

Radiologe 2007 · 47:1131–1146  
 DOI 10.1007/s00117-007-1581-x  
 Online publiziert: 10. November 2007  
 © Springer Medizin Verlag 2007

**Rubrikherausgeber**

S. Delorme, Heidelberg  
 S. Diederich, Düsseldorf  
 F. Kainberger, Wien  
 P. Reimer, Karlsruhe  
 W. Reith, Homburg/Saar  
 M. Uhl, Freiburg



**CME.springer.de –  
 Zertifizierte Fortbildung für Kliniker  
 und niedergelassene Ärzte**

Die CME-Teilnahme an diesem Fortbildungsbeitrag erfolgt online auf CME.springer.de und ist Bestandteil des Individualabonnements dieser Zeitschrift. Abonnenten können somit ohne zusätzliche Kosten teilnehmen.

Unabhängig von einem Zeitschriftenabonnement ermöglichen Ihnen CME.Tickets die Teilnahme an allen CME-Beiträgen auf CME.springer.de. Weitere Informationen zu CME.Tickets finden Sie auf CME.springer.de.

**Registrierung/Anmeldung**

Haben Sie sich bereits mit Ihrer Abonnementnummer bei CME.springer.de registriert? Dann genügt zur Anmeldung und Teilnahme die Angabe Ihrer persönlichen Zugangsdaten. Zur erstmaligen Registrierung folgen Sie bitte den Hinweisen auf CME.springer.de.

**Zertifizierte Qualität**

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig. Folgende Maßnahmen dienen der Qualitätssicherung aller Fortbildungseinheiten auf CME.springer.de: Langfristige Themenplanung durch erfahrene Herausgeber, renommierte Autoren, unabhängiger Begutachtungsprozess, Erstellung der CME-Fragen nach Empfehlung des IMPP mit Vorabtestung durch ein ausgewähltes Board von Fachärzten.

Für Fragen und Anmerkungen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung:

**Springer Medizin Verlag GmbH**  
**Fachzeitschriften Medizin/Psychologie**  
**CME-Helpdesk, Tiergartenstraße 17**  
**69121 Heidelberg**  
**E-Mail: cme@springer.com**  
**CME.springer.de**

**K. Wörtler**

Institut für Röntgendiagnostik, Technische Universität München,  
 Klinikum rechts der Isar, München

# MRT des Kniegelenks

**Zusammenfassung**

Seit ihrer Einführung in die klinische Anwendung hat sich die Magnetresonanztomographie (MRT) in der Diagnostik von Kniegelenksverletzungen fest etabliert und die diagnostische Arthroskopie als primäre Evaluationsmethode ersetzt. Traumatische Läsionen der Bänder, Menisci und der Gelenkflächen des Knies stellen häufige Verletzungen dar, die MR-tomographisch sicher detektiert werden können. Dieser Beitrag gibt eine Übersicht über die Grundprinzipien der Untersuchungstechnik am Kniegelenk, die normale MR-Anatomie der internen Gelenkstrukturen und die typischen Befundmuster bei Kreuzband-, Kollaterallband- und Meniskusverletzungen, traumatischer Patellaluxation und akuten osteochondralen Läsionen.

**Schlüsselwörter**

MRT · Kniegelenksverletzungen · Kreuzbänder · Menisci · Osteochondrale Verletzungen

## MR imaging of the knee

**Abstract**

Since its introduction into clinical use, magnetic resonance imaging (MRI) has become well established in the diagnosis of injuries of the knee joint and has replaced diagnostic arthroscopy as the primary evaluation method. Traumatic lesions of the ligaments, menisci, and articular surfaces are common injuries that can be confidently detected using MRI. This article reviews the basic principles of the examination technique of the knee, the normal MRI anatomy of the internal joint structures, and the typical findings in injuries of the cruciate ligaments, collateral ligaments, and menisci, in traumatic dislocation of the patella, and in acute osteochondral lesions.

**Keywords**

MRI · Knee injuries · Ligaments · Menisci · Osteochondral injuries

Nach Durcharbeitung dieses Beitrages sollten die nachfolgend aufgeführten Kenntnisse vorhanden sein:

1. Kenntnis der Grundprinzipien der empfohlenen MR-Untersuchungstechnik des Kniegelenks bei traumatologischen Fragestellungen,
2. Basiswissen über die Anatomie und normale MR-tomographische Darstellung der Bandstrukturen und Menisci des Kniegelenks,
3. Kenntnis typischer Befunde und Befundmuster bei Verletzungen der Kreuzbänder, Kollateralbänder, Menisci und Gelenkflächen (akute osteochondrale Läsionen),
4. Korrekte Einschätzung der diagnostischen Leistung der MRT bei den oben genannten Fragestellungen.

## Untersuchungstechnik

Zur Untersuchung des Kniegelenks bei traumatologischen Fragestellungen wird der Einsatz ► **wassersensitiver Pulssequenzen** in allen 3 Raumebenen (■ Tab. 1) empfohlen [1]. Am besten geeignet erscheinen intermediär gewichtete (TE = 35–50 ms) Turbo-Spinecho-(TSE-)Sequenzen mit spektraler Fettsuppression (FS = FatSat, SPIR = "spectral presaturation inversion recovery"), die bei gutem Signal-Rausch-Verhältnis gleichzeitig eine hohe Ortsauflösung und einen exzellenten intrinsischen Kontrast ermöglichen. Das Protokoll kann fakultativ durch eine T1-gewichtete Spin-Echo-(SE-)Sequenz<sup>1</sup> in koronarer oder sagittaler Schichtorientierung oder/und eine „knorpelspezifische“ 3D-Sequenz ergänzt werden. Prinzipiell besteht bei diesen Gradientenecho- ► **(GRE-)Sequenzen** ein hoher Kontrast zwischen Knorpel und Gelenkflüssigkeit einerseits und zwischen Knorpel und subchondralem Knochen andererseits. Man unterscheidet Knorpelsequenzen, die dies durch ein niedriges Flüssigkeitssignal („dark fluid“) bei hohem Knorpelsignal erreichen, von solchen mit hohem Flüssigkeitssignal („bright fluid“) bei intermediärer Signalintensität des Knorpels (■ Tab. 2).

Prinzipiell besteht bei diesen Gradientenecho- (GRE-)Sequenzen ein hoher Kontrast zwischen Knorpel und Gelenkflüssigkeit einerseits und zwischen Knorpel und subchondralem Knochen andererseits. Man unterscheidet Knorpelsequenzen, die dies durch ein niedriges Flüssigkeitssignal („dark fluid“) bei hohem Knorpelsignal erreichen, von solchen mit hohem Flüssigkeitssignal („bright fluid“) bei intermediärer Signalintensität des Knorpels (■ Tab. 2).

Die 3D-Technik ermöglicht die Akquisition hochauflösender isotroper Datensätze. Das Fettsignal wird entweder durch einen spektralen Sättigungspuls oder durch eine primär wasserselektive (WE) Anregung eliminiert.

Typische Akquisitionsparameter für MR-Untersuchungen des Kniegelenks sind:

- FOV 160 mm,
- Schichtdicke 3 mm (2D) bzw. ≤1,5 mm (3D),
- erweiterte Matrix (Pixelgröße ≤0,4 mm).

Für die Meniskusdiagnostik können protonendichtegewichtete TSE-Aufnahmen mit einer Schichtdicke ≤2 mm hilfreich sein, die in sagittaler oder koronarer Ebene aufgenommen werden. In den Verlauf des vorderen Kreuzbandes doppelt angulierte Sequenzen können in unklaren Fällen zur Darstellung der Integrität des Bandes eingesetzt werden. Bei genauer Analyse des Bandverlaufs in allen 3 Standardebenen ist der Einsatz dieser Sequenz jedoch nur selten erforderlich [1, 2].

## Kreuzbänder

### Vorderes Kreuzband

Das vordere Kreuzband (VKB) entspringt dorsal von der lateralen Wand der Fossa intercondylaris und verläuft als etwa 11 mm dicke und 35 mm lange Struktur in lateromedialer, kraniokaudaler und dorsoventraler Richtung zum ventralen Anteil der Area intercondylaris der Tibia. Anatomisch und funktio-

<sup>1</sup> Der Verfasser verwendet für die Untersuchung des Kniegelenks eine T1-gewichtete TSE-Sequenz mit Driven-Equilibrium-Impuls (DRIVE, RESTORE, DEFT), bei der durch signalintensive Darstellung von freiem Wasser ein arthrographischer Effekt entsteht. Das Signalverhalten des gewebegebundenen Wassers bleibt dabei weitgehend uneinträchtigt.

