

G. Schneider¹ · A. Maßmann¹ · P. Fries¹ · M. Kusma² · M. Dienst²

¹Arbeitsgemeinschaft Kernspintomographie, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg/Saar

²Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg/Saar

Magnetresonanztomographie und -arthrographie des Hüftgelenks

Als radiologische Primäruntersuchung bei Patienten mit Schmerzen im Bereich der Hüfte dient nach wie vor die konventionelle Röntgenaufnahme als bildgebendes Verfahren der ersten Wahl. Jedoch zeigt das konventionelle Röntgenbild oftmals einen unauffälligen Befund, wenn die Schmerzen im Hüftgelenk durch Einrisse des Labrum acetabulare, Rupturen des Lig. capitis femoris, fokale chondrale Defekte, eine Synovitis oder nicht ossifizierte freie Gelenkkörper bedingt sind. Insbesondere sind Röntgenbilder im Frühstadium vaskulärer und neurogener Veränderungen des Hüftkopfes, wie bei der avaskulären Hüftkopfnekrose oder der transienten Osteoporose negativ. Dabei ist jedoch gerade bei diesen Pathologien ein frühzeitiges Erkennen von einem hohen therapeutischen Interesse.

Mit der Magnetresonanztomographie (MRT) des Hüftgelenks steht heute eine sehr sensitive und spezifische Untersuchung zur Verfügung, die im Gegensatz zur konventionellen Röntgendiagnostik eine Vielzahl pathologischer Veränderungen in einem noch therapierbaren Stadium hinreichend abbilden vermag. Ist in einer vorgeschalteten konventionellen MRT des Hüftgelenks nativ und nach i.v.-Kontrastmittelinjektion kein eindeutiger Nachweis pathologischer Veränderungen möglich, so kann zusätzlich die Indikation zur direkten MR-Arthrographie (MRA) nach intraartikulärer Injektion einer 0,1-mM-Gadolinium-DTPA-Lösung gestellt werden. Die Hauptindikationen zur MRA des Hüftgelenks sind dabei anamnes-

tisch, klinisch und bei entsprechender knöcherner Disposition vermutete Läsionen des Labrum acetabulare oder des Lig. capitis femoris, fokale Knorpelschädigungen oder der Verdacht auf freie Gelenkkörper, die mit anderen radiologischen Methoden nicht oder nur sehr schwer nachzuweisen sind. In diesem Zusammenhang bietet die intraartikuläre Kontrastierung zudem die Möglichkeit, das Kontrastmittel mit einem Lokalanästhetikum zu kombinieren, um eine intraartikuläre Genese der vom Patienten geschilderten Beschwerden zu verifizieren oder auszuschließen.

Der vorliegende Übersichtsartikel fasst die Indikationen für die konventionelle

MRT und deren typische Befunde gängiger Pathologien zusammen. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung der Technik und Befunde der MRA als vorbereitende Diagnostik einer arthroskopischen oder gelenkerhaltenden offenen Hüftluxation.

Technik der konventionellen MRT der Hüfte

Zur Erfassung und zum Vergleich beider Hüftgelenke, insbesondere auch bei der Verdachtsdiagnose oder zum Ausschluss der nicht selten beidseits auftretenden Hüftkopfnekrose, sollte zumindest in einer Sequenz sowohl das rechte als auch das linke Hüftge-



Abb. 1 ► **Punktion eines linken Hüftgelenks unter Bildwandlerkontrolle: Die Nadel wird über das ventrolaterale Portal zum ventralen Schenkelhals-Femurkopf-Übergang eingebracht**

Hier steht eine Anzeige.



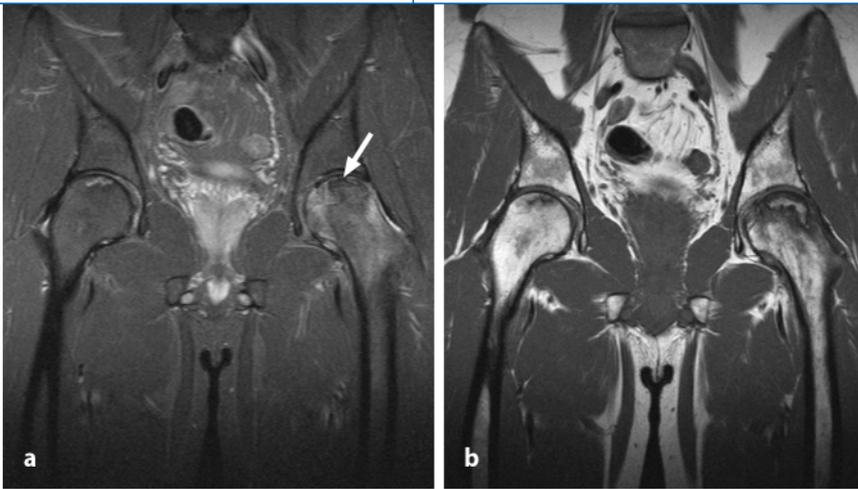


Abb. 2 ▲ Bilaterale Hüftkopfnekrose in einer STIR-Sequenz (a) und im T1-gewichteten Bild in koronarer Schnittführung (b). Linksseitig handelt es sich hierbei um ein Stadium II nach ARCO, d. h. im T2-gewichteten Bild sind bereits Signalabsenkungen des betroffenen Hüftkopfes zu beobachten (Pfeil). Im T1-gewichteten Bild kommen bereits beginnende Konturveränderungen zur Darstellung, sodass in der Zusammenschau der beiden Sequenzen ein Stadium II–III zu diagnostizieren wäre. Der Patient war auf der rechten Seite beschwerdefrei, jedoch zeigen sich auch hier initiale Veränderungen einer avaskulären Hüftkopfnekrose; bei fehlendem klinischen Beschwerdebild entspricht dies einem Stadium 0. Das T2-gewichtete Bild zeigt rechts ein sogenanntes „double line sign“, im T1-gewichteten Bild zeigen sich Verdichtungen der trabekulären Strukturen

