

MRT nach Meniskus- und Kreuzbandoperationen

In den letzten Jahren hat die Therapie von Kniegelenkerkrankungen beträchtliche Verbesserungen erfahren. Die operativen Methoden wurden verfeinert und neue Techniken entwickelt. Hatte die Magnetresonanztomographie (MRT) bei der präoperativen Abklärung unklarer Kniegelenksbeschwerden schon einen sehr hohen Stellenwert, ist dieser nach einer Operation bei Patienten mit erneuten bzw. persistierenden Beschwerden aufgrund der Nichtinvasivität der Methode nochmals gestiegen. Unerlässlich für eine suffiziente Interpretation postoperativer MR-Bilder ist allerdings die Kenntnis der angewendeten operativen Verfahren sowie die im normalen postoperativen Verlauf zu erwartenden Veränderungen der Kniegelenkbinnenstrukturen. Besonders Augenmerk ist natürlich auf das frühzeitige Erfassen von Komplikationen zu richten. Im folgenden Beitrag werden die charakteristischen Veränderungen nach Operationen am Meniskus und Bandstrukturen erörtert, wobei neben dem normalen postoperativen Zustandsbild insbesondere auf neuerliche pathologische Veränderungen eingegangen wird.

Postoperative Meniskusveränderungen

Den Menisci kommt nicht nur eine wesentliche Pufferwirkung bei der Belas-

tungsverteilung zu, sie tragen auch ganz entscheidend zur Kniestabilität bei [19, 33, 51]. Sie sind jene Kniegelenkbinnenstrukturen, die aufgrund ihrer Verletzunganfälligkeit am häufigsten Anlass für eine MR-Untersuchung sind. Hinsichtlich der klinischen Symptomatik macht es keinen Unterschied, ob ein Meniskusriss degenerativ bedingt oder auf ein traumatisches Ereignis zurückzuführen ist. Meist lassen sich neben einer entsprechenden Schmerzsymptomatik eine Bewegungseinschränkung und fallweise sogar eine Blockierung beobachten. In den letzten Jahren hat die Behandlung der Meniskusverletzungen eine deutliche Innovation erfahren, zumal neben partieller Meniskektomie alternative Operationsmethoden wie Ersatz des Meniskus oder Meniskusnaht das therapeutische Spektrum erweitern [26, 42].

Meniskektomie/Meniskusnaht

Wird eine Meniskusnaht angedacht, müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein. Grundvoraussetzung hierfür ist, dass die Meniskusruptur im vaskularisierten Bereich gelegen ist, da ansonsten das neuerliche Einsprossen von Gefäßstrukturen und die Bildung von Granulationsgewebe und somit eine Heilungschance nicht gegeben ist. Das primäre Ziel einer derartigen Meniskusversorgung ist die Wiederherstellung einer normalen biomechanischen Funktion des Meniskus. Im Gegensatz zur Möglichkeit einer Meniskusnaht ist die Meniskusentfernung bzw. Teilentfernung in jenen Fällen angezeigt, bei denen

die Ruptur nicht reparabel ist oder wenn es sich um ältere degenerativ bedingte Meniskusverletzungen handelt; aber auch wenn der Meniskuseinriss nicht im vaskularisierten Bereich lokalisiert ist. Das Ziel einer erfolgreichen Teilmeniskusresektion liegt im Abtrennen instabiler bzw. potenziell instabiler Meniskusgewebe. Dabei ist darauf zu achten, dass möglichst viel vom ursprünglichen Meniskus erhalten bleibt, um ein großes Ausmaß an Restfunktionalität zu gewährleisten.

MRT-Bildgebung

Der Wert der MRT bei der Abklärung von Patienten mit persistierenden bzw. neuerlichen Symptomen nach durchgeführten Meniskusoperationen ist unbestritten [7, 44, 53]. Denn nicht selten lassen sich mittels dieser Untersuchungen neuerliche Einrisse beobachten. Häufig sind die Symptome jedoch auf pathologische Veränderungen anderer Strukturen, die klinisch eine Meniskusklausion vortäuschen können, zurückzuführen. Hier sind insbesondere Knorpelläsionen und Veränderungen am subchondralen Knochenlager zu erwähnen. Im Gegensatz zu den charakteristischen MR-Veränderungen bei Vorliegen eines Meniskusrisses gestaltet sich die Beurteilung des Meniskus nach stattgehabter partieller Meniskektomie wesentlich schwieriger. Ein ganz entscheidender Faktor für eine exakte diagnostische Abklärung ist die Kenntnis des Operationsbefundes, zumal auch das Wissen über das Ausmaß des resezierten Anteils auf

die endgültige diagnostische Aussage einen wesentlichen Einfluss hat. Nach einer Meniskusteilresektion ist der verbleibende Meniskusrest nicht nur entsprechend verkleinert, sondern üblicherweise zeigt er auch insbesondere im Korpusbereich eine mehr oder minder stark ausgeprägte Verplumpung (■ **Abb. 1 und 2**).

Meniskusbinnensignal

Relativ problematisch gestaltet sich die Interpretation des Meniskusbinnensignals. Durch die partielle Meniskektomie können nämlich mukoid degenerativ veränderte Anteile des präoperativen Meniskus durch die operative Teilresektion randständig werden und somit eine exakte Beurteilung massiv erschweren, da sie durchaus einen neuerlichen Einriss vorzutäuschen imstande sind. Ähnliches gilt auch für eine Meniskusnaht (■ **Abb. 3**). Im Nahtbereich bildet sich nämlich Granulationsgewebe, das sich erst nach ca. 6–12 Monaten bzgl. des Signalverhaltens einem normalen signallosen Meniskus angleicht [1, 25].

Postoperative Wertigkeit

Aus diesem Grund kamen verschiedene MR Sequenzen zum Einsatz, mit deren Hilfe zwischen normalen postoperativen Veränderungen und neuerlichen pathologischen Alterationen unterschieden werden kann. Denn, hat die MRT bei der präoperativen Meniskusdiagnostik durch eine äußert hohe Treffsicherheit (95% und mehr) gegläntzt, war ihre Aussagekraft beim postoperativen Zustandsbild bis noch vor etlichen Jahren relativ schwach, insbesondere in Fällen, bei denen mehr als 1/3 des Meniskus entfernt wurde [3, 40]. Als sichere Zeichen für eine neuerliche Meniskuläsion galten lange Zeit lediglich Einrisse, die hinsichtlich ihrer Lokalisation relativ weit entfernt von der durchgeführten partiellen Meniskektomie waren, bzw. wenn Fragmentdislokationen oder Meniskusfragmentationen vorlagen. Da bei neuerlichen Meniskusverletzungen davon auszugehen ist, dass immer ein gewisses Ausmaß eines Gelenkergusses vorhanden ist, hat der Einsatz T2-betonter Sequenzen den Vorteil, dass bei einem neuerlichen Meniskuseinriss Flüssigkeit in den Risspalt eindringen und somit MR-tomographisch mit hoher Sensitivität erfasst werden kann (■ **Abb. 4**). Dies gilt als äußerst

spezifisch (92%), wenngleich die Sensitivität hinsichtlich der Diagnose eines erneuten Meniskuseinrisses lediglich mit 60% angegeben wurde [21].

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass die herkömmliche MRT hinsichtlich Genauigkeit der präoperativen Wertigkeit lediglich dann entspricht, wenn nur 25–33% des Meniskus entfernt wurden [47, 52].

