

Das offene MRI

Beat Walser

Radiologie, Medizinisches Zentrum Bad Ragaz

Einleitung

Die Kernspintomographie oder Magnetresonanztomographie (MRI) gehört seit Mitte der 80er Jahre zu den etablierten bildgebenden Verfahren. Sie ist aus der heutigen Diagnostik nicht mehr wegzudenken, vor allem bei der Abklärung von neurologischen und muskuloskelettalen Erkrankungen und Traumafolgen. Dank des technischen Fortschritts haben die Indikationen zugenommen. Die Magnetresonanztomographie wird zunehmend auch bei Pathologien des Abdomens, der Mamma oder zur Abklärung des Herzens und des Gefäßsystems eingesetzt. Auch erlauben neuere Geräte Ganzkörperuntersuchungen beispielsweise bei der Metastasensuche im Skelett oder bei der Frage nach systemischen entzündlich-rheumatischen Affektionen. Die mittlerweile gute Verfügbarkeit der Geräte und die fehlende Strahlenbelastung haben ebenfalls zu einer weiteren Verbreitung der Untersuchungen beigetragen.


Geschlossene Systeme

Mit über 80% sind geschlossene, d.h. röhrenförmige MR-Systeme am häufigsten verbreitet. Durch eine aktive Abschirmung kann die z.B. für Träger von Herzschrittmachern kritische 5-Gauss-Grenze des Streufeldes nahe an den Magneten herangeholt werden. Dies sowie das mit vier bis

sechs Tonnen relativ geringe Gewicht ermöglichen, dieses System unter reduzierten Baukosten universell einzusetzen. Am weitesten verbreitet ist die Feldstärke 1,5 Tesla, die dem rund 30 000fachen des Erdmagnetfeldes Mitteleuropas entspricht. Damit kann das gesamte in der Routinediagnostik erforderliche Untersuchungsspektrum abgedeckt werden. Zunehmend werden mit 3,0 Tesla auch höhere Feldstärken eingesetzt, die eine gesteigerte Auflösung oder Bildqualität ermöglichen, jedoch abhängig von der Körperregion auch artefaktanfälliger sein können.

Offene Systeme

Bei den offenen Geräten handelt es sich meist um Permanentmagnete mit 0,2–0,7 Tesla Feldstärke. Die offene Bauart bringt gewisse Probleme mit sich, da zwischen den Magneten grosse Anziehungskräfte herrschen, was zu Konstruktionen mit hohen Gewichten führt. Auch sind diese Geräte empfindlicher gegenüber äusseren elektromagnetischen Störfeldern, was die Standortwahl einschränken kann. Das im Vergleich zu aktiv abgeschirmten, geschlossenen Magneten grössere magnetische Streufeld stellt ein weiteres Problem dar. Bautechnisch handelt es sich meist um hufeisenförmige oder mit Stützpfählern zwischen den Magneten versehene Geräte. Mit schwimmender Tischplatte können die Patienten optimal positioniert werden. Ein Nachteil der bisher gebräuchlichen offenen Systeme lag in der vergleichsweise geringen Feldstärke, welche für die Bildqualität und die Länge der Messzeiten eine wichtige Rolle spielt.

Eine neuere Entwicklung besteht aus zwei aktiv abgeschirmten horizontal gegenüberliegenden supraleitenden Magneten mit einem vertikalen Feld von 1,0 Tesla (Abb. 1 )

Wegen der vertikalen Ausrichtung des Hauptmagnetfeldes können sogenannte Solenoidspulen verwendet werden, die Kopf, Körper oder Extremitäten des Patienten umschliessen und eine hohe Empfangsensitivität aufweisen. Dies führt zu einem verminderten Bildrauschen und einer homogenen Ausleuchtung des gesamten Untersuchungsbereiches. So kann der Nachteil der geringeren Feldstärke gegenüber geschlossenen 1,5-Tesla-Systemen teilweise wettgemacht werden [1]. Es sind auch anspruchsvolle Anwendungen wie Herzuntersuchungen im offenen System möglich. Das Anwendungsspektrum und die diagnostische Aussagekraft sind mit jenen der zylindrischen 1,5-Tesla-Systeme vergleichbar. Nach



Abbildung 1

Ein neu entwickeltes offenes MR-System mit zwei horizontal gegenüberliegenden supraleitenden Magneten und einer Feldstärke von 1,0 Tesla.

unseren eigenen Erfahrungen sind die Messzeiten des 1,0-Tesla-Systems bei gleicher Bildqualität um rund 20% länger.