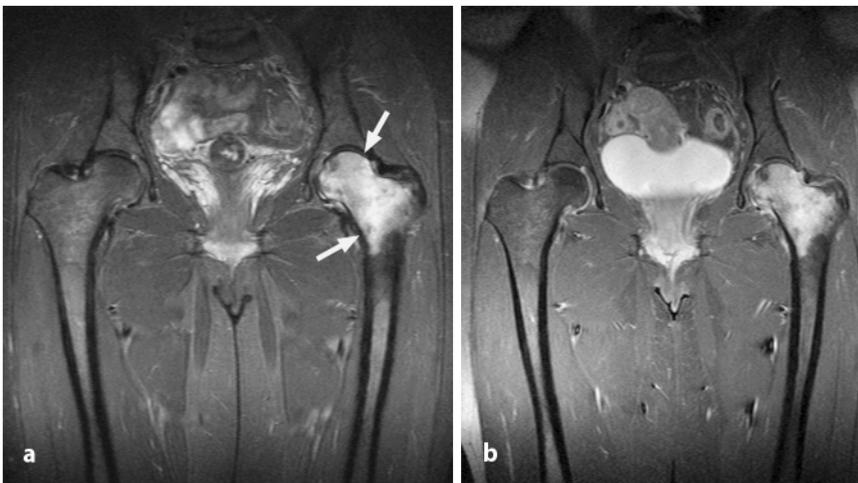


Abb. 3 ▲ Transiente Osteoporose der linken Hüfte in einer T2-gewichteten, fettsupprimierten Sequenz (STIR) in koronarer Schnittführung (a) sowie im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild nach Kontrastmittelgabe (b). Im T2-gewichteten Nativbild zeigt sich eine ausgedehnte Ödematisierung im Bereich der linken Hüfte, die sowohl den Hüftkopf als auch den Schenkelhals betrifft (Pfeile). Diese Veränderungen sind im Vergleich zu einer avaskulären Hüftkopfnekrose (vgl. ■ Abb. 2) wesentlich stärker ausgeprägt. Trabekuläre Verdichtungsstrukturen bzw. ein sog. „double line sign“ kommen nicht zur Darstellung. Im Gegensatz zur avaskulären Hüftkopfnekrose zeigt sich nach Kontrastmittelgabe (b) ein homogenes Enhancement der betroffenen knöchernen Areale im Sinne einer Hyperämie. Bei einer avaskulären Hüftkopfnekrose würden sich in den T1-gewichteten, fettsupprimierten Bildern nach Kontrastmittelgabe Areale mit fehlendem Enhancement abgrenzen

lenk in koronarer Schnittführung dargestellt werden. In zusätzlichen axialen und sagittalen Schichten kann sich dann die Größe des Sichtfelds (field of view, FOV) auf das jeweils klinisch auffällige Hüftgelenk beschränken.

Die Matrix sollte mindestens 512×256 Bildpunkte bei einer Schichtdicke von 3–4 mm betragen. Als Übersichtsdarstellung beider Hüftgelenke eignet sich eine sog. STIR-Sequenz, die das Fettsignal

unterdrückt und sehr sensitiv Ergussbildungen, Ödeme sowohl des Knochens als auch der Weichteile und pathologische Veränderung im umgebenden Weichteilgewebe zeigt. Ergänzend sollte eine koronare T1-gewichtete Sequenz durchgeführt werden, um beispielsweise Veränderungen im Rahmen einer Osteonekrose nachzuweisen.

Je nach Gerätetyp beinhaltet das Protokoll Protonendichte und T2-gewichtete Sequenzen in axialer und sagittaler Schnittführung, sowie T1-gewichtete Sequenzen mit Fettsuppression nach intravenöser Kontrastmittelgabe zur Detektion pathologischer Kontrastmittelanreicherungen z. B. im Bereich der Synovia, in Weichteil- und Knochentumoren und zum Nachweis avaskulärer Nekrosen. Bei Bildgebung mittels koronarer, axialer und streng sagittaler Bilder erfolgt die Einstellung parallel zur Körperhauptachse. Alternativ kann in schrägkoronarer und schrägsagittaler Ebene untersucht werden. Die schrägkoronaren Schichten werden senkrecht auf die Acetabulumöffnung und die schrägsagittalen Schichten parallel zum Femurhals ausgerichtet [1].

Technik der MRA der Hüfte

Die intraartikuläre Kontrastierung sollte unter Durchleuchtung durchgeführt werden. Hierzu liegt der Patient auf dem Rücken. Nach Desinfektion und steriler Abdeckung wird das Gelenk unter Bildwandlerkontrolle vom ventrolateralen Portal zum peripheren Kompartiment (s. Beitrag über die arthroskopische Portalanlage zum Hüftgelenk in diesem Heft) punktiert (■ Abb. 1). Die Nadel „rutscht“ dabei auf dem ventralen Schenkelhals-Kopf-Übergang sicher ins Gelenk. Bei direkter Punktion von ventral besteht das Risiko einer periartikulären Injektion, da die Nadel die Kapsel auf den Schenkelhals drücken kann, ohne diese zu perforieren. Zur Bestätigung der intraartikulären Lage der Punktionsnadel kann dem Gadolinium-Lokalanästhetikum-Gemisch eine geringe Menge jodhaltigen Röntgenkontrastmittels zugefügt werden. Von einem „Vorspritzen“ des Röntgenkontrastmittels und „Nachspritzen“ des Gadoliniums raten wir ab. Hierbei können Luftblasen ins Gelenk geraten, die beispielsweise freie Körper imitieren können. Mit zunehmender Erfahrung kann auf eine Beimischung des Röntgenkontrastmittels verzichtet werden.

Wir haben nicht selten eine Schmerzverstärkung am Tag nach der Injektion beobachtet, welche wir neben dem großen Injektionsvolumen auf eine Art allergische Reaktion der Gelenkschleimhaut auf das jodhaltige Kontrastmittel zurückführen. Bei 20 ml Volumen benutzen wir meist 15 ml einer Gadolinium-DTPA-Lösung (0,0025 mmol/ml) in Kombination mit 2%igem Bupivacain. Das injizierte Gesamtvolumen des „Cocktails“ reicht je nach Gelenkgröße von 15–25 ml. Je mehr Volumen appliziert werden kann, desto besser werden die intraartikulären Strukturen kontrastiert. Der Zusatz des Lokalanästhetikums ermöglicht durch die Beobachtung einer Schmerzfreiheit oder Schmerzreduktion während der Füllung des Hüftgelenks Rückschlüsse auf das Vorliegen einer intraartikulären Pathologie. Hierbei ist aber festzustellen, dass diese Art des Lokalanästhetikumtests nicht so effektiv ist wie die alleinige Injektion eines Lokalanästhetikums. Wir führen dies auf die Kombination mit Gadolinium und die Distension des Gelenks zurück.

Die Zeit zwischen der Injektion und Beginn der MRA sollte 30 min nicht überschreiten, um eine Resorption des Kontrastmittels aus dem Gelenk zu reduzieren. Es kommt selten vor, dass Kontrastmittel trotz korrekter intraartikulärer Injektion bei Durchführung der MRA nicht mehr im Gelenk, sondern bereits im Retroperitoneum und in der Blase zu sehen ist. In diesen Fällen liegt wahrscheinlich eine Verbindung des Gelenks mit der Sehnen Scheide der Sehne des M. psoas vor.

