

Redaktion

M. Fischer, Göppingen
 C.K. Lackner, Rottach-Egern
 W. Schreiber, Wien
 F. Walcher, Frankfurt/Main

Gibt es Notfallindikationen für die MRT?

Radiologische Schnittbildverfahren wie die Computertomographie (CT) oder die Magnetresonanztomographie (MRT) haben in den letzten 20 Jahren einen beeindruckenden technischen Fortschritt zu verzeichnen. Ihr Einsatz ist in der modernen Medizin in nahezu allen Fachbereichen unverzichtbar geworden. Im direkten Vergleich hat die Anzahl der MRT-Anlagen in den letzten Jahren einen stärkeren Zuwachs als die CT zu verzeichnen. Standen 1999 in Deutschland insgesamt 2015 CT- und 1055-MRT-Scanner zur Verfügung, war das Verhältnis 10 Jahre später mit 2575 zu 2088 schon nahezu ausgeglichen [1]. Mit seinen vielseitigen diagnostischen Möglichkeiten stellt die MRT häufig eine in der Aussagekraft überlegene oder mindestens gleichwertige Alternative zur CT dar. Ein wichtiger Grund für die hohen Zuwachsraten in der MRT-Diagnostik ist sicher auch darin zu sehen, dass sie mit keiner Strahlenexposition verbunden ist. Trotz einer Verdoppelung der MRT-Gerätekapazitäten steht dieses Verfahren in der Regel jedoch nur in den Kernarbeitszeiten zur Verfügung, da sehr viele dieser zusätzlichen MRT-Geräte von Praxen und MVZ (medizinische Versorgungszentren) betrieben werden. Auch viele Universitätskliniken und andere Maximalversorger bieten oft keine 24 h MRT-Versorgung an. Der Grund hierfür ist in erster Linie in den begrenzten personellen Ressourcen zu sehen. Auch außerhalb des regulären Dienstbetriebs fallen in Kliniken der höchsten Versorgungsstufe zahlreiche personalintensive radiologische Leistungen in Form von konventionellem Röntgen, CT und Interventionen an. Zusätzliche zeitaufwendige MRT-

Untersuchungen lassen sich nur durch kostenintensiven zusätzlichen Personaleinsatz realisieren. Dies gilt im besonderen Maße für intensivpflichtige Patienten, da diese zusätzlich erhebliche Anästhesieressourcen in Anspruch nehmen [12, 26]. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass zum Betrieb eines MRT eine deutlich höhere Qualifikation des Assistenzpersonals im Vergleich zur CT erforderlich ist. Dies führt zu entsprechenden Rekrutierungsschwierigkeiten in den MRT betreibenden Institutionen. Nicht unerwähnt bleiben sollte das Gefährdungspotenzial durch ferromagnetische Objekte innerhalb des Hochmagnetfelds der MRT, welches zu Einschränkungen in der Patientenüberwachung führt und insbesondere bei Intensivpatienten zeitaufwendige Umrüstungen erfordert [32].

In der begrenzten Verfügbarkeit der MRT in Kombination mit der längeren Untersuchungsdauer sowie den höheren Anforderungen bezüglich der Patientencompliance sind die wesentlichen Gründe zu sehen, warum die Notfalldiagnostik nach wie vor von der CT dominiert wird [4, 7, 34]. Mit ihr lassen sich nahezu alle relevanten Fragestellungen der Notfallmedizinischen Bildgebung wesentlich schneller und stabiler bei gleicher diagnostischer Aussagekraft beantworten. Der typische Einsatzbereich der MRT liegt dagegen im Bereich der elektiven Diagnostik mit dezidierten Fragestellungen, vorwiegend das ZNS und muskuloskelettales System betreffend. Fest etabliert ist aber auch die abdominale, vaskuläre und kardiale Bildgebung.

Die Indikation zur Durchführung einer Notfall-MRT im Nacht- und Wochenenddienst wird in der Regel durch den dienst-

habenden Radiologen besonders streng überprüft. Die sich zwangsläufig ergebende Diskussionen zwischen klinischen Zuweisern und Radiologen gehören sicherlich zu denjenigen, die tendenziell mehr von Emotionalität als von Sachlichkeit geprägt sind. Ziel dieses Übersichtsartikels ist es, die Notfallindikationen, bei denen die MRT gegenüber der CT der Vorzug gegeben werden muss, hinsichtlich ihrer Evidenz zu überprüfen, um zu einer sachlichen Diskussion zwischen Zuweisern und Radiologen beizutragen.