Limitationen

Einschränkungen der konventionellen MRT gaben Anlass, den Wert der direkten MR-Arthrographie (MRA) bei Patienten nach stattgehabter Operation und neuerlichen fraglichen Meniskusläsionen zu evaluieren (■ **Abb. 5**; [22, 36]). Durch die direkte intraartikuläre KM-Applikation kommt es zur Distension des Gelenkkavums, sodass im Falle einer neuerlichen Meniskusruptur KM in den Riss einzudringen vermag, wodurch die diagnostische Sicherheit wesentlich erhöht wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass die MR-Arthrographie bei der Abklärung neuerlicher Meniskusläsionen der konventionellen MRT überlegen ist. Zu bedenken ist jedoch, dass, falls weniger als 25% des Meniskus operativ entfernt wurden, die Aussagekraft der nativen MRT völlig ausreicht und vergleichbar derjenigen bei nicht voroperiertem Knie ist. Im Falle, dass mehr als 75% des Meniskus entfernt wurden, scheint eine MR-Arthrographie nicht mehr sinnvoll, da der Restmeniskus, wenngleich er auch ausgefranst sein mag, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle nicht mehr Ursache für eine klinische Symptomatik ist.

Es wurden auch Studien mittels indirekter MR-Arthrographie durchgeführt. Dabei wird das i.v. applizierte KM nach einiger Zeit über die Synovia in den Gelenkraum ausgeschieden, sodass es auch dadurch zu einem arthrographischen Effekt kommt, zumal bei diesen Patienten ein mehr oder minder ausgeprägter Gelenkerguss in nahezu allen Fällen vorliegt [43, 50]. Die indirekte MRA erhöht auch die Aussagekraft der Evaluierung nach Durchführung einer Meniskusnaht. Es hat sich gezeigt, dass die indirekte MRA der direkten MR-Arthrographie hinsichtlich Wertigkeit nicht wesentlich nachsteht [28, 45].

Zusammenfassung · Abstract

Radiologe 2006 · 46:36–45
DOI 10.1007/s00117-005-1291-1
© Springer Medizin Verlag 2005

J. Kramer · M. Breitenseher · A. Stöger
H. Huber · A. Scheurecker

MRT nach Meniskus- und Kreuzbandoperationen

Zusammenfassung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist heute aus der präoperativen Diagnostik wie auch nach Operationen bei Patienten mit persistierenden oder erneuten Beschwerden wegen ihrer hohen Aussagekraft nicht mehr wegzudenken. In den meisten Fällen ist eine suffiziente Aussage allerdings nur möglich, wenn der Radiologe mit den verschiedenen therapeutischen Methoden theoretisch vertraut ist und ihm Kenntnisse über den Operationsbefund vorliegen. Denn nicht selten wird das weitere therapeutische Management durch MR-Untersuchungen ganz entscheidend beeinflusst.

Schlüsselwörter

Magnetresonanztomographie (MRT) · Meniskus · Kreuzbänder · Postoperative Veränderungen

MRI after meniscus and cruciate ligament surgery

Abstract

Nowadays, due to its high diagnostic accuracy, MR imaging is the method of choice for the evaluation of knee joint disorders pre- and postoperatively. Accurate diagnosis is sometimes possible only if the reporting radiologist has knowledge of the therapeutic procedures and the surgical report. Frequently, further therapeutic management is strongly influenced by MR examinations and radiological reports.

Keywords

Magnetic resonance imaging (MRI) · Meniscus · Cruciate ligaments · Postoperative changes

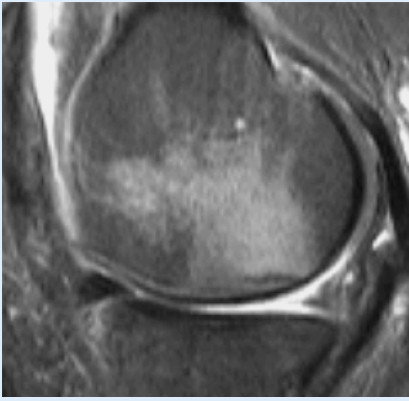


Abb. 1 ▲ Status nach partieller Meniscektomie medial. Kein Trauma seit der Operation, TIRM-Bild sagittal; es zeigt sich ein verkürzter, mukoid alterierter Innenmeniskusrest ohne Hinweis auf eine Ruptur; auffällig das subchondrae Knochenmarködem und die Fissur (wahrscheinlich bedingt durch die verminderte Stoßdämpferwirkung infolge der Meniskusteilentfernung)

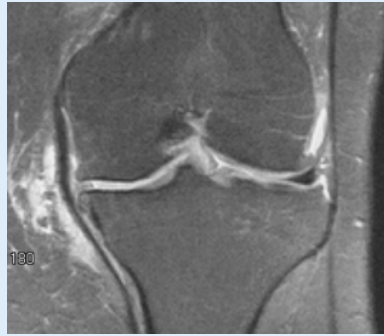


Abb. 2 ▲ Zustand nach subtotaler Meniscektomie, koronales TIRM-Bild; es ist nur mehr ein geringfügiger mukoid degenerativ veränderter Meniskusrest vorhanden; der Knorpel im medialen Gelenkkompartiment ist nahezu gänzlich aufgebraucht; im Bereich des medialen Seitenbandes liegt eine Narbenbildung (alte Läsion) vor; das Ödem im Anschluss an den Seitenbandapparat ist auf eine neuerliche Verletzung zurückzuführen



Abb. 3a,b ▲ Status nach Meniskusruptur mit anschließender Meniskusnaht (rezent), sagittales T1w-SE-Bild (a) und FS-TPD-SE-Bild (b); im Bereich des medialen Meniskushinterhorns finden sich Signalalterationen wie bei einem Riss, sind im vorliegenden Fall allerdings auf die Granulationsgewebebildung im Nahtbereich zurückzuführen

Meniskustransplantation

In wenigen Spezialkliniken werden heute auch Meniskustransplantationen bei Patienten mit ausgeprägten Meniskuszerreißen, bei denen eine Naht nicht mehr möglich ist bzw. eine nahezu komplette Meniscektomie erfolgte, durchgeführt. Durch eine Meniskustransplantation erwartet man sich ein Hinauszögern degenerativer Knorpelveränderungen bzw. eine Vermeidung derselben [28]. Durch das Entfernen von Meniskusanteilen verliert das Kniegelenk an Pufferwirkung und reaktive Veränderungen am subchondralen Knochenlager wie Knochenmarködem oder sogar

Fissuren können die Folge sein. Die MRT spielt nicht nur eine wichtige Rolle bei der präoperativen Abklärung potenzieller Kandidaten zur Meniskustransplantation, da sie exakte Aussagen über den Knorpelzustand bzw. Intaktheit der ligamentären Strukturen zulässt, sondern ist auch unerlässlich, um schon präoperativ Form und Größe des zu implantierenden Meniskus abschätzen zu können [49]. Die postoperativen Veränderungen hängen in derartigen Fällen vom verwendeten Meniskusmaterial und der Fixationstechnik ab. Normalerweise werden die Meniskuswurzeln mit knöchernen Verankerungen, teilweise jedoch auch nur mit Weichteilveranke-

rungen fixiert. Diesbezüglich stehen allerdings Langzeitergebnisse noch aus. Charakteristisch im MR-Bild einer Meniskustransplantation ist eine erhöhte Signalintensität des Meniskus, wie sie auch bei mukoid degenerativen Veränderungen gefunden werden. Als Komplikationen lassen sich neuerliche Meniskusfragmentationen, Dislokationen und progressive Knorpelschäden beobachten (■ Abb. 6); [30, 46].