► **Wassersensitive Pulssequenzen**

► **GRE-Sequenzen**

Für die Meniskusdiagnostik können protonendichtegewichtete TSE-Aufnahmen mit einer Schichtdicke ≤2 mm hilfreich sein

**Tab. 1** Schichtorientierung bei der MRT des Kniegelenks

Orientierung	Anatomische Landmarke(n)
Sagittal	Senkrecht zur Interkondylarlinie (Tangente an die dorsalen Femurkondylen)
Koronar	Parallel zur Interkondylarlinie Parallel zum Tibiaschaft
Transversal	Senkrecht zur Oberfläche der Patella

**Tab. 2** „Knorpelspezifische“ Pulssequenzen

„Dark fluid“ (vorw. T1-gewichtet)	„Bright fluid“ (vorw. T2*-gewichtet)
SPGR	DESS
FLASH T1	SSFP
FFE T1	FLASH T2*, MEDIC
WATSc	FFET2*
	WATScf
SPGR „spoiled gradient echo“, FLASH „fast low angle shot“, FFE „fast field echo“, WATSc „water-selective/cartilage“, DESS „dual echo steady state“, SSFP „steady state free precession“, MEDIC „multi echo digital image combination“, WATScf „water-selective/fluid“	

nell gesehen, besteht das VKB aus einem anteromedialen (AM) und einem posterolateralen (PL) Faserbündel. Das kräftigere AM-Bündel bleibt bei Flexion gespannt und verhindert die anteriore Tibiatranslation, während das schwächere PL-Bündel durch Anspannung in Extension einer Hyperextension entgegenwirkt. Das VKB liegt wie auch das hintere Kreuzband (HKB) intrakapsulär, aber extrasynovial, ist also von einem synovialen „Schlauch“ umgeben, der es vom eigentlichen Gelenkkavum separiert [2, 3].

MR-tomographisch stellt sich das VKB typischerweise etwas signalreicher als das HKB dar, lässt einen Aufbau aus unterschiedlichen Faserbündeln erkennen und weist am tibialen Ansatzbereich eine fächerförmige Aufspreizung und eine zumeist mehr oder weniger deutliche Signalanhebung auf, die vielfach auf eine Fetteinlagerung zurückgeführt wurde, jedoch auch auf Aufnahmen mit Fettsuppression zu sehen ist. Auf sagittalen MR-Aufnahmen verläuft das intakte VKB parallel zum Dach des Interkondylarraumes (► **Blumensaat-Linie**; [2, 3]).

Rupturen des vorderen Kreuzbandes sind häufige Läsionen, die bei ► **Pivot-Shift-Verletzungen** auftreten, d. h., wenn in Flexionsstellung unter Valgusstress gleichzeitig eine forcierte Außenrotation der Tibia bzw. eine Innenrotation des Femurs erfolgt. Die Läsionen finden sich in mehr als der Hälfte der Fälle im mittleren Bandanteil, seltener in den proximalen oder distalen Abschnitten des VKB. ► **Knöcherner Avulsionen** treten bevorzugt im Kindesalter auf und betreffen fast immer die tibiale Insertion des Bandes, machen aber insgesamt nur etwa 5% aller Fälle aus. Bei Erwachsenen sind sie oft mit weiteren Verletzungen vergesellschaftet und weisen eine relativ ungünstige Prognose auf [2, 3, 4, 5, 6].

Bei der MR-Diagnostik von VKB-Rupturen (► **Abb. 1**) müssen direkte und indirekte Zeichen berücksichtigt werden.

Direkte Zeichen der kompletten VKB-Ruptur sind:

- Diskontinuität bzw. Ausriss der Bandfasern,
- atypische Verlaufsrichtung oder fokale Angulation,
- diffuse Signalanhebung (alle Bildwichtungen),
- aufgehobene Banddarstellung.

Indirekte Zeichen sind topographische Veränderungen infolge der VKB-Insuffizienz oder unmittelbare Folgen des Pivot-Shift-Traumas:

- anteriore Subluxation der Tibia,
- dorsale Subluxation des Außenmeniskushinterhorns,
- vermehrte Angulation des HKB („Seepferdchen-Zeichen“, „Buckling“),
- Knochenkontusionen am posterolateralen Tibiaplateau und lateralen Femurkondylus,
- Impressionsfraktur des lateralen femorokondylären Sulkus,
- Scherverletzung des Hoffa-Fettkörpers,
- Segond-Fraktur = lateraler knöcherner Kapselausriss an der Tibia (selten; [2, 3, 4, 5]).

Die anteriore Subluxation der Tibia kann auf sagittalen Aufnahmen verifiziert werden, indem man eine zur Längsachse der Tibia parallele Tangente an die dorsale kortikale Begrenzung des lateralen Femurkondylus legt und deren Abstand von der dorsalen Oberfläche des Tibiaplateaus misst (► **Abb. 1b**). Eine Distanz von mehr als 5 mm gilt als pathologisch. Schneidet eine dorsal an die Tibia angelegte Tangente das Hinterhorn des Außenmeniskus, ist dies ebenfalls als pathologisch und als indirektes Zeichen einer VKB-Ruptur anzusehen [5]. Die Sensitivität und Spezifität der MRT für die Diagnose einer VKB-Ruptur liegen über 90%. Anhand von gepoolten Daten aus 120 verschiedenen Publikationen konnte für beide Parameter ein Wert von 94% ermittelt werden [7]. Typische Begleit-

Anatomisch und funktionell gesehen, besteht das VKB aus einem anteromedialen (AM) und einem posterolateralen (PL) Faserbündel

- **Blumensaat-Linie**
- **Pivot-Shift-Verletzungen**

- **Knöcherner Avulsionen**

Bei der MR-Diagnostik von VKB-Rupturen müssen direkte und indirekte Zeichen berücksichtigt werden

Die Sensitivität und Spezifität der MRT für die Diagnose einer VKB-Ruptur liegen über 90%



**Abb. 1** ▲ MRT-Befunde bei VKB-Ruptur. **a** Komplette Diskontinuität des VKB, Signalanhebung und atypischer Verlauf der Bandreste [fettgesättigte (fs) intermediär gewichtete TSE-Aufnahme]. **b** Hilfslinien (s. Text) zur Verifikation der anterioren Subluxation der Tibia und dorsalen Subluxation des AM-Hinterhorns (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **c** Hyperangulation des HKB (T1-gewichtete SE-Aufnahme). **d** Korrespondierende Kontusionsareale am lateralen Femurkondylus und posterolateralen Tibiaplateau (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **e** Impressionsfraktur des lateralen femorokondylären Sulkus (Pfeil) mit Stufenbildung im Gelenkflächenniveau und verbreiteter subchondraler Grenzlamelle (T1-gewichtete TSE-Aufnahme mit RESTORE-Impuls). **f** Nicht dislozierter knöcherner VKB-Ausriss an der Tibia (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme)

verletzungen betreffen das mediale Kollateralband, die Hinterhörner des Außen- und Innenmeniskus und die Strukturen der posterolateralen Gelenkecke [2, 3, 4, 5].

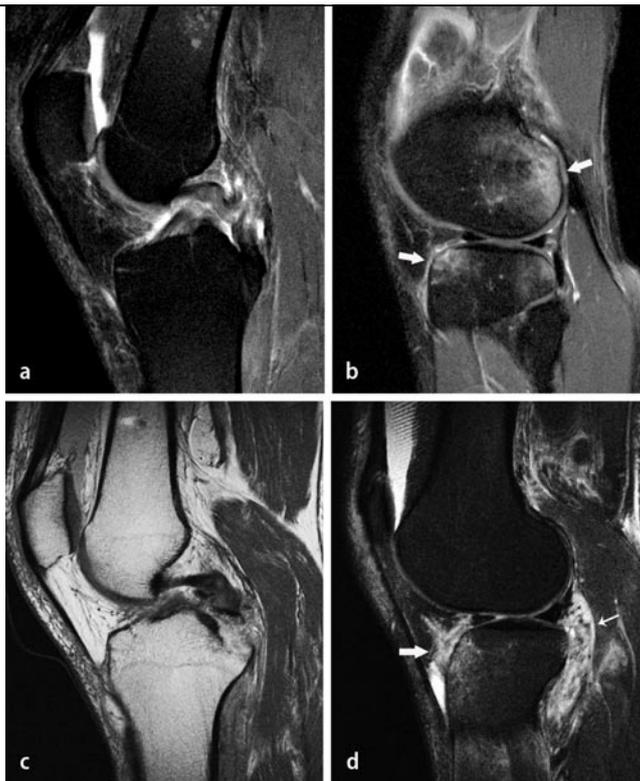
Problematisch bleibt die Diagnose von Partialrupturen des VKB. Diskontinuität oder abnorme Orientierung einzelner Faseranteile, fokale Signalanhebungen und Auftreibungen bei sonst regelrechtem Bandverlauf können hinweisend sein [2, 3]. Vor dem Hintergrund der operativen Rekonstruktion der beiden Faserzüge des VKB („Double-bundle-Technik“) wird die Darstellung isolierter Rupturen des AM- oder PL-Bündels relevant.