Notfall-MRT

Der Übersicht sollte zunächst eine exakte Begriffsdefinition vorangestellt werden, was unter einer wirklichen Notfallindikation zu verstehen ist.

Konsens herrscht darüber, dass es sich dabei um eine sofort, auch außerhalb der Kernarbeitszeit durchzuführende Untersuchung eines mehr oder weniger schwer erkrankten Patienten handelt. Entscheidend dabei ist aber, dass die Untersuchung potenziell in der Lage sein muss, eine ausreichend sichere Diagnose zu stellen oder auszuschließen, die eine Änderung im therapeutischen Gesamtkonzept erfordern würde. Zusätzlich sollte diese Änderung im therapeutischen Konzept auch sofort umgesetzt werden. Gerade dieser Aspekt führt jedoch dazu, dass sehr häufig in der retrospektiven Betrachtung die Indikationsstellung vieler sog. „Notfall-MRT“ einer Überprüfung ihrer Rechtfertigung nicht standhalten würde. Nicht unerwähnt sollte in diesem Zusammenhang bleiben, dass insbesondere bei intensivpflichtigen Patienten die Indikation zur Schnittbild-

	Entzündlich	Vaskulär	Sonstige
Mit Myelonkomprimierung	Epiduraler Abszess Subduraler Abszess Spondylodiszitis	Epidurales Hämatom Subdurales Hämatom	BS-Prolaps Tumor Metastasen
Ohne Myelonkomprimierung	Myelitis Transversa Multiple Sklerose Borreliose Sonstige Myelitis	Spinale Ischämie Vaskuläre Malformationen	Polyradikulitis Hypokaliämie Hyperkaliämie

Diagnose	Sensitivität (%)	Spezifität (%)	Autor/Jahr	n
Spondylodiszitis	95 [1]	89	Chang 2006 [10]	33
Epiduraler Abszess	99 [3]	–	Rigamonti 1999 [24]	75
BS-Prolaps	93 [4, 5]	86 [4, 5]	Pfirrmann 2004 [21]	94
Epidurales Hämatom	83 [6]	90	Anon 2008 [2]	40

Organ	Konventionelles Röntgen	Computertomographie
	Dosis (mSv)	Dosis (mSv)
Schädel	0,1	2,3
Thorax	0,02	8
Abdomen	1	10

gebung besonders streng zu prüfen ist. Die erforderlichen Intrahospitaltransporte stellen ein nicht unerhebliches Risiko für den Patienten dar, in der Literatur werden hierfür Komplikationsraten von bis zu 70% angegeben [19, 33].

Akuter Querschnitt

Eine akut bzw. subakut auftretende Para- oder Tetraplegie stellt für den Patienten wie auch für den behandelnden Arzt ein dramatisches Krankheitsbild dar. Die genaue Inzidenz ist nur für die Fälle mit traumatischer Genese bekannt und wird mit ca. 3/100.000 angegeben. Etwa 70% der betroffenen Patienten sind Männer [8]. Der kausale Zusammenhang im Falle eines Traumas stellt keine große diagnostische Herausforderung dar. Die der neurologischen Symptomatik zugrunde liegende mechanische Irritation des Myelons basiert in der Regel auf einer Fraktur der Wirbelsäule, deren Nachweis bzw. Ausschluss zur Routinediagnostik eines Traumatopatienten gehört; hierzu ist die CT als Methode der Wahl anzusehen [14].

Der nichttraumatische Querschnitt bereitet dagegen mehr Schwierigkeiten in

der Diagnostik, da das klinische Bild oft schleichend eintritt und er ein unspezifisches Symptom einer breiten Palette an Differenzialdiagnosen darstellt. In Frage kommen vaskuläre, entzündliche oder sonstige Ursachen für die Entstehung einer atraumatischen Para- oder Tetraparese (■ Tab. 1). Im Gegensatz zu traumatischen Querschnittserkrankungen ist die Diagnoseerstellung und Therapieeinleitung daher zeitlich deutlich verzögert. Da aber nichttraumatische Querschnitte eine bessere Prognose als traumatische haben, wird die Bedeutung einer raschen und sicheren Diagnose der ursächlichen Erkrankung deutlich. Hierbei spielen moderne Schnittbildverfahren eine bedeutende Rolle, ihr sofortiger Einsatz stellt den ersten Schritt in der diagnostischen Kette dar. Wichtigste Aufgabe der Bildgebung ist es, diejenigen Patienten zu identifizieren, die von einer neurochirurgischen Intervention profitieren könnten, d. h. diejenigen bei denen eine Komprimierung des Rückenmarks vorliegt (■ Tab. 1). Die operative Therapie muss innerhalb der ersten 24 h erfolgen, außerhalb dieses Zeitfensters ist eine Rückbildung der Symptomatik kaum noch zu erwarten [11].

