Diagnostik des Kniebandapparates

AGA-Komitee-Knie-Ligament

www.aga-online.de

find us in: facebook

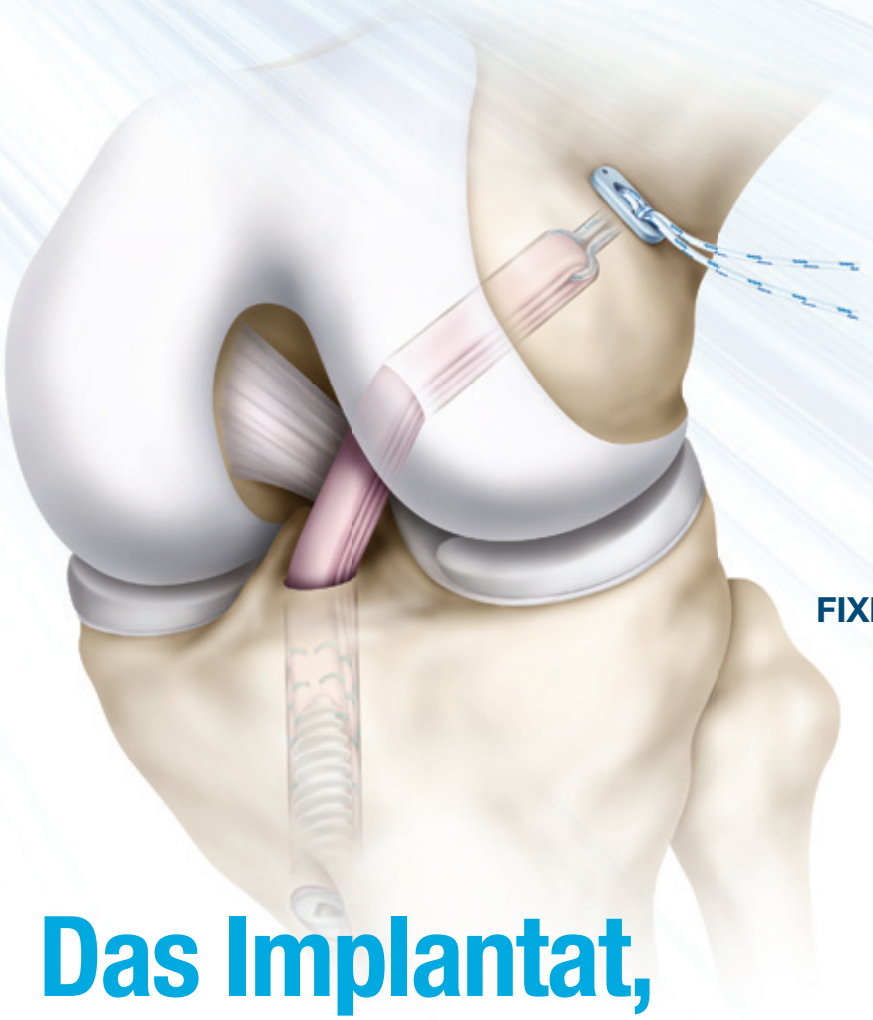
KOMITEE KNIE-LIGAMENT

ConMed

Advancing the Future of Minimally Invasive and Orthopaedic Surgery. Together.

GraftMax™ Button

Variierbares Implantat zur kortikalen Fixierung



+ MAXIMALE **FIXIERUNG**

+ MAXIMALE **TRANSPLANTAT-DICHTE**

+ MAXIMALE **REPRODUZIERBARKEIT**

+ DUALER **FIXIERUNGSMECHANISMUS**

Das Implantat,

das Ihre Erwartungen

verändern

wird.

ConMed
Deutschland GmbH
Frankfurter Strasse 74
64521 Groß-Gerau

+49 (0) 6152 9370
www.conmed.com/de

Diagnostik des Kniebandapparates

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

die Untersuchung des Kniebandapparates und die korrekte Diagnosestellung sind ärztliche Künste, deren Grundlagen zwar bereits im Studium vermittelt werden, die aber auch den Experten mit jahrelanger Berufserfahrung noch vor ein Rätsel stellen können. Dies ist der Komplexität der Anatomie und der Variabilität der Verletzungsmuster geschuldet. Gründe genug also, sich mit diesem immerwährend spannenden Thema in einem eigenen Heft zu beschäftigen.

Das Ligament-Komitee der Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie (AGA) hat dieses Kompendium erstellt, um einen Überblick über die verschiedenen Aspekte der Diagnostik des Kniebandapparates zu geben. Der Stellenwert der Anamnese und der klinischen Untersuchung soll hierbei betont werden. Die in den letzten Jahren erzielten Verbesserungen der bildgebenden Verfahren, insbesondere der Kernspintomographie, sind hilfreich, können und dürfen die fundierte Beschäftigung mit dem Patienten aber nie ersetzen.

Sinnvoll ergänzt werden die Kapitel „Anamnese“, „Stabilitätsprüfung“ und „Bildgebung“ durch eine vorangestellte Zusammenfassung der wesentlichen anatomischen und biomechanischen Aspekte der Kniestabilisatoren. Ohne diese Grundlage können funktionelle Tests nicht verstanden und auffällige Befunde nicht interpretiert werden.

Die nachgestellten Therapiealgorithmen sollen als Hilfen für die Entscheidungsfindung verstanden werden, können aber die wichtigen individuellen Faktoren, wie zum Beispiel Begleitverletzungen und -erkrankungen, funktioneller Anspruch und Patientenalter, nicht berücksichtigen. Zum Schluss beschäftigen wir uns im Kapitel „Postoperative Diagnostik“ damit, wie das erzielte Ergebnis zu beurteilen ist und welche Besonderheiten bei einer geplanten Revision zu berücksichtigen sind.

Wir hoffen sehr, dass diese kompakte Zusammenstellung Ihnen als ein hilfreiches Instrument im klinischen Alltag dient und dass Sie die Lektüre genießen.

Alexander Barié und

Andrea Ellen Achtnich

KOMITEE
KNIE-LIGAMENT

Inhaltsverzeichnis

1. Anatomie und Biomechanik 8
1.1 Vorderes Kreuzband 8
1.1.1 Anatomie 8
1.1.2 Biomechanik 9
1.2 Hinteres Kreuzband 11
1.2.1 Anatomie 11
1.2.2 Biomechanik 12
1.3 Mediale Bandstrukturen 12
1.3.1 Anatomie 12
1.3.2 Biomechanik 13
1.4 Laterale Bandstrukturen 14
1.4.1 Anatomie 14
1.4.2 Biomechanik 16

2. Anamnese und Verletzungsmechanismen 18
2.1 Allgemeine und verletzungsspezifische Anamnese 18
2.1.1 Allgemeine Vorerkrankungen, Vorverletzungen und Voroperationen 18
2.1.2 Zeitverlauf und Art der Symptome 18
2.1.3 Vorbehandlung der aktuellen Verletzung 18
2.2 Berufs-, sport- und verletzungsspezifische Anamnese 19
2.2.1 Berufsanamnese 19
2.2.2 Sportanamnese 19
2.2.3 Verletzungsmechanismen 19

3. Stabilitätsprüfung des Kniegelenkes 22
3.1 Allgemeine klinische Auffälligkeiten bei Bandinstabilitäten 23
3.2 Klinische Tests 23
3.2.1 Anteriore Instabilität 23
3.2.2 Anterolaterale Instabilität 28
3.2.3 Anteromediale Instabilität 28
3.2.4 Mediale Instabilität 29
3.2.5 Posteriore Instabilität 31
3.2.6 Posterolaterale Instabilität 31
3.2.7 Posteromediale Instabilität 32
3.3 Instrumentelle Stabilitätsprüfung 32
3.4 Arthroskopische Stabilitätsbeurteilung 37

4. Bildgebung 40
4.1 Röntgen 40
4.1.1 Lateral Notch Sign 40
4.1.2 Segond Fraktur 40
4.1.3 Knöcherne VKB- und HKB- Ausrissverletzungen 40
4.1.4 Avulsionsverletzungen der Kolateralbänder 42
4.1.5 Gehaltene Röntgenaufnahmen 43
4.1.6 Bandinstabilität bei Achsdeformität und Arthrose 44

4.1.7 Tibialer Slope ... 45
4.2 MRT ... 46
4.2.1 MRT bei anteriorer, anterolateraler und anteromedialer Verletzung ... 46
4.2.2 MRT bei medialer Kapsel-Band-Verletzung ... 48
4.2.3 MRT bei HKB-Verletzung ... 48
4.3 CT ... 49
4.3.1 CT bei akuter Bandläsion ... 49
4.3.2 CT bei chronischer Instabilität ... 50
4.4 Hilfe für den Radiologen ... 51

5. Therapiealgorithmen ... 53
5.1 VKB, akut ... 53
5.2 VKB, chronisch ... 55
5.3 Seitenbandinstabilitäten ... 55
5.4 HKB ... 56
5.5 Kniegelenksluxation ... 58

6. Postoperative Diagnostik nach VKB- Ersatzplastik und Diagnostik bei geplanter Revisionsoperation am Bandapparat ... 60
6.1 Ziele ... 60
6.2 Inhalte ... 60
6.2.1 ROM ... 60
6.2.2 Klinische Bandstabilitätstestung ... 60
6.2.3 Instrumentelle Bandstabilitätstestung ... 61
6.3 Zeitablauf ... 61
6.3.1 Die ersten 2 Wochen nach der OP ... 61
6.3.2 Die ersten 6 Wochen nach der OP (Return to Walk) ... 61
6.3.3 6 Wochen bis 4 Monate nach der OP (Return to Job, Return to Activity) ... 61
6.3.4 4 Monate nach der OP bis zur Rückkehr zum Sport (Return to Sports) ... 62
6.3.5 Die 1 Jahres-Kontrolle ... 63
6.4 Indikation, Diagnostik, Transplantatwahl und Zeitplan zur Revisionsoperation ... 64
6.4.1 Indikation ... 64
6.4.2 Diagnostik ... 65
6.4.3 Transplantatwahl ... 66
6.4.4 Therapieplanung ... 66
6.5 Planung der Revision eines hinteren Kreuzbandes ... 67
6.5.1 Indikation ... 67
6.5.2 Diagnostik ... 68
6.5.3 Therapieplanung ... 68
6.6 Planung der Revision der Seitenbänder ... 68
6.6.1 Indikation ... 68
6.6.2 Diagnostik ... 68
6.6.3 Therapieplanung ... 69

7. Literaturverzeichnis ... 71

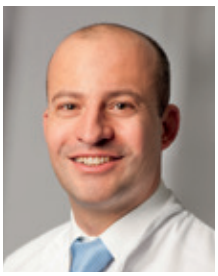
Autoren

Dr. med.
Andrea Ellen Achtnich
» Technische Universität München
» München, Deutschland

Dr. med.
Daniel Guenther
» Medizinische Hochschule Hannover
» Hannover, Deutschland

Dr. med.
Ralph Akoto
(Stellv. Leiter)
» Klinik St. Georg
» Hamburg, Deutschland

Prof. Dr. med.
Mirco Herbort
» Universitätsklinikum Münster
» Münster, Deutschland



Dr. med.
Alexander Barié
(Leiter)
» Universitätsklinik Heidelberg
» Heidelberg, Deutschland

Prof. Dr. med.
Peter Hertel
» Klinik Sanssouci
» Potsdam, Deutschland

Priv.-Doz. Dr. med.
Manfred Bernard
» Klinik Sanssouci
» Potsdam, Deutschland

Prof. Dr. med.
Jürgen Höher
» Sportsclinic Cologne
» Köln, Deutschland

Dr. med.
Gernot Felmet
» Artico Sportklinik
» Villingen-Schwenningen, Deutschland

Priv.-Doz. Dr. med.
Werner Krutsch
» Universitätsklinikum Regensburg
» Regensburg, Deutschland

Dr. med.
Sebastian Kwisda

» Schulthess Klinik
» Zürich, Schweiz

Priv.-Doz. Dr. med.
Nikolaus Streich

» Sportopaedie
» Heidelberg, Deutschland

Priv.-Doz. Dr. med.
Sven Scheffler

» Sporthopaedicum
» Berlin, Deutschland

Eigentümer & Copyright © AGA-Komitee-Knie-Ligament 2016

Für die Korrektheit der Inhalte tragen die jeweiligen Autoren die Verantwortung. Das Urheberrecht (Copyright) der Texte, Fotografien und Grafiken liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei dem Autor des entsprechenden Textabschnittes. Sollten Sie Teile hiervon verwenden wollen, können Sie diese käuflich erwerben. Bitte wenden Sie sich hierzu an das Komitee-Knie-Ligament der AGA – P.O. Box 1236, Seefeldstrasse 123, 8034 Zürich, Schweiz; info@aga-online.de. Wer gegen das Urheberrecht verstößt, macht sich gem. § 106 ff Urhebergesetz strafbar. Er wird zudem kostenpflichtig abgemahnt und muss Schadensersatz leisten.

Titelbild

© Dr. Alexander Barié

Hinweis

Dieses Heft kann gegen Versandgebühr zugesandt werden. Anfragen: aga-komitees@chello.at

Impressum

Herausgeber: AGA-Komitee-Knie-Ligament - P.O. Box 1236, Seefeldstrasse 123, 8034 Zürich, Schweiz
http://www.aga-online.de/komitees/ligament-komitee/, info@aga-online.de

Gestaltung: buero-01, Sabine Schanz, Werderstraße 19, 75173 Pforzheim, Tel +49 7231 140592, www.buero01.de

Druck: Kraft Druck GmbH, Industriestraße 5-9, 76275 Ettlingen

1. Anatomie und Biomechanik
(M. Herbort, D. Guenther, P. Hertel, S. Scheffler)

Eine wichtige Grundvoraussetzung für das Verständnis des Kniegelenkes sind dezidierte Kenntnisse über die Anatomie und Insertionsanatomie der Kapselbandstrukturen, deren biomechanische Eigenschaften und deren Einfluss auf die Gelenkkinematik. Aus diesem Grund werden im ersten Kapitel des Leitfadens die wichtigsten anatomischen Strukturen des Kniebandapparates sowie deren biomechanischen und gelenkkinematischen Aufgaben erläutert.

1.1 Vorderes Kreuzband (VKB) (M. Herbort, D. Guenther)

1.1.1 Anatomie

Das VKB entspringt an der Innenseite des lateralen Femurkondylus, verläuft schräg durch die Fossa intercondylaris und inseriert in der Eminentia intercondylaris. Sowohl das VKB als auch das hintere Kreuzband (HKB) werden von der Synovialmembran umhüllt, so dass sie außerhalb der Gelenkhöhle (extraartikulär), jedoch gleichzeitig intrasynovial innerhalb der fibrösen Gelenkkapsel liegen.

Das vordere Kreuzband besteht aus vielen einzelnen strukturellen Bündeln, jedoch hat sich in der aktuellen Literatur aus biomechanischen Untersuchungen und Überlegungen heraus eine funktionelle Bündeleinteilung etabliert [18, 19, 26].

