

Die Rolle der MRT im Abdomen

Georg Bongartz, Maka Kekelidze

Radiologie & Nuklearmedizin, Universitätsspital Basel

Seit der Einführung der Magnetresonanztomographie (MRT) in die klinische Routine hat sich die Methode von einer hochspezialisierten Technik für zumeist neuroradiologische Fragestellungen zu einer der wichtigsten Säulen in der medizinischen bildgebenden Diagnostik gemauert. Was aber bis heute fast unverändert geblieben ist, sind die relativ hohen Kosten und der immer noch etwas höhere Aufwand für eine MRT-Untersuchung im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren. Wieso ist trotz dieser Nachteile die MRT unverzichtbar geworden und wieso werden ständig neue Einsatzbereiche propagiert? Während sich die überragende Darstellung von Veränderungen des Hirngewebes und des Rückenmarks unmittelbar jedem erschliesst, da keine Konkurrenzmethode derartig genaue oder artefaktfreie Dokumente liefern kann, ist die MRT insbesondere in Anwesenheit physiologischer oder willkürlicher Bewegungsmuster erheblich in der Bildqualität eingeschränkt. Dieses Handicap erklärt, wieso sie für die Diagnostik des Körperstamms erst verzögert zum Einsatz kam – heute dagegen ist auch hier der Siegeszug der MRT kaum aufzuhalten.

Die Signalgenerierung in der MRT beruht auf der physiologischen Reaktion der Wasserstoff-Atomkerne innerhalb biologischer molekularer Verbindungen auf Veränderungen von überlagernden Magnetfeldern, denen der Körper ausgesetzt wird. Obschon diese Einzelreaktionen im Milli- und Mikrosekundenbereich ablaufen, benötigt die Erfassung von Bildgebungsschichten oder -Volumina dennoch meist mehrere Minuten. Und da die Signalgenerierung von der Ortständigkeit der einzelnen Signalquellen während der Datenaufnahme abhängt, ist leicht verständlich, warum MRT-Bilder des Abdomens eine grössere technische Herausforderung sind als die MRT beispielsweise eines unbewegten Gelenks. Dennoch sind durch die ständigen Sequenzoptimierungen inzwischen sehr viele Messungen in Atemstillstand möglich, und Artefakt-Unterdrückungstechniken erlauben sogar eine zeitaufgelöste, dynamische Datenerhebung.

Vergleich mit der CT

Erst durch diese Messzeitbeschleunigung ist erklärbar, wieso die MRT in sehr vielen Fragestellungen zu abdominalen Erkrankungen entweder alternativ zu einer Computertomographie (CT) oder sogar als die bessere diagnostische Methode angeboten werden kann. Die wesentlichen Unterschiede beider Schnittbildmethoden sind Strahlenbelastung, Gewebekontraste, Ortsauflösung, Geschwindigkeit der Datenakquisition und Patientenkomfort.

Strahlenbelastung

Trotz der erfolgreichen Reduktion der Strahlenexposition spielt diese bei der CT weiterhin eine gewichtige Rolle – vor allem bei Untersuchungen des Bauch- und Beckenbereichs. Nicht nur die Nähe und eventuelle direkte Exposition der strahlensensiblen Gonaden, sondern auch die für viele abdominelle und pelvine Organe obligatorische Mehrphasen-CT nach einer intravenösen Kontrastmittelgabe erklärt, wieso vor allem bei jüngeren Patienten eine strahlenfreie MRT-Untersuchung vorteilhaft sein kann.

Gewebekontraste

Die MRT-Kontraste beruhen anders als bei der CT nicht auf der Dichte und Röntgenabsorption der Strukturen, sondern auf intrinsischen Gewebeparametern, die eine grössere Bandbreite besitzen und so einen völlig anderen diagnostischen Zugang ermöglichen. Viele Gewebe, etwa gewisse Raumforderungen oder Gefässstrukturen, lassen sich dadurch auch ohne Gabe von Kontrastmittel charakterisieren. Andererseits sind kalkhaltige Strukturen in der MRT prinzipiell nicht oder allenfalls negativ in einer hellen Signalumgebung zu erkennen, wogegen hier die CT klare Details liefert.

Ortsauflösung

Gegenüber der CT hat die MRT üblicherweise eine schlechtere Ortsauflösung, was bei sehr feinstrukturellen diagnostischen Anforderungen nachteilig sein kann.

