

B. Frentz, R. Kirchner

## Die Rolle der Kernspintomographie in der bildgebenden Diagnostik des Knorpelschadens am Kniegelenk

*The role of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis of hyaline cartilage defects of the knee*

Gemeinschaftspraxis für Radiologische Diagnostik und Nuklearmedizin, Klinik-am-Ring, Köln

### Zusammenfassung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) erlaubt in der Arthrodiagnostik bei Anwendung einer sorgfältig abgestimmten Technik eine präzise, nicht-invasive Darstellung des Gelenkknorpels, des subchondralen Knochens, der übrigen Gelenkbinnenstrukturen und der relevanten periartikulären Verhältnisse. Die Klassifikation des Knorpelschadens erfolgt dabei analog der arthroskopischen Einteilung in 5 Grade (0-4). Am Beispiel des Kniegelenks werden die unterschiedlichen Stadien des Knorpelschadens kernspintomographisch dargestellt. Die detaillierte Visualisierung der Befunde erlaubt eine genauere Therapieplanung besonders bei frühen Stadien der Gonarthrose und Verlaufskontrollen nach rekonstruktiven Maßnahmen am Gelenkknorpel.

**Schlüsselwörter:** Gelenkknorpel, Arthrose, Magnetresonanztomographie

### Einleitung

In der Arthrodiagnostik kommt den bildgebenden Untersuchungstechniken eine besondere Bedeutung zu. In den konventionellen Röntgenaufnahmen des Gelenks in 2 Ebenen ggf. in Spezialaufnahmen unter Gewichtsbelastung (sog. Rosenberg-Aufnahme) werden die klassischen Kriterien der Arthrose (Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Reaktionen wie Sklerose und Geröllzysten, Exophytenbildung und knöcherne Deformierung) sowie die allgemeine Knochenstruktur bewertet. Die Sonographie liefert schnell und kostengünstig Informationen, insbesondere zu sekundären Folgen wie Ergussbildung, Synovialitis, Zystenbildung und Sehnenveränderungen. Die Computertomographie hat in der Arthrodiagnostik nur bei speziellen Fragestellungen (z.B. Neoplasien oder traumatisch bedingte Läsionen) eine Bedeutung. In der direkten Darstellung der Gelenkknorpel ist die Magnetresonanztomographie (MRT) allen anderen bildgebenden Verfahren weit überlegen.

Die MRT Diagnostik beruht auf einer Nutzung der Dipoleigenschaften des Wasserstoffs; vereinfacht dargestellt wird

### Summary

In the evaluation of the osteoarthritic knee magnetic resonance imaging (MRI) allows the precise distinct visualization of hyaline cartilage defects including the changes in the underlying bone when a distinct imaging technique is used. Cartilage defects can be classified into one of 5 stages (0-4) according to arthroscopic classification. In this article different stages of hyaline cartilage defects of the knee joint are demonstrated. The precise imaging of cartilage defects allows a better planning of treatment in the early stages of osteoarthritis and the postoperative evaluation of reconstructive procedures of the hyaline cartilage.

**Key words:** Hyaline cartilage, magnetic resonance imaging, osteoarthritis, classification

die Verteilung und die Art der Bindung des Wasserstoffs im Untersuchungsobjekt gemessen und in 2- und 3-dimensionale Darstellungen umgesetzt. Diese vereinfachte Betrachtung macht die Stärken der Methode deutlich und zwar die Darstellung von Weichteilpathologien und der Detektion von Flüssigkeiten als diagnostischem Marker. Im Gegensatz dazu können kleine knöcherne Strukturen bzw. der Mineralisationsgrad des Knochens nur mit Einschränkungen beurteilt werden. Prinzipiell sind alle Gelenke der MRT zugänglich, im klinischen Alltag stehen allerdings die großen Gelenke im Vordergrund.