### Hinteres Kreuzband

Das hintere Kreuzband (HKB) verläuft von der medialen Wand der Fossa intercondylaris nahezu exakt in der Sagittalebene nach dorsal zur hinteren Area intercondylaris der Tibia. Unter funktionellen Gesichtspunkten können stärkere Faserbündel, die femoral ventral entspringen, in Flexionsstellung gespannt sind und sich in Extensionsstellung entspannen, und schwächere, die femoral dorsal ent-

Die Diagnose von Partialrupturen des VKB ist problematisch

**Abb. 2** ▶ MRT-Befunde bei HKB-Ruptur. **a** Komplettruptur im mittleren Bandabschnitt (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **b** Kontusionsareale dorsal im lateralen Femurkondylus und anterolateral im Tibiaplateau (Pfeile) bei HKB-Ruptur nach Hyperflexionstrauma (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **c, d** Armaturenbrettverletzung. **c** Tibiasseitiger knöcherner Ausriss des HKB (T1-gewichtete TSE-Aufnahme mit RESTORE-Impuls). **d** Anteriores tibiales Kontusionsareal (dicker Pfeil) und Popliteus-Abriss (dünner Pfeil) als assoziierte Verletzung (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme)



springen und in Extensionsstellung gespannt sind, differenziert werden. Bei etwa gleicher Länge ist das HKB mit einem Durchmesser von etwa 13 mm kräftiger und rissfester als das VKB [2, 3].

Auf 1–2 konsekutiven sagittalen MR-Aufnahmen in Höhe der Interkondylarregion wird das intakte HKB im gesamten Verlauf als homogen signalarme Struktur dargestellt, die, entsprechend der Entspannung seiner dominanten Faseranteile in Streckstellung, einen harmonischen, bogenförmigen Verlauf aufweist. Vor und hinter dem HKB können sich das Lig. meniscofemorale anterius (Humphrey) und das Lig. meniscofemorale posterius (Wrisberg) als signalarme Strukturen darstellen, die dem Band direkt anliegen oder von ihm durch Fettgewebe separiert sein können [2, 3]. Verletzungen des HKB sind wesentlich seltener als die des VKB und treten zumeist in Kombination mit anderen Gelenkläsionen auf. Ursächlich können sowohl Hyperextensions- als auch Hyperflexionstraumen sein. Bei der klassischen **„Armaturenbrettverletzung“** resultiert die HKB-Ruptur aus einer forcierten posterioren Translation der Tibia relativ zum Femur bei direktem Anprall und flektiertem Kniegelenk. Femorale oder tibiale knöcherne Ausrisse treten etwa bei 7% aller Verletzungen des hinteren Kreuzbandes auf [5, 6].

Die MR-tomographischen Direktzeichen der Komplettruptur des HKB (■ **Abb. 2a**) entsprechen denen der VKB-Ruptur:

- Diskontinuität bzw. Ausriss der Bandfasern,
- atypische Verlaufsrichtung,
- diffuse Signalanhebung [2, 3, 5].

Als indirekte Zeichen können Knochenkontusionen nachweisbar sein, die nach Hyperflexionstraumen im posterioren Anteil des lateralen Femurkondylus und im anterolateralen Tibiaplateau (■ **Abb. 2b**), nach Hyperextensionstraumen im vorderen Anteil der Femurkondyle und korrespondierend im anterolateralen Tibiaplateau („kissing contusions“) lokalisiert sind. Nach „Armaturenbrettverletzungen“ findet sich oft eine mehr oder weniger ausgedehnte Kontusionszone im anterioren tibialen Anprallbereich (■ **Abb. 2c, d**; [2, 5]). Die Sensitivität und Spezifität der MRT liegen bezüglich der Detektion kompletter Rupturen des HKB über 90%. In der oben bereits erwähnten Analyse von Literaturdaten wurden eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von 99% ermittelt [7]. Typische assoziierte Verletzungen der HKB-Ruptur sind Läsionen des VKB, des medialen Kollateralbandes und des Innenmeniskus. Nach massiven Hyperextensionstraumen können auch Disrupti-

Das HKB ist kräftiger und rissfester als das VKB

Verletzungen des HKB sind wesentlich seltener als die des VKB und treten zumeist in Kombination mit anderen Gelenkläsionen auf

#### ▶ Armaturenbrettverletzung

Die MR-tomographischen Direktzeichen der Komplettruptur des HKB entsprechen denen der VKB-Ruptur

Typische assoziierte Verletzungen der HKB-Ruptur sind Läsionen des VKB, des medialen Kollateralbandes und des Innenmeniskus

onen der posterolateralen Gelenkstrukturen, popliteale neurovaskuläre Verletzungen und Läsionen des M. gastrocnemius vorliegen [5].

## Kollateralbänder

### Mediales Kollateralband

Der mediale Kapsel-Band-Apparat des Kniegelenks setzt sich aus 3 verschiedenen Faserschichten zusammen. Oberflächlich findet sich zunächst die Fortsetzung der kruralen Faszie. Darunter liegt der oberflächliche und kräftigere Anteil des medialen Kollateralbandes (MKB), der sich von etwa 10 cm proximal des medialen Epikondylus des Femurs nach kaudal bis zur proximalen Tibiametaphyse erstreckt. Die tiefste Schicht entspricht dem tiefen Anteil des MKB, der auch als Kapselband bezeichnet wird, da er im Prinzip die Fortsetzung der Gelenkkapsel im medialen Bereich darstellt. Dieser Anteil weist über seine meniskofemorale und meniskotibiale Faserzüge (► **Lig. coronare**) Verbindungen zum Innenmeniskus auf. Das MKB ist also sowohl mit der Gelenkkapsel als auch mit dem Innenmeniskus verwachsen. Allerdings sind die 3 Schichten des medialen Halteapparats nur in seinem mittleren Drittel vollständig voneinander separierbar. Nach ventral verschmelzen die beiden oberflächlichen Schichten, um sich in das mediale Retinakulum fortzusetzen, nach dorsal verschmelzen die beiden tiefen Schichten zum Lig. obliquum posterius (Lig. collaterale mediale posterius; [2, 3, 8, 9]).

Verletzungen des MKB sind relativ häufig, können mit anderen Gelenkläsionen (z. B. VKB-Ruptur) kombiniert sein, nach Traumen mit reinem Valgusstress („clip injury“) aber auch isoliert auftreten. Die tiefen Anteile des MKB reißen dabei in der Regel zuerst. Rupturen der oberflächlichen Anteile sind seltener und betreffen bevorzugt die proximale Portion des Bandes [3, 8, 9]. Das MKB ist MR-tomographisch am besten auf PD- oder intermediär gewichteten Aufnahmen in koronarer Schichtorientierung beurteilbar. Bei entsprechend hoher Ortsauflösung können seine oberflächlichen und tiefen Anteile einschließlich des Lig. coronare differenziert dargestellt werden.

Verletzungen des MKB (■ **Abb. 3**) können folgendermaßen graduiert werden:

- Grad 1 = „Überdehnung“ bzw. Mikroruptur: umgebende Signalanhebungen bei intakten Bandfasern,
- Grad 2 = Partialruptur: partielle Diskontinuität, intrinsische Signalanhebungen, Auftreibung, Abhebung vom Knochen,
- Grad 3 = Komplettruptur: vollständige Diskontinuität [2, 3, 8].

Begleitende Knochenkontusionen können abhängig vom Traumamechanismus sowohl medial als auch lateral lokalisiert sein [8]. Der mediale Meniskus sollte bezüglich Zeichen einer meniskokapsulären Separation oder einer Rissbildung (s. unten) analysiert werden.

### Laterales Kollateralband

Das laterale Kollateralband (LKB) ist Teil eines Komplexes, der von der Gelenkkapsel, den Sehnen des M. biceps femoris und M. popliteus, dem Tractus iliotibialis und dem Lig. arcuatum gebildet wird und das Kniegelenk anterolateral und posterolateral stabilisiert. Das LKB selbst ist im Querschnitt nahezu rund und verläuft etwa 1 cm von der Gelenkkapsel separiert vom Epikondylus lateralis des Femurs schräg nach dorsal und etwas nach lateral zum Fibulaköpfchen, wo es mit der ► **Sehne des M. biceps femoris** verschmolzen ansetzt. Die Fasern des LKB liegen hierbei ventral von denen der Bizepssehne [2, 3, 10]. Verletzungen des LKB sind sehr viel seltener als die des MKB und sind praktisch immer mit anderen Läsionen (Kapselverletzung, Segond-Fraktur, Rupturen der Bizeps- oder Popliteussehne, Kreuzbandrupturen) kombiniert [10].

Aufgrund seiner schrägen Verlaufsrichtung und seiner komplexen Beziehung zu den benachbarten Stabilisatoren ist es ratsam, das LKB grundsätzlich auf MR-Aufnahmen in allen 3 Raumebenen zu identifizieren. Partial- und Komplettrupturen (■ **Abb. 4**) werden analog zu denen des MKB klassifiziert. Zudem kann das Band gemeinsam mit der Bizepssehne and der Fibulaspitze knöchern ausreißen [2, 3, 10].