Methode der Wahl zum Nachweis und Differenzierung bzw. Ausschluss einer spinalen Pathologie stellt die MRT dar. Aufgrund ihres hohen Weichteilkontrasts ist sie der CT in der spinalen Diagnostik überlegen und entzündliche sowie tumoröse Prozesse können zuverlässig nachgewiesen werden. Für die einer operativen Sanierung zugänglichen Erkrankungen weist sie eine ausreichend hohe diagnostische Sicherheit auf (■ Tab. 2).

Die Deutsche Gesellschaft für Neurologie empfiehlt in ihren Leitlinien eine Durchführung einer spinalen MRT im Falle einer atraumatischen Querschnittssymptomatik [13].

Kraniale Bildgebung

Akute zerebrovaskuläre Ereignisse stellen eine typische Notfallindikation zur Bildgebung des Neurokraniums dar. Voraussetzung für eine die Prognose entscheidend beeinflussende rasche Einleitung der geeigneten Therapie ist die sichere Differenzierung zwischen einer ischämischen oder hämorrhagischen Ätiologie des Ereignisses. Für den Nachweis einer intrazerebralen Blutung, die in ca. 20% der Fälle Ursache einer akuten fokalen neurologischen Symptomatik ist, gilt die CT als Methode der Wahl. Der Nachweis bzw. der Ausschluss einer solchen Läsion gelingt mit hoher diagnostischer Sicherheit. Die MRT ist im Nachweis chronischer Blutungen dem CT überlegen, beim Nachweis der akuten Hirnblutung dagegen bringt sie keinen entscheidenden Vorteil [15].

Die zerebrale Ischämie bleibt dagegen im akuten Stadium der CT verborgen. Je nach Lokalisation und Ausdehnung des Infarktareals ist frühestens nach 2 h ein charakteristisches Ödem des Hirnparenchyms erkennbar. In der MRT gelingt der Infarktnachweis bereits wenige Minuten nach Symptombeginn. Voraussetzung hierfür ist jedoch der Einsatz sog. diffusionsgewichteter Sequenzen, welche das zytotoxische Ödem des Infarktareals mit hoher Sensitivität nachweisen können (■ Abb. 1). Diese Untersuchungstechnik ist aber mittlerweile an allen Hochfeldgeräten ab 1,5 T Feldstärke möglich und verlängert das Untersuchungsprotokoll nur um wenige Minuten. In den konventionellen Spinechsequen-

zen demarkiert sich der Infarkt dagegen mit ähnlicher zeitlicher Verzögerung wie in der CT. Die Überlegenheit der MRT in der Infarktdiagnostik ist in der Literatur gut dokumentiert. So konnten z. B. Chalela et al. in einer großen prospektiven Studie eine Nachweisrate für akute Infarkte in der MRT von 96% gegenüber 14% in der CT belegen [9].

Aufgrund der breiten Verfügbarkeit sowie der schnellen und einfachen Durchführbarkeit empfehlen die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN) die Durchführung einer kranialen CT (CCT) zur Schlaganfalldiagnostik. Die CT kann die akute Ischämie nicht nachweisen, die Blutung jedoch sicher ausschließen, sodass eine Lysetherapie eingeleitet werden kann. Falls ohne zeitliche Verzögerung möglich, sollte jedoch eine MRT durchgeführt werden, da sie die weitaus häufiger auftretende Ischämie sofort nachweisen kann. Ein weiterer Vorteil der MRT ist, dass sie nicht nur das infarzierte irreversibel geschädigte Hirnparenchym nach wenigen Minuten abbilden kann, sondern auch das Ausmaß des Perfusionsausfalles exakt darzustellen vermag.