Bei der MRA werden entweder T₁-gewichtete Spinechosequenzen mit oder ohne Fettunterdrückung oder T₁-gewichtete dreidimensionale (3D-)Gradientenechosequenzen eingesetzt. Die Schichtorientierung ist vergleichbar mit der konventionellen MRT; es wird jedoch ein kleineres FOV mit Abbildung nur der interessierenden Hüfte verwendet. Auch bei der MRA kann die Schnittpositionierung entweder parallel zur Körperhauptachse oder angepasst an das Hüftgelenk in schrägkoronaren Schichten senkrecht auf die Acetabulumöffnung oder schrägsagittalen Schichten parallel zum Femurhals durchgeführt werden [2, 3, 4]. Radiäre Sequenzen erlauben einen senkrechten Anschnitt des Acetabulums und erleichtern das Erkennen von Labrumrisse. Abhängig vom Geräte-

Orthopäde 2006 · 35:22–32
DOI 10.1007/s00132-005-0890-x
© Springer Medizin Verlag 2005

G. Schneider · A. Maßmann · P. Fries · M. Kusma · M. Dienst

Magnetresonanztomographie und -arthrographie des Hüftgelenks

Zusammenfassung

Zur Primärdiagnostik von traumatischen und nicht-traumatischen pathologischen Veränderungen des Hüftgelenks dient die konventionelle Röntgenaufnahme als bildgebendes Verfahren der ersten Wahl. Veränderungen der nicht ossären Bestandteile des Gelenks sind jedoch mittels konventionellem Röntgen meist nicht darstellbar. Die Magnetresonanztomographie (MRT) kann hier mit hoher Sensitivität und Spezifität viele Pathologien darstellen und differentialdiagnostisch einordnen. Bei Verdacht auf intraartikuläre Läsionen wie die des Labrum acetabulare, hyalinen Knor-

pels, Lig. capitis femoris und freier Gelenkkörper kann bei unauffälliger konventioneller MRT als weiterführende diagnostische Maßnahme eine direkte MR-Arthrographie (MRA) nach intraartikulärer Kontrastmittelinjektion indiziert sein. Der vorliegende Übersichtsartikel fasst technische Aspekte und die Indikationen für die konventionelle MRT und MRA in Korrelation mit typischen Befunden bei den häufigsten Pathologien zusammen.

Schlüsselwörter

Hüfte · MRT · MRA

Magnetic resonance tomography and arthrography of the hip joint

Abstract

Plain film radiographs represent the imaging of choice for the initial evaluation of pathologies of the hip. However, many lesions of the joint itself and surrounding soft tissues are often not visualized by conventional radiographs. Magnetic resonance imaging (MRI) demonstrates most of these pathologies with high sensitivity and specificity. For further assessment of intra-articular lesions such as labral tears, hyaline cartilage lesions, rupture of the liga-

mentum teres, and loose bodies, direct MR arthrography after intra-articular administration of contrast medium may be indicated. This article summarizes the technical aspects and the most important indications for MRI and MR arthrography of the hip in correlation with typical imaging findings of the most frequent pathologies.

Keywords

Hip · MRI · MR arthrography

Tabelle 1

Unterscheidungsmerkmale einer transienten Osteoporose und AVHKN	
Transiente Osteoporose	AVHKN
<ul style="list-style-type: none"> • T2-gewichtet ausgedehnt diffuses hyperintenses Knochenmarködem im Femurkopf bis weit in den Femurhals • Selten Beteiligung des Acetabulums oder Ausbildung eines Gelenkergusses • Randbereiche und subchondral normal • Nach Kontrastmittelinjektion ausgeprägtes hyperintenses Signal T1-gewichtet 	<ul style="list-style-type: none"> • Double-line-sign T2-gewichtet mit parallel verlaufender hyperintenser innerer und hypointenser peripherer äußerer Zone • Fortgeschritten: Sklerosierung, Verlust der sphärischen Konfiguration des Hüftkopfes, Femurkopfkollaps mit Knorpeldestruktion und Gelenkspaltverschmälerung • Nekrotische Areale ohne Kontrastmittelaufnahme

typ ist es jedoch sehr zeitaufwändig, diese Schichten zu akquirieren [5].

Indikationen und typische Krankheitsbilder in der konventionellen MRT des Hüftgelenks

Avaskuläre Hüftkopfnekrose

Die häufigste Manifestation avaskulärer Nekrosen ist das Hüftgelenk, wobei zwischen traumatischen und nicht-traumatischen Ursachen differenziert werden kann. Für die Bildgebung mittels MRT sind insbesondere die sog. nicht-traumatischen avaskulären Nekrosen von großem Interesse, da meist jüngere Patienten betroffen sind und häufig bilaterale Veränderungen auftreten. Obwohl die Ursache für die avaskuläre Hüftkopfnekrose (AVHKN) nicht vollständig geklärt ist, gibt es doch zahlreiche Hinweise auf eine vasculäre Ätiologie. Risikofaktoren beinhalten Kortikoidtherapie, Alkoholismus, Morbus Gaucher, Übergewicht, Hämoglobinopathien, Pankreatitis u. a. Hinsichtlich therapeutischer Möglichkeiten und der Prognose ist eine frühe Diagnose der AVHKN von extremer Wichtigkeit. Mehrere Studien konnten zeigen, dass bei der AVHKN die MRT sensitiver als die Computertomographie (CT) und die Knochenszintigraphie ist. Die MRT hat bei der Differenzierung der AVHKN von anderen Erkrankungen des Hüftkopfes eine Spezifität von 98% und eine Sensitivität von 97% (■ Abb. 2), [6].

Zur Beurteilung des Stadiums der Hüftkopfnekrose ist eine Anzahl von Stagingssystemen verfügbar. Die klassische Einteilung geht auf Ficat und Arlet [7] zurück, welche durch die Einteilung der ARCO (Association Research Circulation Osseous [8, 9]) abgelöst wurde. Bei dieser Einteilung sind

im Stadium 0 weder klinische Beschwerden noch Veränderungen in der konventionellen Röntgenaufnahme sichtbar. In der MRT findet man nur ein sog. „double line sign“. Im Stadium I ist der Patient symptomatisch, wobei die Kontur des Hüftkopfes noch unverändert ist. Es zeigt sich eine beginnende Verminderung der trabekulären Strukturen und eine fokale Osteoporose. Im Stadium II ist bereits eine Signalabsenkung im T2-gewichteten Bild zu beobachten. Die avaskuläre Nekrose demarkiert sich durch eine reaktive Knochenneubildung vom normalen Knochen. Im Stadium III kommt es zu einem Verlust der normalen Hüftkopfform, die im Stadium IV, begleitend zu Gelenkknorpeldestruktion und Verschmälerung des Gelenkspalts, zu einem Kollaps des Hüftkopfes fortschreitet [10, 11].

Transiente Osteoporose der Hüfte

Die Ursache für die transiente Osteoporose ist unbekannt. Die Ähnlichkeit zu anderen sympathischen Reflexdystrophien legt jedoch eine neurogene Ursache nahe. Diese Erkrankung zeigt typischerweise eine Spontanheilung, wobei diese mehrere Monate in Anspruch nehmen kann. Ein entscheidender Vorteil der MRT gegenüber anderen Verfahren ist die Möglichkeit der Differenzierung zwischen einer AVHKN und einer transienten Osteoporose. Hierbei zeigen sich in der MRT typischerweise andere Signalintensitätsveränderungen, sodass verlässlich zwischen diesen unterschiedlichen Entitäten differenziert werden kann (■ Tabelle 1). Bei der transienten Osteoporose findet sich entlang des Hüftkopfes eine ausgedehnte Ödematisierung, die weit in den Schenkelhals hineinzieht. Die Signalveränderungen sind rela-

Tabelle 2

Einteilung der Labrumläsionen nach Czerny [23]	
Stadium	Darstellung im MRA
I	Dreieckiges Labrum mit entfaltetem perilabralen Rezessus
Ia	Zentrale Signalveränderungen
Ib	Einriss
Ic	Abriss
II	Verdicktes Labrum, perilabraler Rezessus nicht entfaltet
IIa	Zentrale Signalveränderungen
IIb	Einriss
IIc	Abriss

tiv homogen, begleitend ist ein Gelenkerguss zu beobachten (■ Abb. 3), [12, 13].