Die etwas geringere Feldstärke bietet zudem den Vorteil, dass Magnetfeldinhomogenitäten sich weniger störend auf die Bildqualität auswirken. Davon profitieren beispielsweise Patienten mit Implantaten oder Fixierungen im Bereich der zu untersuchenden Wirbelsäule.

Klaustrophobie

Ein Hauptproblem bei Untersuchungen in geschlossenen Magneten ist die Klaustrophobie, welche oft zu Abbrüchen oder Untersuchungsverweigerung führt. Dies macht erneute Untersuchungstermine unter Sedation und in Begleitung erforderlich, falls dazu dann noch die Bereitschaft besteht. Die «Angst vor der Röhre» ist komplex und wird von vielen Faktoren beeinflusst (unbekannte Untersuchung, Enge im Gerät, Schmerz, Angst vor dem Ergebnis).

Klaustrophobe Patienten tolerieren eher offene Magnete. Durch die Rundumsicht und die grössere Öffnung wird eine für den Patienten angenehmere und entspanntere Atmosphäre geschaffen, wodurch vielfach auf sedierende Medikamente verzichtet werden kann. Studien zeigen, dass der Prozentsatz der wegen Platzangst abgebrochenen Untersuchungen von 58% auf unter 9% sinkt [2]. Eigene Erfahrungen bestätigen dies, zeigen aber auch, dass eine geringe Anzahl von Patienten die Untersuchung dennoch abbricht oder verweigert.

Adipositas

Adipöse Patienten passen oft nicht in geschlossene Systeme, können jedoch in offenen Geräten auch dann untersucht werden, wenn sie sehr übergewichtig sind. Eine Untersuchung des National Institute of Health im Jahre 2005 ergab, dass in den USA inzwischen 36 Millionen Personen als adipös gelten; eine weitere starke Zunahme der Adipositas wird für die nächsten Jahre erwartet. Dies erklärt auch die wachsende Nachfrage nach offenen Geräten in den USA sowie den Trend zu weiteren Öffnungen auch bei röhrenförmigen Systemen. So entwickelte ein Hersteller den bisher kürzesten Magneten mit einer Länge von nur 1,25 Metern und der weitesten Röhrenöffnung mit einem Durchmesser von 70 cm. Dies wirkt sich auch günstig auf die Klaustrophobie aus.

Patientenlagerung

Ein grosser Vorteil offener Systeme besteht in den verbesserten Möglichkeiten der Patientenlagerung. Durch den offeneren Zugang und die schwimmende Tischplatte kann die zu unter-

suchende Region einfacher im Isozentrum des Magneten positioniert werden. Vor allem Gelenke der oberen Extremitäten können im geschlossenen System oft nicht in entspannter Position untersucht werden, was zu Bewegungsartefakten führt. Unbrauchbare Aufnahmen müssen wiederholt werden, was die Untersuchung für den Patienten noch mühevoller macht. Durch die bequemere Lagerung im offenen MRI liegen die Patienten entspannter und ruhiger, und die Bewegungsartefakte werden reduziert. Bei starken Rückenschmerzen, die eine Untersuchung in Rückenlage verunmöglichen, besteht die Möglichkeit zur Untersuchung in Seitenlage. Sehr starke fixierte Kyphosen (z.B. bei M. Bechterew) können ebenfalls zu Lagerungsproblemen im geschlossenen Magneten führen und sind in Seitenlage besser untersuchbar.

Vorteile hat die offene Bauweise auch für die pädiatrische Bildgebung, da eine Begleitperson während der Untersuchung neben dem Kind liegen kann.

Funktionsuntersuchungen

Bei den in der Klinik am häufigsten durchgeführten Untersuchungen handelt es sich um Funktionsuntersuchungen der Wirbelsäule [3]. Eine Sonderform stellt hier das «upright» oder fMRI dar, welches Untersuchungen in stehender oder sitzender Position erlaubt. In der Schweiz ist zurzeit nur ein solches Gerät in Betrieb. Die Untersuchung bietet den grossen Vorteil, dass Abklärungen in symptomatischen Körperhaltungen auch unter Belastung möglich sind. Dadurch lassen sich mobile Diskushernien, dynamische Stenosen und Instabilitäten nachweisen, die bei einer Untersuchung im Liegen in entspannter Rückenlage unterschätzt oder sogar übersehen werden [4]. Eine Untersuchung in der üblichen liegenden Position kann hier falsch negative Befunde ergeben. Dank dem fMRI ist in gewissen ausgewählten Fällen eine bessere Korrelation zwischen Klinik und Bildgebung möglich. Die Indikation sollte jedoch sorgfältig gestellt werden, da es für den Patienten belastend sein kann, in der schmerzhaften Position längere Zeit zu verharren (relativ lange Messzeiten).