Postoperative Veränderungen des vorderen Kreuzbandes (VKB)

Das VKB ist das am weitaus häufigsten komplett gerissene Ligament des Kniegelenks. Behandlung und Rekonstruktionstechniken vorderer Kreuzbandrupturen haben sich in den letzten beiden Jahrzehnten signifikant verbessert. Die Therapie einer vorderen Kreuzbandverletzung richtet sich weitgehend nach dem Lebensstil des Patienten und natürlich auch dem Ausmaß der Begleitverletzungen. Bei älteren Patienten erfolgt meist eine konservative Behandlung mit entsprechender Physiotherapie und Muskelaufbautraining. Dadurch lässt sich das Ausmaß einer möglichen Instabilität reduzieren und somit eine frühe Arthrose verhindern bzw. zumindest hinauszögern. Beim jugendlichen, sportlich aktiven Patienten ist eine operative Behandlung unerlässlich, um Komplikationen wie Knorpelschädigung und Meniskusverletzung in Folge des Fehlens des VKB zu vermeiden. Die direkte Kreuzbandnaht, ohne Verwendung eines Kreuzbandersatzes, hat sich als äußerst fraglich erwiesen. Aus diesem Grund erfolgt heute eine Kreuzbandplastik primär unter Verwendung von autologem Material, um auf lange Sicht eine Wiederherstellung der funktionellen Stabilität und dadurch Beschwerdefreiheit zu gewährleisten [38]. Leider sind die postoperativen Ergebnisse hinsichtlich Stabilität, Durchstreckfähigkeit des Kniegelenks und Symptombefreiheit nicht immer zufriedenstellend. Denn bei bis zu 25% der Patienten lassen sich nach VKB-Rekonstruktion Beeinträchtigungen beobachten [48].

Rekonstruktionstechniken

Bei den heute üblichen Rekonstruktionstechniken werden biologische Auto- oder

Allograftmaterialien verwendet [9, 16]. Rekonstruktionen mittels Kunststoffprothesen haben keinen Erfolg gezeigt. In den meisten orthopädischen Zentren wird die Patellasehnenplastik bevorzugt. Durch Verbesserungen in der Fixationstechnik hat in den letzten Jahren die Verwendung von Teilentnahmen der Semitendinosus- und Gracilissehne an Popularität gewonnen [29]. Diese beiden Rekonstruktionstechniken zeigen keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Langzeitergebnisse. Die Verwendung der ansatznahen Abschnitte dieser Beugesehnen hat jedoch den Vorteil der geringeren Invasivität im Bereich der Entnahmestellen und es lässt sich dadurch eine mögliche Schmerzsymptomatik im Extensorenbereich vermeiden. Innerhalb weniger Jahre bilden sich Sehnenregerate im Entnahmebereich, die bis zu 95% der präoperativen Stärke erlangen [39].

Patellasehnenplastik

Geht es jedoch darum, den Patienten möglichst rasch die Vollbelastung des Kniegelenks zu ermöglichen, ist nach wie vor die Patellasehnenplastik vorzuziehen. Es wird hierbei das mittlere Patellasehnen-drittel mit einem kleinen Anteil der Patella bzw. einem kleinen knöchernen Anteil der Tuberositas tibiae herausgetrennt und in Femur und Tibia verankert. Wenngleich diese Methode eine relativ frühe Vollbelastung zulässt und auch ausgezeichnete Langzeitergebnisse zu erzielen sind, ist sie dennoch relativ komplikationsanfällig. Neben Beschwerden im Entnahmebereich lassen sich häufig Symptome im distalen Extensorbereich sowie Arthrofibrose, Ruptur der Patellasehne und gelegentlich auch Kniescheibenfrakturen beobachten. MR-tomographisch zeigt sich in den ersten Wochen und Monaten nach Durchführung einer VKB-Plastik bei Verwendung der Patellasehne im Entnahmebereich ein deutlich verdickter Sehnenabschnitt, der zudem T1- und T2-gewichtet mäßig hyperintens imponiert. Nach ca. 1,5–2 Jahren ist die Lücke mit Granulationsgewebe bzw. Narbengewebeformationen ausgefüllt, sodass sie von den angrenzenden Sehnenabschnitten nicht bzw. lediglich nur mehr durch eine geringe Verdickung zu erkennen ist. Ein signifikanter Signalunterschied sollte dann allerdings nicht mehr zu beobachten sein.

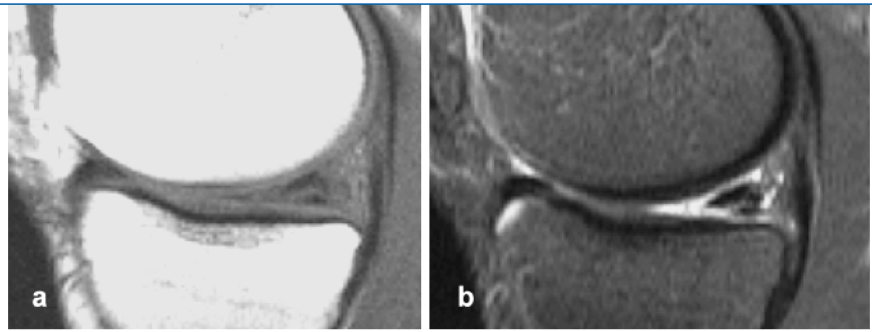


Abb. 4a,b ▲ Status nach partieller Meniskektomie und nun Reruptur, a sagittales T1w- und b TIRM-Bild; der mediale Meniskus ist verkürzt und weist im Hinterhorn einen erneuten Einriss auf, in den Flüssigkeit eingedrungen ist

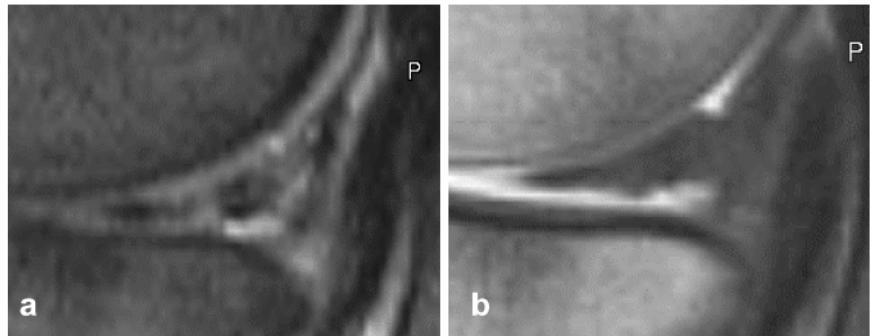


Abb. 5a,b ▲ Status nach Teilresektion des Innenmeniskus (Korpus und Hinterhorn), a TIRM-Bild und b sagittales T1w-SE-Bild nach intraartikulärer KM-Applikation (MR-Arthrographie); das native T1w- (nicht abgebildet) und das TIRM-Bild zeigen Signalalterationen, die durchaus einen erneuten Meniskuseinriss nicht ausschließen lassen; auf dem MR-arthrographischen T1w-SE-Bild ist lediglich eine diskrete Stufenbildung (bedingt durch die vorangegangene Teilresektion) erkennbar, eine Reruptur liegt nicht vor

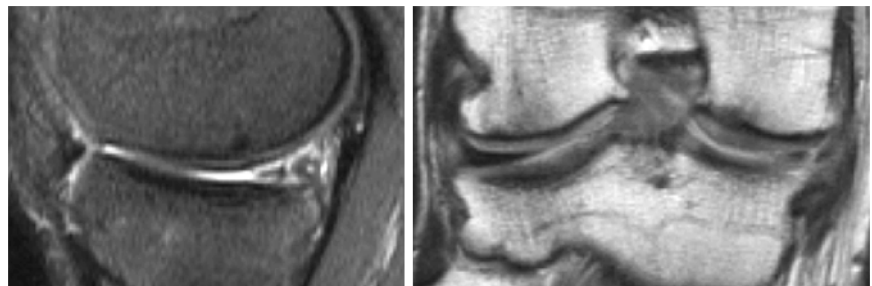


Abb. 6 ▲ Zustand nach Meniskusteilresektion. Erneut starke Schmerzen im medialen Kompartiment mit klinischem Verdacht auf eine Reruptur; koronale TPD-SE-Sequenz. Es zeigt sich ein massiv mukoid degenerativ alterierter mehrfach rupturierter, fragmentierter imponierender Innenmeniskusrest