Eine große Bedeutung für das Verständnis der Funktion und auch für die Rekonstruktion des VKB hat die dezidierte Insertionsanatomie. Vor etwa zehn Jahren wurde bereits aufgrund der Entwicklung der Doppelbündeltheorie die Insertionsanatomie des VKB in den Fokus der Forschung gerückt. Viele Arbeitsgruppen beschrieben die Insertion femoral als ovales Areal mit einem Längendurchmesser von etwa 18 mm und einem Querdurchmesser von 11 mm. Die tibiale Insertion wurde mit einem dreieckigen („Duckfoot“) Insertionsareal beschrieben, mit 17 mm Ausdehnung in der Sagittalebene und 11 mm Ausdehnung in der Transversalebene [18] (◘ **Abb. 1.1**). Zusätzlich wurden sowohl das Band selbst als auch die Insertion in funktionelle Anteile eingeteilt, welche sich an der tibialen Insertion orientieren und somit als anteromediales und posterolaterales Bündel (Anteil) bezeichnet wurden. [13]

Im Jahr 2012 wurde die Insertionsanatomie des VKB erneut durch die Arbeiten von Robert Smigielski in den Fokus der wissenschaftlichen Beobachtung und Diskussion gestellt.

Die Arbeitsgruppe beschrieb einen deutlich flacheren Bandverlauf („Ribbon- like“) des VKB mit einem flachen,

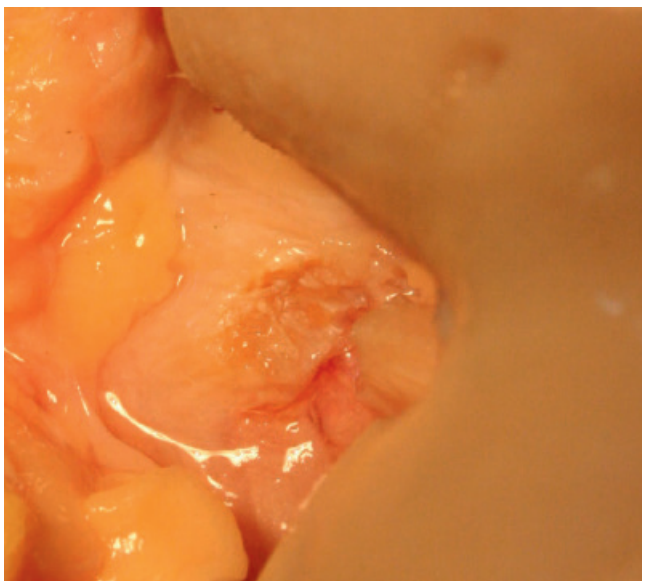


Abb. 1.1 ▲ Tibiale VKB Insertion mit typischer „duckfoot“ Ausdehnung, bevor die fettigen Fasern präpariert wurden. Quelle: M. Herbort

Abb. 1.2 ▲ Anatomische Präparation mit flacher femoraler Insertion. Quelle: C. Fink

rechteckigen femoralen und C-förmigen tibialen Ansatz [22]. Smigielski et al. beschrieben eine flache, nahezu rechteckige femorale Insertion mit einer Ausdehnung von 11-17 mm x 3 mm (◘ Abb. 1.2).

Die tibiale Insertion wurde von Siebold et al. zumeist als C-förmig beschrieben, mit lediglich funktionslosen Fettfasern in der ursprünglichen PL-Bündel-Insertionszone (◘ Abb. 1.3).

Die C-Form der tibialen Insertion ist jedoch nicht die einzige Ausdehnung, welche in anatomischen Dissektaten gefunden werden konnte, wie Guenther et al. zeigen konnten [5] (◘ Abb. 1.4).

1.1.2 Biomechanik

Eine regelrechte Biomechanik ist eine wichtige Voraussetzung für die Funktion des Kniegelenkes. Die biomechanischen Eigenschaften des Kniegelenkes können in zwei Anteile eingeteilt werden: Struktureigenschaften (z. B. der Bandstrukturen bzw. rekonstruierten Bandplastiken) und Gelenkkinematik.

Die Struktureigenschaften des originären VKB werden in der Literatur mit einer maximalen Ausreißkraft von 2160 (± 157) N und einer Steifigkeit von 242 (± 28) N/mm angegeben. Die physiologische Belastung des VKB wurde in mehreren Studien indirekt berechnet und wird in der Literatur beim Laufen mit 169 N und bei Aktivierung des Kniestreckapparates beim Treppensteigen mit 445 N angegeben. Das vordere Kreuzband besteht aus vielen einzelnen Bündeln, jedoch hat sich in der aktuellen Literatur aus biomechanischen Untersuchungen und Überlegungen heraus eine funktionelle Bündeleinteilung in ein anteromediales (AM) und ein posterolaterales (PL) Bündel etabliert [18, 19, 26]. Die Bündelbezeichnung orientiert sich hierbei an der Ausrichtung der tibialen Insertion der einzelnen Bündel [18, 20]. Mit Hilfe dieser funktionellen Einteilung des VKB in eine Zweibündelstruktur ist ein Verständnis der komplexen Funktion erleichtert worden und erfährt aktuell eine hohe wissenschaftliche Akzeptanz [18, 20]. Aufgrund ihres charakteristischen Verlaufes im Kniegelenk erfüllen das AM- und das PL-Bündel unterschiedliche Aufgaben bei der Stabilisierung des Kniegelenkes. Untersuchungen konnten insbesondere in vitro einen Hinweis dafür liefern, dass sich das AM -Bündel insbesondere mit zunehmender Flexion über 30° anspannt, während das PL-Bündel in extensionsnaher Kniestellung unter 30° Flexion Spannung aufnimmt [20, 26].

Zusätzlich scheint das PL-Bündel eine besonders stabilisierende Wirkung gegen Rotationskräfte aufzuweisen [3, 19, 27]. Gelenkkinematische Studien

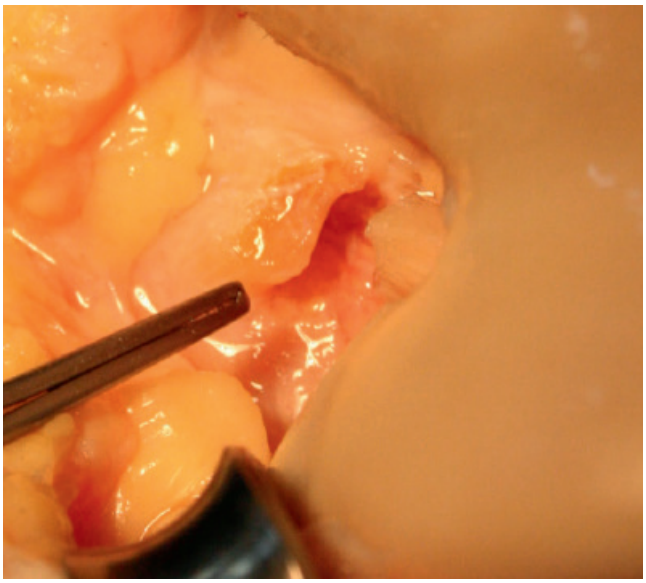


Abb. 1.3 ▲ Tibiale VKB Insertion mit C-förmiger Ausdehnung, nachdem die Fettfasern sorgfältig entfernt wurden. Quelle: M. Herbort

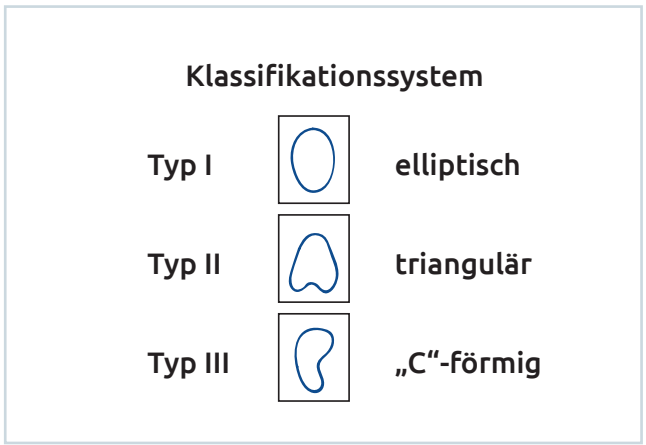


Abb. 1.4 ▲ Klassifikationssystem der tibialen Insertion des VKB's. In Anlehnung an Quelle: Guenther et al. [5]

mit selektiver Durchtrennung der beiden VKB-Bündel konnten lediglich eine vermehrte Rotationsinstabilität nach Durchtrennung des PL-Bündels feststellen [27]. Nach Durchtrennung des AM-Bündels zeigte sich hingegen eine vermehrte AP- Translation im simulierten Lachman-Test [27].

Anteriore tibiale Translation

Ein gewisses Maß an anteriorer tibialer Translation (ATT) als Reaktion auf eine ventral gerichtete Kraft kann als physiologisch angesehen werden. Es wird im Mittel eine physiologische ATT unter 100N Krafteinwirkung von 2 mm in Extensionsstellung und 5,5 mm im passiven radiologischen Lachman-Test angegeben [16]. Während des physiologischen Gangzyklus wurde zudem im bandstabilen Kniegelenk eine ATT von etwa 3 mm festgestellt [16]. Eine insuffiziente Stabilität des Kniegelenkes in sagittaler Richtung kann im Falle einer vorderen Kreuzbandruptur mittels des Lachman- Tests, instrumentell mittels KT-1000 oder z.B. auch mit dem Rolimeter untersucht werden. (siehe Kapitel „Untersuchung“) Diese klinischen Tests wurden auch durch In-vitro Tests simuliert, um so Informationen über die Gelenkkinematik des VKB-intakten Kniegelenkes zu ermitteln. So kann z. B. mittels eines Roboter-UFS-Systems die anteriore tibiale Translation nach definierter Einleitung einer anterior gerichteten Kraft von 134 N gemessen werden.

Rotationsstabilität

Die rotationsstabilisierende Wirkung des intakten vorderen Kreuzbandes resultiert aus seinem charakteristisch horizontalen Verlauf einiger VKB-Faseranteile [3, 28]. Die Rotationsstabilität kann in der klinischen Untersuchung valide mit Hilfe des Pivot-Shift-Tests untersucht werden (siehe Kapitel 3.2). In der apparativen oder biomechanischen In-vitro-Analyse der Rotationsstabilität wurde in vielen Fällen die reine Rotationsfähigkeit des Kniegelenkes analysiert. Diermann et al. konnten jedoch zeigen, dass die isolierte Durchtrennung des VKB keine vermehrte Innenrotationsfähigkeit zu Folge hat. Diese wird vielmehr von der Integrität des Seitenbandapparates bestimmt [3]. In der aktuellen Literatur wird neben dem VKB insbesondere der Zusatzverletzung von lateralen Kapselbandstrukturen ein Einfluss auf eine bestehende Rotationsinstabilität zugesprochen [11, 12].

Kniegelenkkinematik des VK-B insuffizienten Kniegelenkes

Nach vollständiger Durchtrennung bzw. Zerreißung des vorderen Kreuzbandes folgt eine vordere Kniegelenksinstabilität mit vermehrter anteriorer tibialer Translation. Diese vordere Instabilität besteht insbesondere in extensionsnaher Kniestellung (10°- 30° Flexion). Als Folge der bestehenden vorderen Instabilität des Kniegelenkes kommt es unter Belastung des Kniegelenkes zu einer Subluxation der Tibia nach ventral. Während im ligamentär stabilen Kniegelenk lediglich im physio-

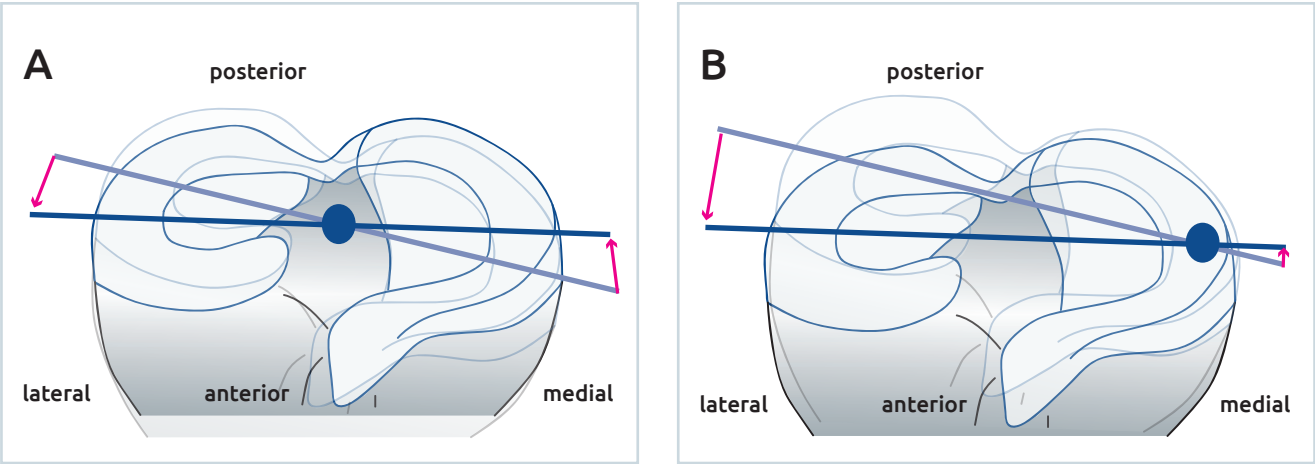


Abb. 1.5a und **1.5b** ▲ Verlagerung der Rotationsachse nach VKB Ruptur. A) VKB intakt: Zentrale Rotationsachse B) VKB Ruptur: Verlagerung der Rotationsachse nach medial. In Anlehnung an Quelle: Domnick et al. WJO 2016) [4]

logischen Gangablauf eine ATT von ca. 3 mm gemessen werden kann, erhöht sich diese bei VKB-Insuffizienz um 4,7 mm [16]. Neben der vorderen Instabilität verursacht eine VKB-Ruptur eine so genannte anterolaterale Rotationsinstabilität. Diese Instabilität zeichnet sich durch eine Verlagerung des Rotationszentrums in den medialen Gelenkabschnitt aus. Hierdurch wird die Beweglichkeit des lateralen Tibiaplateaus durch eine vermehrte anteriore tibiale Translation und erweiterte Innenrotationsbewegung gesteigert [3, 4] (◘ **Abb. 1.5a** und **1.5b**).

Diese pathognomonische Rotationsinstabilität wird in der klinischen Untersuchung mittels des Pivot-Shift-Tests diagnostiziert (siehe Kapitel 3.2). Aktuelle Untersuchungen konnten der anterolateralen Rotationsinstabilität eine herausragende Bedeutung zuschreiben. So konnten Kocher et al. einerseits keine Korrelation zwischen den subjektiven Symptomen und funktioneller Instabilität gemäß den Messergebnissen des Lachman-Tests bzw. der KT-1000 Messungen feststellen, andererseits korrelierte ein positiver Pivot-Shift Test sowohl mit der subjektiven Instabilität der Patienten als auch mit einer bestehenden funktionellen Instabilität. Bezüglich einer ausgeprägten Rotationsinstabiliät haben aktuelle Studien zusätzliche extraartikuläre Strukturen in den Fokus gerückt und konnten zeigen, dass neben der VKB-Ruptur z. B. eine Durchtrennung des anterolateralen Komplexes (ALL, Kaplan-Fasern, etc.) zu einer ausgeprägten Rotationsinstabilität führt. Eine weitere Folge einer vollständigen Ruptur des vorderen Kreuzbandes, welche bereits in einer biomechanischen Studie bewiesen werden konnte, ist die vermehrte Belastung der Seitenbandstrukturen des Kniegelenkes. Kanamori et al. konnten eine Zunahme der Spannung im MCL von 120- 170% bei 30°- 90° Flexionsstellung des Kniegelenkes und in den posterolateralen Strukturen von 413% bei 15° Flexionsstellung des Kniegelenkes feststellen [10].

