproteine, wie z. B. organischen Anionen-Membrantransporter (OATPs) und Multidrug Receptor Proteins (MRPs) korreliert, welche an verschiedenen Seiten der Zellmembran lokalisiert sind [5, 6].

Der Einsatz der hepatozellulären kontrastmittelverstärkten MRT ermöglicht nicht nur eine bessere Sensitivität und Spezifität der HCC, sondern auch eine zusätzliche Information zur Leberfunktion und zum Zirrhosegrad [8, 26, 27]. Diese funktionellen Informationen werden in Zusammenschau mit den morphologischen MRT-Veränderungen, dem klinischen Status sowie den Laborparametern zur optimalen Therapieentscheidung verwendet.

So ist die KM-verstärkte Bildgebung in der Lage, Patienten mit einem Frühkarzinom, welche von einer aggressiven Therapie im Sinne eines potenziellen kurativen Ansatzes profitieren könnten, oder Patienten mit intermediären oder fortgeschrittenen Tumorstadien, die von einer palliativen Therapie mit Lebensverlängerung profitieren, von jenen zu unterscheiden, deren terminales Tumorstadium nur eine symptomatische Behandlung rechtfertigt (Abb. 5, 6).

Cholangiozelluläres Karzinom (CCC)

Das cholangiozelluläre Karzinom (CCC) stellt das zweithäufigste primäre Karzinom der Leber dar und nimmt histologisch seinen Ursprung vom Epithel des Gallengangssystems. Das CCC wird je nach anatomischer Lokalisation in ein intra- und extrahepatisches bzw. je nach Wachstumstyp in eine „peripher umschriebene Raumforderung“, ein periduktales und ein intraduktales CCC eingeteilt. Das CCC am Leberhilus (Klatskin-Tumor) wächst meist peri- bzw. intraduktal und wird im Vergleich zum peripheren CCC aufgrund der Obstruktion der zentralen Gallengänge früher entdeckt [28]. Das Verhalten von

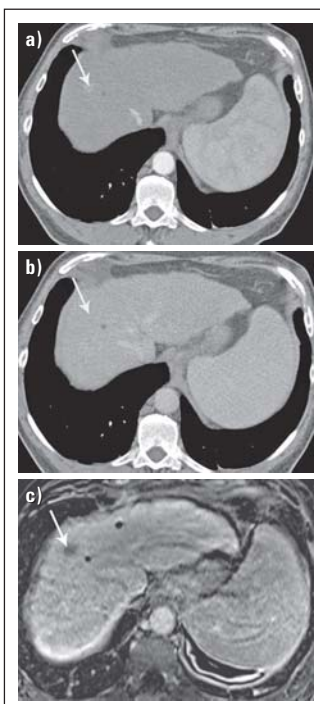


Abbildung 6: KM-verstärkte MRT charakterisiert ein HCC besser als KM-verstärkte CT. **(a)** KM-verstärktes CT-Bild in der arteriellen Phase zeigt eine ca. 1 cm große, flau hypervaskularisierte Läsion im rechten Leberlappen (Pfeil). **(b)** Im KM-verstärkten CT-Bild in der portalvenösen Phase ist die ca. 1 cm große, flau hypervaskularisierte Läsion im rechten Leberlappen nicht erkennbar. Somit ist eine eindeutige Diagnose eines HCC (gegenüber einem dysplastischen Knoten) nicht möglich. **(c)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoksetat zeigt die ca. 1 cm große Läsion im rechten Leberlappen ein eindeutiges Wash-out. Somit ist eine Differenzierung des HCC möglich.