Transformationprozess

In den ersten Monaten nach der Operation ist der neu inserierte Sehnenabschnitt noch avaskulär. Die MR-Signalverhältnisse entsprechen auf allen Pulssequenzen denen normalen Sehngewebes. Innerhalb der ersten 3 Monate nach der VKB-Rekonstruktion wird die Sehne von synovialer Proliferationsgewebe umhüllt und so die vaskuläre

re Versorgung initialisiert (■ Abb. 7; [54]) Nach ca. 6 Monaten kommt es zu einem Remodellierungsprozess, der in eine Revaskularisation und Resynovialisierung mündet. Man bezeichnet diesen Transformationsprozess, der das inserierte Sehngewebe letztendlich wie ein ursprüngliches VKB erscheinen lässt, als Grafftligamentisation (■ Abb. 8). Im Rahmen des Transformationsvorgangs wird die Sehne z. T. deutlich

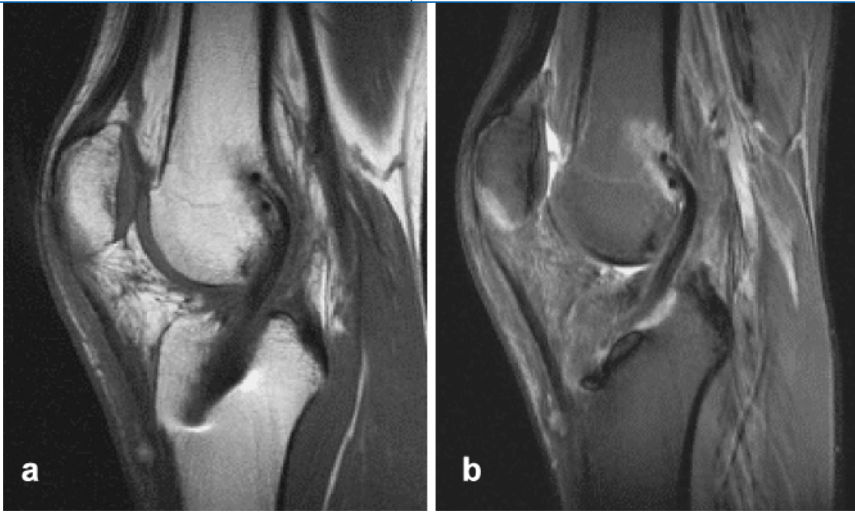


Abb. 7a,b ▲ Status nach VKB-Ersatz (Patellasehnenplastik vor 8 Wochen). Sagittales T1w-SE-Bild (a) und FS-TT2w-Bild (b); das neu inserierte VKB imponiert signallos; im Bereich der Durchzugskanäle ist ein geringes Knochenmarködem erkennbar; auch im Bereich der Patella und des Lig. patellae sind postoperativ noch reaktive Veränderungen zu sehen



Abb. 8a,b ▲ Status nach VKB-Plastik vor ca. einem Jahr. a Sagittales T1w-SE-Bild, b TIRM-Bild; das VKB zeigt eine durchgehende Kontinuität, es weist allerdings diskrete Signalalterationen auf, die in 1. Linie auf den Transformationsvorgang zurückzuführen sind, zumal der Verlauf des VKB normal imponiert

geschwächt und macht sie somit für eine neuerliche Verletzung relativ anfällig. Im Normalfall ist der Resynovialisationsprozess nach 1–1,5 Jahren abgeschlossen und die Sehne gleicht wiederum einem originalen VKB (▣ Abb. 9).

Beugesehnenrafts

Beugesehnenrafts erhält man durch Resektion der distalen Segmente der Mm. semimembranosus und gracilis. Dabei werden die Sehnen vom tibialen Ansatz bis zum Muskel-Sehnen-Übergang frei präpariert, abgelöst und reseziert. Danach wer-

den die beiden Sehnenstücke zusammengeknüpft, gefaltet und noch einmal vernäht, sodass letztendlich die Ersatzsehne aus 4 separaten, jedoch fest vernähten Bündeln besteht [34]. Die MR-Signalintensitäten derartiger Ersatzsehnen sind denen einer Patellasehnenplastik sehr ähnlich. Da es sich hierbei jedoch meist um 4 separate, vernähte Bündel handelt, können in der MRT fallweise zarte hyperintense Längsstreifen innerhalb des Gesamtbündels beobachtet werden (▣ Abb. 10). Dies sollte allerdings nicht als Partialruptur fehlgedeutet werden. Semimembranosus- und Gracilmuskel werden ohne jegliche Fixa-

tion belassen. Es kommt innerhalb eines Jahres zur Bildung eines Sehnenregenerats mit einer nahezu kompletten Wiederherstellung der Funktion.

Graftisometrie

Um ein optimales postoperatives Ergebnis nach VKB-Rekonstruktion zu erhalten, sind eine isometrische Graftpositionierung, die Vermeidung eines Impingements sowie ausreichende Spannung und Graftfixation und letztendlich eine entsprechende postoperative Rehabilitation unerlässlich [27]. Die Position des femoralen Durchzugskanals kann als kritischer Faktor für eine Graftisometrie angesehen werden. Nur durch exakte Führung und Lokalisation der Durchzugskanäle können isometrische und anatomisch normale Verhältnisse hergestellt werden, um so ein Graftimpingement, Streckdefizit oder mögliches Überstrecken zu verhindern [10]. Entscheiden sind Gelenkeintritt und Verlauf des tibialen Durchzugskanals, der nahezu parallel zur Blumensaat-Linie verlaufen sollte. Zum Impingement kommt es, wenn der tibiale Tunnel zu weit vorne lokalisiert ist. Es hat sich gezeigt, dass die Vermeidung eines Impingements wesentlich entscheidender für eine erfolgreiche VKB-Plastik ist als exakte isometrische Verhältnisse [41]. Ist der Verlauf des neu inserierten VKB zu steil, ist die Gefahr einer Instabilität gegeben (▣ Abb. 11).