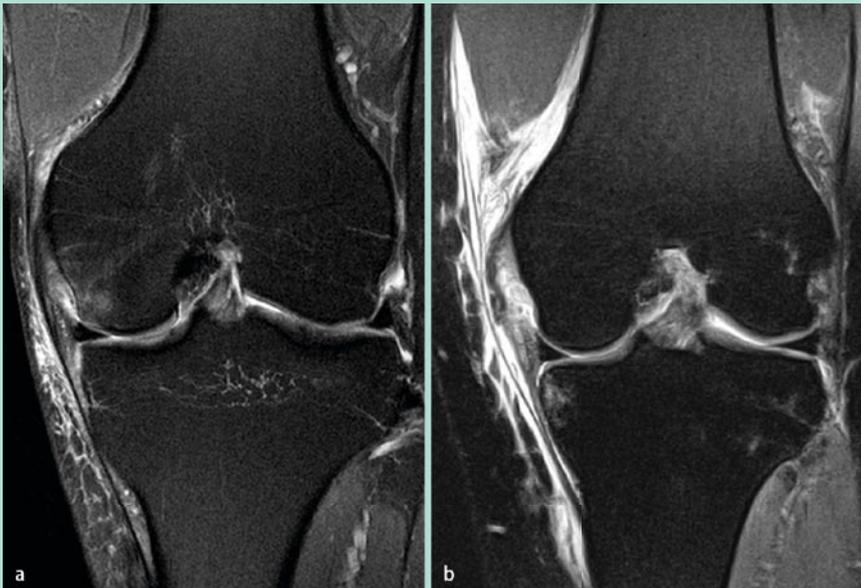
#### ► Lig. coronare

Das MKB ist sowohl mit der Gelenkkapsel als auch mit dem Innenmeniskus verwachsen

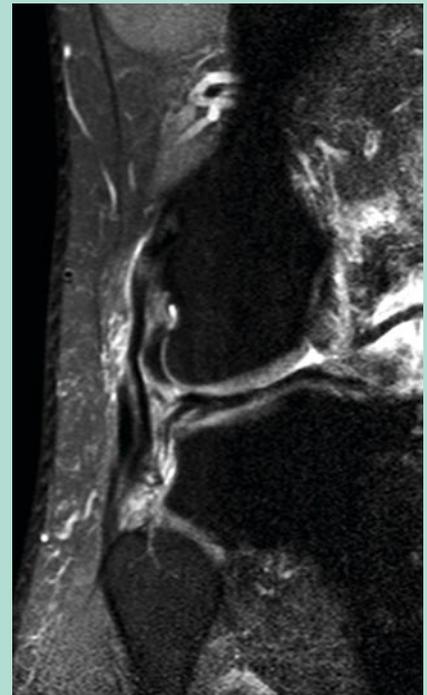
Das MKB ist MR-tomographisch am besten auf PD- oder intermediär gewichteten Aufnahmen in koronarer Schichtorientierung beurteilbar

#### ► Sehne des M. biceps femoris

Verletzungen des LKB sind seltener als die des MKB und treten praktisch nie isoliert auf



**Abb. 3** ▲ MKB-Verletzungen (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahmen). **a** Vorwiegend den tiefen Anteil des Bandes betreffende Partialruptur. **b** Komplettruptur



**Abb. 4** ▲ Distaler Abriss des LKB (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme)

## Menisci

Die aus Faserknorpel aufgebauten Menisci ergänzen die kraftübertragenden Flächen von Femur und Tibia, dienen der lokalen Druckentlastung und tragen durch Vergrößerung der Gelenkoberfläche zum Erhalt des hyalinen Gelenkknorpels bei [2, 3, 11]. Der ovaläre ► **Innenmeniskus** (IM) ist mit dem MKB verwachsen und größer als der beweglichere und mehr C-förmig konfigurierte ► **Außenmeniskus** (AM). Am zentralen Tibiaplateau sind die Menisci über jeweils eine vordere und hintere Meniskuswurzel fixiert, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu den tibialen Insertionen des VKB und HKB gelegen sind. Die Vorderhörner der Menisci sind durch das quer verlaufende Lig. transversum verbunden. Das Hinterhorn des AM weist ligamentäre Verbindungen zum HKB und (inkonsistent) zum medialen Femurkondylus (Ligg. mensicofemoralia) auf [2, 3, 9, 11, 12].

Auf sagittalen MR-Aufnahmen sind das Vorder- und Hinterhorn, auf koronaren Aufnahmen die Pars intermedia der Menisci jeweils dreieckförmig konfiguriert. Während sich das Hinterhorn des IM im Sagittalschnitt größer als das Vorderhorn darstellt, sind das Vorder- und Hinterhorn des AM annähernd gleich groß. In Höhe der Pars intermedia stellen sich die Menisci auf sagittalen Aufnahmen mit einer Schichtdicke von 3–4 mm auf mindestens 2 konsekutiven Schichten als kontinuierliche Strukturen vom Vorderhorn zum Hinterhorn dar. Da die Form der Menisci in diesem Bereich der einer Fliege (Kleidungsstück) ähnelt, wird dieser Befund auch als ► **„bow-tie-sign“** bezeichnet. Idealerweise stellt sich das Meniskusgewebe MR-tomographisch homogen signalarm dar. Meniskusrisse können auf sagittalen Bildern z. B. im Bereich der Übergänge der Vorderhörner zum Lig. transversum, durch den Politeusschlitz sowie durch Partialvolumeneffekte am konkaven äußeren Rand der Menisci vorgetäuscht werden. Diese anatomischen Pitfalls sind durch die Analyse benachbarter Schichten und unterschiedlicher Schichtorientierungen jedoch in der Regel als solche zu identifizieren [2, 3, 11, 12, 13].

Die Ätiologie von Meniskusrissen kann primär traumatisch oder primär degenerativ sein. Der IM ist häufiger betroffen als der AM, wobei das Hinterhorn eine Prädilektionsstelle darstellt. Risse werden wie folgt klassifiziert (■ **Abb. 5**):

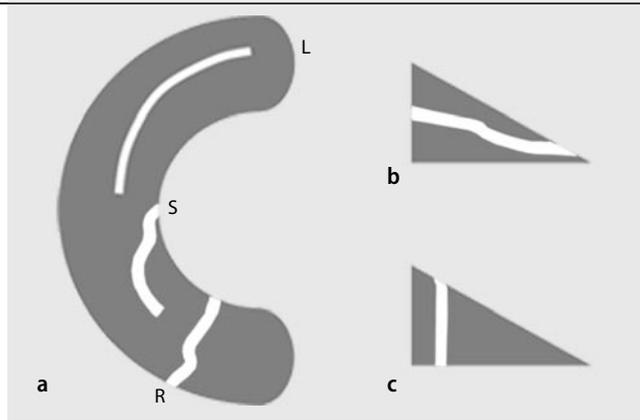
- bezogen auf die Längsachse des Meniskus:
  - Longitudinalriss,
  - Radiärriss,
  - Schrägriss („flap tear“ oder „Lappenriss“);

- **Innenmeniskus**
- **Außenmeniskus**

Am zentralen Tibiaplateau sind die Menisci über jeweils eine vordere und hintere Meniskuswurzel fixiert

- **Bow-tie-sign**

Der IM ist häufiger von Rissen betroffen als der AM



**Abb. 5** ◀ Klassifikation von Meniskusrissen. **a** Longitudinaler (L), schräger (S) und radiärer (R) Rissverlauf. **b** Horizontaler Riss. **c** Vertikaler Riss

- bezogen auf die Raumebene:
  - Vertikalriss,
  - Horizontalriss.

- ▶ **Traumatische Meniskusrisse**
- ▶ **Komplexe Risse**

- ▶ **Mukoide Binnendegeneration**

- ▶ **Dislozierte Lappenrisse**

Die diagnostische Leistung der MRT für die Detektion von Läsionen des IM und AM ist unterschiedlich

Korbhenkelrisse machen einen Anteil von etwa 10% aller Meniskusrisse aus

Der Korbhenkelriss gehört zu den am häufigsten fehldiagnostizierten Läsionen am Kniegelenk

Während ▶ **traumatische Meniskusrisse** eher vertikal orientiert sind, weisen solche mit primär degenerativer Ätiologie zumeist eine horizontale Ausrichtung auf. Als ▶ **komplexe Risse** bezeichnet man Läsionen, die mehr als eine Verlaufsrichtung aufweisen. Bei vertikal verlaufenden Rissen ist des Weiteren von Relevanz, ob es sich um eine Läsion der peripheren („roten“) oder zentralen Meniskuszone handelt, da im Erwachsenenalter nur Läsionen der vaskularisierten, peripheren Zone rekonstruktiv behandelt werden können [2, 3].