1.2 Hinteres Kreuzband
(P. Hertel)

1.2.1 Anatomie

Das hintere Kreuzband ist das stärkste Band des menschlichen Körpers, die Reißfestigkeit beträgt über 1500 N. Es verläuft von einem fächerförmigen Ansatz in der lateralen ventralen Knorpelgrenze des medialen Femurkondylus zum abschüssigen Plateau zwischen den dorsalen zentralen Kanten des medialen und lateralen Tibiaplateaus. Die dorsale Kante dieses schräg abfallenden Ansatzplateaus liegt ca. 1 cm unterhalb des Niveaus des tibialen Gelenkknorpels und in der Frontalebene in Höhe der dorsalen Kante des Tibiaplateaus. Das hintere Kreuzband wird häufig ventral von einem am Hinterhorn des Außenmeniskus beginnenden Ligamentum meniskofemorale anterius (Humphrey- Ligament) und dorsal von einem Ligamentum meniskofemorale posterius (Wrisberg- Ligament) schräg überquert [2] (◘ **Abb. 1.6**). Die Bedeutung dieser beiden eher schwachen Bänder ist in einer Verstärkung der Funktion

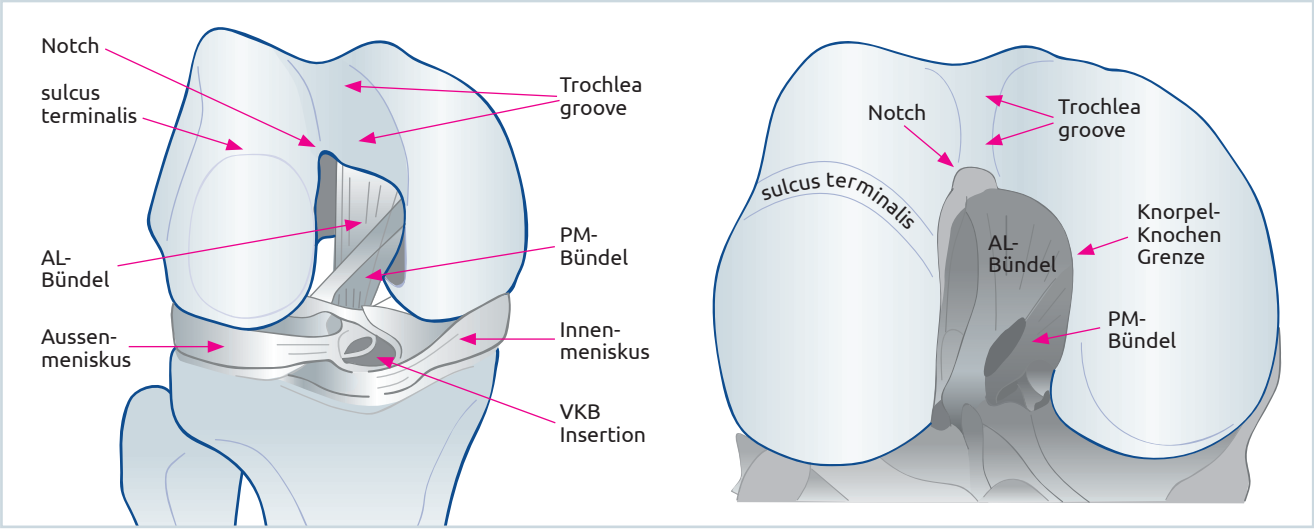


Abb. 1.6 ▲ Schematische Darstellung des HKB mit seinen einzelnen Faseranteilen: AL-Bündel, PM-Bündel, Wrisberg-ligament und Humphrey-ligament. In Anlehnung an Quelle: [2]

des HKB zu sehen. Nach Möglichkeit sollte man sie erhalten. Im Falle einer vollständigen Ruptur können sie bei rekonstruktiv-therapeutischen Überlegungen jedoch vernachlässigt werden.

Die Gefäßversorgung des HKB stammt überwiegend von der am Oberrand des Ligamentum popliteum obliquum schräg von proximal aus der Arteria poplitea eintauchenden Arteria genus media. Aufgrund guter Kollateralisierung mit den Zirkumflexa-Gefäßen sind Unterbrechungen der Arteria genus media oder ihrer Verzweigungen sehr selten mit Konsequenzen verbunden (z. B. nach arthroskopischem transseptalen Zugang oder der hinteren Kreuzbandchirurgie). Der Abstand der Arteria poplitea von der hinteren unteren Kante des schrägen Ansatzplateaus beträgt in Streckung ca. 3 mm, in Beugung ca. 4 mm, und vergrößert sich durch Kapseldistension (über Spülflüssigkeit) und operatives Kapsel-Release auf über 10 mm. In mittlerer hinterer Kreuzbandhöhe ist der Abstand noch größer (11,3 mm vor und 17,6 mm nach Release). Das erklärt die relativ geringe Gefährdung der posterioren neurovaskulären Strukturen bei arthroskopischen Eingriffen im hinteren Septumbereich [1].

Wie beim vorderen Kreuzband werden zwei funktionelle Bündelgruppen unterschieden, die sich anatomisch nicht trennen lassen. Das zentrale anterolaterale Bündel ist das deutlich kräftigere, kommt vom vorderen oberen Bereich des femoralen Insertionsareals an der Notch und endet tibial eher im vorderen Bereich der Ansatzfläche, während das posteromediale, kürzere und schwächere Bündel von den dorsalen Anteilen des femoralen Insertionsareals mehr zur dorsalen Kante der Insertionsfläche zieht [2] (**Abb. 1.6**).

1.2.2 Biomechanik

Aus der Nativ- MRT des Kniegelenkes lässt sich recht gut ableiten, dass der Großteil des HKB (anterolaterales Bündel) in Streckung bogenförmig verläuft, also locker ist. In 90° Beugung hingegen sind beide Bündel gespannt, das posteromediale Bündel im Vergleich zum anterolateralen Bündel jedoch weniger [8]. Das posteromediale Bündel taucht bei der Beugung unter dem anterolateralen Bündel hindurch.

Das HKB ist in Streckposition weitgehend locker, lediglich das posteromediale Bündel hat mäßige Spannung. Seine überragende Stabilisierungsfunktion als Zentralpfeiler des Kniegelenkes übt das hintere Kreuzband in Beugestellung aus, daran ist das anterolaterale Bündel ebenso beteiligt wie das posteromediale Bündel. Die verletzungsrelevante Biomechanik des HKB ist dementsprechend bestimmt durch sein Spannungsverhalten in Beugung, Streckung und Rotation. In Beugeposition mit straffer Anspannung des HKB werden die isolierten Verletzungen des HKB durch äußeren Anprall oder aber ohne Kontakt bei fehlender muskulärer Protektion durch Translation ausgelöst. Weiterhin führen Translation, Rotation und seitliche Aufklappmechanismen zur Verstärkung der Verletzung. Durchtrennungsversuche des HKB bestätigen [17]:

1. geringe dorsale Verschiebung des Tibiakopfes in Strecknähe
2. stärkere dorsale Verschiebung in Beugestellung
3. Verminderung der Verschiebung in Beugestellung durch Innen- oder Außenrotation

Werden posterolaterale Strukturen sukzessive zusätzlich durchtrennt, so bleibt die posteriore Instabilität in Innenrotation gleich, während sie in Außenrotation schon in Strecknähe deutlich zunimmt - klinisch optisch auffällig im Genu recurvatum im Stehen und im passiven Durchhang. Werden posteromediale Strukturen inklusive Innenband zusätzlich durchtrennt, so wird die vermehrte Dorsalverschiebung schon in Strecknähe und vor allem in Innenrotation stärker als in Außenrotation erkennbar. Derartig ausgeprägte Instabilitäten müssen als Komplexinstabilitäten bezeichnet werden, auch der Ausdruck „gerade Instabilitäten“ - Hughston et al., 1976 - soll die eher komplexe Instabilität verdeutlichen [9]. Der Drehpunkt – Pivot – in 90° Beugung bei zunehmender komplexer Instabilität verschiebt sich bei der posterolateralen Instabilität nach ventromedial, bei der posteromedialen Instabilität nach zentrolateral (**Abb. 1.7**).

1.3 Mediale Bandstrukturen
(M. Herbort)

1.3.1 Anatomie

Der mediale und posteromediale Kapselbandkomplex des Kniegelenkes besteht aus mehreren Schichten. Neben einer Einteilung der Strukturen in eine superfasziale, fasziale und tiefe Schicht (Warren und Marshall) hat sich vor allem eine funktionelle Unterteilung der Strukturen von anterior nach posterior durchgesetzt (Hughston und Eilers). Aus funktionellen und operativtechnischen Gründen ist vor allem eine Einteilung des posteromedialen Kapselbandapparates in 3 Strukturen sinnvoll:

- 0berflächliches (superficial) mediales Kollateralband (sMCL)
- profundes (deep) mediales Kollateralband (dMCL)
- hinteres Schrägband/ posteriores obliques Ligament (POL)

Oberflächliches mediales Kollateralband

Das oberflächliche mediale Kollateralband liegt in der oberflächlichsten Schicht und erstreckt sich über eine Länge von ungefähr 100 mm. Das Band überspannt flach und rautenförmig den medialen Gelenkspalt. Proximal inseriert das sMCL leicht proximal und dorsal des Epikondylus medialis, während es distal zwei Ansatzpunkte aufweist:

- proximal: unterhalb des Tibiaplateaus weichteilig mit dem Ansatz des M. semimembranosus.
- distal: anterior der posteriomedialen Tibiakante unter dem Pes anserinus nach distal auslaufend

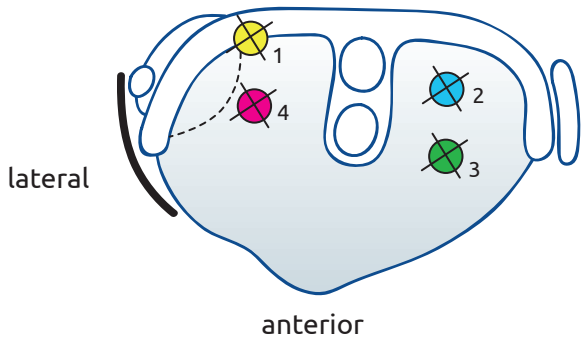
Tiefes mediales Kollateralband

Das tiefe mediale Kollateralband erstreckt sich unter dem oberflächlichen MCL leicht distal und dorsal des medialen Epikondylus zur tibialen Insertion, knapp unterhalb des medialen Tibiaplateaus. Damit erstreckt es sich über eine deutlich kürzere Strecke von ca. 30 mm und weist eine geringere Breite (9mm) als das dMCL auf. Das pMCL kann in einen meniskofemoralen (proximal) und einen meniskotibialen Anteil (distal) eingeteilt werden. Nach dorsal ist das dMCL mit dem POL verbunden.

Hinteres Schrägband (posteriores obliques Ligament)

Das hintere Schrägband entspringt leicht distal des Tuberculum gastrocnemius. Funktionell kann das POL in drei Anteile aufgeteilt werden:

- *superfizialer Anteil:* parallel und posterior zum sMCL
- *zentraler Anteil:* distale Insertion – tibial am Innenmeniskus/ posteromediale Kapsel/ M. Semimembranosus
- *kapsulärer Anteil:* distale Insertion – M. Semimembranosus



1: anteromediale Komplexinstabilität
2: anterolaterale Komplexinstabilität
3: posterolaterale Komplexinstabilität
4: posteromediale Komplexinstabilität

Abb. 1.7 ▲ Verlagerung des Drehzentrums des Kniegelenkes bei komplexen Instabilitäten. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

1.3.2. Biomechanik

Der komplexe Aufbau dieser Kapselbandstrukturen lässt bereits auf eine komplexe Stabilisationsfunktion der unterschiedlichen Krafteinwirkungen auf das Kniegelenk in unterschiedlichen Gelenkstellungen schließen.

Mit Hilfe von aufwendigen Kadaveruntersuchungen wurden diese stabilisierenden Aufgaben der einzelnen Kapselbandstrukturen untersucht. Es wurden dabei insbesondere stabilisierende Effekte gegen Valgusstress, anteriore tibiale Translation (ATT) und Rotationskräfte untersucht.

Eine differenzierte Untersuchung der beiden Anteile des oberflächlichen MCLs mit seinen beiden distalen Insertionen wurde von Grifith et al. durchgeführt. Die Arbeitsgruppe konnte nach Durchtrennung der einzelnen Strukturen zeigen, dass der proximale Anteil des sMCL vor allem als Stabilisator gegen einen Valgusstress in hoher Flexion und in strecknaher Position wirksam ist. Während der distale Anteil des sMCL vor allem in 60° Flexionsstellung stabi-

lisiert. Bei diesen Ergebnissen handelt es sich jedoch um eine isolierte Durchtrennung der einzelnen Strukturen, was in der klinischen Realität selten vorkommt. Andere Arbeitsgruppen untersuchten zusätzlich den synergistischen Einfluss von Kombinationsverletzungen des medialen Bandkomplexes und des vorderen und hinteren Kreuzbandes. Haimes et al. konnten zeigen, dass eine Durchtrennung des sMCL bei bestehender VKB-Insuffizienz zu einer erhöhten ATT in 90° Flexion führt. In 30° Flexionsstellung konnte wiederum kein Einfluss des sMCL auf die ATT aufgezeigt werden. Weimann et al. untersuchten den synergistischen Einfluss der medialen Strukturen auf eine hintere Kreuzbandinsuffizienz. Die Arbeitsgruppe konnte im Kadaver-Roboter-Versuch eine signifikante Zunahme der posterioren tibialen Translation (PTT) nach kombinierter Durchtrennung des POL und HKB feststellen [25]. Die Durchtrennung des sMCL und dMCL bei HKB Insuffizienz resultierte in keiner Zunahme der PTT. Die Hauptfunktionen der einzelnen medialen Kapselbandstrukturen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst worden:

sMCL:
- Hauptstabilisator gegen Valgusstress im vollen Flexionsausmaß (vor allem ab 30°)
  - Proximaler Anteil: Strecknah und 90°
  - Distaler Anteil: 60° Flexionsstellung
- Stabilisator gegen Innen- und Außenrotation

dMCL:
- Sekundärer Stabilisator gegen Valgusstress in Extension und Flexion
- Ruptur erfolgt bei Valgusstress vor dem sMCL (geringere Ausdehnung)

POL:
- Bedeutendster Stabilisator gegen Innenrotation (insb. in Extension)
- Stabilisator gegen Valgusstress in Extensionsstellung

1.4 Laterale Bandstrukturen
(S. Scheffler)

1.4.1 Anatomie

Der laterale Gelenkbereich des Kniegelenkes konstituiert sich aus einem mehrschichtigen Komplex aus kapsulären, ligamentären und muskulotendinösen Strukturen, die von erheblicher Bedeutung für die rotatorische und translatorische Stabilität des Kniegelenkes sind. Subkutan verlaufen die oberflächlichen Strukturen des *Tractus iliotibialis*, dessen tiefe Fasern am Tuberculum suprakondylaris lateralis des Femurs ansetzen und in das laterale intramuskuläre Septum einstrahlen (Kaplan-Fasern). Seine tiefen Strukturen laufen zum einen zum Caput breve des M. biceps femoris und setzen zum anderen am Condylus lateralis der Tibia am Tuberculum Gerdy an [23] (◘ **Abb. 1.8**)

Der Tractus iliotibialis besitzt eine besondere Bedeutung für die anterolaterale Stabilität des Kniegelenkes. Unterhalb des Tractus iliotibialis verlau-

	Innenrotation	Außenrotation	Valgusinstabilität	Anteriore tibiale Translation	Posteriore tibiale Translation
dMCL	Ø	Ø	Ø	gering sign. Zunahme in fixierter Außenrotation	Ø
sMCL	vermehrt in Flexion	vermehrt	vermehrt in Flexion > Extension	Ø	Ø
POL	vermehrt in Extension	Ø	vermehrt in Extension	Ø	geringe Zunahme

Tab. 1.1 ▲ Auflistung der stabilisierenden Einflüsse der einzelnen Anteile des medialen Kapselbandapparates

fen die Sehnen des *Caput longum* und *Caput breve* des M. biceps femoris. Das Caput longum setzt direkt lateral am Fibulaköpfchen an und liegt oberhalb der fibulären Insertion des lateralen Kollateralbandes (LCL)[23]. Ein anteriorer Anteil verläuft lateral des LCL und inseriert am lateralen Tibiaplateau. Es existieren aponeurotische Verbindungen zwischen dem Caput longum und Caput breve mit den posterolateralen Fasern des LCL[23]. Das Caput breve des M. biceps femoris weist drei sehnige Insertionen auf. Sein kapsulärer Arm strahlt von der Hauptsehne in die posterolaterale Gelenkkapsel ein und setzt lateral des Styloids des Fibulaköpfchens an. Der distale Anteil des kapsulären Arms formt das Ligamentum fabellofibulare [23]. Ein anteriorer Arm setzt mit meniskotibialen Verbindungen zum LCL am lateralen Tibiakopf an. Verletzungen des VKB sind häufig mit einer Avulsion dieses anterolateralen Aspekts der Tibia verbunden, welche als „Segond-Fraktur" bezeichnet werden [38]. Posterior der Bizeps-femoris-Sehne und 1,5 – 2 cm distal des fibulären Styloids verläuft der Nervus peroneus communis.