Durch Abgleich der diffusions- und perfusionsgewichteten Bilder kann das sog. „tissue at risk“, also das infarktgefährdete Areal abgeschätzt werden, um zu beurteilen, ob der Patient überhaupt von einer riskanten systemischen Lysetherapie profitieren kann [16, 17]. Auch wenn der klinische Nutzen dieser Methode durch Studien nicht eindeutig belegt ist, favorisiert die Leitlinie der DGN den Einsatz der MRT in der Schlaganfalldiagnostik, vorausgesetzt es tritt im Vergleich zur CT keine relevante zeitliche Verzögerung ein [13].

Insbesondere bei unklarem klinischem Bild ist zum Ausschluss bzw. Nachweis einer zerebralen Ischämie eine Notfallindikation zur Durchführung einer MRT gegeben.

Pädiatrische Notfälle

Der Einsatz in der Notfalldiagnostik bei Kindern stellt eine relative Indikation für eine MRT dar. Das entscheidende Argument für eine MRT in einer pädiatrischen Notfallsituation ist die Vermeidung einer Strahlenexposition, die gerade bei jungen Patienten und Kindern be-

sonders umstritten ist. Konsens besteht bezüglich der Tatsache, dass durch Röntgenstrahlen eine Erhöhung des Krebsrisikos verursacht wird. Der Zusammenhang zwischen Strahlung und Krebserkrankungen ist anhand großer epidemiologischer Untersuchungen an den Überlebenden der Atombombenabwürfe des zweiten Weltkrieges gut dokumentiert und beträgt ca. 5% je 1000 mSv, dies gilt jedoch erst ab einer Dosis von 100 mSv [22]. Eine durchschnittliche CT des Abdomens verursacht aber nur eine Exposition von ca. 10 mSv (Tab. 3), zum Vergleich dazu beträgt die durchschnittliche Dosis durch natürliche ionisierende Strahlung in Deutschland ca. 2,4 mSv im Jahr [28]. Eine Ermittlung des Krebsrisikos im Niedrigdosisbereich der Röntgendiagnostik ist epidemiologisch sehr schwierig. Unstrittig ist jedoch, dass das Risiko bei Kindern erhöht ist. Dies ist zum einen auf die höhere Strahlenempfindlichkeit, aber auch auf das erhöhte kumulative Risiko aufgrund der entsprechend längeren Lebenserwartung zurückzuführen [5]. Die CT-Indikation ist bei Kindern daher äußerst zurückhaltend zu stellen. Falls eine Schnittbildgebung erforderlich ist, bietet sich die MRT als Alternative an. Dies gilt insbesondere für Kleinkinder, da in dieser Altersgruppe aus Gründen mangelnder Compliance auch für die CT häufig ein Sedierung erforderlich ist.

In der Pädiatrie stellt der Ultraschall das bildgebende Verfahren der Wahl dar. Trotz der auch bei diesem Verfahren zu verzeichnenden technischen Fortschritte und Innovationen bleiben jedoch die bekannten Limitationen bestehen. Es besteht eine starke Untersucher- und Patientenabhängigkeit; die Möglichkeiten zum standardisierten Untersuchungsablauf und zur Dokumentation sind eingeschränkt. Insbesondere in der Diagnostik unklarer abdomineller Beschwerden ist in Problemfällen der Einsatz der Schnittbildverfahren erforderlich.

Ein typisches Beispiel stellt die Appendizitis dar, mit einer Inzidenz von 100/100.000 eine häufige Notfallsituation. Der Altersgipfel liegt zwischen 10 und 19 Jahren. Die Erkrankung erfordert die meisten notfallmäßigen Laparoskopien oder Laparotomien in dieser Altersgruppe [18, 20]. Wie sehr viele akute abdominelle

Notfall Rettungsmed 2012 · 15:516–520
DOI 10.1007/s10049-011-1553-6
© Springer-Verlag 2012

P. Hoffstetter · M. Pawlik · C. Stroszczyński · A.G. Schreyer

Gibt es Notfallindikationen für die MRT?

Zusammenfassung

Hintergrund. Trotz zunehmender Verfügbarkeit von Magnetresonanztomographie-(MRT-)Anlagen in Deutschland ist eine Durchführung von MRTs in Notfallsituationen und außerhalb der regulären Arbeitszeiten weiterhin problematisch. Höhere personelle Anforderungen sowie hoher logistischer Aufwand zusammen mit der meist eingeschränkten Compliance und Überwachbarkeit der schwerkranken Patienten sind ursächlich für den limitierten Einsatz der MRT in der Notfalldiagnostik anzusehen.