Geschwindigkeit der Datenakquisition

In der MRT wird im Gegensatz zur CT nicht nur ein einzelner Datensatz erhoben (oder je einer vor und nach Kontrastmittelgabe), sondern in der Regel werden die verschiedenen Gewebecharakteristiken durch eine Kombination von mehreren sogenannten Sequenzen ermittelt. Wenn zusätzlich auch noch die Kontrastmittelaufnahme untersucht wird, so addieren sich oft 6–10 oder mehr Sequenzen zur Gesamtuntersuchung mit der Folge einer 30–45 Minuten dauernden Messzeit. Neuerdings werden ausser der üblichen Relaxationszeit (T1-Gewichtung, T2-Gewichtung) zunehmend auch mikrostrukturelle Gewebekonstanten ermittelt (Diffusionsbildgebung), wodurch sogar noch längere Messzeiten entstehen können.

Patientenkomfort

Die zentrierte Lagerung des Patienten in einer relativ engen Untersuchungsröhre mit bis zu zwei Metern Länge, verbunden mit zusätzlich aufgelagerten, beengenden Oberflächenspulen auf dem Abdomen und einer

Die Autoren haben keine finanzielle Unterstützung und keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

nicht zu vernachlässigenden Geräusentwicklung machen die MRT gegenüber einer CT für den Patienten durchaus schwerer akzeptierbar. Bei fehlender Compliance werden manche Atemstillstandsmessungen oder längerdauernde Datenakquisitionen unmöglich. Insofern ist es notwendig, neben etwaigen Kontraindikationen gegen eine MRT auch die Patientenakzeptanz vor der Untersuchung abzuklären.

Aktuelle Entwicklungen bei der abdominellen MRT

Die bereits erwähnte Verkürzung der Messzeiten auf unter 20 Sekunden für eine einzelne Sequenz wurde ermöglicht durch schnellere Schaltzeiten für die Gradientenfelder, durch cleverere Ausnutzung der Sensitivitätsprofile der Oberflächenspulen und nicht zuletzt durch neuartige Rekonstruktionsansätze, die auch mit inkompletten Datensätzen umgehen können. Als Alternative zu den Atemstillstandsmessungen können aber auch atemungsgetriggerte Messungen angewandt werden, die aber zu einer weiteren Verlängerung der Datenaufnahmezeit führen, da viele Messpunkte verfallen oder ignoriert werden müssen.

Die neuen, schnellen MRT-Sequenzen erlauben es, die Kontrastmittelperfusion von Organen oder Tumoren strahlungsfrei zu analysieren. Hier lassen sich somit nicht nur die Verteilung des Kontrastmittels im Interstitium, sondern auch weitere Parameter wie arterieller Input, regionales Blutvolumen, Blutfluss oder die Kapillarpermeabilität messen. Wenngleich die meisten dieser Parameter aktuell noch forschungsorientiert erhoben werden, so ist die schnelle dynamische Perfusionsanalyse doch für viele Tumoren der Leber, des Pankreas oder der Nieren klinisch wichtig und hat Eingang in die Bildgebungsroutine gefunden.


Die ausserordentliche Empfindlichkeit der Methode gegenüber Bewegungen ermöglicht nicht nur die Erkennung makroskopischer Bewegungsmuster, sondern kann auch Unterschiede in der molekularen Kinetik bewer-

ten. Die Brown'sche Molekularbewegung der protonengebundenen Wasserstoffmoleküle hängt von der Zelldichte in unterschiedlichen Geweben ab. Sie wird als Diffusion definiert und kann anhand dieses Parameters Veränderungen in der lokalen Gewebekonstellation beschreiben. Die Diffusionsbildgebung (DWI: diffusion-weighted imaging) wird zunehmend wichtiger in der Definition von benignen oder malignen Tumoren und in der Verlaufsbeobachtung der Tumoraktivität. Abdominell findet sie zunehmend Einsatz bei fokalen Läsionen der grossen Parenchym-Organen Leber, Pankreas und Nieren, aber auch bei der Einschätzung von Läsionen der Prostata.

Klinische Einsatzbereiche der Abdomen-MRT

Darstellung von Gallengängen und Harnwegen

Die MRT ist generell sehr empfindlich in der Darstellung von Wasser, das in Gefässen oder in anatomischen Kompartimenten oder auch diffus im Gewebe (Ödem) vorhanden sein kann. Diese Stärke wird in der abdominellen Bildgebung für die kontrastmittelfreie Darstellung von Gallengängen ausgenutzt. Projektive 2D- oder feinschichtige 3D-Akquisitionen erlauben eine einfache und schnelle Cholangiographie (MRCP: MR-Cholangio-Pankreatiographie), bei der etwaige Konkremente oder Tumoren als Signal-Aussparungen dann negativ erfasst werden. Da die Bildgenerierung ausschliesslich auf der Darstellung unbewegter Flüssigkeiten beruht, kann in identischer Methodik auch eine native Urographie (MR-Urographie) erstellt werden.