Das *laterale Kollateralband* (LCL) als extraartikuläre Struktur hat eine Länge von ca. 70 mm und inseriert femoral posterior des Epikondylus lateralis sowie distal am lateralen Aspekt des Fibulaköpfchens unterhalb des Caput longum der Sehne des M. biceps femoris (**Abb. 1.9**).

Die *Sehne* des M. *popliteus* kann im Sulcus popliteus direkt distal der femoralen Insertion des LCL identifiziert werden. Die Popliteussehne inseriert anterior und distal des Epikondylus lateralis und der femoralen Insertion des LCL als eine intraartikuläre Struktur [24]. Sie verläuft nach distal intraartikulär zum Hiatus popliteus unter Abgabe von tendinösen Ästen zum Außenmeniskus, den sogenannten popliteomeniskalen Faszikeln, welche zu einer dynamischen Stabilisierung des Außenmeniskus beitragen. Die Sehne verlässt den Kniebinnenraum nach Durchtritt durch das *Lig. coronarium*, um in der Fossa poplitea nach posterolateral zu ziehen. Hier können multiple Abgänge zum einen vom muskulotendinösen Übergang der Popliteussehne zur Fibula durch das *Lig. popliteofibulare anterius*, und zum anderen direkt von der Popliteussehne zur Fibula distal des fibulären Styloids durch das *Lig. popliteofibulare posterius* unterschieden werden[15]. Das Lig. popliteum arcuatum ist ein Komplex aus Verbindungen des Fibulaköpfchens zur Fabella, tiefen Kapselstrukturen und meniskotibialen Verbindungen, die in ihrer Gesamtheit den M. popliteus und seine Sehne an der Gelenkkapsel stabilisieren. Die gesamte Funktionseinheit wird häufig auch als „Arkuatumkomplex" bezeichnet. Eine weitere Insertion zwischen dem anterioren Anteil des Musculus popliteus und der Tibia findet sich lateral der Fovea der HKB-Insertion. Die Kombination dieser verschiedenen Insertionen wird als „Popliteuskomplex „bezeichnet.

Die breite *Sehne des Caput laterale des M. gastrocnemius* liegt proximal und posterior der femoralen LCL-Insertion. Sie strahlt in den meniskofemoralen Anteil der posterioren Gelenkkapsel ein. Zur Sehne des Caput laterale des Gastrocnemiusmuskels ziehen Ausläufer des Lig. popliteofibulare, die in ihrer

Abb. 1.8 ▲ Lateraler Bandkomplex (oberflächliche Strukturen)
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

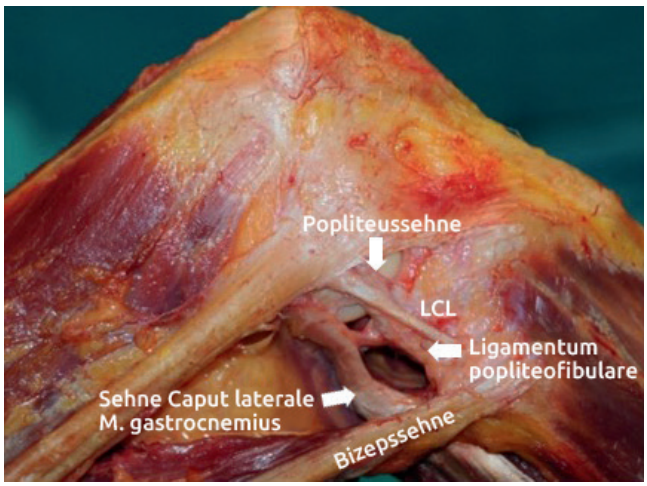


Abb. 1.9 ▲ Lateraler Bandkomplex (tiefe Strukturen)
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Gesamtheit von Bedeutung für die posterolaterale Gelenkstabilität sind.

1.4.2 Biomechanik

In einer Vielzahl von Studien wurde die Funktion der posterolateralen Strukturen (PLS) untersucht[6, 24]. Diese fungieren als primärer Stabilisator gegen die laterale Aufklappung und tibiale Außenrotation sowie als sekundärer Stabilisator bei der posterioren tibialen Translation (hintere Schublade). Hierbei besteht ein enges funktionelles Zusammenspiel mit dem HKB. Die posterolaterale Gelenkecke ist ein wichtiger sekundärer Stabilisator der posterioren tibialen Translation in strecknaher Position bei intaktem HKB [7], während mit zunehmender Beugung dieser Effekt deutlich abnimmt (**Abb. 1.10**).

Bei HKB-Insuffizienz kommt es zu deutlich erhöhten Belastung der PLS in Extension und Flexion. Besteht eine Kombinationsverletzung von HKB und PLS, führt dies zu einer ausgeprägten posterioren Instabilität, die vor allem zwischen 60° und 90° Flexion zu beobachten ist [7].

Der M. popliteus ist ein wichtiger dynamischer Stabilisator der hinteren Knieinstabilität, vor allem in strecknaher Position bei intaktem HKB [6]. Bei einer HKB-Insuffizienz konnte durch aktives Anspannen der Popliteussehne die posteriore tibiale Translation um 36% reduziert werden [6]. Dieses unterstreicht die Bedeutung der exakten klinischen und bildgebenden Analyse der tatsächlich verletzten Strukturen der posterolateralen Gelenkecke, um eine adäquate Wiederherstellung der posterolateralen Gelenkstabilität erreichen zu können.

Das laterale Kollateralband stabilisiert die laterale Aufklappbarkeit des Kniegelenkes über den gesamten Bewegungsumfang, wobei die höchsten Lasten in leichter Flexionsstellung bei 30° festgestellt werden konnten [14]. Kräfte um 300 N sind notwendig, um eine Ruptur des lateralen Seitenbandes in dieser Gelenkstellung erreichen zu können [14].

Die posterolateralen Strukturen stabilisieren zusätzlich die laterale Aufklappbarkeit und besitzen eine besondere Bedeutung bei HKB-Läsionen. Eine Insuffizienz der posterolateralen Strukturen führt nach HKB-Rekonstruktion zu einer deutlich erhöhten Varusinstabilität, welche zu einer Überlastung eines HKB- Ersatzes führt und dessen sekundäre Insuffizienz begünstigt. Daher ist es zwingend notwendig, durch eine sorgfältige Diagnostik Läsionen der posterolateralen Gelenkecke auszuschließen.

Die dynamischen Stabilisatoren des lateralen Gelenkbereichs (Tractus iliotibialis, M. bizeps femoris und Caput laterale des M. gastrocnemius) besitzen nur geringe bis keine Bedeutung hinsichtlich einer stabilisierenden Funktion gegenüber Varusbelastungen.

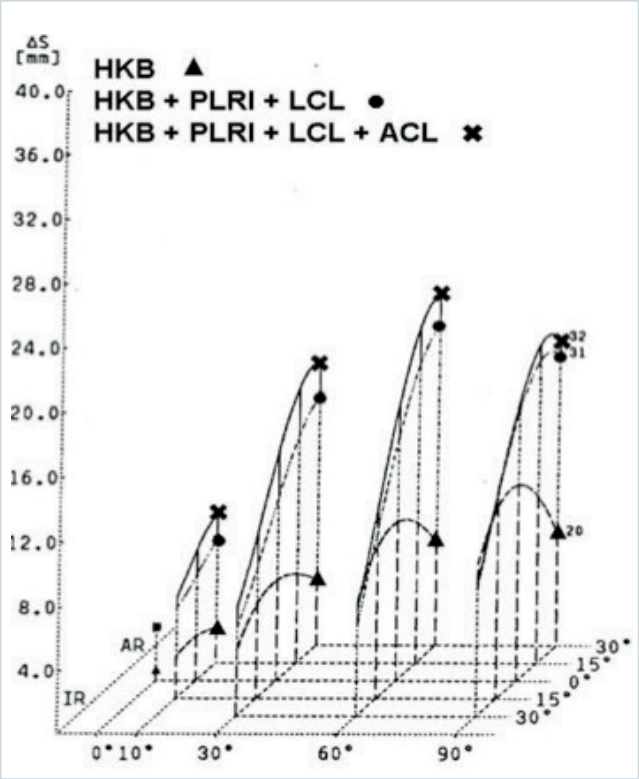


Abb. 1.10 ▲ Einfluss der posterolateralen Strukturen (PLRI) für die hintere Translationsstabilität des Kniegelenkes © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Die tibiale Außenrotation wird primär durch die posterolateralen Strukturen und das Außenband (LCL) stabilisiert [6, 7]. Dem LCL kommt hierbei eine primäre Bedeutung in strecknaher Position zu, während mit zunehmender Beugung die Sehne des M. popliteus und die popliteofibulären Bänder die primäre Stabilisierung übernehmen. Auch hier besteht ein enges Zusammenspiel mit dem HKB. Während die isolierte Insuffizienz der posterolateralen Strukturen zu einer signifikanten Erhöhung der tibialen Außenrotation führen, kann bei Insuffizienz des HKB und der posterolateralen Strukturen in 90° Flexion ein nochmals signifikanter Anstieg der Außenrotationsinstabilität und posterioren Verschiebung der Tibia beobachtet werden (**Abb. 1.10**). Dieses Phänomen der Kombinationsinstabilität von Rotation und Translation kann in der klinischen Untersuchung nachvollzogen werden und stellt einen wichtigen Hinweis auf das Ausmaß der vorliegenden Verletzung dar.

Von wesentlicher Bedeutung ist zudem die Unterscheidung zwischen einer posterolateralen Instabilität (nur vermehrte Außenrotation) ohne vermehrte laterale Aufklappbarkeit und der Kombination aus lateraler und posterolateraler Instabilität mit vermehrter lateraler Aufklappbarkeit. Um eine frühzeitige Überlastung und ggf. sekundäre Auslockerung des HKB-Transplantates vermeiden zu können, müssen mit geeigneten stabilisierenden operativen Verfahren sämtliche Insuffizienzen adressiert werden.

Die primären Stabilisatoren der tibialen Innenrotation befinden sich auf der medialen Gelenkseite, während hier der posterolaterale Bandkomplex nur geringe bis keine zusätzliche Stabilität gewährleisten kann.

2. Anamnese und Verletzungsmechanismen

(W. Krutsch , G. Felmet, D. Guenther, S. Kwisda)

2.1 Allgemeine und verletzungsspezifische Anamnese

Das Anamnesegespräch zwischen Arzt und Patient stellt in jedem Behandlungsstadium einer Bandverletzung am Kniegelenk den ersten Schritt des diagnostischen Vorgehens dar und wenig standardisierte Vorgaben sind hierfür verfügbar [4]. Es dient der Informationsgewinnung des Arztes auf der einen Seite und der Weitergabe von Beschwerden, Problemen und Fragen des Patienten auf der anderen Seite.

2.1.1 Allgemeine Vorerkrankungen, Vorverletzungen und Voroperationen

A) Abfrage von Vorerkrankungen und angeborene Anomalien:

- knöcherne und ligamentäre Anomalien der Extremitäten
- Bluterkrankungen mit erhöhtem Blutungs- oder Thromboserisiko
- Erkrankungen mit Einschränkungen des Herz-Kreislauf- Systems und erhöhtem Narkoserisiko
- Hauterkrankungen, speziell Affektionen am OP-Gebiet
- Allergien und Unverträglichkeiten
- vorherige Medikation und Durchführung einer intraartikulären Injektion am Kniegelenk

B) Bekannte Fehlstellungen der unteren Extremität:

- Fehlstellung der Hüftgelenke
- Fehlstellung der Kniegelenke, z. B. femorotibial und femoropatellar (Genu varum, Genu valgum)
- Fehlstellungen der OSG/ USG und der Füße

C) Vorverletzungen der Kniebinnenstrukturen:

- Bandrupturen der Kreuzbänder oder Seitenbänder (partielle oder totale Ruptur sowie verbliebene Instabilitäten)
- Meniskus (Meniskusdegeneration, Meniskusrisse)
- intraartikulärer Gelenkknorpel (degenerative Vorveränderungen, Arthrose, traumatische Knorpeldefekte etc.)
- Gelenkkapsel und Schleimhaut (wie z. B. Plica-Syndrom)
- Sehnenerkrankungen/ -verletzungen (z. B. Patellar-/ Quadrizepssehne)

D) Voroperationen an der unteren Extremität (beidseits):

- Kreuzbänder oder Seitenbänder (erhaltende oder ersetzende Therapie)
- andere Bandplastiken (z. B. MPFL) und ggf. bereits verwendete Sehnen-Grafts-
- Meniskus (Refixation oder Partialresektion) oder Knorpel-Operationen (z. B. autologe Chondrozytentransplantation (ACT)/ Microfrakturierung)
- Kapsel und Schleimhaut (z. B. Plica-Resektion, Synovitiden)
- Sehnenerkrankungen (z.B. Patellarsehnennaht)
- Umstellungsosteotomien/Gelenk-(Teil-) ersatz

2.1.2 Zeitverlauf und Art der Symptome

- Gefühl und Geräusch beim Unfall und Reißen eines Ligaments
- Akutphase mit kurz anhaltenden starken immobilisierenden Beschwerden (die meist rasch nachlassen)
- Kurzes Intervall mit geringeren Schmerzen und Beschwerden
- Auftreten eines traumatischen Hämarthros mit Schwellung, Druckgefühl und dumpfem tiefem Knieschmerz
- Zeitspanne der Symptomatik (Tage, Monate, Jahre)
- Stattgefundenes Trauma und Kausalität der Beschwerden
- Schmerzlokalisation, Schmerzcharakter, Schmerzzeitpunkt am Kniegelenk (Schmerzen nach ossären Bandausrissen sind durch das gut innervierte Periost besser zu lokalisieren als bei intraligamentären Rupturen)
- Belastungs- und Beugefähigkeit des Kniegelenks
- Ruhe- und/ oder Bewegungsschmerz (+ bei welchen Bewegungsmechanismen)
- Instabilitätsgefühl oder Giving-way-Phänomen
- Einschränkungen im privaten oder beruflichen Alltag

2.1.3 Vorbehandlung der aktuellen Verletzung

- bisherige Diagnostik und Bildgebung
- bereits durchgeführte Therapie
  - operativ (+ Art und Umfang) oder konservativ (+ Art und Umfang)
- Zeitpunkt und Dauer/Wiederholung der bereits stattgefundenen Behandlungen
- Erfolg bzw. Misserfolg der bisherigen Therapie

2.2 Berufs-, sport- und verletzungsspezifische Anamnese

In der Anamnese sollten die Ursachen und Entstehungsgründe für die Verletzung erhoben werden. Die Kongruenz von stattgehabtem Trauma und den aktuellen Beschwerden sollte analysiert werden. Die gewonnenen Informationen stellen nicht nur eine Grundlage für die weitere Behandlung dar, sondern dienen auch als Basis für eine Beratung des Patienten. Mit ihrer Hilfe kann eine adäquate Aufklärung über Verletzungsmechanismen und Präventionsmöglichkeiten erfolgen. Des Weiteren ist das Wissen über die berufliche und sportliche Tätigkeit des Patienten für die Planung der Wiedereingliederung nach der Beendigung der Therapie und die Erwartungshaltung des Patienten wichtig. Der Zeitpunkt des Traumas ist für das Behandlungsregime und die Wahl des OP-Zeitpunktes von großer Bedeutung. Der Zeitpunkt der operativen Versorgung ist weiterhin abhängig von der Art der Verletzung und dem Funktionsanspruch des Patienten. Versicherungstechnisch kann die Abfrage nach Selbst- oder Fremdverschuldung wichtig sein.