Diskussion. In folgendem Übersichtsartikel sollen die gegenwärtig wichtigsten Situationen, welche die Durchführung einer Notfall-MRT rechtfertigen, aufgeführt und diskutiert werden.

Schlüsselwörter

Magnetresonanztomographie · Schwerkranken · Notfall · MRT-Indikation · MRT-Diagnostik

Is there a need for emergency MRI?

Abstract

Background. Although the number of magnetic resonance imaging (MRI) installations is constantly increasing, it is still difficult to perform MR examinations in an emergency situation outside regular operating hours. The high demand for well-trained medical personnel as well as logistic difficulties and the limited compliance and monitoring of severely ill patients are the most common reasons for the limited implementation of MRI in emergency diagnostics.

Discussion. This review article describes and discusses the most important indications for an emergency MRI

Keywords

Magnetic resonance imaging · Severely ill patients · Emergency · MRT-Indication · MRT-Diagnosis

Erkrankungen kann sie erhebliche differenzialdiagnostische Schwierigkeiten bereiten. Neuere Daten belegen die Bedeutung der CT in der Diagnostik der Appendizitis, ihr zunehmende Einsatz führt u. a.

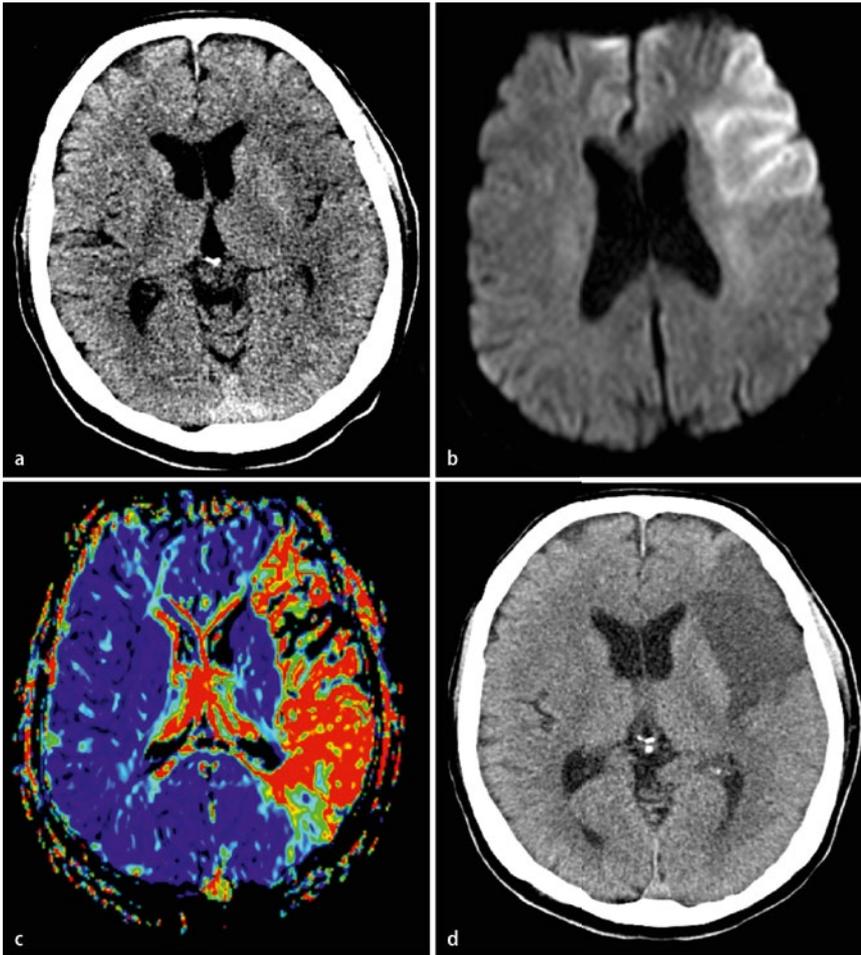


Abb. 1 ▲ CT und MRT bei zerebraler Ischämie. **a** Kraniale CT (CCT) in der akuten Phase unauffällig. **b** Die diffusionsgewichtete MRT zeigt dagegen einen Teilinfarkt im anterioren Mediastromgebiet rechts. **c** Die Perfusionsbildgebung zeigt eine vollständige Ischämie des Mediastromgebiets. **d** CCT nach 12 h, nun demarkiert sich der Infarkt auch im CT. Ein vollständiger Mediainfarkt konnte durch Lysetherapie verhindert werden