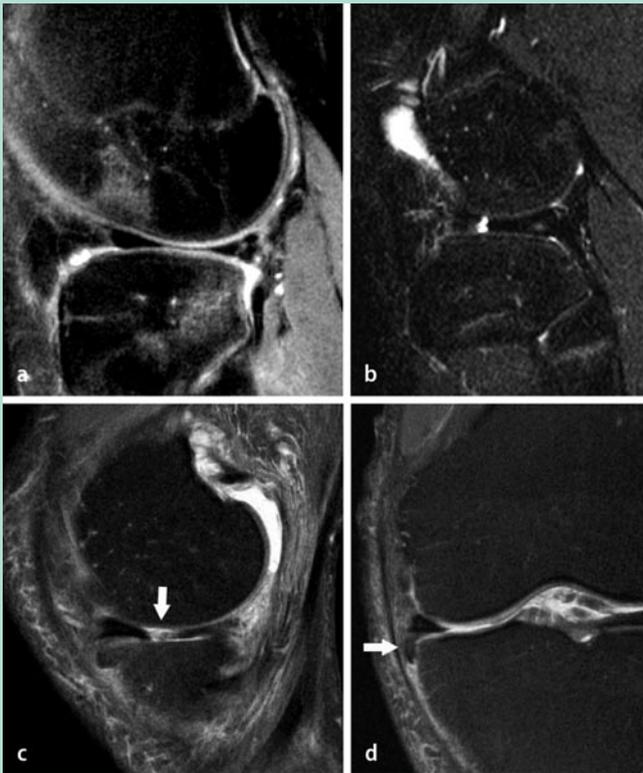
Nicht dislozierte Meniskusrisse stellen sich MR-tomographisch als lineare Signalanhebungen mit Kontakt zu einer oder mehreren Mensikusoberflächen dar und müssen gegenüber der häufigen ▶ **mukoiden Binnendegeneration** des Faserknorpels (rundliche oder lineare Signalanhebung ohne Oberflächenkontakt) abgegrenzt werden (■ **Abb. 6a, b**; [2]). Dislozierte Meniskusanteile sind zum einen daran zu erkennen, dass einem Abschnitt des Meniskus ein signalarmes Fragment aufgelagert oder angelagert ist, zum anderen daran, dass an einer anderen Stelle ein Defekt vorliegt, also ein Teil des Meniskus „fehlt“. Häufig übersehen werden insbesondere nach kaudal ▶ **dislozierte Lappenrisse** (■ **Abb. 6c, d**), die oft von der Pars intermedia des IM ausgehen [13]. Die diagnostische Leistung der MRT für die Detektion von Läsionen des IM und AM ist unterschiedlich. So liegen die gemittelten Sensitivitäten und Spezifitäten (gepoolte Daten) für IM-Risse bei 93 und 88% und für AM-Risse bei 79 und 96% [7]. Bei Patienten mit einer VKB-Ruptur ist die Sensitivität der MRT bezüglich der Menisci allerdings geringer. Insbesondere kleine periphere Risse im Hinterhorn des AM entgehen hier nicht selten dem Nachweis [14].

### Korbhenkelriss

Der Korbhenkelriss ist ein longitudinal verlaufender Vertikalriss, bei dem der freie Rand des Meniskus nach medial disloziert ist und zu Blockierungs- bzw. Einklemmungserscheinungen führen kann. Korbhenkelrisse machen einen Anteil von etwa 10% aller Meniskusrisse aus. Der IM ist häufiger betroffen als der AM. Trotz der zumeist eindeutigen Veränderungen in der MRT und der unmittelbaren operativen Konsequenzen der Diagnose gehört der Korbhenkelriss zu den am häufigsten fehldiagnostizierten Läsionen am Kniegelenk [2, 3, 13, 14].

Folgende MR-Befunde (■ **Abb. 7**) gelten als typisch:

- sagittale Schnittführung:
  - Diskontinuität der Pars intermedia („absent bow-tie“),
  - verändertes Größenverhältnis zwischen Vorder- und Hinterhorn,
  - Auflagerung eines Fragments auf das Vorderhorn („flipped meniscus“),
  - fehlende Dreiecksform/Verkürzung des Meniskus,
  - nach medial verlagertes signalarmes Fragment vor dem HKB („double PCL“);
- koronare Schnittführung:
  - fehlende Dreiecksform/Verkürzung des Meniskus („truncated meniscus“),
  - signalarmes Fragment im Interkondylarraum („fragment in notch“);



**Abb. 6** ▲ Meniskusläsionen (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahmen). **a** Komplexer Riss des AM-Hinterhorns mit vertikaler und horizontaler Komponente (bei VKB-Ruptur). **b** Radiärer Riss am Übergang vom Vorderhorn zur Pars intermedia des AM. **c, d** Dislozierter Lappenriss (Flap) der Pars intermedia des IM. **c** Sagittale Aufnahme: Defektzone in der Pars intermedia (Pfeil). **d** Koronare Aufnahme: nach kaudal umgeschlagenes Meniskusfragment (Pfeil)



**Abb. 7** ▲ Korbhenkelriss des IM. **a** Verkürztes Meniskusvorderhorn (sagittale, intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **b** Scheinbare „Verdopplung“ des HKB („Double-PCL-Zeichen“) durch signalarmes Fragment ventral des Bandes (sagittale T1-gewichtete SE-Sequenz mit RESTORE-Impuls). **c** Aufgehobene Dreiecksform und Verkürzung der Pars intermedia sowie nach medial disloziertes Korbhenkelfragment (koronare intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **d** Darstellung der Korbhenkelform im transversalen Schnitt (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme)

- transversale Schnittführung:
  - direkte Visualisierung der Korbhenkeldeformität (inkonstant; [2, 3, 13]).

### Meniskuswurzelsriss

Als Meniskuswurzelsrisse bezeichnet man Abrisse der Menisci im Bereich ihrer tibialen Insertionen, die relevante Verletzungen darstellen, da sie zur Instabilität des Meniskus führen. Bisher wurden nur Läsionen der hinteren Wurzeln des IM und AM beschrieben. Bei Patienten mit VKB-Rupturen ist die posteriore Wurzel des AM häufiger betroffen als die des IM. Mediale Meniskuswurzelsläsionen sind nicht selten mit degenerativen Gelenkveränderungen assoziiert [11, 12].

MR-tomographisch ist die Diskontinuität im Bereich der tibialen Insertion des betroffenen Meniskus (■ **Abb. 8**) am besten auf koronaren und transversalen MR-Aufnahmen erkennbar. Sekundär kann es zur medialen/lateralen Subluxation (Extrusion) des Meniskus kommen. Die Pars intermedia überragt dann auf koronaren Aufnahmen die mediale (IM) bzw. laterale (AM) knöcherne Begrenzung des Tibiaplateaus [11, 12].

### Meniskokapsuläre Separation

Bei der meniskokapsulären Separation reißt der periphere Anteil des IM medial und/oder dorsal von der Gelenkkapsel ab. Konsekutiv kann es zu einer klinisch relevanten Hypermobilität des Meniskus kommen. Die Diagnose ist MR-tomographisch schwierig zu stellen und macht eine exakte Darstellung der medialen meniskokapsulären Strukturen erforderlich. Differenzialdiagnosen sind der peri-

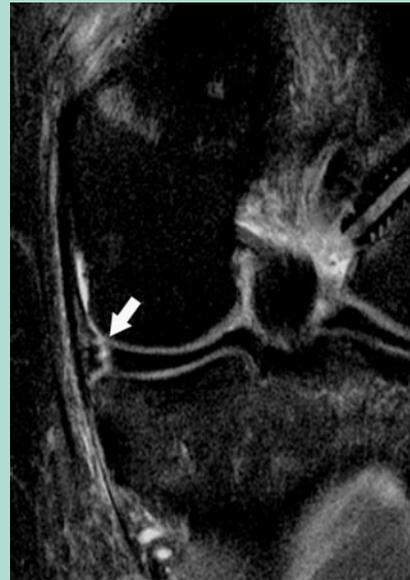
Bei Patienten mit VKB-Rupturen ist die posteriore Wurzel des AM häufiger betroffen als die des IM

Sekundär kann es zur medialen/lateralen Subluxation des Meniskus kommen

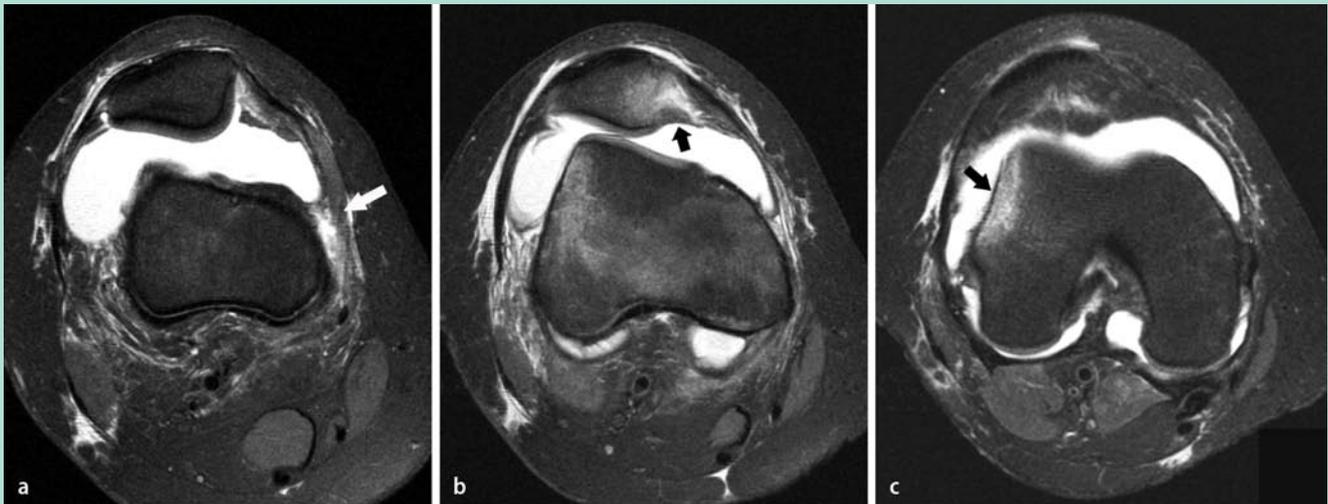
Die Diagnose ist MR-tomographisch schwierig zu stellen und macht eine exakte Darstellung der medialen meniskokapsulären Strukturen erforderlich