2.2.1 Berufsanamnese

In der Berufsanamnese steht die kausale Ursache einer Verletzung des Bandapparates des Kniegelenkes im Vordergrund. Sollte es sich um einen Berufsunfall oder einen Wegeunfall handeln, ist das Verletzungsartenverfahren einzuleiten (Unfallmeldung). Abhängig von der Verletzungsschwere und -art kann dann eine konservative oder operative Therapie der Bandverletzung am Kniegelenk in der geeigneten Einrichtung begonnen werden. Abfrage des Status einer Selbstständigkeit oder eines Angestelltenverhältnisses sollte vor einer operativen Maßnahme erfolgen, um etwaige Therapieempfehlungen bezüglich einer postoperativen Ruhigstellung oder Langzeitprognose abgeben zu können. Das Wissen über die berufliche Tätigkeit eines Patienten kann auch ein frühzeitiges Gespräch über die Weiterführung einer beruflichen Tätigkeit oder ggf. eine Umschulung ermöglichen. Dies ermöglicht einem Patienten z. B. mit Knieluxation im Profisport oder in einem Beruf im Risikobereich, rechtzeitig planen zu können. Versicherungstechnisch ist auch die Abfrage des Tragens von Protektoren beim Unfallereignis entscheidend, die häufig im Rahmen von Gutachten erfolgen kann. Hier sind insbesondere bei handwerklichen Tätigkeiten das Schuhwerk und ein Kopfschutz sowie Handschuhe abzufragen und zu dokumentieren. Unter Berücksichtigung von Berufskrankheiten bei knienden beruflichen Tätigkeiten sind auch die vorherigen Beschwerden vor einem Unfallereignis detailliert abzufragen.

2.2.2 Sportanamnese

In Bezug auf die Sportanamnese sollte ebenfalls bereits zu Beginn der Behandlung geklärt werden, inwiefern auch der Sportunfall einen berufsgenossenschaftlichen Hintergrund hat. Hierbei ist zu beachten, dass in Deutschland nicht nur Profisportler von der Berufsgenossenschaft versichert sind, sondern speziell im Fußball der Versicherungsstatus als bezahlter „Vertragsamateur-Spieler“ bei der Verwaltungsberufsgenossenschaft (VBG) sich nicht selten bis zur 7. Liga (Bezirksliga) erstreckt. Dies gilt insbesondere für bezahlte Spieler-Trainer im Fußball, die in reinen Amateurteams der unteren Spielklassen spielen, aber durch die Bezahlung von über 200 €/Monat in den VBG-Versicherungsstatus gelangen können. Die Weiterbehandlung von Sportunfällen im BG-Verfahren organsiert und führt der Durchgangsarzt (D-Arzt) durch. Seit dem Jahr 2015 ermöglicht die VBG auch nach Wegfall des sogenannten H-Arztes eine sportartspezifische Behandlung durch den vereinsassoziierten M-Arzt (www.vbg.de).

2.2.3 Verletzungsmechanismen

Die Abfrage des genauen Unfallmechanismus dient der Analyse des möglichen Verletzungsmusters und des Verletzungsausmaßes. Ligamentäre Verletzungen des Kniegelenks können isoliert, aber auch im Rahmen komplexer Knietraumen auftreten. Man unterscheidet dabei Dehnungen, Teilrupturen und komplette Rupturen der einzelnen Strukturen. Als Risikofaktoren für Bandverletzungen am Kniegelenk gelten intrinsische und extrinsische Faktoren. Zu den intrinsischen Faktoren gehören u.a. das Geschlecht, das Leistungsniveau, der Gesundheitszustand (Alter, Gewicht, Vorverletzungen, Übermüdung), die Anatomie des Kniegelenks (Maße der interkondylären Notch, Beinachse, Bandstabilität) und psychologische Einflüsse (Motivation, Risikowahrnehmung, Nervosität, Spielerfahrung). Extrinsische Risikofaktoren stellen u. a. Umwelteinflüsse, aber auch sportartspezifisches Equipment wie das Schuhwerk und die Interaktion mit dem Spieluntergrund dar, was z. B. beim Thema „Fußballschuhe und deren Interaktion mit der Bodenbeschaffenheit des Spielfeldes“ bekannt ist [2]. Die einzelnen Verletzungsmechanismen können grob in Kontakt-, indirekte Kontakt- und Nicht-Kontakt-Verletzungen unterteilt werden. Je nach Sportart treten bestimmte Verletzungsmechanismen gehäuft auf.

smith&nephew

FAST-FIX® 360

Meniskusrefixationssystem

save the meniscus

some things are better left intact

Wir stehen Medizinern und Pflegenden seit über 150 Jahren unterstützend zur Seite.

Kontakt
Smith & Nephew GmbH
Friesenweg 4, Haus 21
D-22763 Hamburg
T +49 (0)40 87 97 44-0
F +49 (0)40 87 97 44-375
info@smith-nephew.com
www.smith-nephew.de

Smith & Nephew AG
Oberneuhofstrasse 10d
CH-6340 Baar
T +41 (0)41 766 22 22
F +41 (0)41 766 22 94
swiss.endoscopy@smith-nephew.com
www.smith-nephew.com

Smith & Nephew GmbH
Concorde Business Park C3
A-2320 Schwechat
T +43 (0)1 707 91 02
F +43 (0)1 707 91 01
info.austria@smith-nephew.com
www.smith-nephew.com

Hersteller
Smith & Nephew, Inc.
150 Minuteman Road
Andover, MA 01810, USA

EU-Beauftragter
Smith & Nephew Orthopaedics GmbH
78532 Tuttlingen, Deutschland

®Trademark von Smith & Nephew.

A) Vorderes Kreuzband

Im Allgemeinen unterscheidet man vier häufige Verletzungsmechanismen:

1. Valgus- und Innenrotationsbewegung im Knie bei am Boden fixiertem Fuß durch Richtungswechsel beim Lauf eines Sportlers, einem langen Ausfallschritt oder einer Landung nach einem Sprung. Dieser Verletzungsmechanismus tritt typischerweise im Fußball oder Handball auf, meistens als Nicht-Kontakt-Verletzung und bei weiblichen Sportlern gehäuft bei der Landung nach einem Sprung (◘ **Abb. 2.1**).

2. Anteriore Translation der Tibia zum Femur oder umgekehrt im Rahmen von Kontaktsportarten oder Verkehrsunfällen oder als Nicht-Kontakt-Verletzung beim Abbremsmanöver eines laufenden Sportlers mit Anspannung des Quadrizepsmuskels und einem anterioren Vorschub der Tibia. Dies kommt beim Fußball, aber auch beim Skisport vor [3] und tritt gehäuft als Verletzungsmechanismus im Rahmen von Rerupturen nach VKB-Ersatzplastik auf.

3. Hyperflexionstrauma im Knie mit häufiger Kombination einer leichten Außenrotation der Tibia, welches zum Beispiel beim Rückwärtssturz des Skifahrers auftritt und durch eine Quadrizepsanspannung bei gleichzeitiger Insuffizienz der Beuger das vordere Kreuzband mit hohen Kräften affektiert (Phantom-Foot-Mechanismus ◘ **Abb. 2.2**).

4. Hyperextensionstrauma bei gewaltsamer Überstreckung des Kniegelenks, bei der das Dach der Fossa intercondylaris als Hypomochlion wirken kann [5]. Ein typischer Mechanismus ist der Vorwärtssturz des Skifahrers oder ein Luftschlag beim Fußball, bei dem der Ball nicht mit dem Fuß getroffen wird. Im Rahmen dieses Mechanismus kommt es häufig zu Partialrupturen des VKB, da die posterolateralen Fasern in Extension unter deutlich größerer Anspannung stehen als die anteromedialen Fasern [1].

B) Mediales Kollateralband

1. Forcierter Valgusstress im Kniegelenk, häufig als Kontaktverletzung gegen die Außenseite des Kniegelenks.

2. Hyperextensionsverletzungen als Kombinationsverletzung einer kombinierten Valgus-/Rotationsbewegung mit Verletzungen des vorderen Kreuzbands und der Menisci, was auch als „Unhappy Triad“ bekannt ist.

C) Hinteres Kreuzband

1. „Dashboard Injury“ mit posteriorer Translation des Tibiakopfes im Rahmen von Verkehrsunfällen durch Anprall am Tibiakopf bei gebeugten Kniegelenk. Im Sport tritt derselbe Unfallmechanismus beim Sturz und direkten Anprall des Tibiakopfes auf dem Boden auf, häufig bei Fußballtorhütern.

2. Hyperextensionsverletzungen als Kombinationsverletzung einer kombinierten Varus-/ Rotationsbewegung mit Verletzungen des lateralen und posterolateralen Bandkomplexes.

D) Laterales Kollateralband

1. Varustrauma im Kniegelenk als häufige Kontaktverletzung der Innenseite des Kniegelenks.

2. Hyperextensionsverletzungen als Kombinationsverletzungen einer kombinierten Varus-/Rotationsbewegung in Kombination mit Verletzungen des hinteren Kreuzbands und der posterolateralen Ecke.

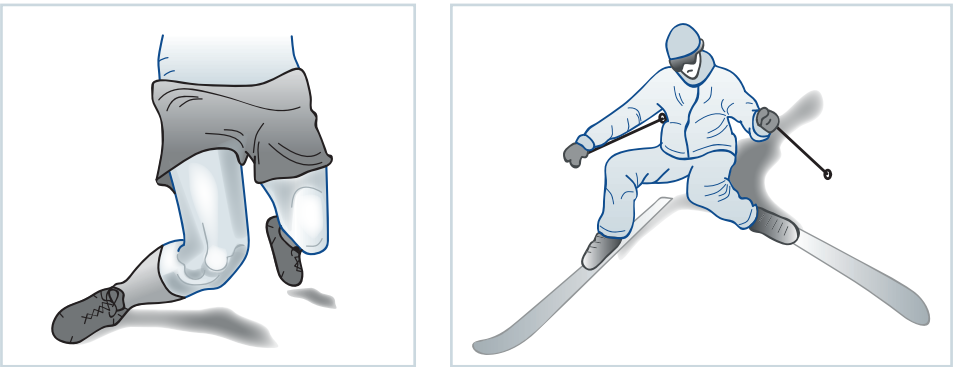


Abb. 2.1 und **Abb. 2.2** ▲ Beispiel eines typischen Unfallmechanismus am Kniegelenk im Fußball und im Ski-Sport. In Anlehnung an Quelle: Angele et al. [2]

3. Stabilitätsprüfung des Kniegelenkes
(A. Barié, J. Höher, S. Scheffler, N. Streich)

Einleitung (A. Barié)

In der klinischen Untersuchung können Kapsel-Band-Affektionen ohne Instabilität durch Schmerzen bei Dehnung der Strukturen und lokale Druckschmerzen auffällig werden. Bei Instabilitäten unterscheidet man die „einfache Instabilität“ mit nur einer betroffenen Bewegungsrichtung (medial, lateral, anterior oder posterior) von der „Rotationsinstabilität“ mit zwei betroffenen Bewegungsrichtungen (anteromedial, anterolateral, posteromedial oder posterolateral). Die „komplexe Instabilität“ beschreibt eine Instabilität in mehrere Bewegungsrichtungen, welche in der Regel die Folge einer Kniegelenksluxation oder -subluxation ist. Zur Beschreibung der komplexen Instabilität kann die Klassifikation der Kniegelenksluxation [12] herangezogen werden. Sie orientiert sich an den zerstörten anatomischen Strukturen (◘ Tab. 3.1).

Das Ausmaß der klinischen Instabilität wird vom Untersucher geschätzt (◘ Tab. 3.2) oder mit Hilfe von Instrumenten genauer quantifiziert (siehe Kapitel 3.3). Wichtig ist hierbei die Beurteilung im Seitenvergleich. Es wird hierbei entweder eine vermehrte Translation (◘ Abb. 3.1) oder ein vermehrtes Aufklappen (◘ Abb. 3.2) beurteilt.