Für beide Anwendungen gilt, dass komplett normale Gallengänge oder Harnleiter aufgrund des sehr engen Kalibers nur wenig Bildinformation liefern, wogegen Abflussbehinderungen der Systeme leicht erkennbar sind und Detailanalysen erlauben. Müssen die normalen Gallengänge oder die normalen Harnleiter positiv dargestellt werden, so lassen sich für beide Fragestellungen Kontrastmittel einsetzen, die entweder über die Galle oder über den Urin ausgeschieden werden. Gerade diese Einsatzgebiete sind insbesondere bei jüngeren Patienten aufgrund der notwendigen wiederholten Untersuchungsgänge vorzugsweise der MRT vorbehalten (Abb. 1 .

Darstellung des Dünndarms

Ebenfalls auf der hohen Signalintensität von Flüssigkeiten aufgebaut ist die Hydro-MRT zur Darstellung des Gastrointestinaltrakts, insbesondere des Dünndarms. Neben der Kapsel-Endoskopie ist sie heute die wichtigste bildgebende Methode zur Darstellung luminaler Dünndarmveränderungen und wird häufig bei Patienten mit M. Crohn oder anderen entzündlichen Darmkrankungen eingesetzt. Gegenüber der früheren Standardmethode der Dünndarm-Enteroklyse, bei der der enterale Kontrastmitteltransport mittels Durchleuchtung dokumentiert wurde, addieren sich bei der Hydro-MRT die Vorteile der Schnittbildgebung zu dem grossen Signalunterschied zwischen Darmwand und Lumen. Um die Aussagekraft noch zu verbessern, muss der Patient allerdings vor der Untersuchung 1–2 l Flüssigkeit trinken.

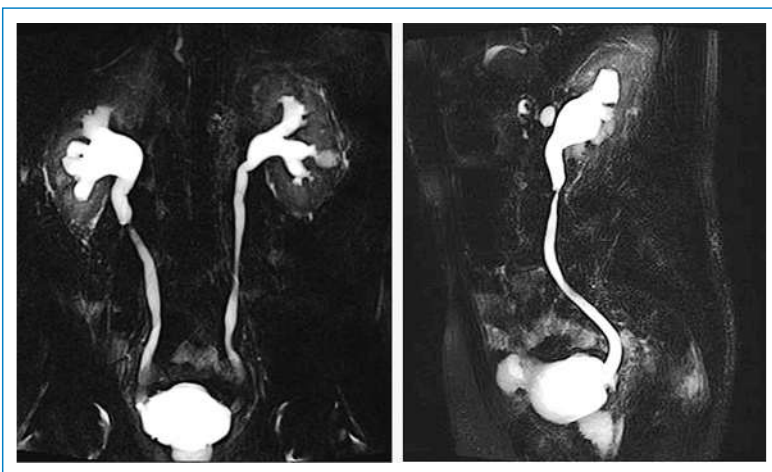


Abbildung 1
MR-Urographie: Stenose des rechten Ureters nach Uretherolithotomie und End-zu-End-Anastomose.