Osteoarthritis

Die MRT kann bereits in den frühen Stadien einer Osteoarthritis, insbesondere bei jungen Patienten, verwendet werden, um initiale chondrale Veränderungen, Labrumläsionen sowie Ödeme im Bereich des subchondralen Knochens nachzuweisen. Nicht selten finden sich bei Fortschreiten des Prozesses subchondrale Zysten, synoviale Einstülpungen und synoviale Zysten, welche sich vom Hüftgelenk durch die Gelenkkapsel in die Umgebung (paralabrale Zysten) ausdehnen können (■ Abb. 4), [14].

Rheumatoide Arthritis

Ähnlich wie bei der Osteoarthritis kann die MRT-Bildgebung der rheumatoiden Arthritis zur Detektion früher Stadien und zur Verlaufskontrolle als eine der aussagekräftigsten Methoden angesehen werden. Die MRT erlaubt die Darstellung von synovialen Pannus, den Nachweis von synovialen Erosionen, Knorpeldestruktion als auch kleinen subchondralen Zysten und Knochenmarködem. Hier wiederum ist vor allen Dingen der Wert in der Frühdiagnostik zu sehen. Weiterhin erlaubt die MRT wichtige Aussagen zur Beurteilung von Komplikationen. Pannusgewebe stellt sich typischerweise als eine homogene Weichteilraumforderung dar, die T1-isointens und T2-gewichtet iso- bis hyperintens zum Muskelgewebe zur

Hier steht eine Anzeige.



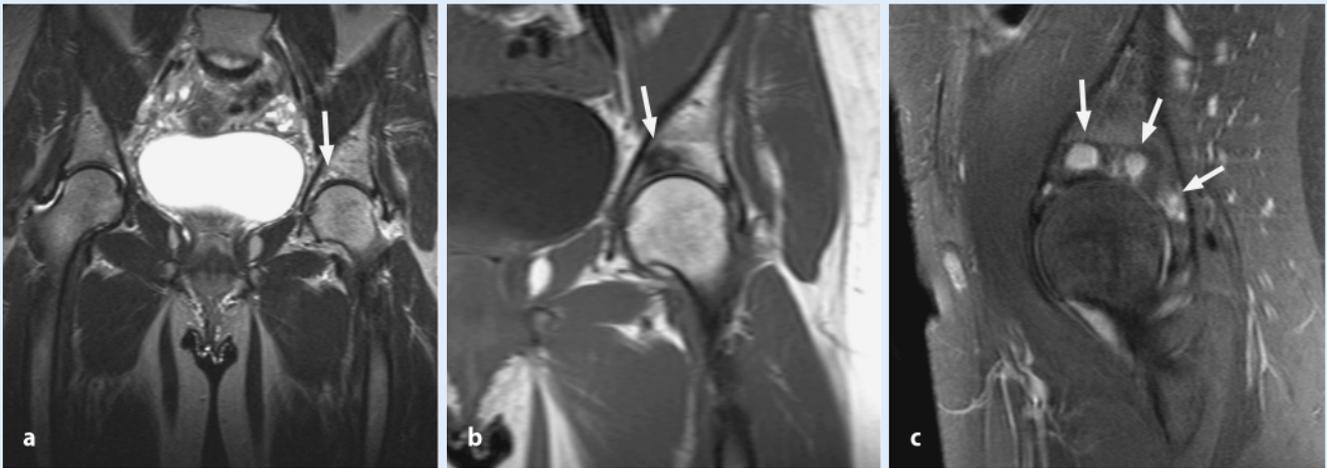


Abb. 4 ▲ Osteoarthritis im T2-gewichteten, koronaren Bild (a) und im T1-gewichteten, koronaren (b) bzw. T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild nach Kontrastmittelgabe in sagittaler Schnittführung (c). Bereits im nativen T2-gewichteten, koronaren Bild (a) zeigen sich hyperintense, zystische Strukturen im Bereich der Hüftgelenkpfanne (Pfeil). Hier fällt zudem eine deutliche Verschmälerung des Gelenkspalts auf. Ausgeprägter zeigen sich die sklerotischen Veränderungen im Bereich der Pfanne im T1-gewichteten, koronaren Bild (b), in welchem sie sich hypointens zum normalen Markraum abgrenzen (Pfeil). Das sagittale T1-gewichtete, fettsupprimierte Bild (c) zeigt das komplette Ausmaß der Geröllzysten im Bereich der Pfanne, wobei ein deutliches Enhancement der Zysten im Sinne von synovialen Einstülpungen zu beobachten ist (Pfeile). Wiederum fällt die ausgeprägte Verschmälerung des Gelenkspalts mit Unterbrechung der Knorpellamelle im Bereich der gewichtstragenden Anteile auf. Nur ventral können noch intakte Knorpelstrukturen abgegrenzt werden

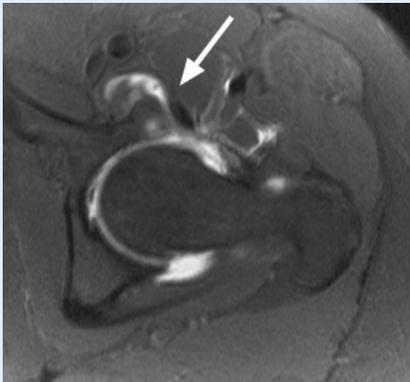


Abb. 5 ◀ PVNS im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild in axialer Schnittführung einer MRA. Der Gelenkraum kommt im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild mit hohem Signal nach intraartikulärer Kontrastmittelapplikation zur Darstellung. Ventral in einer synovialen Ausstülpung zeigt sich hypointenses Material (Pfeil), welches der synovialen Proliferation im Sinne einer PVNS entspricht. Der aggressive Charakter der synovialen Proliferation äußert sich in der Verplumpung und der teilweise Infiltration der ventralen Anteile des Acetabulums

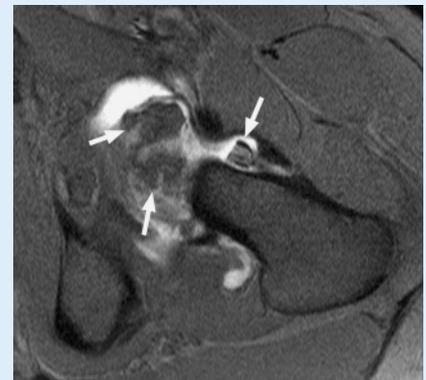


Abb. 6 ▲ Synoviale Chondromatose im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild einer MRA in axialer Schnittführung. Das fettsupprimierte T1-gewichtete Bild zeigt multiple freie Gelenkkörper im Bereich einer inferioren Ausstülpung der Gelenkkapsel, welche irregulär konfiguriert sind und z. T. eine knorpelbelagähnliche Oberfläche aufweisen (Pfeile)

Darstellung kommt. Im Rahmen aggressiverer synovialer Proliferationen kann es zu Arrosionen mit sekundärer Ausbildung von subchondral gelegenen Zysten kommen. Hinsichtlich der Osteoarthritis lassen sich synoviale bzw. subchondrale Zysten nicht eindeutig differenzieren, die synoviale Proliferation ist jedoch beim Pannusgewebe wesentlich deutlicher ausgeprägt [15].