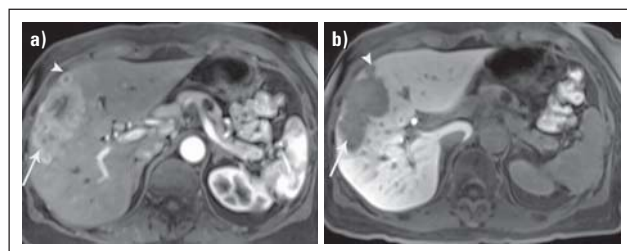


Abbildung 7: Cholangiozelluläres Karzinom (CCC): bessere Darstellung kleiner Satellitenläsionen in der MRT. **(a)** In dem T1-gewichteten Bild in der arteriellen Phase nach Gabe von Gadoksetat kommen ein ca. 6 cm großer hypervaskularisierter Tumor im rechten Leberlappen subkapsulär (Pfeil) und eine kleine Satellitenläsion (Pfeilspitze) zur Darstellung. **(b)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoksetat zeigen der ca. 6 cm große Tumor sowie die Satellitenläsion im rechten Leberlappen subkapsulär ein deutliches Wash-out (Pfeil und Pfeilspitze).

hepatobiliären Kontrastmitteln entspricht im Falle des CCC in der dynamischen arteriellen und portalvenösen Phase im Wesentlichen jenem von extrazellulären Kontrastmitteln (Abb. 7). Aufgrund ihres fibrösen Stromas reichern manche CCC-Typen extrazelluläres Kontrastmittel verzögert und kontinuierlich an. Da jedoch die Zellen dieses Adenokarzinoms hepatospezifische KM nicht aufnehmen können, lassen sich kleine Satellitenläsionen bzw. Metastasen besonders gut in der hepatobiliären Phase nach etwa 20 Minuten detektieren (Abb. 7) [25, 29]. Im Falle eines zentralen CCC (Klatskin-Tumor), welches in der Regel mit einer Gallenwegsobstruktion und einem erhöhten Bilirubin Spiegel assoziiert ist, stellt die Kombination aus Gadolinium-verstärkter T1-gewichteter Sequenz und diffusionsgewichteten Sequenzen unserer Erfahrung nach diagnostisch die Methode der Wahl dar.

Metastasen

Lebermetastasen stammen meist von kolorektalen Karzinomen, gefolgt von Magen- und Mammakarzinomen bzw. Bronchialkarzinomen [30]. Metastasen können hypervaskularisiert, hypovaskularisiert, zystisch, verkalkt oder eingeblutet zur Darstellung kommen [25].

Nach Kontrastmittelgabe zeigen Metastasen in der arteriellen Phase oft ein ringförmiges Enhancement (des vitalen Tumorrands) mit korrespondierendem, peripherem ringförmigem Auswaschen in der portalvenösen und Äquilibriumphase [22, 31]. Hepatobiliäre KM erhöhen zusätzlich die Sensitivität der MRT im Nachweis von Metastasen < 1 cm, weil diese keine KM-Aufnahme in einer hepatobiliären Phase zeigen und sich somit besser demarkieren [25]. Für die präoperative Evaluierung von Lebermetastasen ist die MRT nach Applikation von hepatobiliären KM die sensitivste Bildgebungsmodalität. Vor allem bei Vorliegen einer Steatose, wie sie oft nach neoadjuvanter Chemotherapie auftritt, ist die MRT der CT im Nachweis kleiner Lebermetastasen überlegen (Abb. 8) [32].

■ Funktionelle Bildgebung

Kontrastmittelverstärkte Magnetresonanzcholangiographie (MRC)

Die beiden bimodalen hepatobiliären KM Gadoxetat und Gadobenat können bei optimiertem Untersuchungsprotokoll auch zur funktionellen Leberbildgebung angewendet werden. Der große Vorteil von Gadoxetat gegenüber Gadobenat ist die rasche Aufnahme von etwa 50 % der injizierten KM-Menge in