### Technische Voraussetzung der MRT-Diagnostik

Voraussetzung für eine adäquate Diagnostik ist eine angemessene apparative Ausstattung möglichst mit einem Ganzkörpergerät, die Verfügbarkeit von an die Fragestellung angepassten Spulen und eine hochauflösende Bildtechnik. In den Entwicklungsjahren der MRT-Diagnostik wurden zahlreiche Untersuchungsmethoden (d.h. Sequenztechniken) ent-

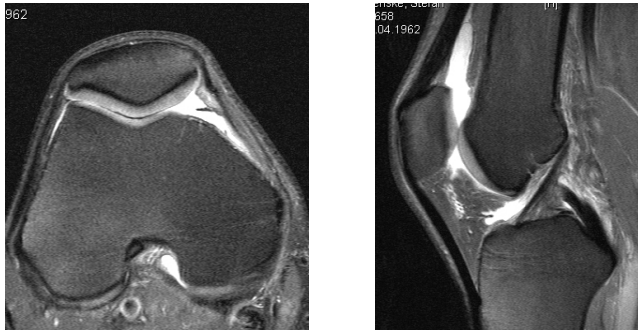


Abbildung 1 und 2: Beispiele für intakte Knorpelverhältnisse (Protonenwichtung und Fettsuppression)

wickelt und auf die Anwendbarkeit zur Knorpeldarstellung geprüft. Neben Spinechosequenzen (SE) in der Anfangsphase kamen vor allem Gradienten-Echo-Techniken (GE) in diversen Varianten, Turbospinechotechniken (TSE) und auch sog. Inversion-Recovery-Sequenzen (IR) zum Einsatz. Auch 3D-Sequenzen, bei denen ein größeres Volumen in einem Arbeitsgang gemessen wird, mit gutem Verhältnis von Nutzsinal zum Rauschen, wurden erfolgreich genutzt.

In der Literatur finden sich zahlreiche Studien mit der Korrelation von MRT-Befunden mit intraoperativen Befunden, die eine hohe Sensitivität und Spezifität bei der Diagnostik von Knorpelschäden zunehmend mit dem Schädigungsgrad dokumentieren (7,8). Die technischen Empfehlungen der Autoren zur Aufnahmetechnik sind jedoch unterschiedlich, da es keine Sequenztechnik gibt, mit der alle Fragestellungen beantwortet werden können (6,7). In der klinischen Praxis hat sich daher die Kombination von verschiedenen Sequenztechniken etabliert. Aus der Sicht der Autoren sind zur Beurteilung des hyalinen Knorpels insbesondere Turbospinechosequenzen geeignet, die die Basis der verwendeten Standarduntersuchungsprotokolle darstellen. Die eigene Untersuchungstechnik (Gerät: Siemens Symphonie Quantum 1,5 Tesla) beruht auf dem Prinzip, wenige gezielte Aufnahmeserien/Sequenzen mit höchstmöglicher Auflösung (512er Matrix, lange Messzeiten, sorgfältig abgestimmtes "field-of-view"/FOV, z.T. Fettsuppression) zu erstellen.

Die eigenen Standard-Sequenzen zur Untersuchung des Kniegelenks sind:

- 3 Ebenen in Turbospinecho-Technik (TSE) protonengewichtet und in Fettsuppression
- 1 Ebene in TSE-Technik t1-gewichtet sagittal in Angulation auf das vordere Kreuzband

Diese Untersuchungstechnik erlaubt zuverlässige Aussagen über:

- Grad, Ausdehnung und Verteilungsmuster von Knorpelschäden (Anzahl der betroffenen Kompartimente, Schäden korrespondierender Gelenkflächen etc.)
- Kalzifikationen
- Knöcherne Verhältnisse, auch arthrosefördernde Fehlstellungen
- Bandstatus, Menisci etc., Kapselveränderungen, periartikuläre Weichteile, Neoplasien, Gefäßprozesse
- (primäre / sekundäre Arthroseformen)

Je nach Fragestellung können weitere Bildtechniken zum Einsatz kommen:

- KM – Serien (inklusive Subtraktionstechniken)
- Gradientenechotechniken (z.B. bei villonudulärer Synovialitis unter Nutzung der hohen Anfälligkeit bezüglich Suszeptibilitätsartefakten bedingt durch Hämosiderin)
- IR-Techniken (sensitiver Ödemnachweis)
- 3D-Sequenzen
- ggf. auch MR-Angiographie

Die indirekte MR-Arthrographie hat besonders bei der Osteochondrosis dissecans und bei Verlaufskontrollen nach Knorpeltransplantationen einen besonderen Stellenwert. Hierbei wird eine relativ große Menge eines gadoliniumhaltigen Kontrastmittels (KM) i.v. appliziert, die Untersuchung mit t1-gewichteten Sequenzen z.T. in Fettsuppression selbst erfolgt nach Übertritt des KMs über die Synovia in den Gelenkraum nach ca. 30 Minuten (1,9,10, Abb. 3).