**Abb. 8** ◀ Traumatischer Meniskuswurzelriss. Ausriss der hinteren Wurzel des IM (Pfeil) mit umschriebenen ödemähnlichen Veränderungen an der tibialen Insertionsstelle (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme; H hinteres Kreuzband)



**Abb. 9** ◀ Mediale meniskokapsuläre Separation (Pfeil) bei Ruptur nach VKB-Plastik. Irregularität der Außenkontur des IM und lineare Signalanhebung zwischen Meniskuskörper und Kapsel (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme)



**Abb. 10** ▲ Traumatische laterale Patellaluxation (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahmen). **a** Lateralisation der Patella, femoraler Abriss des MPFL (Pfeil). **b** Kontusionen inferomedial an der Patella (Pfeil) und **c** am lateralen Femurkondylus (Pfeil). Hämarthros mit Spiegelbildung. Hypoplastisch angelegte Trochlea

phäre Vertikalriss des IM und die Ruptur der meniskofemorale oder/und meniskotibiale Extensionen des Kapselbandes (s. oben; [2, 9]).

Folgende MRT-Befunde (■ **Abb. 9**) können auf eine meniskokapsuläre Separation hindeuten:

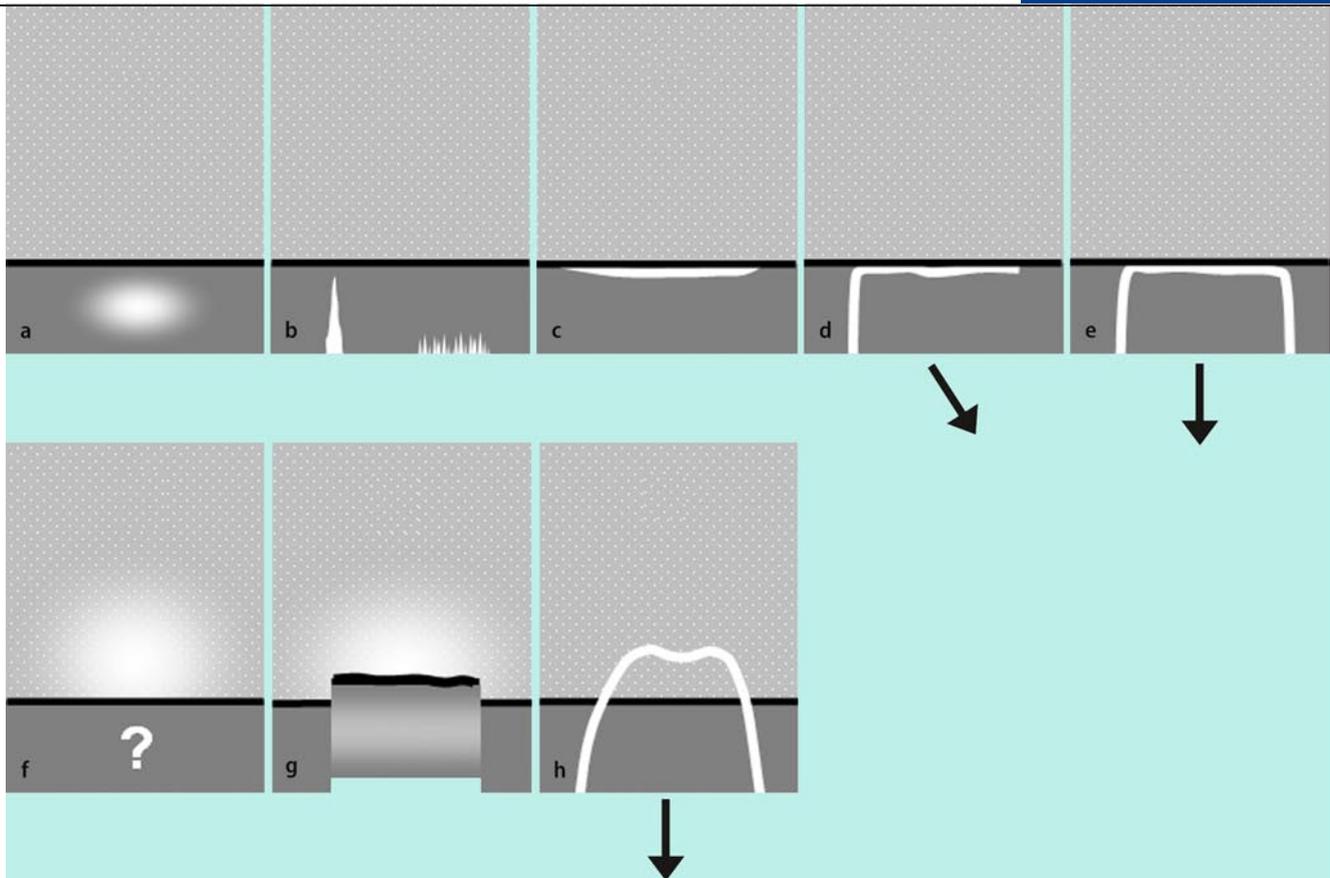
- flüssigkeitsäquivalentes Signal zwischen Meniskus und Kapsel,
- kapselseitig irreguläre Meniskuskontur,
- Dislokation des Meniskus,
- Distanzierung des Meniskus vom MKB,
- Meniskuseckenabriss [9].

### Traumatische laterale Patellaluxation

Traumatische Luxationen der Patella treten bei ▶ **Verdrehttraumen** des Kniegelenks auf und betreffen vorwiegend junge, aktive Personen. Bei fixierter Tibia und gleichzeitiger Flexion und Innenrotation des Femurs kommt es durch Kontraktion des M. quadriceps femoris zur Luxation der Patella nach lateral und konsekutiv häufig zur Überdehnung oder Ruptur des medialen patellofemorale Ligaments (MPFL) und/oder medialen Retinakulums. Das MPFL gilt als wichtigster medialer Stabilisator der Kniescheibe, dessen Schädigung eine chronische Instabilität nach sich ziehen kann. Die

#### ▶ **Verdrehttraumen**

Das MPFL gilt als wichtigster medialer Stabilisator der Kniescheibe, dessen Schädigung eine chronische Instabilität nach sich ziehen kann



**Abb. 11** ▲ Osteochondrale Läsionen. **a** Knorpelkontusion, **b** Fissurierung/Fibrillation, **c** Delaminierung, **d** „Knorpel-Flap“, **e** chondrale „Flake-Fraktur“, **f** (Knorpel-)Knochen-Kontusion, **g** osteochondrale Impaktation, **h** osteochondrale „Flake-Fraktur“

traumatische laterale Patelladislokation ist zumeist transient, reponiert sich also unmittelbar spontan, und bleibt in bis zu drei Viertel der Fälle klinisch inapparent [2, 5, 15, 16].

MR-tomographisch sind das patellofemorale Gelenk und seine medialen Weichteilstrukturen am besten auf transversalen Aufnahmen beurteilbar. Das normale MPFL zieht vom oberen Anteil der medialen Patella nahezu horizontal zum Tuberculum adductorium des Femurs. Es liegt dabei direkt unter den schräg verlaufenden kaudalen Fasern des M. vastus medialis. Kaudal davon findet man das mediale Retinaculum patellae, in dessen Höhe der Muskel auf transversalen Aufnahmen nicht mehr sichtbar ist [5, 15].

Folgende MRT-Befunde (■ **Abb. 10**) sind typische Folgen einer stattgehabten traumatischen lateralen Patellaluxation:

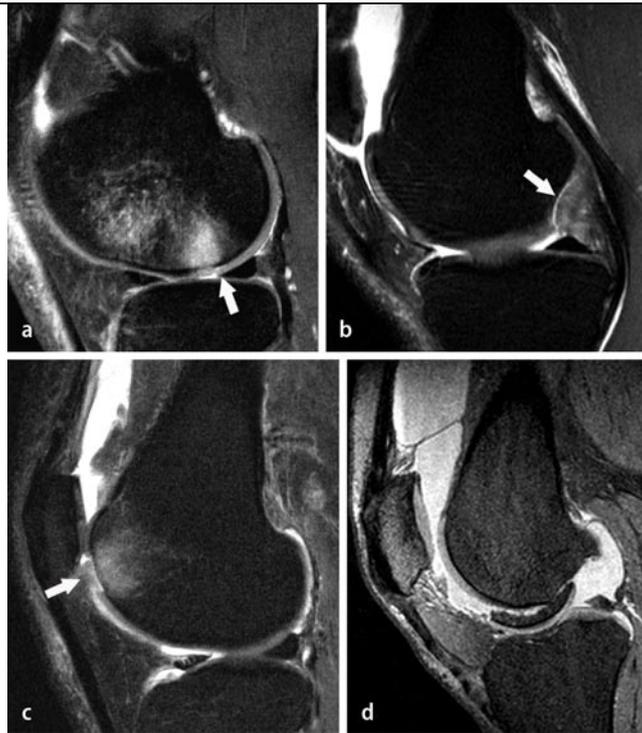
- Lateralisation der Patella,
- Kontusion/osteochondrale Verletzung an der inferomedialen Patella,
- ggf. freies osteochondrales Fragment,
- Kontusion/Impressionsfraktur am lateralen Femurkondylus (ventral),
- Überdehnung, Partial- oder Kompletttraktur der MPFL (meist femurnah),
- knöcherner Avulsion des MPFL vom Tuberculum adductorium (selten),
- Überdehnung, Partial- oder Kompletttraktur des medialen Retinakulums (meist patellanah oder im mittleren Anteil),
- Abhebung des M. vastus medialis vom medialen Femurkondylus [2, 5, 15, 16].