Pigmentierte villonoduläre Synovitis

Bei dem Verdacht auf eine pigmentierte villonoduläre Synovitis (PVNS) des Hüftgelenks liefert die MRT den spezifischen Nachweis Hämosiderin-enthaltender synovialer Pro-

liferationen. TSE-Gradientenechosequenzen sind empfindlich auf eisenhaltige Depots und führen so zu Auslöschungsartefakten. Hinsichtlich der Komplikationen einer PVNS sind insbesondere der Nachweis von Arrosionen des Knochens und die Ausbildung subchondraler zystischer Veränderungen wichtig, da sich hieraus operationstechnische Konsequenzen ergeben. Die MRT ist zudem ein wichtiger Bestandteil der Nachsorge zum Nachweis oder Ausschluss posttherapeutischer Rezidive (Abb. 5), [16].

Synoviale Chondromatose

Bei der Osteochondromatose gelingt die Diagnosestellung meist bereits im konventio-

nellen Röntgenbild. Ohne Verkalkungen der einzelnen Chondrome kann die Identifizierung und Darstellung ihrer Größe und Ausdehnung nur durch die MRT erfolgen. In einigen Fällen, insbesondere zur verbesserten Darstellung einzelner Chondrome mit ihrer genauen Lokalisation, kann die konventionelle MRT mit einer MRA kombiniert werden (Abb. 6), [17].

Intra- und periartikuläre post-traumatische Veränderungen

Nach einem Trauma liefert die MRT den Nachweis typischer Veränderungen bei Avulsionsfrakturen (Abb. 7), Muskelrupturen, intramuskulären Einblutungen,

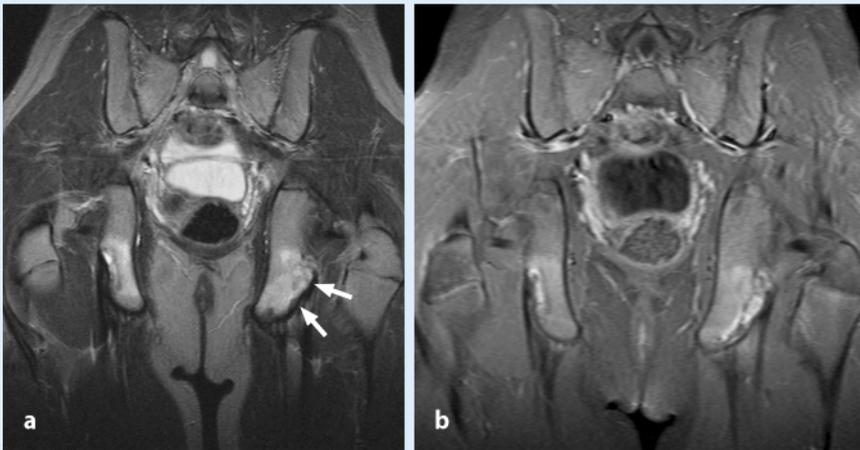
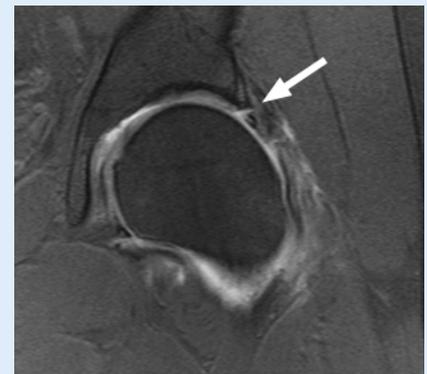


Abb.7 ▲ Bilaterale Avulsionsfrakturen des Tuber ischiadicum im T2-gewichteten (a) sowie T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild nach Kontrastmittelgabe (b) in koronarer Schnittführung. Im konventionellen Röntgenbild bestand bei dem Patienten der Verdacht auf einen malignen Knochentumor im Bereich des Os ischii links. Im koronaren T2-gewichteten Bild (a) zeigen sich ausgeprägte Ödeme beidseits im Bereich des Os ischii. Rechtsseitig zeigen sich nur kleine zystische Veränderungen im Ansatzbereich der Sehnen. Linksseitig dagegen kommt es zu deutlichen Knochenanbauten und Vergrößerung der knöchernen Strukturen (Pfeile), was die Beobachtungen im konventionellen Röntgenbild erklärt. Nach Kontrastmittelgabe (b) zeigt sich im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild ein deutlich vermehrtes Enhancement beidseits im Ansatzbereich der Sehnen. Sowohl das bilaterale Vorkommen als auch die typische Lokalisation im Bereich der Tuberositas ischii sprechen für das Vorliegen von Avulsionsfrakturen



Abb.8 ▲ Labrumeinriss im MRA: Das koronare T1-gewichtete, fettsupprimierte Bild nach intraartikulärer Kontrastmittelinjektion zeigt ein Einlaufen des Kontrastmittels in einen Spalt im Bereich der Basis des Labrums im Sinne eines Labrumeinrisses (Pfeil). Das Labrum selbst zeigt in diesem Fall nur relativ geringe degenerative Veränderungen

Abb.9 ► Labrumeinrisses mit deutlichen degenerativen Veränderungen des Labrums in der MRA. Das T1-gewichtete, fettsupprimierte Bild in koronarer Schnittführung zeigt in diesem Fall wieder ein Einlaufen des Kontrastmittels im Bereich der Basis des Labrums (Pfeil), wobei hier jedoch zusätzlich eine deutliche Verplumpung und Substanzminderung des Labrums selbst zu beobachten sind. Über den Labrum-einriss verteilt sich das Kontrastmittel auch paraartikulär in synoviale Ausstülpungen



aber auch bei entzündlichen Veränderungen. Einen deutlichen Hinweis auf ein Trauma mit Gelenkbeteiligung gibt die Darstellung eines intraartikulären Ergusses. Häufige Avulsionsverletzungen betreffen den Rektusansatz an der Spina iliaca anterior inferior oder den knöchernen Ansatz der Hamstringsehnen oder Adduktoren. Zu berücksichtigen sind hier auch ansatznahe Teilrupturen und Spätfolgen wie Tendinitiden. Auch ein mögliches Piriformissyndrom gilt es darzustellen [18].