Fixation

Zur Fixation werden heute verschiedene Materialien wie Metallschrauben, Endobuttons und Bioschrauben verwendet, die durchweg gute klinische Ergebnisse zeigen [18]. Nachteilig bei Metallschrauben sind die damit einhergehenden Suszeptibilitätsartefakte, die zu einer mehr oder minder ausgeprägten Bildverzerrung führen können. Deshalb werden nicht selten Bioschrauben, die sich im Laufe der Jahre völlig resorbieren, bevorzugt. Artefakte lassen sich dadurch wesentlich reduzieren [20]. Leider kommt es auch bei Verwendung von Biomaterialien manchmal zu Komplikationen, die großteils auf eine reduzierte Biokompatibilität zurückzuführen sind. Schraubenbrüche, Fremdkörper-



Abb. 9 ▲ Zustand nach VKB-Plastik vor 2 Jahren, T1w-SE-Bild. Das VKB zeigt einen normalen Verlauf und ein einer unauffälligen Sehne entsprechendes hypointenses Signal. Die Patellasehne (Graftentnahme) hat sich ebenfalls weitgehend normalisiert und ist nur mehr im Ansatzbereich geringfügig verdickt

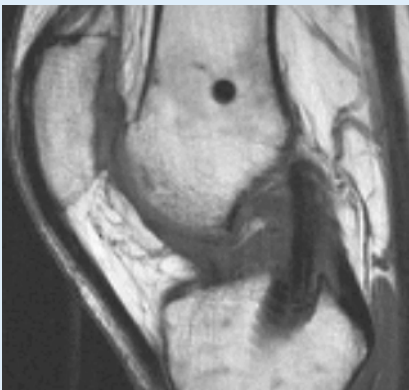


Abb. 10a,b ▲ Status nach Semitendinosusplastik (Zeitabstand von der Operation 6 Wochen). Sagittale T1w-SE- a und FS-TT2w-SE-Schicht (b); das VKB zeigt die für eine Semitendinosusplastik charakteristische Streifenbildung; die Bioschrauben in Femur und Tibia verursachen keinerlei Artefakte, man beachte auch die unauffällige Patellasehne

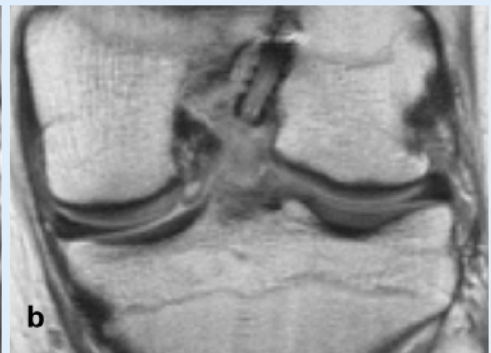


Abb. 12a,b ▲ Status nach VKB-Plastik unter Verwendung von Bioschrauben. a Sagittales TIRM-Bild, b koronales TPD-SE-Bild; im Rahmen eines neuerlichen Traumas kam es zur femoralen Schraubenlockerung und Dislokation, das VKB ist nicht mehr am Femur verankert und erneut rupturiert

Abb. 11 ◀ Status nach VKB-Plastik. T1w-SE in sagittaler Schichtung; der Verlauf des VKB ist wesentlich zu steil, verursacht durch einen zu weit dorsal gelegenen tibialen Durchzugskanal, eine Gelenkinstabilität ist deshalb zu erwarten

reaktionen und letztendlich eine insuffiziente Stabilität sind die Folge (Abb. 12; [4, 17]).

Bildgebung

Die MRT spielt bei der Evaluierung des symptomatischen postoperativen Patienten eine ganz wesentliche Rolle, wenn es darum geht, Komplikationen nach einer vorderen Kreuzbandplastik zu erkennen. Die wichtigste Komplikation stellt natürlich das Impingement dar. Ein Graftimpingement führt anfänglich zu einer Bewegungseinschränkung und endet letztlich in einer neuerlichen Ruptur [13, 14, 15,

32]. Wie erwähnt, ist die Lokalisation des tibialen Tunnels der entscheidende Faktor, ob es zu einem Impingement kommt oder nicht. Mit der MRT kann man Position und Verlauf der Durchzugskanäle und somit der Beziehung des Kreuzbandes zu den umliegenden Strukturen direkt beurteilen. Liegt ein Impingement vor, lassen sich erhöhte Signalintensitäten auf den T1- und T2-betonten Bildern im distalen Drittel des Kreuzbandes beobachten. Diese Signalalterationen ähneln denen, die man im Remodellierungsstadium beobachten kann. Bei Vorliegen eines Impingements normalisieren sich diese allerdings nach Ablauf eines Jahres nicht. In ei-

nem solchen Fall ist eine Notchplastik erforderlich. Dabei werden wenige mm des Knochens vom Femur im Interkondylarbereich entfernt, sodass das VKB wieder frei laufen kann. Nach Durchführung einer derartigen Operation normalisiert sich das Signalverhalten des VKB innerhalb weniger Wochen.

Komplikationen

Streckdefizit

Nach einer VKB-Plastik lässt sich bei bis zu 15% der Patienten ein Streckdefizit beobachten. Bei einem kleinen Prozentsatz dieser Patienten wird diese mechanische

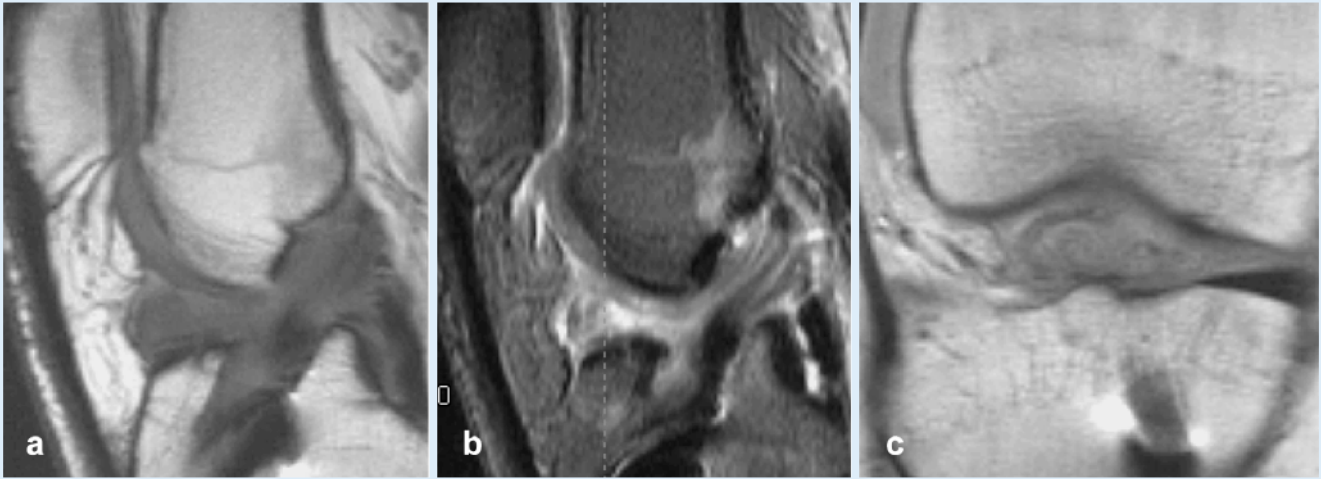


Abb. 13a-c ▲ Status nach VKB-Plastik vor knapp 3 Jahren. a Sagittales T1w-SE-, b sagittales TIRM-, c koronales TPD-SE-Bild; die gestrichelte Linie in b zeigt die Schichtlokalisierung von c, das VKB ist deutlich signalalteriert, einzelne Faserzüge weisen einen leicht welligen Verlauf (neuerliche Teilruptur) auf; ventral der Öffnung des tibialen Durchzugskanals findet sich eine knotig imponierende Gewebestruktur, wie sie typisch für eine Arthrofibrose („Zyklopläsion“) ist