### Chondrale und osteochondrale Verletzungen

Chondrale und osteochondrale Verletzungen sind relativ häufige Folgen von Kniegelenktraumen, die oft mit Band- und/oder Meniskusläsionen vergesellschaftet sind, in etwa einem Viertel der Fälle aber isoliert ohne jegliche Begleitverletzung auftreten. Akute Läsionen der Gelenkflächen entstehen durch direkte Gewalteinwirkung sowie durch Traumen mit Scher- und Rotationsbewegungen [17,

Das MPFL liegt auf transversalen Aufnahmen direkt unter den kaudalen Fasern des M. vastus medialis

Akute Läsionen der Gelenkflächen entstehen durch direkte Gewalteinwirkung sowie durch Traumen mit Scher- und Rotationsbewegungen



**Abb. 12** ◀ Osteochondrale Läsionen. **a** Delaminierende Knorpelverletzung am lateralen Femurkondylus (Pfeil) mit signalintensiver Linie zwischen Knorpel und Knochen und hemisphärisch konfigurierter ödemähnlicher Zone im subchondralen Knochenmark (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahme). **b** „Knorpel-Flap“ (Pfeil) am medialen Femurkondylus (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahmen). **c** Chondrale „Flake-Fraktur“ (Pfeil) mit geographischer subchondraler Kontusionszone am lateralen Femurkondylus (fs intermediär gewichtete TSE-Aufnahmen). **d** Osteochondrale Fraktur mit großem freiem Fragment (WE-3D-DESS-Aufnahme)

18, 19]. Während rein chondrale Verletzungen eher bei Erwachsenen vorkommen, sind osteochondrale Läsionen typische Verletzungen des Kindesalters [17, 19]. Häufigste Lokalisationen am Kniegelenk sind die Belastungszonen der Femurkondylen und die Patella [19].

Unter den ► **rein chondralen Verletzungen** (▣ **Abb. 11a–e**) fasst man Knorpelkontusionen (können später zu Knorpeldegeneration und Knorpelverlust führen), Fissuren und oberflächliche Fibrillationen, Delaminierungsverletzungen, „Knorpel-Flaps“ und „Knorpel-Flakes“ (chondrale Frakturen) zusammen. Bei Delaminierungsverletzungen kommt es zu einer Ablösung des Gelenkknorpels vom subchondralen Knochen im Bereich der Kalzifikationszone („tidemark“). Tritt eine vertikal verlaufende Fissur hinzu, entsteht ein „Knorpel-Flap“, bei dem das Knorpelfragment nur noch an einer Seite dem ortständigen Knorpel anhaftet. Bei vollständiger Ablösung entspricht der Befund einer chondralen „Flake-Fraktur“ mit freiem Fragment [17, 19, 20]. Derartig entstandene, tiefe Knorpeldefekte sind im Gegensatz zu degenerativen Läsionen typischerweise scharf begrenzt und weisen vertikal zum Knochen verlaufende Ränder auf [18, 19].

► **Akute osteochondrale Verletzungen** (▣ **Abb. 11f–h**) reichen von Knorpel-Knochen-Kontusionen über Impaktionsverletzungen bis zu osteochondralen „Flake-Frakturen“. Typisches Beispiel einer osteochondralen Impaktionsverletzung am Kniegelenk ist die Impressionsfraktur des femorokondylären Sulkus des lateralen Femurkondylus bei VKB-Ruptur [17, 18].

► **Oberflächendefekte des Gelenkknorpels** sind sowohl mittels PD/T2-gewichteten TSE-Sequenzen als auch mit „knorpelspezifischen“ 3D-GRE-Sequenzen mit einer Sensitivität von über 90% detektierbar, werden bezüglich ihrer Ausdehnung jedoch eher unterschätzt [2, 18]. Zum Nachweis intrinsischer Knorpelläsionen, wie bei Kontusionen oder Erweichungen, ist die TSE-Technik besser geeignet [18]. Oberflächliche Fibrillationen, Fissuren, „Knorpel-Flaps“ und Delaminierungen (▣ **Abb. 12a, b**) können dem MR-tomographischen Nachweis insbesondere bei zu geringer Ortsauflösung der verwendeten Pulssequenzen entgehen [18]. Bei Delaminierungsverletzungen findet sich auf PD/T2-gewichteten Aufnahmen eine signalintensive Linie zwischen Knorpel und subchondraler Grenzlamelle (▣ **Abb. 12a**; [19]). Osteochondrale Verletzungen gehen in 70–80% der Fälle mit ödemähnlichen Signalveränderungen im Knochenmark einher. Insbesondere wenn die signalalterierte Zone unmittelbar subchondral gelegen ist und eine geographische bzw. hemisphärische Anordnung aufweist (▣ **Abb. 12a, c**), ist daher auch bei vermeintlich unauffälliger Darstellung des Knorpelüberzugs eine Knorpelläsion zu vermuten, die sich erst im weiteren Verlauf als Defektzone zu erkennen geben kann [18, 19]. Bei ► **Impaktionsverletzungen** ist neben der Deformierung der Gelenkfläche oft eine Verdickung, unregelmäßige Konturierung oder Stufenbildung der signalarmen subchondralen Grenzlamelle erkennbar [17]. Nach osteochondralen „Flake-Frakturen“ (▣ **Abb. 12d**)

### ► Rein chondrale Verletzungen

Traumatische Knorpeldefekte sind im Gegensatz zu degenerativen Läsionen typischerweise scharf begrenzt

### ► Akute osteochondrale Verletzungen

### ► Oberflächendefekte des Gelenkknorpels

Osteochondrale Verletzungen gehen in 70–80% der Fälle mit ödemähnlichen Signalveränderungen im Knochenmark einher

### ► Impaktionsverletzungen

ist das Knorpel-Knochen-Fragment MR-tomographisch zumeist als freier Gelenkkörper identifizierbar [17, 18].

## Fazit für die Praxis

Die MRT des Kniegelenks bei traumatischen Fragestellungen sollte standardisiert unter Verwendung hochauflösender wassersensitiver Pulssequenzen in allen 3 Raumebenen erfolgen, um eine ausreichende Beurteilbarkeit aller relevanten Gelenkstrukturen zu ermöglichen. Verletzungen der Kreuzbänder können unter Berücksichtigung direkter und indirekter Zeichen diagnostiziert werden und sind oft mit relevanten Läsionen anderer Strukturen assoziiert, die MR-tomographisch erfasst werden müssen. Meniskusrisse müssen detektiert, korrekt klassifiziert und, wenn möglich, bezüglich ihrer Stabilität beurteilt werden. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf dislozierte Meniskusanteile gerichtet werden. Die klinisch oft inapparente transiente Patellarluxation kann mittels MRT anhand ihres typischen Befundmusters erkannt werden. Die Integrität des MPFL und des patellaren Gelenkknorpels stellen dabei klinisch relevante Informationen dar. Chondrale und osteochondrale Verletzungen sind relativ häufige Folgen von Kniegelenkstraumen, die der MR-tomographischen Beschreibung nicht entgehen sollten. Bei Nachweis geographischer ödemähnlicher Areale im subchondralen Knochen sollte gezielt nach einem Knorpelschaden gesucht werden bzw. auch bei vermeintlich unauffälligem Erscheinungsbild eine Knorpelläsion vermutet werden.