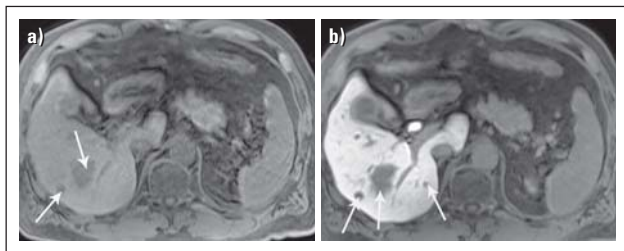


Abbildung 8: Gadoxetat-verstärkte MRT verbessert die Detektion von kleinen Lebermetastasen. **(a)** In dem T1-gewichteten MRT-Bild ohne Kontrastmittel sind 2 Metastasen zu sehen (Pfeile). **(b)** 20 Minuten nach Gabe von Gadoxetat erkennt man zusätzliche kleine Metastasen, bedingt durch den erhöhten Gewebekontrast (Pfeile). Die Detektion kleiner Metastasen ist in der präoperativen Abklärung sehr wichtig und für die Therapieplanung entscheidend.

die Hepatozyten. Dadurch wird ca. 10–20 Minuten nach KM-Applikation eine hepatobiliäre Phase erreicht. Das Plateau des Enhancements hält dabei > 3 Stunden an [3]. Ein weiterer Vorteil von Gadoxetat liegt darin, dass etwa 50 % des injizierten KM über die Gallenwege ausgeschieden wird. Aus diesem Grund lassen sich mittels Gadoxetat ebenfalls die Gallenwege sehr gut, rasch und standardisiert untersuchen.

Aufgrund der Tatsache, dass sowohl beide bimodalen KM als auch Bilirubin denselben Transportmechanismus zur Aufnahme in die Hepatozyten benutzen, ist die morphologische Beurteilbarkeit der Gallenwege bei erhöhtem Serum-Bilirubin (> 3 mg/dl) eingeschränkt, da es zu einer verzögerten bzw. fehlenden KM-Ausscheidung über die Gallenwege kommt [8]. Dies ermöglicht jedoch, eindeutig zwischen intrahepatischer Cholestase und extrahepatischer bzw. mechanischer Obstruktion zu unterscheiden. Die Darstellung der Gallenwege sowie deren funktionelle Beurteilung bezüglich der Exkretion ist von großem diagnostischem Nutzen. So kann anhand der hepatobiliären KM eine funktionelle MR-Cholangiographie (MRC) durchgeführt werden, welche die „konventionelle“ MR-Cholangiographie ergänzt [33]. Dadurch lassen sich morphologische Veränderungen wie ein mechanischer Verschluss von einer intrahepatischen Cholestase bzw. funktionellen Störung wie einer Sphinkter-Oddi-Dysfunktion unterscheiden. Auch der Ausschluss einer durch ein kreuzendes Gefäß bedingten Pseudostenose bzw. eine durch ein Konkrement bedingte Teilobstruktion können dadurch eindeutig differenziert werden [7]. Eine solch eindeutige Differenzierung ist für das therapeutische Vorgehen sehr entscheidend.

Weitere Vorteile der hepatobiliären KM betreffen vor allem die Darstellung anlagebedingter Gallenwegserkrankungen und postoperative Komplikationen, wie Gallefisteln, Biliome etc. [27, 34]. Die KM-verstärkte MRC kann als nichtinvasive Methode zur Abklärung der primär sklerosierenden Cholangitis (PSC) eingesetzt (Abb. 9) werden und erlaubt sogar die Detek-