Morbus Perthes

Die Diagnose eines Morbus Perthes erfolgt typischerweise im Röntgenbild, wobei die klassischen Zeichen einer Erweiterung des inferior-medialen Gelenkspalts, eine Sklerose der Epiphyse, eine subchondrale Frakturlinie wie auch eine kleine Epiphyse bein-

halten. Im Frühstadium kann jedoch die konventionelle Röntgenaufnahme negativ sein, wobei dann die MRT Zusatzinformationen liefern kann. Eines der frühesten Zeichen in der MRT sind periphere Irregularitäten der epiphysären Ossifikationszentren, wobei Signalabsenkungen im Fettmark zu beobachten sind [19, 20, 21].

Epiphysiolysis capitis femoris

Obwohl die MRT bei der Diagnose der Epiphysiolysis capitis femoris eine untergeordnete Rolle spielt, kann sie sehr gut die Morphologie dieses Krankheitsbildes darstellen. Ein Vorteil gegenüber dem konventionellen Röntgenbild liegt im Nachweis einer assoziierten Osteonekrose, welche bei bis zu 15% der betroffenen Kinder auftritt, noch bevor Veränderungen im konventionellen Röntgenbild nachweisbar sind [22].

Indikationen und typische Krankheitsbilder in der MRA des Hüftgelenks

Labrum acetabulare

In der MRT stellt sich das Labrum acetabulare als dreieckige Struktur mit niedrigem Signal in den T1-gewichteten, der Protonendichte als auch den T2-gewichteten Sequenzen dar. Das Labrum acetabulare geht in das Lig. transversum über, welches sich etwas rundlich abbildet und bildet hier den medial-inferioren Schluss der Fossa acetabuli. Die beste Beurteilung des normalen Labrums, seiner Formvarianten und pathologischen Veränderungen erlaubt die MRA [1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 18, 19, 23, 25, 26].

Ein Einriss des Labrums stellt sich in der MRA als Flüssigkeitsmarkierung dar,



Abb. 10 ▲ Labrumbasiszysten als indirekter Hinweis auf einen Labrumeinriss im T2-gewichteten, koronaren Bild. Das T2-gewichtete Bild zeigt im Bereich der Basis des Labrums multiple zystische Strukturen, wobei das Labrum selbst nur noch in Anteilen nachweisbar ist. Diese degenerativen, zystischen Veränderungen im Bereich der Labrumbasis können als indirekter Hinweis auf eine Labrumschädigung angesehen werden. Dieses Zeichen hat eine sehr hohe Sensitivität und Spezifität, sodass bei Vorliegen einer solchen Befundkonstellation eine MRA nicht unbedingt als notwendig angesehen werden muss



Abb. 11 ▲ Paralabrale Zysten im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild einer MRA in koronarer Schnittführung. Paralabral im Weichteilgewebe zeigen sich zystische Veränderungen (Pfeil), welche mit dem Gelenkraum kommunizieren, was durch den Übertritt des intraartikulär applizierten Kontrastmittels in die Zysten bestätigt wird. Es handelt sich hierbei um eine paralabrale, zystische Ausstülpung der Gelenkkapsel, welche ebenfalls als Beweis für das Vorliegen eines Labrumeinrisses angesehen werden kann. Wiederum handelt es sich um ein indirektes Zeichen zur Diagnose eines Labrumeinrisses

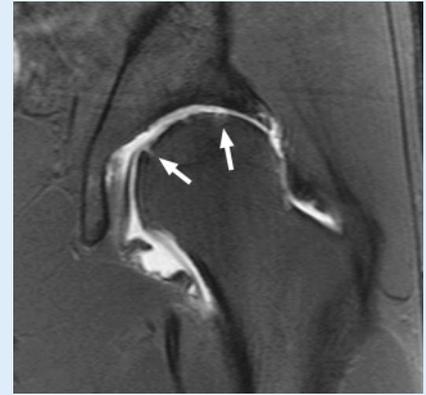


Abb. 12 ▲ Multiple chondrale Läsionen in der MRA im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild in koronarer Schnittführung. Zum einen zeigt das T1-gewichtete, fettsupprimierte koronare Bild eine deutliche Verschmälerung des Gelenkspalts, speziell in den gewichtsaufnehmenden Zonen, des Weiteren sind Inhomogenitäten des Knorpels sowie Einlaufen des Kontrastmittels in osteochondrale Defekte zu beobachten (Pfeile)

wobei durch die Distension des Gelenks die Erkennung gegenüber einem physiologischen Gelenkerguss wesentlich einfacher ist (■ Abb. 8); hierbei läuft die Flüssigkeit in den Einriss hinein. Ähnlich verhält es sich bei dem abgerissenen Labrum, welches durch Flüssigkeit vom knöchernen Acetabulum abgegrenzt wird (■ Tabelle 2, ■ Abb. 9).

Die Sensitivität beim Nachweis von Labrumläsionen im Vergleich mit intraoperativen Ergebnissen wird in der Literatur mit 92–95% bei der MRA und nur 65% bei der konventionellen MRT angegeben [23]. Nur bei fortgeschrittenen Veränderungen mit Zystenbildung im Bereich der Labrumbasis oder konsekutiven Pfannenerkerzysten kann hier auch die konventionelle MRT sehr hohe Sensitivitäten erreichen (■ Abb. 10), [1]. Typischerweise ist die Labrumläsion anterior-superior lokalisiert, wobei das wichtigste Zeichen das Einlaufen der Kontrastflüssigkeit in einen Spalt am Labrum ist. Der Vergleich mit arthroskopischen Befunden zeigt, dass die Rissbildung oftmals nicht direkt das Labrum selbst zu finden ist, sondern den angrenzenden Knor-

pel betrifft. Die Dissoziation des Labrum-Knorpel-Übergangs führt nicht selten zur Ausbildung von Zysten des darunter liegenden Pfannenerkers sowie paralabralen, synovialen Zysten (■ Abb. 11). Letztere werden nach intraartikulärer Kontrastmitteldarstellung häufig deutlich kontrastiert.

Eine Labrumdegeneration ist einerseits an einer Verplumpung des freien Endes des Labrums zu sehen (s. ■ Abb. 11), andererseits an einer inhomogenen Signalanhebung intralabral im Rahmen einer mukoiden Degeneration. Erst die Flüssigkeitsausdehnung entlang der Basis des Labrums im MRA spricht dagegen für einen Labrumeinriss. Wichtig ist die Differentialdiagnose eines sublabralen Foramens, das einem inkonsistenten Rezessus, Sulkus oder einem nicht-kompletten Anliegen des Labrums ohne Vorliegen eines Risses entspricht. Bei Vorliegen einer Labrumläsion muss nach weiteren Veränderungen gesucht werden. Die klinisch-operative Erfahrung zeigt, dass solitäre, nicht-traumatische Labrumläsionen eine Rarität sind. Meist liegen einer Labrumläsionen andere Gelenkerkrankungen wie ein femoroazetabuläres Impinge-

ment, eine Dysplasie oder eine Deformität des proximalen Femurs zugrunde [24, 25].