KD I	Kniegelenksluxation mit einem intakten Kreuzband
KD II	beide Kreuzbänder gerissen, Seitenbänder intakt
KD III M	beide Kreuzbänder gerissen und Innenband gerissen
KD III L	beide Kreuzbänder gerissen und Außenband gerissen
KD IV	beide Kreuzbänder, Innenband und Außenband gerissen
KD V	intra-, periartikuläre Fraktur
+ C	zusätzliche Gefäßverletzung
+ N	zusätzliche Nervenläsion

Tab. 3.1 ▲ Übersetzte Klassifikation der Kniegelenksluxation nach Schenk welche sich an den zerstörten anatomischen Strukturen orientiert. „KD“ = knee dislocation, „C“ und „N“ sind Zusatzbezeichnungen bei Verletzungen der Blutgefäße und Nervenläsionen. (Anmerkung des Autors: Angezweifelt werden darf ob es eine KD II Verletzung tatsächlich gibt.) Quelle: [12]

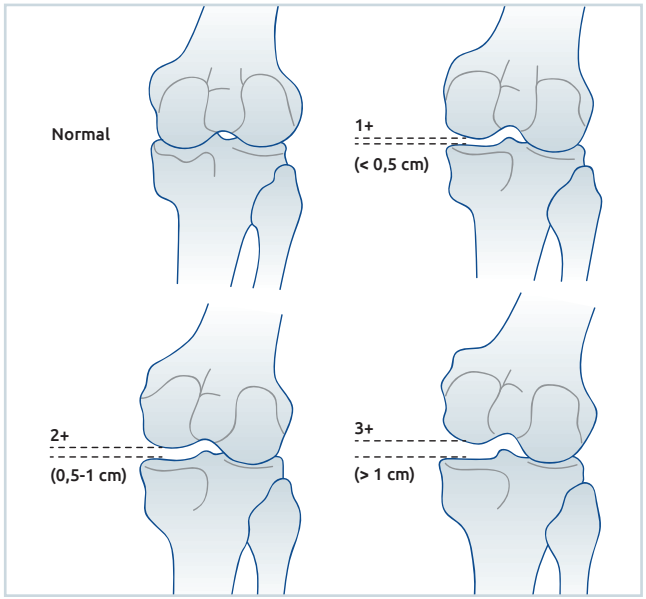


Abb. 3.1 ▲ Schematische Einteilung der ventralen Instabilität: die cm-Angaben beziehen sich auf die Differenz im Vergleich zum unverletzten Knie. In Anlehnung an Quelle: [18]

leichte Instabilität	= 1. Grades (1+)	= 0-5 mm
mäßige Instabilität	= 2. Grades (2+)	= 5-10 mm
starke Instabilität	= 3. Grades (3+)	= >10 mm

Tab. 3.2 ▲ Einteilung nach Ausmaß der Instabilität: die cm-Angaben beziehen sich auf die Differenz im Vergleich zum unverletzten Knie

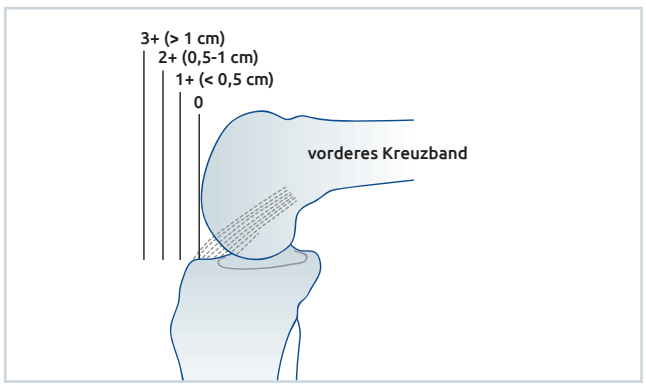


Abb. 3.2 ▲ Schematische Einteilung der medialen Instabilität: die cm-Angaben beziehen sich auf die Differenz im Vergleich zum unverletzten Knie. In Anlehnung an Quelle: [18]

3.1 Allgemeine klinische Auffälligkeiten bei Bandinstabilitäten
(N. Streich)

Die Grundlage einer diagnoseorientierten und effizienten Therapie ist eine sorgsame und effektiv strukturierte klinische Untersuchung (Inspektion, Palpation und Funktionstest) des Kniegelenks. Eine strukturierte Anamnese ist dabei unabdingbar. Neben der Kenntnis von vorausgegangen Ereignissen und Begleiterkrankungen ist bei akuten Verletzungen des Kniegelenkes auch eine genaue Rekonstruktion des Unfallmechanismus wichtig. In der chronischen Situation ist der Beginn und Verlauf der Beschwerdehaftigkeit sowie die genaue Schmerzlokalisation und der Schmerzcharakter (Einlaufschmerz, Bewegungsschmerz, Belastungsschmerz oder Ruheschmerz) wichtig. Bei der klinischen Untersuchung des Kniegelenks ist der Vergleich der gesamten Extremität mit der zumeist gesunden Gegenseite obligat.

Frische Verletzungen des Kniebinnenapparates machen es häufig aufgrund der Beschwerdehaftigkeit des Patienten nicht möglich, das Gangbild zu analysieren. In der subakuten oder chronischen Phase sind Stand- und Schwungphase im Gang getrennt voneinander zu beurteilen. Es ist auf funktionelle Instabilitäten (sogenanntes Giving-Way-Phänomen), Ausweich- bzw. Ersatzbewegungen sowie unvollständige Belastung zu achten (Schonhinken). Idealerweise zeigt sich ein flüssiges Gangbild mit raumgreifenden Schritten, ohne Hinken. Im Stand werden varische oder valgische Achsdeviationen sowie auffällige Formveränderungen (Genu recurvatum) und Muskelasymmetrien festgestellt. Die Beinachse stellt vor allen Dingen in der Behandlung der chronischen Instabilität eine wichtige Bedeutung dar. Beim Vorliegen einer lateralen Instabilität und einer gleichzeitigen varischen Beinachse kann es im Moment der Lastübernahme (= Beginn der Standbeinphase mit Fersenkontakt) zur sichtbaren Verstärkung einer varischen Kniefehlstellung kommen, dem sogenannten „Varus Thrust“. Die Beinachse führt zur Verstärkung der Bandinstabilität und kann sowohl eine konservative Therapie als auch die Ergebnisse einer operativen Bandrekonstruktion negativ beeinflussen und sollte daher immer beachtet werden. Ähnliches gilt auch für Verletzungen der dorsalen oder medialen Strukturen bei entsprechenden Deformitäten (Genu recurvatum bzw. Genu valgum).

Da frische, aber auch chronische Verletzungen mehrheitlich mit einer Ergussbildung einhergehen, sollte auf Konturveränderungen (parapatellär) geachtet werden. Intraartikuläre Ergüsse lassen sich im Liegen zumeist am Besten im Recessus suprapatellaris tasten. Eine Punktion des Ergusses sollte bei Beschwerden erfolgen. Hierdurch erhält man neben einer Minderung der subjektiven Beschwerden des Patienten auch die Möglichkeit der Analyse des Ergusses. Prinzipiell lassen sich durch die unterschiedlichen Qualitäten des Punktates Rückschlüsse auf die Verletzung ziehen (z.B. blutig, serös). Neben diesen sind auch Veränderungen des Hautkolorits (Entzündung, Hämatom), Narben, Hautverletzungen, die Position und Kontur der Patella (Patella alta/baja) sowie mögliche Atrophien der angrenzenden kniegelenksnahen Muskulatur zu beachten. Mittels Palpation erfolgt orientierend die Untersuchung der Hauttemperatur, der Sensibilitäten (neurologisch grob orientierend) und der Durchblutung. Im Verlauf der Muskelstränge des M. quadrizeps femoris sind neben dem Muskeltonus auch mögliche Atrophien zu tasten. Die vollständigen Bewegungsausmaße werden aktiv und passiv nach der Neutral-Null-Methode erfasst. Die Flexion erreicht physiologisch zwischen 130° und 150° und ist abhängig vom Weichteilmantel. Beugedefizite können durch Einklemmung z.B. eines Korbhenkelrisses oder eines freien Gelenkkörpers entstehen. Die Extension erreicht normwertig 0° ist aber stets im Seitenvergleich zu sehen. Ein Streckdefizit auf der verletzten Seite kann ein Hinweis auf eine pathologische Veränderung des VKB darstellen [15]. Eine vermehrte Überstreckbarkeit kann auf eine chronische Verletzung der hinteren stabilisierenden Strukturen (HKB, dorsolaterale Kapsel) hindeuten. Selbstverständlich schließt die klinische Untersuchung auch die klinische Funktionsdiagnostik der Menisken und der anderen Binnenstrukturen ein. Hierauf wird hier aber bewusst nicht weiter eingegangen

3.2 Klinische Tests
(A. Barié, S. Scheffler)

3.2.1 Anteriore Instabilität

Das vordere Kreuzband ist der primäre Stabilisator gegen die anteriore Tibiatranslation. Seine Integrität wird daher bei der Testung einer vorderen Instabilität vorrangig beurteilt. Wichtig ist aber auch die Erfassung einer begleitenden Verletzung der sekundären Stabilisatoren.

Medial sind dies das tiefe mediale Kollateralband, die posteromediale Gelenkkapsel, das oberflächliche mediale Ligament und die Muskulatur des oberflächlichen und tiefen Pes anserinus, lateral das ALL (= Anteriores Laterales Li-

gament) und in Kniegelenksflexion der Tractus iliotibialis sowie der M. biceps femoris. In Innenrotation verhindert auch das hintere Kreuzband die massive ventrale Tibiatranslation. Die Erfassung der Verletzung dieser sekundären Strukturen gelingt nur durch eine Kombination der verschiedenen Tests und die subtile Beurteilung des Ausmaßes der Instabilitäten dieser Tests.

Lachman-Test

Der Lachman-Test ist der am häufigsten genannte Test zur Beurteilung des vorderen Kreuzbandes. Er wurde bereits vor über 40 Jahren erstmals beschrieben [14]. (◘ **Abb. 3.3** und **Abb. 3.4**)

Ausführung: Der Patient ist in entspannter Rückenlage. Beste muskuläre Entspannung kann nur erzielt werden (und das gilt für alle Tests in Rückenlage) wenn der Kopf ruhig liegt und die Ellenbogen neben dem Körper (nicht hinter dem Kopf!) abgelegt sind. Das Knie wird in 20- 30° Flexion vom Untersucher gehalten, entweder durch das Umfassen mit der gegenseitigen Hand von lateral knapp oberhalb der Patella oder (bei großem Beinumfang des Patienten und in Relation zu geringer Handschuhgröße des Untersuchers) durch ein Unterlagern des Oberschenkels mit dem gebeugten Knie des Untersuchers und die Fixierung von oben durch Druck der Hand des Untersuchers oberhalb der Patella. Wichtig ist, dass der Patient ein sicheres Gefühl hat und sein Bein entspannt ablegen kann. Die untersuchende gleichseitige Hand umfasst den Unterschenkel von medial knapp unterhalb des Gelenkspaltes. Der Daumen liegt ventral auf der Tuberositas und drückt zu Beginn leicht nach dorsal. Die Finger liegen dorsal der Tibiahinterkante an und schieben beim Test den Unterschenkel nach ventral. Das Bewegungsausmaß der Tibia nach ventral und der Endpunkt der Bewegung werden beurteilt. Beides ist bei Testung mit wenig Kraft, aber schnellem Bewegungsimpuls, am einfachsten zu erspüren.

Cave: Bei einer Ruptur des hinteren Kreuzbandes startet die Bewegung aufgrund des Drucks des Daumens und aufgrund der Schwerkraft aus einer hinteren Schubladenposition. Der verlängerte Weg ist dann nicht fälschlich als VKB-Insuffizienz zu interpretieren.

Beurteilung: Beurteilt werden das Ausmaß der anterioren Tibiatranslation (0,1+,2+,3+) und der gefühlte Endpunkt (weicher oder fester Anschlag). Wichtig ist der Seitenvergleich um eine physiologisch verstärkte Lockerheit des Kniebandapparates, wie diese beispielsweise präpubertär vorliegt, nicht als Bandverletzung fehlzuinterpretieren. Eine Totalruptur des vorderen Kreuzbandes ist durch einen verlängerten Weg 1+

Abb. 3.3 ▲ Lachman-Test mit der Hand gehalten
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 3.4 ▲ Lachman-Test mit Unterlagerung des Oberschenkels
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

bis 3+ und weichen Anschlag deutlich zu diagnostizieren. Ebenso kann eine insuffiziente VKB-Plastik durch den verlängerten Weg bei gleichzeitig festem Anschlag leicht erkannt werden.

Schwierigkeiten bereiten muskuläre Gegenspannung und Gelenkerguss in der Akutphase. Partialrupturen sind durch die Untersuchung deutlich schwieriger, manchmal gar nicht, zu detektieren. Ein luxierter Korbhenkelriss, einklemmende Gelenkkörper und Osteophyten bei arthrotischer Umformung des Gelenkes können einen kurzen Translationsweg und einen festen Anschlag trotz VKB-Ruptur verursachen.

Die Sensitivität des Tests zur Erkennung einer kompletten VKB-Ruptur wird in einem aktuellen Review beim wachen Patienten mit 96 % angegeben. Hingegen wird eine partielle Ruptur nur zu 68 % richtig erkannt. In zwei Studien wurde die Untersuchung in Narkose durchgeführt und eine Sensitivität von 100 % (ohne Differenzierung des Ruptur Typs) angegeben. Die Spezifität des Tests (= VKB intakt bei negativem Test) wird im Review mit 78 % angegeben [8].

Schubladenphänomen nach vorne (englisch „Anterior Drawer Test") in neutraler Rotation, in Außenrotation, in Innenrotation (◘ **Abb. 3.5** bis **Abb. 3.7**)

Ausführung: Auch hier befindet sich der Patient in entspannter Rückenlage. Das Knie wird 90° flektiert und je nachdem der Fuß in neutraler Rotation, in Außenrotation oder in Innenrotation aufgestellt. Zur Stabilisierung setzt sich der Untersucher auf den Fuß des Patienten (Patient immer darauf hinweisen, dass dies absichtlich geschieht!) und umfasst mit beiden Händen den proximalen Unterschenkel knapp unterhalb des Gelenkspaltes. Die Daumenspitzen liegen ventral auf dem Gelenkspalt, um die Bewegung der Tibia zu palpieren. Die Bewegung erfolgt wie beim Lachman-Test. Wichtig ist auch hier die völlige muskuläre Entspannung des Patienten, welche durch Erfühlen des Tonus der ischiocruralen Muskulatur mit den Fingern beurteilt werden kann. Aus einem leichten dorsal gerichteten Druck wird dann mit mittlerer Kraft nach ventral geschoben.

Cave: Auch hier gilt wie beim Lachman-Test: Ein verlängertes vorderes Schubladenphänomen ist nur dann als ventrale Instabilität zu beurteilen, wenn eine hintere Schublade und damit eine hintere Instabilität zuvor ausgeschlossen wurde.

Beurteilung: In 90° Flexion stabilisiert der kollaterale Kapsel-Band-Komplex zusätzlich, so dass eine isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes ohne

Abb. 3.5 bis **Abb. 3.7** ▲ Schubladentest, Grundposition und Ausführung sind beim vorderen und hinteren Schubladentest (Anterior, Posterior Drawer Test) gleich. Wichtig ist die Position der Daumen um die Relativbewegung des Tibiaplateaus gegenüber den Femurcondylen ertasten zu können. Auf Abb. 3.6 drücken die Daumenballen nach hinten, auf Abb. 3.7 schieben die Finger nach vorne. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Überdehnung der kollateralen Strukturen nur zu einer geringen Verschiebung nach ventral führt und nicht gut palpiert werden kann. Umgekehrt muss man bei einer deutlichen vorderen Schublade in 90° Flexion 2-3+, an eine zusätzliche mediale oder laterale Instabilität denken. Eine Zunahme des vorderen Schubladenphänomens in Außenrotationsstellung (und die Stabilisierung in Innenrotationsstellung) sprechen für eine begleitende Insuffizienz der medialen sekundären Stabilisatoren (vor allem tiefes mediales Kollateralband und dorsomediale Kapsel mit Lig. popliteum obliquum). Eine Zunahme des vorderen Schubladenphänomens in Innenrotation weist auf eine komplexe Schädigung mit zusätzlicher Insuffizienz der dorsolateralen Stabilisatoren und/oder des hinteren Kreuzbandes hin [11].

In der Literatur wird die Exaktheit zur Beurteilung des vorderen Kreuzbandes durch den Anterior Drawer Test extrem heterogen angegeben. Die Sensitivität (= richtiges Erkennen einer VKB-Ruptur durch positiven Test) wird zwischen 9 und 95 % angegeben und die Spezifität (= VKB intakt bei negativem Test) zwischen 23 und 100 % [8].