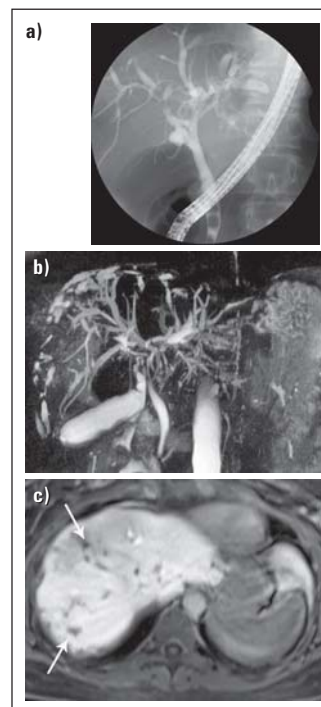


Abbildung 9: Nichtinvasive Diagnose der Primär Sklerosierenden Cholangitis (PSC) mit MRT im Vergleich zur ERCP. **(a)** Die diagnostische ERCP zeigt vor allem linksseitig Konturunregelmäßigkeiten der Gallenwege. **(b)** In der konventionellen MR-Cholangiographie (in der Gallenflüssigkeit als natürliches „Kontrastmittel“ fungiert) erkennt man deutlich die starke diffuse Ausprägung der Erkrankung mit Konturunregelmäßigkeiten und zahlreichen kurzstreckigen Stenosen sowie Dilatationen der intrahepatischen Gallenwege in beiden Leberlappen. **(c)** Nach Gabe von leberspezifischem Kontrastmittel (Gadoxetat) demarkieren sich subkapsuläre Areale im rechten Leberlappen, welche vermindert Kontrastmittel aufnehmen (Pfeile), hinweisend auf eine chronische Entzündung mit konsekutiven Leberparenchymschäden.

tion von Frühzeichen dieser Erkrankung [35]. Kriterien dafür sind die segmental fehlende KM-Ausscheidung der intrahepatalen Gallenwege sowie die konsekutive verminderte Kontrastierung des umgebenden, segmentalen zugehörigen Leberparenchyms, offenbar aufgrund einer chronischen Leberzellschädigung (Abb. 9). Von klinischer Relevanz sind rezente Ergebnisse, welche zeigen, dass aufgrund der KM-Aufnahme und Ausscheidung mittels Gadoxetat-verstärkter MRT eine Überlebensprognose lebertransplantierten Patienten getroffen werden kann [36].

Diffuse Lebererkrankungen

Steatose, Fibrose und Zirrhose stellen die häufigsten diffusen Lebererkrankungen dar, welche aufgrund der inhomogenen Strukturalterationen des Leberparenchyms zu charakteristischen Merkmalen in den unterschiedlichen radiologischen Bildgebungsmodalitäten führen. Verschiedene neue MR-Sequenzen, wie Chemical Shift Imaging, diffusionsgewichtete Sequenzen (DWI), Susceptibility-Weighted Imaging (SWI) etc., wurden für die Detektion, Charakterisierung und Graduierung solcher diffuser Lebererkrankungen eingesetzt. Aus einer gewöhnlichen Steatose (NAFL) kann sich die so genannte Nichtalkoholische Steatohepatitis (NASH) entwickeln, welche stufenweise zu einer irreversiblen Fibrose und schließlich zur Zirrhose fortschreitet. Zur Beurteilung der hepatalen Steatose und Fibrose mittels MRT sind derzeit die MR-Elastographie, die MR-Spektroskopie und das (adaptierte) Chemical Shift Imaging die Methoden der Wahl. Inwieweit die (mit hepatobiliärem) KM verstärkte MRT hier zukünftig eine Rolle spielen wird, ist derzeit noch nicht abzuschätzen [37]. In einer rezent veröffentlichten Studie von Watanabe et al. wies die MR-Bildgebung mit Gadoxetat eine bessere Korrelation zum Fibrosestadium als die MR-Diffusionsbildgebung oder hämatologische und klinische Parameter auf [38]. Funktionell reflektiert eine verminderte hepatozelluläre Aufnahme (Abb. 10) und Ausscheidung von Gadoxetat eine schlechte Synthese- und Exkretions-

leistung der Leber offenbar durch Reduktion der Anzahl, aber auch Verminderung der Funktion der noch verbliebenen Hepatozyten im Rahmen einer Fibrose oder Zirrhose [27, 38, 39]. Aus diesem Grund können die genannten diffusen Lebererkrankungen durch den spezifischen KM-Einsatz besser detektiert und genauer graduiert werden [38]. Diese Informationen sind bei der Auswahl der Therapieoptionen von großer klinischer Relevanz.