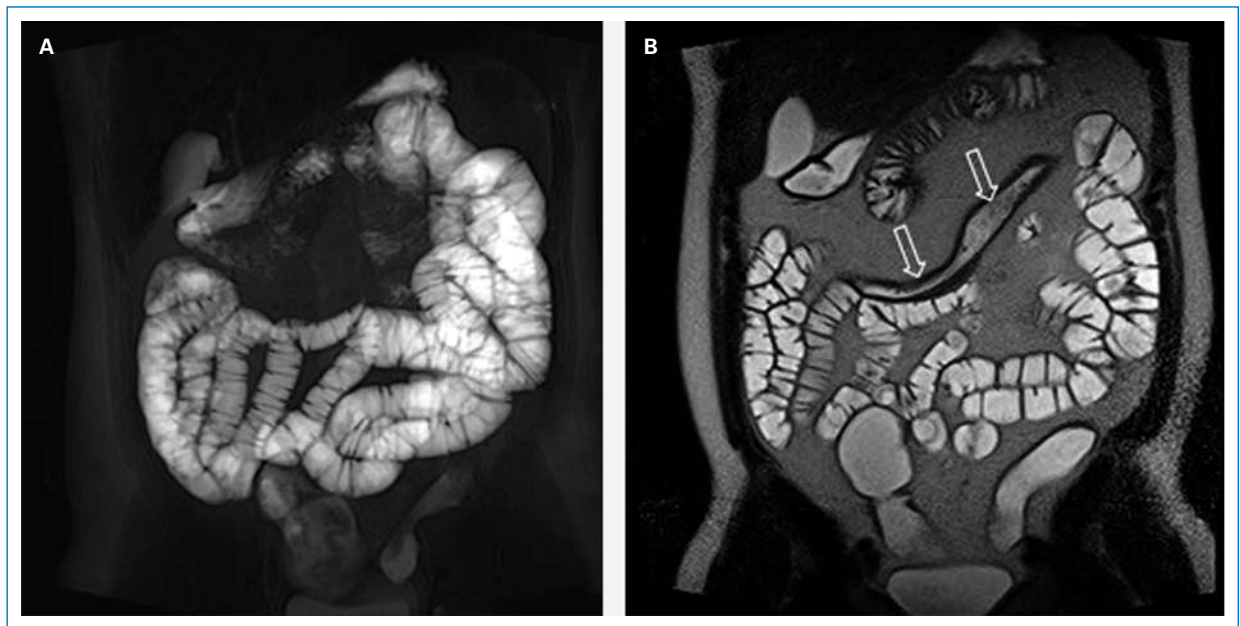



Abbildung 2

A: Hydro-MRT mit 1800 ml Methylzellulose.

B: Colitische Darmwandveränderungen am Colon transversum.

sigkeit trinken, die mit Quellmitteln zur Darmdistension versetzt ist (Abb. 2 )

Darstellung der Leber

Durch die Anwendung leberzellenspezifischer Kontrastmittel in der MRT können gesunde Leberzellen von Fremdgewebe in der Leber (Metastasen, Tumoren) mit hoher Zuverlässigkeit unterschieden werden. Dagegen ist eine Differenzierung unterschiedlicher Tumoren nicht möglich. Vor allem erhöht diese Methode die exakte Bestimmung der Ausbreitung von Lebermetastasen, was bei normalen, extrazellulären Kontrastmitteln (jodhaltige Kontrastmittel in der CT oder Standard-Gadolinium-Präparate in der MRT) oftmals nicht gelingt, da die Durchblutung von lebereigenem und leberfremdem Gewebe gelegentlich sehr ähnlich sein kann. Der Einsatz dieser Kontrastmittel in Verbindung mit hochauflösender MR-Bildgebung ist die zuverlässigste Methode zum Metastasenausschluss und kann gleichzeitig mit einer Perfusionsanalyse verbunden werden (Abb. 3 )

Die Differenzierung lebereigener Tumoren wird dagegen auch heute noch unterschiedlich beurteilt. Zunehmend wird bei der Tumoranalyse auch die abdominelle Diffusionsbildgebung erfolgreich eingesetzt: Nicht nur die Detektion, sondern vor allem die Aktivitätsbestimmung des Tumorgewebes besitzt einen zunehmenden klinischen Stellenwert. Die MRT tritt hier in Konkurrenz zur PET-CT und liefert verlässlichere Aussagen im Tumor-Follow-up als die rein morphologische Begutachtung durch Schnittbildgebung. Die Diffusions-MRT wird inzwischen für die meisten soliden Tumoren im Abdomen eingesetzt, wobei die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist.

Darstellung der Gefässe

Die Gefässbeurteilung der abdominellen Gefässe mittels MR-Angiographie spielt in der heutigen Zeit eine weniger

grosse Rolle, wohingegen die Darstellung der peripheren Zirkulation (Becken-Bein-MR-Angiographie) weiterhin als überlegen angesehen wird. Die CT hat durch die gute Darstellung von verkalkten Plaques, die hohe Auflösung und die Geschwindigkeit der Untersuchung heute eine Vorreiterrolle übernommen. Dies gilt sowohl für chronische Veränderungen (Aneurysmadarstellung, OP-Planung) wie auch für akute Veränderungen (Blutungen, Ischämien, Dissektionen).