Klassischer Pivot-Shift-Test nach MacIntosh (◘ **Abb. 3.8**)

Der Pivot-Shift-Test [4] ist stark von der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Dies spiegelt auch die heterogene Angabe der Testgenauigkeit in der Literatur (Sensitivität: 0- 98 % und Spezifität 82- 100 %) wieder. Die Testgenauigkeit zur Erkennung kompletter VKB-Rupturen beim wachen Patienten wird im Review von Leblanc et al. mit 86 % und zur Erkennung von Partialrupturen mit 67 % angegeben. Voraussetzung dafür, dass der Test überhaupt funktionieren kann, ist die Intaktheit des Innenbandes, welches als Widerlager notwendig ist und des Tractus iliotibialis, dessen Spannung zum Phänomen des Shiftens führt. Das Prinzip des Tests ist, dass bei einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes und des ALL das laterale Tibiaplateau in Streckstellung des Knies nach anterior subluxiert werden kann. Bei der Beugung des Kniegelenkes verlagert sich der starke Zugvektor des Tractus iliotibialis so, dass dieser ab ca. 20- 30° bis 50° Flexion die Tibia aus ihrer ventralen Subluxationsstellung nach dorsal reponiert.

Ausführung: Am einfachsten fällt dem Patienten die muskuläre Entspannung in Rückenlage mit dem Oberschenkel auf der Untersuchungsliege aufliegend und dem Unterschenkel, vom Untersucher gut gehalten, seitlich überhängend. Die gleichseitige Hand umschließt den Fuß von unten, so dass der Daumen lateral und die Finger medial den Kalkaneus umgreifen. Diese Hand stabilisiert zu Beginn in Streckstellung und Innenrotation und übt einen leichten axialen Druck aus. Die andere Hand greift von lateral knapp unterhalb des Gelenkspaltes. Ob hierbei der Daumen vorn und die Finger hinten anliegen oder umgekehrt, sollte jeder Untersucher für sich entscheiden, aber dann seine Technik konstant beibehalten. Diese Hand übt einen leichten Valgusstress auf das Knie aus und durch ventralen Schub dieser Hand kommt es zur initialen ventralen Subluxation des lateralen Tibiaplateaus. Die gleichseitige Hand am Fuß führt dann das Knie in eine Flexionsstellung und bei VKB-Insuffizienz kommt es hierbei zwischen 20° und 50° Flexion zum sicht- und spürbaren Zurückschnappen (=Shiften) des lateralen Tibiaplateaus im Sinne einer Reposition.

Cave: Der Test ist schwierig und sollte daher eher am Ende des Untersuchungsgangs durchgeführt werden. Der positive Test mit Reposition des Kniegelenkes ist dem Patienten meist unangenehm und bei ruppiger Durchführung kann er auch schmerzhaft sein, so dass einer mehrmaligen Wiederholung meist

Abb. 3.8 ▲ Pivot-Shift-Test nach Mac-Intosh, Variante mit abgehobenem Bein © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

nicht zugestimmt wird. Es empfiehlt sich daher, den Test gefühlvoll und mit geringer Kraft für die axiale Stauchung, die Innenrotation, den ventralen Schub und die Flexionsbewegung durchzuführen.

Beurteilung: Beurteilt wird das Shiften des lateralen Tibiaplateaus nach dorsal. Der Test wird mit den Stufen fest = 0, geringes Gleiten spürbar = +, deutliches Gleiten oder Schnappen spürbar = ++, sehr deutliches spür- und hörbares Gleiten = +++ beschrieben. Wichtig ist auch hier der Seitenvergleich, da ein positiver Pivot-Shift Test physiologisch begründet sein kann. Häufiger ist dies bei Kindern und Frauen mit Genu valgum festzustellen. Ein einseitig positiver Test ist hoch pathognomonisch für das Vorliegen einer VKB-Verletzung. wohingegen ein negativer Test oft der mangelnden Entspannung des Patienten geschuldet ist. Sichtbar wird dies bei Wiederholung des Tests im Rahmen der präoperativen Narkoseuntersuchung. Ob eine zusätzliche Verletzung des ALL zu einem vermehrten Shiften oder einem Shiften auch in Neutralrotation oder Außenrotation führt, wird diskutiert, ist aber noch nicht abschließend geklärt.

Weitere Tests denen das Pivot- Shift-Phänomen zugrunde liegt wurden von Strobel et al. 1995 zusammengestellt , ausführlich beschrieben und bildlich dargestellt [16]. Eine Auswahl dieser Tests soll im Folgenden kurz vorgestellt werden. Gemeinsam ist diesen Tests, dass das laterale Subluxationsphänomen als eine Desintegration des Roll-Gleit-Prinzips infolge der Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes zu verstehen ist [9].

Lemaire-Test

Dieser Test ist dem Test nach MacIntosh sehr ähnlich. Unterschiedlich ist die Position der proximalen Hand. Diese fasst nicht den Unterschenkel unterhalb des Gelenkspaltes, sondern übt auf den distalen Femur proximal des Condylus von lateral einen Druck und damit einen Valgusstress auf das Kniegelenk aus. Unter beibehalten von Valgusstress und Innenrotation werden dann vorsichtige Flexions-Extensions-Bewegungen durchgeführt und das Subluxieren und Reponieren hierbei beobachtet.

Jerk-Test nach Hughston

Auch hier befindet sich der Patient in Rückenlage. Das Bein ist abgehoben (wie dies auch beim klassischen Pivot-Shift-Test oft durchgeführt wird) und der Test startet in einer Knieflexion von etwa 60°. Die Handhaltung und der Druck sind genau wie beim Pivot-Shift-Test, nur wird jetzt das Bein in Extension gebracht und spürbar wird nicht die Reposition sondern die ventrale Subluxation des Tibiaplateaus.

Slocum-Test (◘ **Abb. 3.9** und **Abb. 3.10**)

Dieser Test wird in Seitlage, das verletzte Knie oben und angewinkelt, durchgeführt. Das zu untersuchende

Abb. 3.9 und **Abb. 3.10** ▲ Slocum-Test: Grundposition und Position der Hände © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Bein liegt mit dem Fußinnenrand auf und durch das frei hängende Knie wirkt die Schwerkraft bereits im Sinne eines Valgusstresses. Der Untersucher muss den Fuß nicht führen und der Patient kann leichter lockerlassen. Der Untersucher steht hinter dem Patienten. Eine Hand umgreift von oben das distale Femur, die andere Hand von oben den proximalen Unterschenkel, so dass der Daumen von hinten einen ventralen Schub ausüben kann und der Zeigefinger das Fibulaköpfchen und das anterolaterale Tibiaplateau palpiert. Die Bewegungsausführung ist wie beim klassischen Pivot-Shift-Test aus ca. 20° in 60° Flexion und es wird die Reposition bei Beugung erspürt.

Losee-Test

Dieser Test ist dem Jerk-Test sehr ähnlich. Auch hier wird die Subluxation beim Übergang von der Beugung zur Streckung erspürt. Im Unterschied zum Jerk-Test wird aber zu Beginn und während des Tests der Unterschenkel nicht vom Untersucher in die Innenrotation gezwungen. Die distale Hand am Sprunggelenk hält dieses zu Beginn in lockerer, natürlicher Außenrotation und lässt beim Bewegen eine spontane Innenrotation (im Falle des Pivotierens) zu. Die proximale Hand hält von lateral das Knie mit dem Daumen hinter dem Fibulaköpfchen. Sie übt einen leichten Valgusdruck aus und erspürt die ventrale Subluxation.

3.2.2 Anterolaterale Instabilität

Eine anterolaterale Instabilität erfolgt aufgrund der Verletzung des vorderen Kreuzbandes und des Außenbandes und/oder der anterolateralen Band-/Kapselstrukturen. Der anterolaterale Gelenkbereich konstituiert sich aus Fasern des Tractus iliotibialis und derber Kapselstrukturen, die vor allem die tibiale Innenrotation stabilisieren [7]. Klinisch kann dies zum einen durch eine vermehrte vordere Schublade in Innenrotation in 90°, vor allem aber in 30°, festgestellt werden [6]. Eine anterolaterale Instabilität führt in strecknaher Gelenkstellung zu einer ausgeprägten Subluxation des Tibiakopfes bei Innenrotation und Valgusstress, was klinisch durch ein grob springendes Pivotieren der Tibia bei Beugung des Kniegelenkes im Sinne der tibialen Reposition nachzuvollziehen ist (grob positiver Pivot-Shift- Test).

3.2.3 Anteromediale Instabilität (◘ Abb. 3.11)

Die Kombination aus vorderer und medialer Instabilität ist häufig und zeigt sich in einer deutlich vermehrten Translation sowohl im Lachman-Test als auch in der vorderen Schubladenprüfung. Die Instabilität nimmt in Außenrotation zu und bei Innenrotation ab. Der Abduktionstest in 30° Knieflexion zeigt je nach Ausmaß der Verletzung ein vermehrtes mediales Aufklappen. Die Pivot-Shift-Tests können, wie weiter oben erklärt, negativ ausfallen, da für die Spannung des Tractus iliotibialis ein intaktes Innenband als Widerlager notwendig ist.

Der Dial-Test, welcher die Außenrotationsfähigkeit des Kniegelenkes in verschiedenen Flexionsgraden untersucht, wird als klassischer Test der posterolateralen Instabilität dort abgehandelt. Es muss aber bedacht werden, dass eine vermehrte Außenrotation auch aus einer anteromedialen Verletzung resultieren kann. Das Ausmaß einer vermehrten Außenrotation im Seitenvergleich kann bei der Untersuchung in Bauchlage besser abgeschätzt werden. Zur Unterscheidung zwischen einer posterolateralen Rotationsinstabilität und einer anteromedialen Rotationsinstabilität muss das ventrale Tibiaplateau palpiert werden. Dies gelingt in Rückenlage bei aufgelegtem Oberschenkel und überhängendem Unterschenkel leichter. Hier kann die gleichseitige Hand am Sprunggelenk rotieren und die andere Hand die Rotation auf Gelenkspalthöhe palpieren. Die Interpretation sollte immer in Zusammenschau mit den Untersuchungsergebnissen des vorderen und hinteren Schubladenphänomens in den verschiedenen Rotationspositionen erfolgen. Ein positiver Dial-Test und eine deutlicheres vorderes Schubladenphänomens in Außenrotationsstellung als in Innenrotationsstellung sind schlüssige klinische Befunde einer anteromedialen Rotationsinstabilität mit Verletzung

Abb. 3.11 ▲ Test der Außenrotation am hängenden Unterschenkel in Rückenlage: Der Seitenvergleich fällt in Rückenlage schwerer aber die Unterscheidung zwischen anteromedialer und posterolateraler Instabilität fällt leichter © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

(in absteigender Wahrscheinlichkeit) des VKB, des tiefen medialen Kollateralbandes, der dorsomedialen Kapsel, des hinteren Schrägbandes und des oberflächlichen medialen Kollateralbandes.

3.2.4 Mediale Instabilität

Die mediale Stabilität des Kniegelenkes wird statisch durch den Bandapparat, den Innenmeniskus und die knöcherne Konfiguration gewährleistet, dynamisch durch die medial verlaufende Muskulatur. (◘ **Tab. 3.3**)

Abduktionstest bei Flexion von 30°

Ausführung: Der Patient ist in Rückenlage. Der Oberschenkel ruht auf der Untersuchungsliege und der Unterschenkel befindet sich neben der Liege. Das Knie ist leicht gebeugt bei ca. 30°. Die gleichseitige Hand umfasst den Unterschenkel von medial her und übt Druck nach lateral aus, während die andere Hand das Knie an der lateralen Seite fixiert. Es resultiert ein Valgusstress auf das Kniegelenk. Eine gute Variante dieser Testung ist die Lagerung des Beins mit Hilfe des Oberschenkels. (◘ **Abb. 3.12** und **Abb. 3.13**)

Cave: Es soll in der Bewegung keine Rotation induziert werden. Dies wird kontrolliert über die unveränderte Position des Apex der Patella.

Statische mediale Stabilisatoren	Dynamische mediale Stabilisatoren
oberflächliches mediales Kollateralband = sMCL	M. semimembranosus (Pes anserinus profundus)
tiefes mediales Kollateralband = dMCL (Lig. meniscofemorale + Lig. meniscotibiale)	M. sartorius (Pes anserinus superficislis)
hinteres Schrägband = POL (Lig. obliquum posterius)	M. gracilis (Pes anserinus superficislis)
Dorsomediale Kapsel (u.a. Lig. popliteum obliquum)	M. semitendinosus (Pes anserinus superficislis)
Innenmeniskus	M. vastus medialis
Kontur des Femurcondylus und des Tibiaplateaus	M. gastrocnemius, Caput mediale
Vorderes und hinteres Kreuzband	

Tab. 3.3 ▲ Übersicht der medialen Stabilisatoren des Kniegelenkes

Abb. 3.12 und **Abb. 3.13** ▲ Test der Seitenbandstabilität in Flexion: Das Sprunggelenk wird auf dem Oberschenkel durch den Ellenbogen fixiert, die Hände halten das Knie in leichter Flexion, das Bein ist in entspannter natürlicher Außenrotation und der Varus- und Valgusstress wird durch die Handballen auf das Knie eingeleitet. Durch die Position der Fingerkuppen auf Höhe des Gelenkspalts kann das Aufklappen des Gelenkspalts und das Anspannen der Bänder ertastet werden. Durch das wechselseitige Aufklappen medial und lateral kann in dieser Testung gut zwischen medialer oder lateraler Instabilität differenziert werden. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Beurteilung: Eine alleinige Schmerzhaftigkeit beim Test ohne vermehrtes Aufklappen im Seitenvergleich spricht für eine Affektion oder Partialruptur. Die Lokalisation des Schmerzes kann Hinweise auf einen femoralen oder tibialen Ausriss oder eine intraligamentäre Ruptur geben. Aufgrund der geringeren Länge des tiefen medialen Kollateralbandes (= dMCL) und der damit einhergehenden relativ größeren Dehnung reißt dieses beim Valgustrauma häufig vor dem oberflächlichen medialen Kollateralband (= sMCL). Es kann hierbei auch zu einem Ausriss des Meniskus kommen. Bei erhaltenem sMCL resultiert im Test nur eine geringe Instabilität 1+. Bei einer größeren Instabilität, 2+, ist sowohl von einer Ruptur sowohl des dMCL als auch des sMCL auszugehen. Bei einer ausgeprägten medialen Instabilität, 3+, ist in der Regel auch das hintere Schrägband (= POL) zerrissen und der zentrale Pfeiler, VKB und/oder HKB, kann betroffen sein. Kritisch sind starke Aufklappbarkeiten bei gleichzeitig nur geringen Schmerzen zu beurteilen. Hier bestehen meist komplette Zerreißungen der Strukturen und der geringe Schmerz darf den Untersucher hier nicht zur Fehlinterpretation dieser schweren Verletzung verleiten.

Abduktionstest bei maximaler Extension (◘ **Abb. 3.14** und **Abb. 3.15**)

Ausführung: Der Patient ist in Rückenlage. Das gesamte Bein ruht auf der Untersuchungsliege. Die Handhaltung und Krafteinleitung sind gleich wie beim vorangegangenen Test.

Cave: Auch hier soll keine Rotation induziert werden. Getestet wird bei beiden Tests nur mit geringem Kraftaufwand.