Zusammenfassung

Die genaue Detektion und Differenzierung von fokalen und diffusen Leberveränderungen ist für das therapeutische Vorgehen entscheidend. Die verschiedenen radiologischen Verfahren sind bei sorgfältiger Anwendung vor allem in Kombination hervorragend für diese Aufgabe geeignet. Die sensitivste Methode in der Charakterisierung fokaler Leberläsionen stellt die MRT dar. In bestimmten Zentren sowie laut einzelnen Studien kann man mittels hepatobiliärer KM-verstärkter MRT bei der Diagnoseerstellung von diffusen Leberparenchym- und Gallengangserkrankungen neben morphologischen Veränderungen auch funktionelle Informationen erhalten. Da die Aufnahme und Ausscheidung dieses Kontrastmittels auf zellulärer Ebene erfolgt, kann man zukünftig nach Validierung der Daten von großen prospektiven Studien sowie der Reproduzierbarkeit von einer so genannten Biomarker-Bildgebung sprechen.

Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor verneint einen Interessenkonflikt.

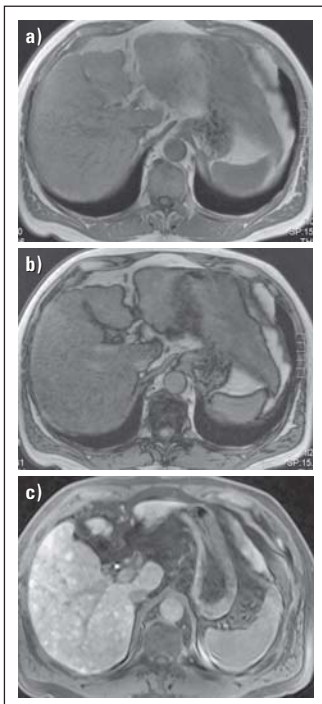


Abbildung 10: Diagnose von Steatose, Fibrose und Zirrhose. **(a)** In dem T1-gewichteten MRT-Bild In-Phase zeigt sich ein inhomogenes Signal der Leber, hinweisend auf eine diffuse Parenchymerkrankung. **(b)** In dem T1-gewichteten MRT-Bild Opposed-Phase zeigt sich ein deutlicher inhomogener Signalabfall der Leber im Vergleich zum In-Phase-Bild als Ausdruck der deutlichen inhomogenen Steatose. **(c)** Nach Gabe von Gadoxetat zeigt sich eine deutliche inhomogene Kontrastierung der Leber mit fehlenderer hepatobiliärer KM-Aufnahme im Bereich der fibrotischen Septen und eine verstärkte hepatobiliäre KM-Aufnahme im Bereich der Regeneratnoten, im Rahmen der begleitenden starken Leberfibrose/Zirrhose.

Relevanz für die Praxis und Fragen

Der Einsatz der hepatobiliären kontrastmittelverstärkten MRT ermöglicht uns eine bessere und sichere Diagnose der Leber- und Gallenwegserkrankungen durch simultane morphologische und funktionelle Informationen.

1. Die Detektion und Charakterisierung verschiedener Leber- und Gallenwegserkrankungen in der kontrastmittelverstärkten MRT basiert auf

- unterschiedlich starker Kontrastmittel- (KM-) Aufnahme und unterschiedlich starker Anreicherung in verschiedenen Geweben
- kompletter Verstoffwechslung des KM im Leberparenchym
- fehlenden Transportmechanismen der Hepatozyten
- Verstoffwechslung in den Phagozyten

2. Welche der folgenden fokalen Leberläsionen nimmt regelmäßig KM auf?

- Leberzysten
- Biliäre Hamartome (oder von-Meyenburg-Komplexe)
- Steatose- oder Non-Steatose-Areale
- Fokale Noduläre Hyperplasie (FNH)

3. Basierend auf Herdgröße und KM-Anfärbeverhalten unter Verwendung extrazellulärer nichtspezifischer KM kann man folgende Hämangiome klassifizieren:

- Kapilläres Hämangiom
- Kavernöses Hämangiom
- Riesenhämangiom
- Alle genannten Hämangiomentypen sind zutreffend

4. Welche der folgenden fokalen Leberläsionen kann unter Verwendung hepatobiliärer Kontrastmittel verlässlich diagnostiziert werden?