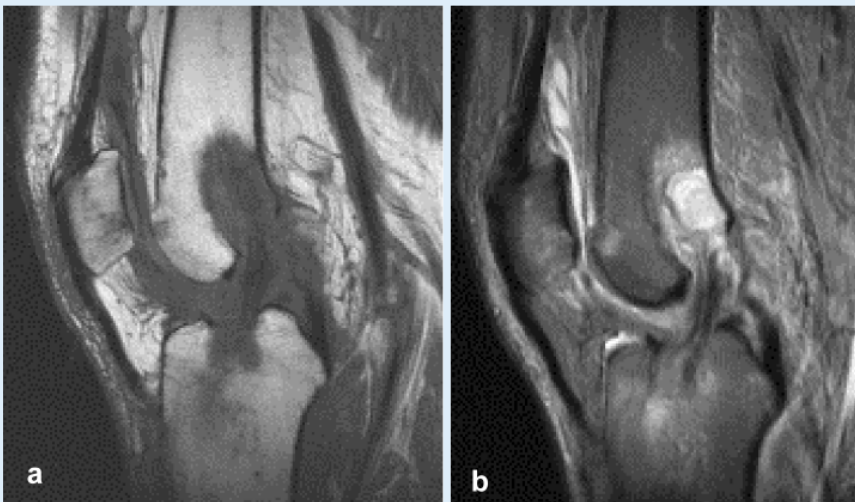


Abb. 14a,b ◀ Status nach Semitendinosusplastik vor 14 Monaten. a T1w-SE-Bild, b TIRM-Bild sagittal; das VKB lässt sich durchgehend verfolgen und ist somit funktionell erhalten. Auffällig sind allerdings die zystischen Strukturalterationen und Ausweitungen der Durchzugskanäle mit den reaktiven Knochenmarkveränderungen, die durchaus eine klinische Symptomatik verursachen können. Das VKB verläuft zudem zu steil

Blockierung durch eine lokalisierte vordere Arthrofibrose verursacht [5]. Es handelt sich hierbei um fibrotisches, nodulär imponierendes Gewebe, welches ventral zwischen Femur und Tibia gelegen ist und, wenn das Knie vollständig durchgestreckt wird, schmerzhafte Sensationen verursacht. Arthroskopisch findet sich in diesen Fällen meist eine fibröse Läsion, die leicht bläulich verfärbt an ein Auge erinnert und ihr so den Namen „Zyklopläsion“ eingebracht hat (■ Abb. 13). Die Entwicklung einer derartigen Läsion könnte auf einen verbliebenen tibialen vorderen Kreuzbandstumpf, infrapatellare Fettkörpermetaplasie, eine intrakondyläre Fibrose oder auch auf Veränderungen im Bereich

des neu inserierten vorderen Kreuzbandes, insbesondere bei Vorliegen eines Impingements, zurückzuführen sein [23]. Biopsien und mikroskopische Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich dabei um fibrotische, knöcherne und manchmal auch synoviale Gewebestrukturen handelt. Patienten mit Streckdefizit, hervorgerufen durch eine Zyklopläsion, bedürfen einer erneuten Arthroskopie, um diese Gewebestrukturen zu entfernen. Auf dem T1-gewichteten Bild imponiert eine Zyklopläsion als fokale noduläre Läsion mit niedrigem Signal, das unmittelbar vor dem Eintritt des VKB in den tibialen Durchzugskanal gelegen ist. Auf den T2-betonten Aufnahmen imponiert dieses Gewebe inhomogen, weist jedoch

ebenfalls großteils ein niedriges Signal auf und ist somit von der umgebenden Flüssigkeit gut zu unterscheiden [31].

Beschwerden im Entnahmebereich

Manchmal klagen Patienten nach einer Patellaplastik über persistierende Beschwerden im Entnahmebereich. Neben entzündlich-reaktiven Veränderungen lassen sich dabei auch partielle Rupturen und relativ selten auch komplette Rupturen des Lig. patellae beobachten. Pathologische Veränderungen im Bereich des Hoffa-Fettkörpers, zurückzuführen auf ein entzündlich reaktives Geschehen im Rahmen einer VKB-Plastik, sind nicht selten. In der MRT zeigt sich dabei ein hypertropher, ödema-

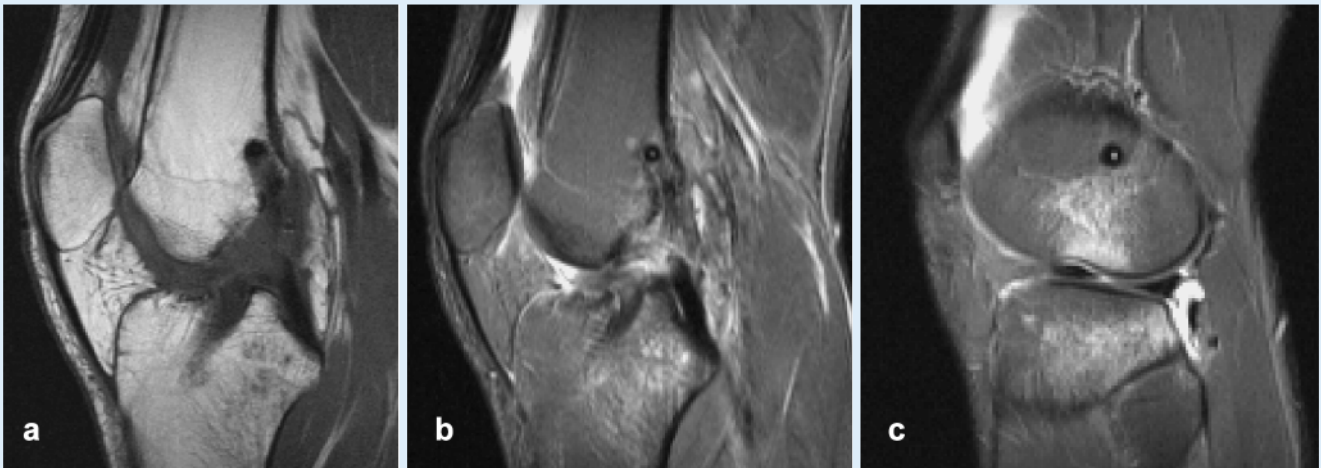


Abb. 15a-c ▲ Status nach VKB-Plastik vor mehreren Jahren. Sagittale Schichten: a T1w-SE, b, c TIRM; in a und b zeigt sich die Konturunterbrechung des VKB, die insbesondere in b, bedingt durch die signalintense Flüssigkeit, sehr klar hervortritt; in c ist das typische Knochenkontusionmuster einer VKB-Ruptur erkennbar

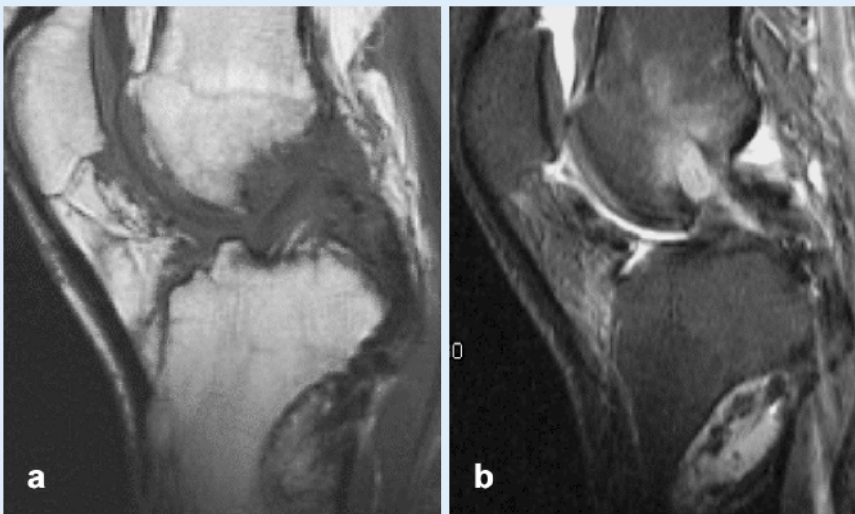


Abb. 16a,b ◀ Status nach HKB-Plastik. a T1w-SE- und b TIRM-Bild in sagittaler Orientierung; zur Anwendung kam eine Semitendinosusplastik (das Lig. patellae ist völlig unauffällig); entlang des HKB sind Metallartefakte (möglicherweise beim Vernähen der Sehnenbündel entstanden) erkennbar; auffällig auch die zystische Ausweitung des tibialen Durchzugskanals

töser Fettkörper mit erhöhtem Signal auf den T2-betonten Aufnahmen bzw. auf fettunterdrückten Sequenzen. Auch freie Gelenkkörper können nach einer vorderen Kreuzbandplastik beobachtet werden. Ursache für diese dürften Knorpelläsionen zum Zeitpunkt der initialen Bandverletzung sein. Derartige freie Gelenkkörper können im Rahmen der Rekonstruktionsoperation leicht übersehen werden und so später zu einer Blockierung bzw. Beeinträchtigung der Beweglichkeit führen. In ganz seltenen Fällen lassen sich auch Frakturen an der Patella beobachten, die auf eine Strukturschwäche im Rahmen der Graftentnahme zurückzuführen sind.