Zusammenfassung

Die radiologische Diagnostik des Bauchraums beruht in zunehmendem Mass auf Schnittbildern. Die CT ist das «working horse» für die meisten akuten Probleme und liefert hochaufgelöste, zuverlässige Abbildungen der Patho-Anatomie. Die MRT hat Vorteile, wenn die notwendige Diagnostik eine mehrphasige Datenakquisition erfordert (Tumorperfusion, Bewegungsstudien des Darms etc.) oder weiterführende Erkenntnisse der MRT (Diffusions-Einschränkung etc.) therapierelevant sind. Oftmals erweisen sich beide Methoden als komplementär, etwa wenn im CT Strukturanomalien erkannt werden, diese aber nicht sicher als Tumor eingestuft werden können. Für die präoperative Abklärung von Konkrementen im Gallengangsystem ist die MRT eindeutig im Vorteil gegenüber der CT oder dem Ultraschall, da hier die hohe Empfindlichkeit der Methode gegen stehende Flüssigkeiten eine einfache wie zuverlässige Darstellung der Gallengänge ermöglicht. Es können so mit hoher Kontrastauflösung verkalkte wie auch nichtverkalkte Konkreme identifiziert werden.

Abschliessend sei noch darauf hingewiesen, dass für die Abklärung parenchymatöser Läsionen im Abdomen sowohl im CT als auch in der MRT Kontrastmittel eingesetzt werden. Bei höhergradiger Niereninsuffizienz

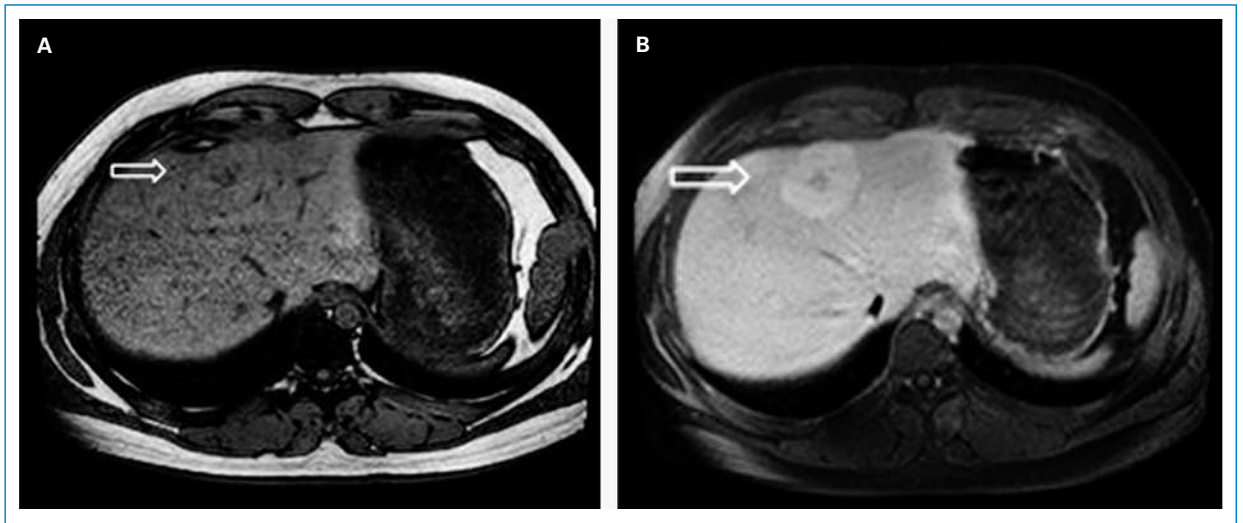


Abbildung 3

A: MRT einer fokalen nodulären Hyperplasie (FNH) der Leber ohne Kontrastmittel.

B: MRT desselben Patienten nach Hepatozyten-spezifischem Kontrastmittel (Primovist).

bestehen sowohl für jodhaltige (CT) als auch für gadoliniumhaltige (MRT) Kontrastmittel Einschränkungen. Die Gefährdung durch MRT-Kontrastmittel ist in der Regel geringer als die Gefährdung durch CT-Kontrastmittel, die wesentlich höher dosiert werden müssen. Die Entscheidung muss aber im Einzelfall anhand der vorliegenden klinischen Konstellation getroffen werden. Grob berechnet kostet eine MRT etwa doppelt so viel wie eine CT. Dies sollte aber niemals der entscheidende Grund für oder gegen eine der beiden Methoden sein.

Korrespondenz:

Prof. Dr. med. Georg Bongartz
 Universitätsspital Basel
 Stv. Chefarzt Radiologie & Nuklearmedizin
 Leiter Abdominelle und Onkologische Diagnostik
 Petersgraben 4
 CH-4031 Basel
[georg.bongartz\[at\]usb.ch](mailto:georg.bongartz[at]usb.ch)