Abbildung 3: Indirekte MR-Arthrographie, guter Kontrast des "hellen KM" zum Knorpel

## Knorpelschäden im MRT-Bild

Die MRT erlaubt eine sensitive und sehr spezifische Darstellung von höhergradigen Knorpelschäden. Da ein Großteil der publizierten Stadieneinteilungen eine geringe klinische Relevanz aufweisen, hat sich die Einteilung nach *Outerbridge* im klinischen Alltag durchgesetzt und ermöglicht eine gemeinsame Sprache mit den operativ tätigen orthopädischen und chirurgischen Kollegen (2,3). Auch wenn z.B. KM-gestützte Aufnahmen gute Hinweise geben können, so ist nach der Literatur eine sichere Differenzierung zwischen I°-II° Knorpelschäden problematisch. Im klinischen Alltag ist dies aber nicht die an den Radiologen gerichtete Frage – es interessiert in der Regel die ggf. z.B. operativ anzugehende höhergradige Läsion! Für die Diagnostik gelten folgende Kriterien für die Stadienzuordnung des Knorpelschadens im MRT

- **Kriterien der I.° und II.° Knorpelschäden:**
- umschriebene und/oder diffuse Signalveränderungen bei noch regelrechter Knorpelstärke (Abb. 4)



Abbildung 4: II° Schaden mit deutlichen Signalinhomogenitäten im ansonsten regelrecht starken Knorpel

- bei KM-Gabe Zonen einer vermehrten Anreicherung
- ggf. subchondrale Reaktionen
- ggf. Knorpelvercalcungen

• Kriterien des III°igen Knorpelschadens (Abb. 5 u. 6):

- Veränderungen wie bei II.gradigen Läsionen
- zusätzlich Verschmälerung des Knorpelbelags
- umschriebene Störungen der Oberflächenkontur
- Ulzeration, Risse

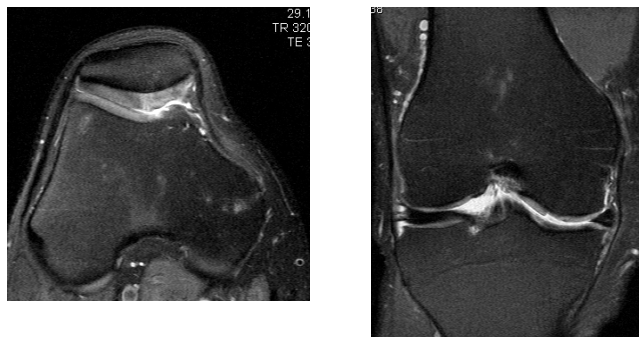


Abbildung 5 und 6: III° Schäden mit deutlichen Defekten der Knorpeloberfläche

• Kriterien des IV°igen Knorpelschadens (Abb. 7, 8):

- umschriebene aber transchondrale Risse
- großflächige Knorpelverluste

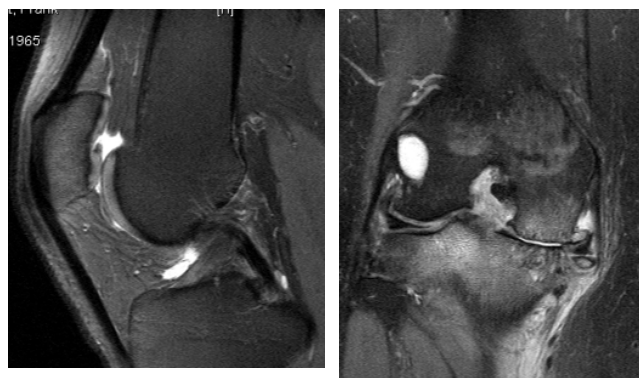


Abbildung 7: Ausgedehnter IV. gradiger Defekt im retropatellaren Knorpel

Abbildung 8: Vollbild einer medialen Gonarthrose im MRT mit fehlendem hyalinen Knorpel, Abflachung der Kondyle, Osteophytenbildung und subchondraler Signalanhebung

Im Unterschied zur arthroskopischen Diagnostik ermöglicht die MRT die Diagnostik von subchondralen Veränderungen wie frühe Stadien einer Osteochondrosis dissecans, Knochenkontusionen und trophische Störungen wie reaktive Hyperämie, Algodystrophie und aseptische Knochennekrosen (Abb. 9 u. 10).