Ausweitung des Durchzugskanals

Nach Verwendung absorbierbarer Interferenz- oder auch metallischer Schrauben kann es manchmal zu einer beträchtlichen Ausweitung des tibialen und/oder femoralen Durchzugskanals kommen. Eine mögliche Erklärung liegt in einer gesteigerten Immunantwort [8]. Auch eine Resorption, bedingt durch Mikrobewegungen des neu inserierten Bandes an der knöchernen Begrenzung, kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine ossäre Kompressionskomponente oder sekundäre Knochenremodellierungsprozesse, hervorgerufen durch das Fixationsmaterial, sind ebenfalls in Betracht zu ziehen [2]. Eine zystische Degeneration oder die Entwick-

lung eines sog. Ganglions muss als späte Komplikation angesehen werden und ist meist mit einer Ausweitung des Durchzugskanals vergesellschaftet (■ Abb. 14). Ganglionzysten entstehen meist innerhalb des tibialen Tunnels und können sich auch über die Tibia hinaus in die Weichteile vorwölben, sodass sie hier unmittelbar subkutan tast- und sichtbar werden. Hamstring-Autografts und die Fixation mit Endobuttons scheinen eine höhere Neigung zur zystischen Degeneration zu haben [35]. Es hat sich gezeigt, dass derartige Flüssigkeitsansammlungen innerhalb des tibialen bzw. femoralen Durchzugskanals im 1. Jahr nach der Kreuzbandplastik ent-

stehen und meist keiner operativen Therapie bedürfen.

Verletzungsanfälligkeit

In den ersten Monaten nach einer VKB-Plastik ist das neu inserierte vordere Kreuzband z. T. relativ stark anfällig für eine neuerliche Verletzung. Der Remodellierungsprozess schwächt in diesem Zeitraum die vordere Kreuzbandplastik. Erst mit Ende des 1. Jahres erreicht das neu inserierte vordere Kreuzband die Stärke einer normalen vorderen Kreuzbandstruktur [6]. Die MRT ist äußerst sensitiv, wenn es darum geht, eine neuerliche Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu erfassen. Am besten lässt sich dies mit T₂-betonten Aufnahmen bewerkstelligen (▣ **Abb. 15**). Sagittale und koronale MR-Bilder sind bestens zur Beurteilung des vorderen Kreuzbandes geeignet, da sie eindeutig eine Unterscheidung kontinuierlich durchgehender Fasern von Faserunterbrechung infolge einer Ruptur bzw. einer Dickenbeurteilung erlauben [12]. Die Aussagekraft hinsichtlich einer Partialruptur ist allerdings fallweise reduziert, da die Unterscheidung zwischen ausgeprägt mukoid degenerativen Veränderungen, Transformationsprozess und Ruptur bzw. einer ausgeprägten Partialruptur durchaus Schwierigkeiten bereiten kann. Lassen sich in der MRT intakte Faserzüge nachweisen, obwohl klinisch eine Instabilität vorliegt, sollte eher an eine Überdehnung, denn an neuerliche Ruptur gedacht werden.

Postoperative Veränderungen des hinteren Kreuzbandes (HKB)

Rupturen des hinteren Kreuzbandes sind ein rares Ereignis und machen nur einen kleinen Prozentsatz aller kapsuloligamentären Verletzungen des Kniegelenks aus [24]. Somit werden hintere Kreuzbandrekonstruktionen auch nur relativ selten durchgeführt. Die Beurteilung einer hinteren Kreuzbandplastik mittels MR-Tomographie ist also nicht oft gefragt. Da auch bei diesen Patienten häufig klinische Beschwerden anzutreffen und infolge einer chronischen hinteren Kreuzbandinstabilität vorzeitige arthrotische Veränderungen zu erwarten sind, wird der operativen Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes mehr und mehr Beachtung geschenkt. Die opera-

tiven Techniken und Wiederherstellungsversuche der anatomischen und funktionellen Verhältnisse haben sich in den letzten Jahren deutlich verbessert [11]. Im Gegensatz zur vorderen Kreuzbandverletzung kommt es bei hinteren Kreuzbandläsionen häufiger zu partiellen Einrissen, die normalerweise konservativ behandelt werden. Zunehmend werden operative Behandlungsstrategien bei isolierten hinteren Kreuzbandrupturen jedoch auch für symptomlose Patienten gefordert [11, 37]. Es stehen hier dieselben Rekonstruktionsoptionen zur Verfügung wie bei der vorderen Kreuzbandplastik (▣ **Abb. 16**). Mehrheitlich zeigen die neu eingesetzten Bänder im 1. Jahr nach der Rekonstruktion eine geringe bis mäßiggradige intrasubstanziale Signalerhöhung auf den T₁- und T₂-betonten Aufnahmen. Dies ist auf ein ähnliches Revaskularisierungsphänomen wie beim VKB-Ersatz zurückzuführen. In der frühen postoperativen Phase imponiert das HKB typischerweise verdickt. In den weiteren Monaten normalisiert sich das Bandkaliber, die Signalintensitäten auf T₁- und T₂-betonten Bildern werden immer mehr einer normalen Kreuzbandstruktur ähnlich. Ungefähr ein Jahr nach der Operation sollte der klinisch stabile Bandersatz in der MRT wiederum völlig normal erscheinen.

Fazit für die Praxis

Wichtige Voraussetzungen für eine exakte Befundung mit der MRT sind:

- Große Erfahrung des Radiologen in der Befundung von MRT-Bildern der Gelenke
- Kenntnis der zu erwartenden postoperativen Veränderungen im MR-Bild
- Ausreichende theoretische Kenntnisse der verschiedenen therapeutischen (operativen) Behandlungsmethoden
- Wann wurde die Operation durchgeführt?
- Anamnese (neuerliches Trauma ?)
- Kenntnis des Operationsbefundes

Korrespondierender Autor

Univ.Prof. DR. Mag. D.I. J. Kramer

Institut für CT- und MRT-Diagnostik
am Schillerpark,
Rainerstraße 6–8, A-4020 Linz, Österreich
E-Mail: mri.kramer@telebox.at

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.