- Atypisches Hämangiom
- Adenom
- HCC in Nichtleberzirrhose
- Fokale noduläre Hyperplasie

5. Basierend auf dem Geno- und Phänotyp kann man die genannten Adenome neuerdings klassifizieren. Welche Antwort ist falsch?

- Riesenadenom
- Inflammatorisches Adenom
- Beta-Catenin-mutiertes Adenom
- Steatotisches Adenom

6. Die erhöhte Detektionsrate von Metastasen und cholangiozellulärem Karzinom unter Verwendung von Gadoxetat-verstärkter MRT der Leber ist erklärbar durch (welche Antwort ist falsch?):

- Starke KM-Aufnahme des gesunden Leberparenchyms in der hepatobiliären Phase.
- Eine fehlende KM-Aufnahme der Metastasen und cholangiozellulären Karzinome in der hepatobiliären Phase.
- Einen großen Kontrastunterschied zwischen gesundem Leberparenchym und dieser malignen Läsion.
- Starke Vaskularisierung von Metastasen und cholangiozellulärem Karzinom.

7. Die großen Vorteile von Gadoxetat gegenüber Gadobonat bei der Kontrastmittelverstärkten MRCP sind (welche Antwort ist falsch?):

- Die rasche Aufnahme von etwa 50 % der injizierten KM-Menge in die Hepatozyten.
- Zirka 10–20 Minuten nach Gadoxetat-Applikation wird die hepatobiliäre Phase erreicht.
- Ein weiterer Vorteil von Gadoxetat liegt darin, dass etwa 50 % des injizierten KM über die Gallenwege ausgeschieden wird.
- Die Beurteilbarkeit der Gallenwege bei erhöhtem Serum-Bilirubin (ab > 3 mg/dl) ist nicht eingeschränkt.

8. Welche MR-Technik ist ideal zur Beurteilung folgender Krankheit:

- Die MRCP zur Beurteilung der Leberzirrhose
- Kontrastmittelverstärkte MRT zum Nachweis von Lebermetastasen
- Die MRT ohne Kontrastmittel zur Beurteilung des cholangiozellulären Karzinoms
- Die MR-Angiographie zum Nachweis von Hämangiomen

Lösung: 1a; 2d; 3d; 4d; 5a; 6d; 7d; 8b

Literatur:

- Ba-Ssalamah A, Happel B, Kettenbach J, et al. [MRT of the liver. Clinical significance of nonspecific and liver-specific MRT contrast agents]. *Radiologe* 2004; 44: 1170–84.
- Bastati-Huber N, Prosch H, Baroud S, et al. [New developments in MRI of the liver]. *Radiologe* 2011; 51: 680–7.
- Ba-Ssalamah A, Uffmann M, Saini S, et al. Clinical value of MRI liver-specific contrast agents: a tailored examination for a confident non-invasive diagnosis of focal liver lesions. *Eur Radiol* 2009; 19: 342–57.
- Wang Y, Alkasab TK, Narin O, et al. Incidence of nephrogenic systemic fibrosis after adoption of restrictive gadolinium-based contrast agent guidelines. *Radiology* 2011; 260: 105–11.
- Kitao A, Matsui O, Yoneda N, et al. The uptake transporter OATP8 expression decreases during multistep hepatocarcinogenesis: correlation with gadoxetic acid enhanced MR imaging. *Eur Radiol* 2011; 21: 2056–66.
- Kitao A, Zen Y, Matsui O, et al. Hepatocellular carcinoma: signal intensity at gadoxetic acid-enhanced MR imaging – correlation with molecular transporters and histopathologic features. *Radiology* 2010; 256: 817–26.
- Lee NK, Kim S, Lee JW, et al. Biliary MR imaging with Gd-EOB-DTPA and its clinical applications. *Radiographics* 2009; 29: 1707–24.
- Tschirch FT, Struwe A, Petrowsky H, et al. Contrast-enhanced MR cholangiography with Gd-EOB-DTPA in patients with liver cirrhosis: visualization of the biliary ducts in comparison with patients with normal liver parenchyma. *Eur Radiol* 2008; 18: 1577–86.
- Baroud S, Bastati N, Prosch H, et al. [Benign focal hepatic lesions]. *Radiologe* 2011; 51: 688–96.
- Ba-Ssalamah A, Baroud S, Bastati N, et al. MR imaging of benign focal liver lesions. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2010; 18: 403–19.
- Caseiro-Alves F, Brito J, Araujo AE, et al. Liver haemangioma: common and uncommon findings and how to improve the differential diagnosis. *Eur Radiol* 2007; 17: 1544–54.
- Giannitrapani L, Soresi M, La Spada E, et al. Sex hormones and risk of liver tumor. *Ann NY Acad Sci* 2006; 1089: 228–36.
- Ba-Ssalamah A, Schima W, Schmoock MT, et al. Atypical focal nodular hyperplasia of the liver: imaging features of non-specific and liver-specific MR contrast agents. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179: 1447–56.
- Zech CJ, Grazioli L, Breuer J, et al. Diagnostic performance and description of morphological features of focal nodular hyperplasia in Gd-EOB-DTPA-enhanced liver magnetic resonance imaging: results of a multicenter trial. *Invest Radiol* 2008; 43: 504–11.
- Bioulac-Sage P, Laumonier H, Laurent C, et al. Hepatocellular adenoma: what is new in 2008. *Hepatol Int* 2008; 2: 316–21.
- Ribeiro A, Burgart LJ, Nagorney DM, et al. Management of liver adenomatosis: results with a conservative surgical approach. *Liver Transpl Surg* 1998; 4: 388–98.
- Bioulac-Sage P, Laumonier H, Couchy G, et al. Hepatocellular adenoma management and phenotypic classification: the Bordeaux experience. *Hepatology* 2009; 50: 481–9.
- Katabathina VS, Menias CO, Shanbhogue AK, et al. Genetics and imaging of hepatocellular adenomas: 2011 update. *Radiographics* 2011; 31: 1529–43.
- Bieze M, van den Esschert JW, Nio CY, et al. Diagnostic accuracy of MRI in differentiating hepatocellular adenoma from focal nodular hyperplasia: prospective study of the additional value of gadoxetate disodium. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 199: 26–34.
- Bioulac-Sage P, Laumonier H, Cubel G, et al. Hepatic resection for inflammatory hepatocellular adenomas: pathological identification of micronodules expressing inflammatory proteins. *Liver Int* 2010; 30: 149–54.
- Lai EC, Lau WY. The continuing challenge of hepatic cancer in Asia. *Surgeon* 2005; 3: 210–5.
- Moritz T, Prosch H, Schuster H, et al. [Malignant focal liver lesions]. *Radiologe* 2011; 51: 697–703.
- Efremidis SC, Hytioglou P, Matsui O. Enhancement patterns and signal-intensity characteristics of small hepatocellular carcinoma in cirrhosis: pathological basis and diagnostic challenges. *Eur Radiol* 2007; 17: 2969–82.
- Leoni S, Piscaglia F, Golfieri R, et al. The impact of vascular and nonvascular findings on the noninvasive diagnosis of small hepatocellular carcinoma based on the EASL and AASLD criteria. *Am J Gastroenterol* 2010; 105: 599–609.
- Ba-Ssalamah A, Fakhrai N, Matzek WK, et al. Magnetic resonance imaging of liver malignancies. *Top Magn Reson Imaging* 2007; 18: 445–55.
- Ahn SS, Kim MJ, Lim JS, et al. Added value of gadoxetic acid-enhanced hepatobiliary phase MR imaging in the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Radiology* 2010; 255: 459–66.
- Tamrazi A, Vasanawala SS. Functional hepatobiliary MR imaging in children. *Pediatr Radiol* 2011; 41: 1250–8.
- Han JK, Choi BI, Kim AY, et al. Cholangiocarcinoma: pictorial essay of CT and cholangiographic findings. *Radiographics* 2002; 22: 173–87.
- Peporte AR, Sommer WH, Nikolaou K, et al. Imaging features of intrahepatic cholangiocarcinoma in Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. *Eur J Radiol* 2013; 82: e101–e106.
- Layer G, Bohrer M. Radiologische Diagnostik von Lebertumoren Teil I: Allgemeine Krankheitsaspekte und radiologische Verfahren. *Radiologe* 2007; 47: 819–32.
- Motosugi U, Ichikawa T, Onohara K, et al. Distinguishing hepatic metastasis from hemangioma using gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 2011; 46: 359–65.
- Berger-Kulemann V, Schima W, Baroud S, et al. Gadoxetic acid-enhanced 3.0 T MR imaging versus multidetector-row CT in the detection of colorectal metastases in fatty liver using intraoperative ultrasound and histopathology as a standard of reference. *Eur J Surg Oncol* 2012; 38: 670–6.
- Holzappel K, Breitwieser C, Prinz C, et al. [Contrast-enhanced magnetic reso-