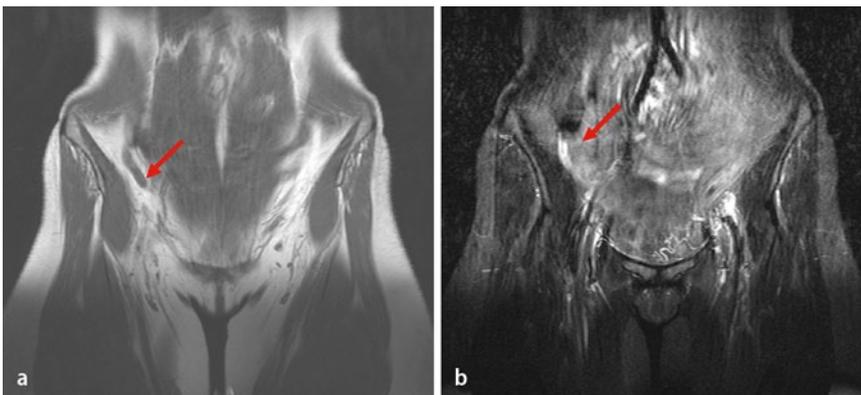


Abb. 2 ▲ MRT Abdomen einer 15-jährigen Patientin mit akuter Appendizitis. **a** T1-gewichtete Bildgebung in koronarer Orientierung. Es zeigt sich eine verdickte Appendix veriformis loco typico. **b** T2-gewichtete (flüssigkeitssensitiv) fettgesättigte MRT in koronarer Orientierung. Das helle Signal des Appendix bestätigt durch den Nachweis des Entzündungsödems eine akute Appendizitis

zu einer signifikanten Reduktion unnötiger Appendektomien [23]. Es ist davon auszugehen, dass dies im gleichen Maße für die MRT gilt, die zum Nachweis der Appendizitis eine Sensitivität von bis zu 97% aufweist ([3], ▣ **Abb. 2**).

Es existieren jedoch keine einheitlichen Leitlinien der entsprechenden Fachgesellschaften, ab welchem Alter bei Kindern eine MRT gegenüber einer CT aus Gründen des Strahlenschutzes vorzuziehen ist.

Weichteildiagnostik

Die Überlegenheit der MRT gegenüber der CT in der differenzierten Darstellung der Weichteile ist unbestritten [30]. Die Beurteilung von degenerativen und v. a. entzündlichen Veränderungen des muskuloskelettalen Systems durch die MRT ist mittlerweile fest in der klinischen Routine etabliert. In der Notfalldiagnostik gibt es diesbezüglich jedoch kaum überzeugende klinische Konstellationen, die die sofortige Durchführung einer MRT zwingend erforderlich machen.

Eine Ausnahme stellt die nekrotisierende Fasziiitis dar. Die Erkrankung ist zwar sehr selten, zeigt jedoch ein klinisch dramatisches Krankheitsbild, dessen insgesamt schlechte Prognose wesentlich vom Zeitfaktor beeinflusst wird. Es handelt sich dabei um eine von Streptokokken verursachte fulminante Entzündung der Haut und Unterhaut, die Inzidenz beträgt ca. 0,4/100000 [29]. Die Letalität ist sehr hoch und beträgt bis zu 78%; eine Heilung ist nur durch sofortiges chirurgisches Debridement zu erzielen. Tritt dieses verzögert ein, zeigt sich eine signifikante Verschlechterung der Prognose [31]. Die Diagnose ist in erster Linie klinisch und mikrobiologisch zu stellen. Bei unklaren Fällen, z. B. bei multimorbiden intensivpflichtigen Patienten, ist der Einsatz der Bildgebung jedoch unverzichtbar.