Literatur

3. Bornstein R, Kirk P, Hurely J (1992) The usefulness of MRI in evaluating menisci after meniscus repair. *Orthopedics* 15:149–152
5. Bradley DM, Bergmann AG, Dillingham MF (2000) MR imaging of cyclops lesions. *AJR Am J Roentgenol* 174:719–726
6. Coupens S, Yates C, Sheldon C, Ward C (1992) Magnetic resonance imaging of the patellar tendon after use of the central one third for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 20:332–335
8. Fahey M, Indelicato PA (1994) Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament replacement. *Am J Sports Med* 22:410–414
10. Fu FH, Bennett CH, Ma CB, Menetrey J, Lattermann C (2000) Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction, part II: operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med* 28:124–130
11. Harner C, Hoher J (1998) Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 26:471–482
12. Horton LK, Jackson JA, Lin J, Hays CW (2000) MR imaging of anterior cruciate ligament reconstruction graft. *AJR Am J Roentgenol* 175:1091–1097
14. Howell SM, Clark JA, Blasler RD (1991) Serial magnetic resonance imaging of hamstring anterior cruciate ligament autografts during the first year of implantation. A preliminary study. *Am J Sports Med* 19:42
15. Howell SM, Knox KE, Farley TE et al. (1995) Revascularization of a human anterior cruciate ligament graft during the first two years of implantation. *Am J Sports Med* 23:42
16. Ilaşlan H, Sundaram M, Miniaci A (2005) Imaging evaluation of the postoperative knee ligaments. *Eur J Radiol* 54:178–188
20. Lajtai G, Humer K, Aitzemüller G, Unger F, Noszian I, Orthner E (1999) Serial magnetic resonance imaging evaluation of a bioabsorbable interference screw and the adjacent bone. *Arthroscopy* 15:481–488
21. Lim PS, Schweitzer ME, Bhatia MJ, Giuliano V, Kaneriy PP, Senyk RM, Oliveri M, Johnson W, Amster B, Parker L (1999) Repeat tear of postoperative meniscus: potential MR imaging signs. *Radiology* 210:183–188
24. Miyasaka KC, Daniel DB, Stone ML et al. (1991) The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am J Knee Surg* 4:3–8
26. Newman AP, Daniels AU, Burks RT (1993) Principles and decision making in meniscal surgery. *Arthroscopy* 9:33–51

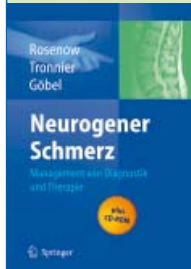
27. Papakonstantinou O, Chung CB, Chanchairujira K, Resnick DL (2003) Complications of anterior cruciate ligament reconstruction: MR imaging. *Eur Radiol* 13:1106–1117
28. Peters G, Wirth CJ (2003) The current state of meniscal allograft transplantation and replacement. *Knee* 10:19–31
30. Potter HG, Rodeo SA, Wickiewicz TL, Warren RF (1996) MR imaging of meniscal allografts: correlation with clinical and arthroscopic outcomes. *Radiology* 198:509–514
33. Renstrom P, Johnson RJ (1990) Anatomy and biomechanics of the menisci. *Clin Sports Med* 9:523–538
36. Sciuilli RL, Boutin RD, Brown RR, Nguyen KD, Muhle C, Lektrakul N, Pathria MN, Pedowitz R, Resnick D (1999) Evaluation of the postoperative meniscus of the knee: a study comparing conventional arthrography, conventional MR imaging, MR arthrography with iodinated contrast material, and MR arthrography with gadolinium-based contrast material. *Skeletal Radiol* 28:508–514
39. Simonian P, Harrison S, Cooley V et al. (1997) Assessment of morbidity of semitendinosus and gracilis tendon harvest for ACL reconstruction. *Am J Knee Surg* 10:54–59
40. Smith DK, Totty WG (1990) The knee after partial meniscectomy: MR imaging features. *Radiology* 176:141–144
42. Stone RK (1999) Current and future directions for meniscus repair and replacement. *Clin Orthop* 367:273–280
43. Tanaka H, Nakanishi K, Nakata K, Natsuumi T, Hamada M, Nakamura H (1999) Usefulness of Gd-DTPA enhanced T1-weighted images for evaluating the healing process of repaired meniscus. *Radiology* 213(P):114
44. Toms AP, White LM, Marshall TJ, Donell ST (2005) Imaging the postoperative meniscus. *Eur J Radiol* 54:189–198
46. Van Arkel ERA, Goei R, de Ploeg I, de Boer HH (2000) Meniscal allografts: evaluation with magnetic resonance imaging and correlation with arthroscopy. *Arthroscopy* 16:517–521
48. Vergis A, Gillquist J (1995) Graft failure in intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction: a review of the literature. *Arthroscopy* 11:312–321
51. Walker PS, Erkman MJ (1975) The role of the meniscus in force transmission across the knee. *Clin Orthop* 109:184–192
53. White LM, Kramer J, Recht MP (2005) MR imaging evaluation of the postoperative knee: ligaments, meniscus, and cartilage. *Skeletal Radiol* 34(8):431–452

Das komplette Literaturverzeichnis ...

... finden Sie in der elektronischen Version dieses Beitrags unter DerRadiologe.de

D. Rosenow, V. Tronnier, H. Göbel Neurogener Schmerz Management von Diagnostik und Therapie

Heidelberg: Springer Verlag GmbH 2005, 379 S., 158 Abb., 56 Tab., (ISBN 3-540-21482-8), mit CD-ROM, 79,95 EUR



Dieses Buch mit 365 Textseiten ist ein wirklich interdisziplinäres Werk von 29 Autoren unterschiedlicher Provenienz. Sie kommen ebenso aus der Anatomie, Physiologie und klinischen Neuro-

pharmakologie wie aus der Neurologie, Neurochirurgie, Neuropsychologie, Anästhesie und selbst der Industrie. Zunächst werden Anatomie und Physiologie der neuropathischen Schmerzen sowie pharmakologische Grundlagen behandelt. Es folgen Klassifikation und Terminologie des Schmerzes, die Schmerzmessung mit ihren unterschiedlichen Methoden, bevor es dann zur klinischen und bildgebenden Untersuchung und schließlich zur Behandlung übergeht. Alle Kapitel sind didaktisch sehr klar. Dies gilt auch für die Abbildungen und die Tabellen. Wichtige Feststellungen und Tipps für die Praxis sind optisch besonders hervorgehoben. Beispielsweise seien die medikamentösen Empfehlungen genannt. Einzigartig ist auch ein immerhin 38 Seiten langes Kapitel über die Bildgebung mit vielen klar beschrifteten Abbildungen hoher Druckqualität.

Der breite Raum, welcher der Bildgebung beigemessen wird, steht nicht in Widerspruch zum Prinzip des Primats der Schmerzanamnese und klinischen Untersuchung. In dem sehr kompakten Kapitel über die neurologische Untersuchung hat mir die Aufforderung gefallen, bei der Erhebung der Eigenanamnese auch auf vorangegangene Operationen zu achten und deren genaue medizinische Begründung zu erforschen, weil sich hinter solchen Operationen nämlich „häufig Versuche einer frustrierten Schmerztherapie verbergen“.

Dem Buch ist eine CD beigelegt. Sie enthält zwei Videofilme mit einem vor-

geschalteten kurzen einführenden Text. Der eine Film hat die Implantation einer Schmerzpumpe, der andere die Implantation einer SCS-Elektrode zur Teststimulation zum Inhalt.

Bei diesem Buch handelt es sich um ein ebenso wissenschaftliches wie pragmatisches Werk, welches alle Aspekte der Diagnostik und Therapie vor allem chronischer Schmerzsyndrome behandelt. Für die medikamentöse Therapie finden sich sehr konkrete Dosierungsrichtlinien und Diskussionen von Alternativen. Und auch die operativen Behandlungsmöglichkeiten werden von wirklichen Fachleuten differenziert dargestellt.

Es ist durchgehend zu erkennen, dass alle Autoren auf ihrem Gebiet nicht nur hohe theoretische, sondern auch praktische Erfahrungen besitzen.

Ich wünsche dem Buch, dass es jeder Arzt zur Hand nehmen und nutzen möge, der mit Schmerzpatienten zu tun hat.

Hans-Peter Richter (Ulm)