Hyaliner Gelenkknorpel

Die MRA kann die Diagnostik von Knorpelschäden deutlich verbessern. Im Initialstadium weisen Signalinhomogenitäten des Knorpels auf einen beginnenden Knorpelschaden hin. Die MRA kann die Ausdehnung und Tiefe eines Knorpelschadens gut darstellen (■ Abb. 12). Bei Kombination der MRA-Bilder mit einer T2-gewichteten fettsupprimierten Sequenz kann ein subchondrales Knochenmarködem auf einen höhergradigen Knorpelschaden hinweisen [26].

Freie Gelenkkörper

Die MRA liefert eine sehr sensitive Detektion von freien Gelenkkörpern, wobei diese Untersuchung erst dann zum Einsatz kommt, wenn andere Verfahren nur unzureichende Ergebnisse geliefert haben. Freie Gelenkkörper sind als signalarme bis signalfreie Strukturen im Gelenkraum erkennbar (■ Abb. 13). Wichtig sind die gleich-

zeitige Suche nach dem Ursprung des freien Gelenkkörpers und die Darstellung von assoziierten Läsionen wie beispielsweise einer Ruptur des Lig. capitis femoris nach einem Rotationstrauma [2, 24].

Lig. capitis femoris

Eine gute Darstellung des Lig. capitis femoris gelingt in der Regel nur nach Kontrastierung des Gelenks durch einen bestehenden Erguss oder bei Durchführung einer MRA. Insbesondere nach koronarer Schnittführung lässt sich das Band in seinen Verlauf von der Fovea centralis des Femurkopfes durchgängig bis zum Boden der Fossa acetabuli nachweisen. Doch selbst unter guten Untersuchungsbedingungen gelingt es nicht häufig, Rupturen oder Partialrupturen nachzuweisen (■ **Abb. 14**). Auch aus diesem Grund ist bei dem klinischen Verdacht auf eine Ruptur des Lig. capitis femoris immer nach Begleitverletzungen wie Avulsionen des Bandes mit freien osteochondralen Fragmenten und subchondralen Knorpelödem als Hinweis auf eine zurückliegende Subluxation des Gelenks zu suchen [2, 24].

Hüftdysplasie

Beim dysplastischen Hüftgelenk finden sich nicht selten Läsionen des Labrum acetabulare, des hyalinen Knorpels und des Lig. capitis femoris. Diese Veränderungen sind insbesondere auch vor einer größeren operativen Maßnahme wie einer Umstellungsosteotomie am Becken zu berücksichtigen. Mehrere Studien haben belegt, dass die Ergebnisse von Pfannenosteotomien z. B. bei Vorliegen einer Labrumläsion signifikant schlechter sind [27]. Im eigenen Krankengut haben wir bei Vorliegen einer Hüftdysplasie ein deutlich erhöhtes Risiko für eine nicht-traumatische Ruptur des Lig. capitis femoris beobachtet. Zudem beschreiben arthroskopische Interventionen häufig einen hochgradigen, z. T. auch ausgedehnten Knorpelschaden der antevierten ventrosuperioren Facies lunata.

Vor einer operativen Maßnahme empfiehlt sich damit die Durchführung einer MRA. Die beschriebenen Strukturen sind hier auf entsprechende Läsionen hin zu analysieren. Das Labrum acetabulare

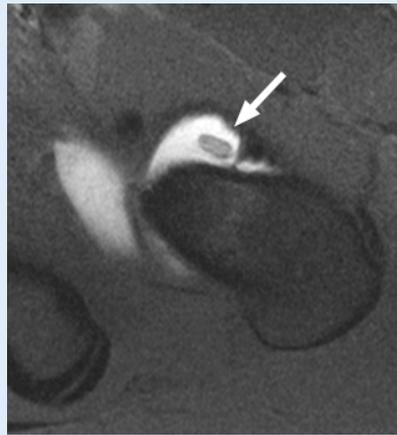


Abb. 13 ▲ Freier Gelenkkörper in einer MRA in T1-gewichteter, fettsupprimierter Technik in koronarer Schnittführung. Im inferioren Rezessus ventral (Pfeil) zeigt sich ein hypointenser, freier Gelenkkörper, welcher komplett von Kontrastmittel umspült wird. Hierbei handelt es sich um ein kleines Knorpelfragment, welche sich vom Hüftkopf abgelöst hatte



Abb. 14 ▲ Ruptur des Lig. capitis femoris im T1-gewichteten, fettsupprimierten Bild einer MRA in koronarer Schnittführung. Im Ansatzbereich des Lig. capitis femoris am Femurkopf zeigt sich ein hyperintenses Signal der Bandstrukturen, wobei selbige z. T. in ihrer Konfiguration aufgelöst sind (Pfeil). Etwas weiter inferior zeigen sich noch hypointense, normale Signalverhältnisse des Bandes. Dies entspricht einer Ruptur des Lig. capitis femoris. Als Nebenbefund kommt im inferioren Rezessus ein kleiner, freier Gelenkkörper zur Darstellung (inferiore Pfeil). Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um ein freies osteochondrales Fragment bei Avulsionen des Lig. capitis femoris



Abb. 15 ▲ Femoroazetabuläres Impingement im T2-gewichteten, koronaren Bild (a) und T1-gewichteten axialen Bild (b). Im Bereich der Labrumbasis (Pfeilspitze, a) findet sich bereits eine Knochenapposition an den Pfannenrand, im Bereich des ventrolateralen Kopf-Hals-Übergangs (Pfeil, a) zeigen sich Ödematisierungen und eine angedeutete Herniationszyste (herniation pit). Die axiale Sequenz zeigt den typischen ventrolateralen Offsetverlust des Kopf-Hals-Übergangs beim Cam-FAI

ist bei der Dysplasie typischerweise verbreitert. Im Gegensatz zum femoroazetabulären Impingement beschränken sich die Rupturen bzw. Dissoziationen des Labrum-Knorpel-Übergangs nicht nur auf die ventrosuperioren Areale; sie reichen hier nicht selten weiter nach dorsolateral.

Zudem findet man nicht selten vollständige, instabile Labrumringsrisse. Die chronische Überlastung des Labrumrings führt zur mukoiden Degeneration bis hin zu Labrumzysten.

Die Knorpelschäden der ventrosuperioren Facies lunata lassen sich am besten

in sagittaler Schichtung darstellen, hierbei sollte abgeschätzt werden, welches Ausmaß der Knorpelschaden hat, insbesondere auch ob zur Fossa acetabuli hin noch eine Leiste von intaktem Knorpel besteht, der dann möglicherweise in die Belastungszone hineingedreht werden kann. In den koronaren Sequenzen ist auf eine durchgängige Darstellung des Lig. capitis femoris zu achten [2, 19, 24].