nance cholangiography using gadolinium-EOB-DTPA. Preliminary experience and clinical applications]. *Radiologe* 2007; 47: 536–44.

34. Meyers AB, Towbin AJ, Serai S, et al. Characterization of pediatric liver lesions with gadoxetate disodium. *Pediatr Radiol* 2011; 41: 1183–97.

35. Frydrychowicz A, Jedynak AR, Kelcz F, et al. Gadoteric acid-enhanced T1-weighted MR cholangiography in primary sclerosing cholangitis. *J Magn Reson Imaging* 2012; 36: 632–40.

36. Wibmer A, Aliya Q, Steininger R, et al. Liver transplantation: impaired biliary excretion of gadoxate is associated with an inferior 1-year retransplantation-free survival. *Invest Radiol* 2012; 47: 353–8.

37. Tsuda N, Okada M, Murakami T. Potential of gadolinium-ethoxybenzyl-diethylenetriamine pentaacetic acid (Gd-EOB-DTPA) for differential diagnosis of nonalcoholic steatohepatitis and fatty liver in rats using magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 2007; 42: 242–7.

38. Watanabe H, Kanematsu M, Goshima S, et al. Staging hepatic fibrosis: comparison of gadoxetate disodium-enhanced and diffusion-weighted MR imaging – preliminary observations. *Radiology* 2011; 259: 142–50.

39. Chernyak V, Kim J, Rozenblit AM, et al. Hepatic enhancement during the hepatobiliary phase after gadoxetate disodium administration in patients with chronic liver disease: The role of laboratory factors. *J Magn Reson Imaging* 2011; 34: 301–9.

**Ass.-Prof. Univ.-Doz.
Dr. med. Ahmed Ba-Ssalamah**

MRT-Bereichleiter an der Abteilung für Allgemeine Radiologie und Kinderradiologie der Universitätsklinik für Radiagnostik, Medizinische Universität Wien. Er ist spezialisiert auf die Abdominal-Radiologie und Chef der gastro-abdominalen wissenschaftlichen Arbeitsgruppe. Sein Arbeitsfeld umfasst wissenschaftliche Entwicklungen im Bereich des Abdominal Imaging. Der Fokus seiner Arbeit liegt auf der Darstellung des Pankreas, Leber und Gallenwege sowie des Gastrointestinaltraktes, im Besonderen auf onkologischen Erkrankungen dieses Bereichs. Er hat bereits mehrere Publikationen zu diesem Themenkomplex veröffentlicht und auf den verschiedensten nationalen und internationalen radiologischen Kongressen (RSNA, ECR, ESGAR, ICIS, IDKD, etc.) Vorträge gehalten.



Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)