Die MRT gilt als Methode der Wahl und kann helfen, die Erkrankung rechtzeitig zu diagnostizieren [6, 25, 27]. Sie weist eine hohe Sensitivität von nahezu 100% auf, bei Fehlen charakteristischer Signalanhebungen der tiefen Faszien in flüssigkeitssensitiven Sequenzen lässt sich eine Nekrose ausschließen (▣ **Abb. 3**). Es besteht allerdings die Gefahr für falsch-

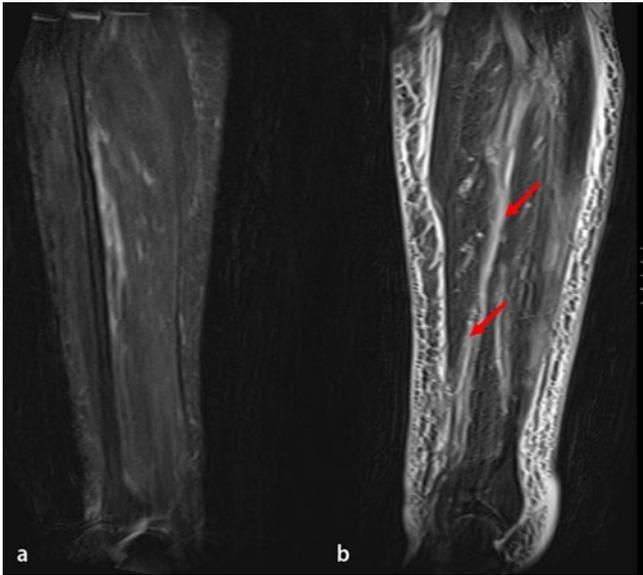


Abb. 3 ◀ MRT beider Unterschenkel in koronarer Orientierung in einer fettgesättigten T2-gewichteten (flüssigkeitsgewichteten) Sequenz. **a** Der rechte Unterschenkel ist unauffällig. **b** Am linken Unterschenkel fallen Ödeme im subkutanen Fettgewebe sowie Flüssigkeitseinlagerungen (rote Pfeile) der Faszien auf. Zusammen mit dem klinischen Bild ergab sich die Diagnose einer nekrotisierenden Faszitis

positive Befunde, die Spezifität beträgt nur etwa 86%. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass die Ausdehnung der Nekrotisierung in der MRT oft überschätzt wird. Aufgrund des foudroyanten Verlaufs und der bei verzögerter Therapieeinleitung deutlichen Prognoseverschlechterung stellt das Krankheitsbild eine Notfallindikation für die Durchführung einer MRT dar.

Fazit für die Praxis

Aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit und der erhöhten Anforderung bezüglich der Patientencompliance ist die MRT für Notfalldiagnostik prinzipiell nachrangig zur CT einzuordnen. Trotz beachtlicher Fortschritte in der MRT-Technologie mit schnelleren und stabileren Untersuchungssequenzen ist in absehbarer Zeit keine Verschiebung dieser Positionen zu erwarten. Dennoch gibt es bestimmte Indikationen, bei denen, falls logistisch möglich, eine sofortige MRT-Untersuchung durchgeführt werden sollte. Dies ist bei nicht traumatisch assoziierten Querschnittssyndromen sowie bei unklaren klinischen Bildern zum Nachweis einer zerebralen Ischämie gegeben. Pädiatrische Notfälle stellen aus Gründen des Strahlenschutzes ebenso wie spezielle Fragestellungen in der Weichteildiagnostik eine relative Indikation dar.

Korrespondenzadresse



Dr. P. Hoffstetter
Institut für
Röntgendiagnostik, Asklepios
Klinikum Bad Abbach GmbH
Kaiser Karl V. Allee 3,
93077 Bad Abbach
p.hoffstetter@asklepios.com