## Korrespondenzadresse

PD Dr. K. Wörtler



Institut für Röntgendiagnostik, Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar, Ismaninger Straße 22, 81675 München  
woertler@roe.med.tum.de

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

## Literatur

- AG muskuloskeletale Radiologie der DRG (2006) Von der Arbeitsgemeinschaft muskuloskeletale Radiologie der Deutschen Röntgengesellschaft empfohlene Protokolle für MRT-Untersuchungen der Gelenke und Wirbelsäule. RÖFO Fortschr Röntgenstr 178: 128–130
- Wörtler K (2006) Kniegelenk. In: Rummeny EJ, Reimer P, Heindel W (Hrsg) Ganzkörper-MR-Tomographie. Thieme, Stuttgart New York, S 522–540
- Glaser C, Trumm C, Scheidler J, Heuck A (2006) Meniskus- und Bandläsionen. Radiologe 46: 26–35
- Tung GA, Davis LM, Wiggins ME, Fadale PD (1993) Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging. Radiology 188: 661–667
- Sanders TG, Medynski MA, Feller JF, Lawhorn KW (2000) Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. RadioGraphics 20: 135–151
- Mellado JM, Ramos A, Salvado E et al. (2002) Avulsion fractures and chronic avulsion injuries of the knee: role of MR imaging. Eur Radiol 12: 2463–2473
- Oei EH, Nikken JJ, Verstijnen ACM et al. (2003) MR imaging of the menisci and cruciate ligaments: a systematic review. Radiology 226: 837–848
- Schweitzer ME, Duc T, Deely DM, Hume EL (1995) Medial collateral ligament injuries: evaluation of multiple signs, prevalence and location of associated bone bruises, and assessment with MR imaging. Radiology 194: 825–829
- De Maeseneer M, Shahabpour M, Vanderdood K et al. (2002) Medial meniscocapsular separation: MR imaging criteria and diagnostic pitfalls. Eur J Radiol 41: 242–252
- Recondo JA, Salvador E, Villanúa JA et al. (2000) Lateral stabilizing structures of the knee: functional anatomy and injuries assessed with MR imaging. RadioGraphics 20(Spec): 91–102
- Lerer DB, Umans HR, Hu MX, Jones MH (2004) The role of meniscal root pathology and radial meniscal tear in medial meniscal extrusion. Skeletal Radiol 33: 569–574
- Brody JM, Hank ML, Hulstyn MJ, Tung GA (2006) Lateral meniscus root tear and meniscus extrusion with anterior cruciate ligament tear. Radiology 239: 805–810
- Helms CA (2002) The meniscus: recent advances in MR imaging of the knee. Am J Roentgenol 179: 1115–1122
- De Smet AA, Graf BK (1994) Meniscal tears missed on MR imaging: relationship to meniscal tear pattern and anterior cruciate ligament tears. Am J Roentgenol 162:905–911
- Elias DA, White LM, Fithian DC (2002) Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. Radiology 225: 736–743
- Sonin AH, Fitzgerald SW, Bresler ME et al. (1995) MR imaging appearance of the extensor mechanism of the knee: functional anatomy and injury patterns. RadioGraphics 15: 367–382
- Bohndorf K (1999) Imaging of acute injuries of the articular surfaces (chondral, osteochondral and subchondral fractures). Skeletal Radiol 28: 545–560
- McCauley TR (2002) MR imaging of chondral and osteochondral injuries of the knee. Radiol Clin North Am 40: 1095–1107
- Rubin DA, Harner CD, Costello JM (2000) Treatable chondral injuries in the knee: frequency of associated focal subchondral edema. Am J Roentgenol 174: 1099–1106
- Kendell SD, Helms CA, Rampton JW et al. (2005) MRI appearance of chondral delamination injuries of the knee. Am J Roentgenol 184: 1486–1489

# CME-Fragebogen

## Bitte beachten Sie:

- Antwortmöglichkeit nur online unter: **CME.springer.de**
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

## Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die auf CME.springer.de erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

### Welche Aussage bzgl.

#### MRT-Sequenzen ist richtig?

- Für die MRT-Untersuchung des Kniegelenks sind Aufnahmen in sagittaler Schichtführung ausreichend.
- Pulssequenzen ohne Fettsuppression sind für die Untersuchung des Kniegelenks am besten geeignet.
- „Knorpelspezifische“ Pulssequenzen weisen immer einen T1-Kontrast auf.
- Die optimale Schichtdicke von Pulssequenzen für die Kniegelenksdiagnostik liegt bei 5 mm.
- SE/TSE-Aufnahmen stellen das Grundgerüst der MRT-Untersuchung des Kniegelenks dar.

### Welche Aussage zum vorderen Kreuzband (VKB) ist falsch?

- Das VKB setzt sich aus einem anteromedialen und einem posterolateralen Faserbündel zusammen.
- In der MRT verläuft das intakte VKB parallel zur Blumensaat-Linie.
- Knöcherner Ausriss des VKB sind häufiger als Rupturen im Bandverlauf.
- Die MRT-Diagnostik von VKB-Rupturen basiert auf der Erkennung direkter und indirekter Zeichen.
- Die auf sagittalen MR-Aufnahmen nachweisbare anteriore Subluxation der Tibia stellt ein indirektes Zeichen einer VKB-Ruptur dar.

### Welche Aussage bzgl. Sensitivität und Spezifität ist richtig?

- Die Sensitivitäten der MRT für VKB- und HKB-Rupturen liegen jeweils bei 80%.
- Die Spezifitäten der MRT für VKB- und HKB-Rupturen liegen unter 90%.
- Die Sensitivitäten und Spezifitäten der MRT für Meniskuläsionen sind am Innenmeniskus und Außenmeniskus gleich hoch.
- Die Sensitivität der MRT für Innenmeniskusrisse ist höher als die für Außenmeniskusrisse.
- Die Spezifität der MRT für Innenmeniskusrisse ist höher als die für Außenmeniskusrisse.

### Welche Aussage ist falsch?

#### Folgende Strukturen liegen in Nachbarschaft des hinteren Kreuzbandes (HKB):

- Mediales Kollateralband (MKB).
- Lig. meniscofemorale anterius.
- Lig. meniscofemorale posterius.
- Hintere Meniskuswurzeln.
- VKB.

### Welche Aussage bzgl. des medialen Kollateralbandes ist richtig?

- Der mediale Kapsel-Band-Apparat des Kniegelenks besteht aus 2 Faserschichten.
- Das MKB zieht von der Femurepiphyse zur Tibiaepiphyse.
- Die tiefen Faseranteile des MKB reißen bei geeignetem Traumamechanismus in der Regel zuerst.

- Partialrupturen des MKB sind MR-tomographisch nicht diagnostizierbar.
- Bei einer Komplettruptur des MKB müssen immer auch eine VKB-Ruptur und eine Innenmeniskusverletzung vorliegen.

### Welche Aussage bzgl.

#### Meniskusrisse ist falsch?

- Bezogen auf die Längsachse des Meniskus unterscheidet man longitudinale, radiäre und schräg verlaufende Risse.
- Bezogen auf die Raumebene unterscheidet man vertikal und horizontal verlaufende Meniskusrisse.
- Der Meniskus-Korbhenkelriss ist die Extremvariante eines Horizontalrisses.
- Risse der Meniskuswurzeln sind in der Regel instabil.
- Die meniskokapsuläre Separation betrifft typischerweise den Innenmeniskus.

### Welcher MRT-Befund wird nicht als Zeichen traumatischer Meniskuläsionen interpretiert?

- Lineare Signalanhebung mit Oberflächenkontakt.
- Fehlende Darstellung eines Meniskusanteils.
- „Flipped meniscus“.
- Distanzierung des Innenmeniskus vom MKB.
- Anhebung des Binnensignals.

### Welcher MRT-Befund spricht gegen einen Meniskus-Korbhenkelriss?

- Verkürztes Meniskusvorderhorn.
- Scheinbar vergrößertes Meniskusvorderhorn.
- Scheinbare Verdopplung des HKB auf sagittalen Aufnahmen.
- Signalarmes Fragment im Interkondylarraum auf koronaren Aufnahmen.
- Kontinuität der Pars intermedia auf 3 konsekutiven sagittalen Schichten.

### Welche Aussage bzgl. der traumatischen Patellaluxation ist richtig?

- Bei der traumatischen Luxation disloziert die Patella zu meist nach medial.
- Bei der traumatischen Patellaluxation kann es zur Ruptur des medialen patellofemorales Bandes (MPFL) kommen.
- Das MPFL ist auf transversalen MR-Aufnahmen auf dem M. vastus medialis identifizierbar.
- Nach transients Patellaluxation zeigt die MRT typischerweise Kontusionen an der lateralen Patellafacette und am lateralen Femurkondylus.
- Knorpelschäden treten bei der traumatischen Patellaluxation besonders häufig im kranialen Bereich der patellaren Gelenkfläche auf.



**Welche Aussage bzgl. osteochondraler Verletzungen ist richtig?**

- Osteochondrale Verletzungen sind typische Folgen von Kniegelenktraumen mit isoliertem Valgusstress.
- Osteochondrale Verletzungen treten bevorzugt bei älteren Menschen auf.
- Knorpelkontusionen heilen immer folgenlos aus.
- Prädilektionsstellen für chondrale und osteochondrale Verletzungen am Kniegelenk sind die Belastungszonen der Femurkondylen und die Patella.
- Bei chondralen und osteochondralen Verletzungen finden sich immer freie Gelenkkörper.

Diese Fortbildungseinheit ist  
12 Monate auf  
[CME.springer.de](http://CME.springer.de) verfügbar.  
Den genauen Einsendeschluss  
erfahren Sie unter  
[CME.springer.de](http://CME.springer.de)

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Hier steht eine Anzeige.