Femoroacetabuläres Impingement

Beim klinisch-röntgenologischem Verdacht auf ein FAI kommt der hochauflösenden MRA eine besondere Bedeutung zu. Im Rahmen der Erkrankung sind verschiedene Strukturen betroffen, die dargestellt werden müssen (■ Abb. 15). Das Labrum acetabulare bzw. der Labrum-Knorpel-Übergang zeigt insbesondere beim Cam-FAI ventrosuperiore Läsionen bis hin zu ausgedehnten angrenzenden Knorpelschäden und darunter liegenden Pfannenerkerzysten. Beim Pincer-FAI ist das Labrum degeneriert, z. T. bereits verknöchert, angrenzende Knorpelschäden und Zysten finden sich hier seltener. Bei der Coxa profunda oder Protusio acetabuli beim Pincer-FAI sind insbesondere auch die zentralen Gelenkanteile auf Knorpelschäden hin zu analysieren, beim Cam-FAI zusätzlich die dorsoinferioren Anteile als „Contre-coup-Effekt“ der veränderten biomechanischen Situation. Hinweise auf höhergradige Knorpelschäden liefern darunter liegende subchondrale Ödeme und die eben beschriebenen Pfannenerkerzysten. In der sagittalen Schichtung ist beim Pincer-FAI insbesondere auf eine Pfannenretroversion zu achten, die hier gut vermessen werden kann. Der Kopfhals-Übergang ist auf ein vermindertes Offset zu analysieren, welches typischerweise ventral und ventrolateral zu finden ist. Hilfreich sind hier sagittale und radiäre Sequenzen um die Schenkelhalsachse. Beim Cam-FAI finden sich häufig synoviale Einstülpungen und Ödeme am Kopfhals-Übergang (sog. Herniationszysten), die nicht als Osteoidosteome fehlgedeutet werden dürfen [27].

Fazit für die Praxis

Obwohl mittels konventioneller MRT sowohl nativ als auch nach i.v.-Kontrastmittelgabe eine Vielzahl von pathologischen Veränderungen des Hüftgelenks evaluiert werden können, gibt es klare Indikationen zur Durchführung einer MRA. Letztere sollte jedoch nur dann durchgeführt werden, wenn eine konventionelle MRT keinen oder nur einen unklaren pathologischen Befund zeigt sowie Anamnese und klinische Untersuchung den Verdacht auf eine Läsion des Labrum acetabulare oder des Lig. capitis femoris, freie Körper, eine symptomatische Hüftdysplasie oder ein femoroacetabuläres Impingement vor operativer Versorgung stellen. In diesen Fällen liefert die MRA die diagnostische Methode der Wahl zur genauen Darstellung der entsprechenden Veränderungen und genauen operativen Planung.

Korrespondierender Autor

Dr. rer. nat. G. Schneider

Arbeitsgemeinschaft Kernspintomographie, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätskliniken des Saarlandes, 66421 Homburg/Saar
E-Mail: ragsne@uniklinikum-saarland.de

Interessenkonflikt: Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

Literatur

- Sadro C (2000) Current concepts in magnetic resonance imaging of the adult hip and pelvis. *Semin Roentgenol* 35(3): 231–248
- Steinbach LS, Palmer WE, Schweitzer ME (2002) Special focus session. MR arthrography. *Radiographics* 22(5): 1223–1246
- Elentuck D, Palmer WE (2004) Direct magnetic resonance arthrography. *Eur Radiol* 14(11): 1956–1967
- Czerny C, Oschatz E, Neuhold A, Tschauer C, Hofmann S, Kramer J (2002) MR-Arthrographie des Hüftgelenkes. *Radiologe* 42: 451–456
- Locher S, Werlen S, Leunig M, Ganz R (2002) MR-Arthrography with radial sequences for visualization of early hip pathology not visible on plain radiographs. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 140: 52–57
- Glickstein MF, Burk DL, Schiebler ML, Cohen EK, Dailinka MK, Steinberg ME, Kressel HY (1988) Avascular necrosis versus other diseases of the hip: sensitivity of MR imaging. *Radiology* 169: 213–215
- Ficat RP (1985) Idiopathic bone necrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg Br* 67: 3–9

- Gardeniers JWM (1993) ARCO committee on terminology and staging. *ARCO Newsletter* 5: 79–82
- Koo KH, Kim R (1995) Quantifying the extent of osteonecrosis of the femoral head: A new method using MRI. *J Bone Joint Surg Br* 77: 875–880
- Newberg AH, Newman JS (2003) Imaging the painful hip. *Clin Orthop Relat Res* 406: 19–28
- May DA, Distler DG (2000) screening for avascular necrosis of the hip with rapid MRI: preliminary experience. *J Comput Assist Tomogr* 24(2): 284–287
- Kim YM, Oh HC, Kim HJ (2000) The pattern of bone marrow oedema on MRI in osteonecrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg Br* 82(6): 837–841
- Hayes CW, Conway WF, Daniel WW (1993) MR imaging of bone marrow edema pattern: transient osteoporosis, transient bone marrow edema syndrome, or osteonecrosis. *Radiographics* 13(5): 1001–111
- Felson DT (2004) An update on the pathogenesis and epidemiology of osteoarthritis. *Radiol Clin North Am* 42(1): 1–9
- Buchmann RF, Jaramillo D (2004) Imaging of articular disorders in children. *Radiol Clin North Am* 42(1): 151–168
- Hughes TH, Sartoris DJ, Schweitzer ME, Resnick DL (1995) Pigmented villonodular synovitis: MRI characteristics. *Skeletal Radiol* 24(1): 7–12
- Herrmann G, Abdelwahab IF, Klein M, Kenan S, Lewis M (1995) Synovial chondromatosis. *Skeletal Radiol* 24(4): 298–300
- Bencardino JT, Kassarian A, Palmer WE (2003) Magnetic resonance imaging of the hip: sports-related injuries. *Top Magn Res Imag* 14(2): 145–160
- Gabriel H, Fitzgerald SW, Myers MT, Donaldson JS, Poznanski AK (1994) MR imaging of hip disorders. *Radiographics* 14(4): 763–781
- de Sanctis N, Rega AN, Rondinella F (2000) Prognostic evaluation of Legg-Calve-Perthes disease by MRI. Part I: the role of physeal involvement. *J Pediatr Orthop* 20(4): 455–462
- de Sanctis N, Rondinella (2000) Prognostic evaluation of Legg-Calve-Perthes disease by MRI. Part II: pathomorphogenesis and new classification. *J Pediatr Orthop* 20(4): 463–470
- Harland U, Krappel FA (2002) Value of ultrasound, CT, and MRI in the diagnosis of slipped capital femoral epiphysis (SCFE). *Orthopäde* 31(9): 851–856
- Czerny C, Oschatz E, Neuhold A, Tschauer C, Hofmann S, Kramer J (2002) MR-Arthrographie des Hüftgelenkes. *Radiologe* 42: 451–456
- Elentuck D, Palmer WE (2004) Direct magnetic resonance arthrography. *Eur Radiol* 14(11): 1956–1967
- Petersilge CA (2001) MR arthrography for evaluation of the acetabular labrum. *Skeletal Radiol* 30: 423–430
- Schmid MR, Nötzli HP, Zanetti M, Wyss TF, Hodler J (2003) Cartilage lesions in the hip: diagnostic effectiveness of MR arthrography. *Radiology* 226(2): 382–386
- Beck M, Kalhor M, Leunig M, Ganz R (2005) Hip morphology influences the pattern of damage to the acetabular cartilage: femoroacetabular impingement as a cause of early osteoarthritis of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 87(7): 1012–1018