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Angerstein W (2008) Trends in x-ray examination frequency – film utilization in diagnostic radiology. *Rofo* 180:503–504
2. Anon J, Remonda L, Spreng A et al (2008) Traumatic extra-axial hemorrhage: correlation of postmortem MSCT, MRI, and forensic-pathological findings. *J Magn Reson Imaging* 28:823–836
3. Barger RL Jr, Nandalur KR (2010) Diagnostic performance of magnetic resonance imaging in the detection of appendicitis in adults: a meta-analysis. *Acad Radiol* 17:1211–1216
4. Bastarrica G, Thilo C, Headden GF et al (2009) Cardiac CT in the assessment of acute chest pain in the emergency department. *AJR Am J Roentgenol* 193:397–409
5. Brenner D, Ellison C, Hall E et al (2001) Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol* 176:289–296
6. Brothers TE, Tagge DU, Stutley JE et al (1998) Magnetic resonance imaging differentiates between necrotizing and non-necrotizing fasciitis of the lower extremity. *J Am Coll Surg* 187:416–421
7. Capps EF, Kinsella JJ, Gupta M et al (2010) Emergency imaging assessment of acute, nontraumatic conditions of the head and neck. *Radiographics* 30:1335–1352
8. Cavigelli A, Curt A (2000) Differential diagnosis of acute spinal cord diseases. *Ther Umsch* 57:657–660
9. Chalela JA, Kidwell CS, Nentwich LM et al (2007) Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison. *Lancet* 369:293–298
10. Chang MC, Wu HT, Lee CH et al (2006) Tuberculous spondylitis and pyogenic spondylitis: comparative magnetic resonance imaging features. *Spine* 31:782–788
11. Crocker M, Fraser G, Boyd E et al (2008) The value of interhospital transfer and emergency MRI for suspected cauda equina syndrome: a 2-year retrospective study. *Ann R Coll Surg Engl* 90:513–516
12. Deckert D, Zecha-Stallinger A, Haas T et al (2007) Anesthesia outside the core operating area. *Anaesthesist* 56:1028–1030, 1032–1027
13. Dgf N (2008) Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Thieme, Stuttgart
14. Hoffstetter P, Herold T, Daneschnejad M et al (2008) Non-trauma-associated additional findings in whole-body CT examinations in patients with multiple trauma. *Rofo* 180:120–126
15. Kidwell CS, Chalela JA, Saver JL et al (2004) Comparison of MRI and CT for detection of acute intracerebral hemorrhage. *JAMA* 292:1823–1830
16. Lansberg MG, Thijs VN, Bammer R et al (2008) The MRA-DWI mismatch identifies patients with stroke who are likely to benefit from reperfusion. *Stroke* 39:2491–2496
17. Marks MP, Olivot JM, Kemp S et al (2008) Patients with acute stroke treated with intravenous tPA 3–6 hours after stroke onset: correlations between MR angiography findings and perfusion- and diffusion-weighted imaging in the DEFUSE study. *Radiology* 249:614–623
18. Ohmann C, Franke C, Kraemer M et al (2002) Status report on epidemiology of acute appendicitis. *Chirurg* 73:769–776
19. Papson JP, Russell KL, Taylor DM (2007) Unexpected events during the intrahospital transport of critically ill patients. *Acad Emerg Med* 14:574–577
20. Parks NA, Schroepel TJ (2011) Update on imaging for acute appendicitis. *Surg Clin North Am* 91:141–154
21. Pfirrmann CW, Dora C, Schmid MR et al (2004) MR image-based grading of lumbar nerve root compromise due to disk herniation: reliability study with surgical correlation. *Radiology* 230:583–588
22. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL et al (1996) Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950–1990. *Radiat Res* 146:1–27
23. Raja AS, Wright C, Sodickson AD et al (2010) Negative appendectomy rate in the era of CT: an 18-year perspective. *Radiology* 256:460–465
24. Rigamonti D, Liem L, Sampath P et al (1999) Spinal epidural abscess: contemporary trends in etiology, evaluation, and management. *Surg Neurol* 52:189–196, discussion 197
25. Schmid MR, Kossman T, Diewel S (1998) Differentiation of necrotizing fasciitis and cellulitis using MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 170:615–620
26. Schreyer AG, Friedrich C, Mrosek S et al (2010) Cost analysis of contrast-enhanced cranial MRI at a German university hospital. *Rofo* 182:891–899
27. Seok JH, Jee WH, Chun KA et al (2009) Necrotizing fasciitis versus pyomyositis: discrimination with using MR imaging. *Korean J Radiol* 10:121–128
28. Shannoun F, Blettner M, Schmidberger H et al (2008) Radiation protection in diagnostic radiology. *Dtsch Arztebl Int* 105:41–46
29. Shimizu T, Tokuda Y (2010) Necrotizing fasciitis. *Intern Med* 49:1051–1057
30. Tan AL, Wakefield RJ, Conaghan PG et al (2003) Imaging of the musculoskeletal system: magnetic resonance imaging, ultrasonography and computed tomography. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 17:513–528
31. Taviloglu K, Yanar H (2007) Necrotizing fasciitis: strategies for diagnosis and management. *World J Emerg Surg* 2:19
32. V Paczynski S, Braun KP, Muller-Forell W et al (2007) Pitfalls in magnetic resonance imaging. What should the anaesthesiologist know? *Anaesthesist* 56:797–804
33. Waydhas C (1999) Intrahospital transport of critically ill patients. *Crit Care* 3:R83–R89
34. Zorger N, Schreyer AG (2009) Multidetector computed tomography in abdominal emergencies. *Radiologie* 49:523–532