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Im klinischen Alltag hat sich die Magnetresonanztomographie als nichtinvasives Verfahren zur Diagnostik von Schä-

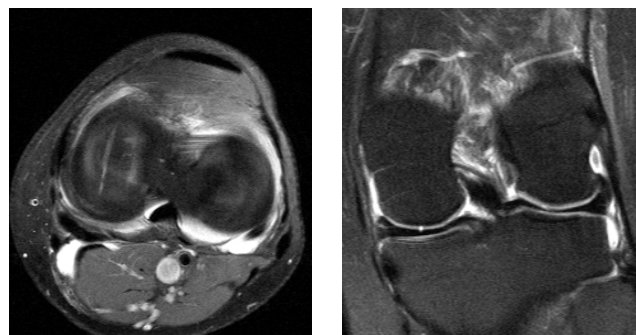


Abbildung 9 und 10: Die MRT erlaubt auch die Erfassung kleiner, in diesem Fall aber die ganze Knorpeldicke durchtrennende Läsionen wie dieser Riefe im medialen Femurkondylus (winziger IV. gradiger Knorpelschaden)

den des hyalinen Gelenkknorpels bei entsprechender Fragestellung etabliert. Für die Zukunft ist die Entwicklung von Geräten mit höherer Feldstärke (z.B. 3-Tesla-Geräte oder mehr) und auch die Weiterentwicklung der Sequenztechniken zu erwarten. In wieweit hierdurch eine Verbesserung in der Diagnostik möglich wird, muss Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Zusätzliche Informationen zur Gelenkfunktion sind von dynamischen Untersuchungsmethoden im offenen MRT zu erwarten. Für den klinischen Alltag ist neben einer optimalen Bilderstellung eine intensive Kommunikation zwischen dem Radiologen und den klinisch tätigen Fachgruppen erforderlich.

## Literatur

1. Adam G, Neuerburg: Magnetresonanz der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenks nach intravenöser Gadolinium-DTPA-Gabe. Fortschr Röntgenstr 160 (1994) 459-464
2. Noyes FR, Stabler CL: A system for grading articular cartilage in arthroscopy, Am J Sports Med 17 (1989) 505
3. Outerbridge R: The etiology of chondromalacia patellae. Clin Orthop (1975) 110-177
4. Recht MP et al: Abnormalities of articular cartilage in the knee: analysis of available MR techniques. Radiology 187 (1993) 473
5. Rose PM et al: Chondromalacia patellae: fat-suppressed MR imaging. Radiol 139 (1994) 43
6. Sittek H et al: Assessment of normal patellar volume and thickness using MRI: an analysis of currently available pulse sequences. Skelet Radiol 25 (1996) 55-62
7. Stoller DW: Resonance imaging in Orthopaedics & Sports Medicine, Second Edition Lippincott-Raven, 1997.
8. Träger JS, Grading R, Glas K, Breit A, Hipp E: Arthroskopisch kontrollierte Studie zur Kernspintomographischen Diagnostik von Knorpel-, Meniscus- und Kreuzbandstrukturen. Arthroskopie 5 (1992) 115-121
9. Vahlensieck M: Indirekte MR-Arthrographie: Optimierung der Methode und erste klinische Erfahrung bei frühen degenerativen Gelenkschäden am oberen Sprunggelenk. Fortschr Röntgenstr 162 (1995) 338-341
10. Winalski CS, Aliabadi P, Wright RJ, Shortkroff S, Sledge CB, Weissman BN: Enhancement of joint fluid with intravenously administered gadopentate diglumine: technique, rationale and clinical implications. Radiology 187 (1993) 179-185

Korrespondenzadresse:

Bruno Frentz  
Gemeinschaftspraxis für Radiologische Diagnostik  
und Nuklearmedizin, Klinik-am-Ring  
Hohenstaufenring 28, 50674 Köln  
E-mail: Frentz-Kirchner-Stapp@t-online.de