Funktionsuntersuchungen von Gelenken sind in offenen Systemen ebenfalls besser möglich, spielen jedoch bisher in der Gelenkdiagnostik nur eine untergeordnete Rolle.

Interventionen

Bei geschlossenen Magneten ist ein direkter Zugang für Interventionen praktisch nicht vorhanden, da die untersuchte Körperregion möglichst im Isozentrum des Magneten liegen sollte. Dank der offenen Bauweise ist die Zugänglichkeit zum

Patienten wesentlich besser, was interventionelle Eingriffe erleichtert. In der Schmerztherapie wie bei Facetten- oder periradikulären Infiltrationen hat sich das MRI jedoch nicht durchgesetzt. Hier stehen CT- oder durchleuchtungsgesteuerte Punktionen trotz einer gewissen Strahlenbelastung weiterhin an erster Stelle. Eine gute Indikation stellen hingegen MRI-gesteuerte Biopsien oder Markierungen von suspekten Mammabefunden dar, welche nur im dynamischen kontrastmittelverstärkten MRI sichtbar sind, dies insbesondere bei Patientinnen mit Hochrisikoprofil oder sehr dichtem Mammagewebe.

Nebenwirkungen / Gefahren und Kosten

Grundsätzlich gelten bei offenen Magneten die gleichen Kontraindikationen wie bei geschlossenen. Dies betrifft vor allem Patienten mit ferromagnetischen Implantaten oder Träger von Herzschrittmachern, Insulinpumpen oder Neurostimulatoren. Die Kosten der Untersuchungen sind für den Patienten unabhängig von der Art des Gerätes oder der Feldstärke des Magneten. Auch können zusätzliche Funktionsuntersuchungen der Wirbelsäule nicht separat abgerechnet werden, sondern sind in der Grundleistung enthalten.

Literatur

- 1 Int Society for Magnetic Resonance in Medicine, Proceedings 2004, 1581.
- 2 Bangard C, Paszek J, Berg F, Eyl G, Kessler J, Lackner K, Gossmann A. MR imaging of claustrophobic patients in an open 1,0T scanner: Motion artifacts and patient acceptability compared with closed bore magnets. *Eur J Radiology*. 2007; 64(1):152–7.

Gesamtbeurteilung und Ausblick

Die Hauptvorteile offener MR-Systeme liegen in verringerten Problemen mit der Klaustrophobie vor und während der Untersuchung sowie der Möglichkeit, auch sehr adipöse Patienten untersuchen zu können. Weitere Vorteile sind die komfortableren Lagerungsmöglichkeiten der Patienten im Gerät und die bessere Zentrierung von Gelenken im Isozentrum des Magneten. Auch erleichtert der offenere Zugang zum Patienten MR-gesteuerte Interventionen. Funktionsuntersuchungen der Wirbelsäule können nach sorgfältiger klinischer Untersuchung und bei gezielten Fragestellungen einen diagnostischen Mehrwert erbringen.

Nachteile sind vor allem bei tieferer Feldstärke ein schlechteres Signal-zu-Rausch-Verhältnis mit geringerer Bildqualität und längeren Messzeiten. Die neuen offenen 1,0-Tesla-Systeme sind bezüglich der Bildqualität vergleichbar mit geschlossenen Systemen und weisen nur noch geringfügig längere Messzeiten auf.

- 3 Weishaupt D, Schmid MR, Zanetti M et al. Positional MR imaging of the lumbar spine: does it demonstrate nerve root compromise not visible at conventional MR imaging? *Radiology*. 2000;215(1):247–53.
- 4 Kaech DL. Funktionelle Bildgebung der Wirbelsäule im offenen MRI. *Schweiz Med Forum*. 2006;6(24):586–9.

Korrespondenz:
Dr. med. Beat A. Walser
Radiologie
Medizinisches Zentrum
CH-7310 Bad Ragaz
beat.walser@hin.ch