Beurteilung: In Streckstellung stabilisieren die dorsomediale Gelenkkapsel mit dem Lig. popliteum obliquum sowie das hintere Schrägband (=POL) das Knie gegen den einwirkenden Valgusstress. Sind diese Strukturen intakt, zeigt sich auch bei zerrissenem Innenband (dMCL und sMCL) in Extension keine wesentlich vermehrte Aufklappbarkeit im Test. Umgekehrt spricht ein vermehrtes Aufklappen, 1- 2+, in Streckstellung für eine Zerreißung des Innenbandes, der dorsomedialen Kapsel und des POL und bei einer starken Aufklappbarkeit, 3+, ist eine Verletzung des zentralen Pfeilers, VKB und/oder HKB, wahrscheinlich. Auch muss in dieser Situation mit Verletzungen des lateralen Kniegelenkkompartimentes durch die Stauchung gerechnet werden. Außenmeniskusrisse und laterale Tibiakopfimpressionsfrakturen können logische Folgen der einwirkenden Kraft sein.

Anmerkung zur Insertionstendopathie des Pes anserinus superficialis

Aufgrund der räumlichen Nähe des Pes anserinus superficialis zur tibialen Insertion des oberflächlichen medialen Kollateralbandes (= sMCL) sei auf die schmerzhaften Tendinosen des gemeinsamen Ansatzes von M. sartorius, M. semitendinosus und M. gracilles hingewiesen. Diese treten im Rahmen von Überlastungen bei Läufern, bei Gonarthrose-Patienten, aber auch bei Patienten mit vorderer Instabilität und/oder nach VKB-Plastik mit Sehnenentnahme der ischiocruralen Muskulatur auf. Klinisch zeigen sich ein lokaler

Abb. 3.14 und **Abb. 3.15** ▲ Test der medialen Stabilität durch Valgusstress (Abb. 3.14) und der lateralen Stabilität durch Varusstress Abb. 3.15) in Extension © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Druckschmerz und oft eine geringe Schwellung. Typisch sind Schmerzen bei isometrischer Anspannung und eine Schmerzverstärkung bei wiederholter dynamischer Testung mit Widerstand gegen Flexion und gleichzeitig gegen Innenrotation. Differentialdiagnostisch sind Bursitiden und Verletzungen des sMCL-Ansatzes (kein oder geringer Schmerz bei Test gegen Widerstand) oder seltene Verletzungen des Pes anserinus profundus (andere Lokalisation) zu bedenken.

3.2.5 Posteriore Instabilität (◘ Abb. 3.16)

Das hintere Kreuzband stabilisiert das Kniegelenk primär in 90° Flexion. Daher erfolgt die Untersuchung am 90° flektierten Kniegelenk. Um ein Anspannen der Oberschenkelmuskulatur und damit eine Einflussnahme auf die ligamentäre Untersuchung zu vermeiden, setzt sich der Untersucher auf den Fuß des Patienten. Mit beiden Händen wird der Unterschenkel proximal erfasst und nach dorsal ausgelenkt (siehe ◘ Abb. 3.5 bis 3.7). Ein Unterschied der Auslenkung im Vergleich zur Gegenseite weist auf eine Verletzung des hinteren Kreuzbandes hin. Um eine mögliche dorsale Subluxation des Unterschenkels einschätzen zu können, wird der tibiale Step-off ertastet. Bei intaktem hinteren Kreuzband steht die Tibia vor dem Femur und kann nicht unter oder hinter den Femur geschoben werden. Bei chronischen Insuffizienzen kann in seitlicher Ansicht beider nebeneinander 90° flektierter Kniegelenke eine dorsale Subluxation beobachtet werden (Posterior Sag Sign). Durch das Anspannen des Quadrizepsmuskels bei 90° gebeugtem Kniegelenk und Fixierung des Fußes kommt es zu einer sichtbaren anterioren Reposition des durch die Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes nach dorsal subluxierten Tibiakopfes.

3.2.6 Posterolaterale Instabilität

Den lateralen und posterolateralen Strukturen des Kniegelenkes kommt eine gesonderte Bedeutung bei der primären Rotationsstabilisierung, der lateralen Aufklappung und der sekundären Stabilisierung der dorsal gerichteten tibialen Translation zu. Bei gestrecktem und 30° flektiertem Kniegelenk wird die laterale Aufklappung untersucht. Eine vermehrte Aufklappung nur in 30° weist auf eine isolierte Verletzung des lateralen Kollateralbandes hin. Besteht eine zusätzliche laterale Instabilität in Streckung, muss von einer Verletzung der posterolateralen Strukturen ausgegangen werden. Diese Verletzung führt zu einer deutlich vermehrten tibialen Außenrotation bzw., in Kombination mit einer HKB Insuffizienz, zu einer signifikant erhöhten posterioren tibialen Translation, die zum einen in Rückenlage am 90° flektierten Kniegelenk durch forcierte Rotation des Unterschenkels nach außen bei gleichzeitiger Fixation des Fußes auf der Untersuchungsliege im Seitenvergleich evaluiert werden kann.

Speziell bei dem Verdacht einer Verletzung in Kombination mit dem hinteren Kreuzband sollte zum anderen die Außenrotation des Gelenkes in Bauchlage untersucht werden. Dazu bittet man einen Assistenten beide Kniegelenk des Patienten seitlich zu stabilisieren, während der Untersucher in 30° und 90°

Abb. 3.16 ▲ Dorsale subluxation bei chronischer HKB-Insuffiziens (=Posterior sag sign) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Flexion die Außenrotationsfähigkeit des Kniegelenkes anhand der Auslenkung der Füße vergleichen kann (Dial-Test ◘ **Abb. 3.17** und **Abb. 3.18**). Eine vermehrte Außenrotationsfähigkeit in 30° und 90° weist auf eine

Kombinationsinsuffizienz der posterolateralen Strukturen und des hinteren Kreuzbandes, eine Außenrotationsinstabilität nur bei 30° auf eine isolierte posterolaterale Instabilität hin.

3.2.7 Posteromediale Instabilität

Eine posteromediale Instabilität ergibt sich aus der Verletzung des hinteren Kreuzbandes und der Verletzungen des oberflächlichen Innenbandes und/oder hinteren Schrägbandes. Klinisch zeigt sich eine solche Kombinationsinstabilität durch eine vermehrte hintere Schublade in 90° in Neutralstellung des Kniegelenkes sowie eine vermehrte mediale Gelenköffnung unter Valgusbelastung in 30° bei Verletzung des oberflächlichen Innenbandes bzw. in Streckstellung bei Beeinträchtigung des hinteren Schrägbandes [1]. Zeigt sich in Streckung im Seitenvergleich eine vermehrte Außenrotation, ist von einer Verletzung der posteromedialen Kapsel bzw. des hinteren Schrägbandes auszugehen. Zeigt sich mit zunehmender Flexion eine vermehrte Innenrotation der Tibia, sind primär Strukturen des oberflächlichen Innenbandes nicht suffizient.

3.3 Instrumentelle Stabilitätsprüfung
(J. Höher, A. Barié)

Eine instrumentelle Stabilitätsprüfung stellt eine semiquantitative Beurteilung des Lachman-Tests bei VKB-Läsionen dar. Bei HKB-Läsionen kann eine instrumentelle Stabilitätsmessung bei günstigen Voraussetzungen gehaltene Röntgenaufnahmen im Verlauf der Behandlung ersetzen.

Im Jahr 1985 publizierte Dale Daniel aus den USA erstmals Ergebnisse einer systematischen instrumentellen Stabilitätsprüfung bei Verletzten mit vorderer Kreuzbandruptur [2]. In der Untersuchung hatte er 33 Leichenkniegelenke, 338 gesunde Normalpersonen und 89 Patienten mit frischer vorderer Kreuzbandruptur untersucht. Alle Untersuchungen erfolgten an einer definierten Auflagehöhe des Oberschenkels mit einem resultierenden Gelenkwinkel von 20° +- 5 ° mit jeweils 89 N, 134 N nach ventral gerichtetem Zug an der proximalen Tibia und einem maximalen vorderen Schubladentest (MMD, Manual Maximum Drawer) mit Hilfe des mechanischen Messapparates KT-2000. die Messungen zeigten, dass interindividuelle Unterschiede der Translation groß waren, jedoch bei 92 % aller Normalpersonen die Seitendifferenz (L-R-Vergleich) der anterioren Translation kleiner oder gleich 2 mm war. Im Gegensatz dazu hatten 96 % aller Patienten mit einer später operativ verifizierten vorderen Kreuzbandruptur eine Translation von größer oder gleich 3 mm. Die Ergebnisse zeigten, dass eine instrumentelle Stabilitätsmessung bei der Evaluation eines frisch verletzten Kniegelenks hilfreich war, um zwischen einem intakten und einem rupturierten VKB zu unterscheiden. Zahlreiche spätere Untersuchungen bestätigten den hohen diagnostischen Wert der instrumentellen Stabilitätsprüfung (LIT).

Abb. 3.17 und **Abb. 3.18** ▲ Dial-Test: In Bauchlage lässt sich die Außenrotation in 30°, 60° und 90° Knieflexion leichter im Seitenvergleich beurteilen als in Rückenlage © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

In einer weiteren Untersuchung konnte Daniel zeigen, dass das Ausmaß der pathologischen Seitendifferenz ebenso einen Hinweis auf die Prognose des Kniegelenks geben konnte [3]. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Aktivitätsniveaus (Sportart und Intensität der Aktivität) war es möglich, die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen oder nicht erfolgreichen nichtoperativen Behandlung in gewisser Weise vorherzusagen. In der Studie von Daniel wiesen Patienten mit einer SSD von 3- 4mm eine geringe, mit einer SSD von 5- 7 mm eine mäßige und mit einer SSD größer als 7 mm eine sehr starke Wahrscheinlichkeit in Bezug auf eine subjektive Instabilität und die Notwendigkeit einer späteren Operation auf. Abgeleitet aus diesen Untersuchungsergebnissen eignen sich Patienten mit einer geringen SSD von 3- 4 mm bei geringem Aktivitätsniveau für einen konservativen Therapieversuch, Patienten mit einer SSD- Translation von >7 mm für eine operative Therapie, begleitet von einer mittleren Risikogruppe mit einer SSD von 5- 6 mm, bei welcher der Einzelfall und die Höhe des Aktivitätsniveaus über die Indikation zum primären Ersatz entscheiden sollten.

Viele Jahre nach der Einführung des sehr teuren KT-1000 Messapparates (ca. 5000 US Dollar) (**Abb. 3.19** bis **Abb. 3.21**) wurden in Europa vergleichbare Messgeräte eingeführt. Das sogenannte

Abb. 3.19 bis **Abb. 3.21** ▲ KT-1000™ Knee Ligament ARTHROMETER® der Firma MEDmetric® Corporation. Das KT-1000™ Arthrometer wurde entwickelt, um objektive, standardisierte Messungen der tibiofemoralen Translation in der Sagittalebene bei 20-35° Flexion im Kniegelenk zu erhalten. Grundlage ist der Lachman-Test, bei dem auf die Tibia relativ zum Femur eine Kraft ausgeübt wird. Die Messung mit dem KT-1000™ wird daher auch als standardisierter instrumenteller Lachman-Test bezeichnet. Die ermittelten Werte eines potentiell kreuzbandinsuffizienten Knies wurden mit denen des gesunden Knies verglichen. Das KT-1000™ Arthrometer stützt sich, nach Fixierung am Unterschenkel des Patienten, auf der Patella und der distalen Tibia ab. Diese beiden Punkte dienen als Referenzpunkte. Die Knie des Patienten werden durch eine Unterlage in 25° Flexion gehalten; zusätzlich sind die Beine des Patienten gegen eine Außenrotation gesichert, um eine aktive Stabilisierung der Fußposition durch den Patienten zu vermeiden. Über einen Wegmesser, der sich über der Tuberositas Tibiae befindet, lässt sich die tibiofemorale Translation auf einer runden Anzeigenskala metrisch (in mm) ablesen. Der Untersucher zieht das auf der Tibiavorderkante platzierte Gerät über einen Handgriff nach vorne, während die andere Hand des Untersuchers den Referenzpunkt über der präpatellar liegenden Platte fixiert. Über Signaltöne wird die hierbei vom Untersucher aufgebrachte Kraft angezeigt. (1.Ton: 6,8kgf (= 67N) ; 2. Ton: 9,1kgf (= 89N) ; 3. Ton: 13,6kgf (= 134N). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Rolimeter (◘ **Abb. 3.22**) wurde im Jahr von R. Jakob aus der Schweiz eingeführt und zeigte in vergleichenden Untersuchungen ähnliche Messergebnisse wie das KT-1000 [13]. Die Vorteile des Rolimeter bestanden darin, dass der Preis des Gerätes einen Bruchteil des KT-1000 ausmachte und das Gerät sterilisierbar ist und somit auch intraoperativ für eine „Time-zero Messung" verwendet werden kann. In Europa sind neben der KT-1000 und dem Rolimeter, ein GNRB-Gerät (Frankreich), ein Articometer (G. Felmet) und ein Laximeter (Fa. Storz) verfügbar für eine instrumentelle Messung [10].

Wir halten eine instrumentelle Stabilitätsmessung für einen obligaten Bestandteil jeder klinischen Untersuchung bei frischer Kniegelenksdistorsion. Daher ist in unserer sportmedizinischen Praxis ein Rolimeter in jedem Untersuchungszimmer verfügbar. Der Messablauf ist in ◘ **Abb. 3.23** bis **3.28** geschildert. Die Messung beginnt mit der unverletzten Seite. Auf jeder Seite werden drei Messungen durchgeführt. Bei reproduzierbarem Ergebnis wird der Messwert notiert. Nach Abschluss der Messungen auf beiden Seiten wird die Seitendifferenz ermittelt und dokumentiert. Beispiel: Rolimeter, nicht verletzte Seite: 6 mm, verletzte Seite: 11 mm, Seitendifferenz = + 5 mm.

Auch hintere Kreuzbandrupturen können mittels instrumenteller Stabilitätsprüfung evaluiert werden. Vergleichende Untersuchungen zwischen der gehaltenen Röntgenaufnahme im Scheuba-Apparat und einer Rolimeter-Messung ergaben eine hohe Korrelation der SSD- Messergebnisse [5]. Voraussetzung für korrekte Messergebnisse sind das Vorhandensein eines intakten VKB und das Fehlen einer fixierten hinteren Schublade. (◘ **Abb. 3.29** und **Abb. 3.30**)

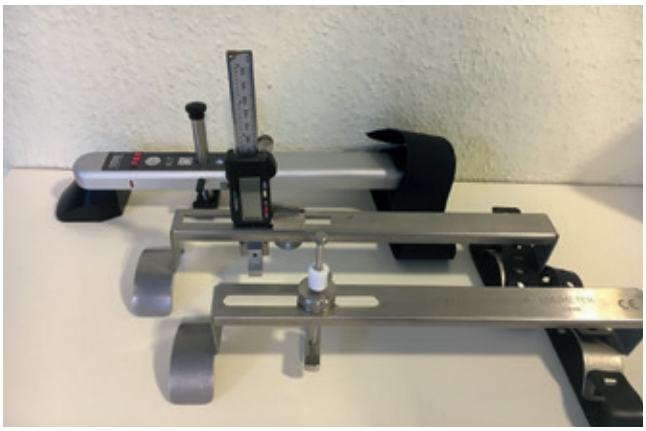


Abb. 3.22 ▲ Rollimeter, Articometer und Laximeter © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

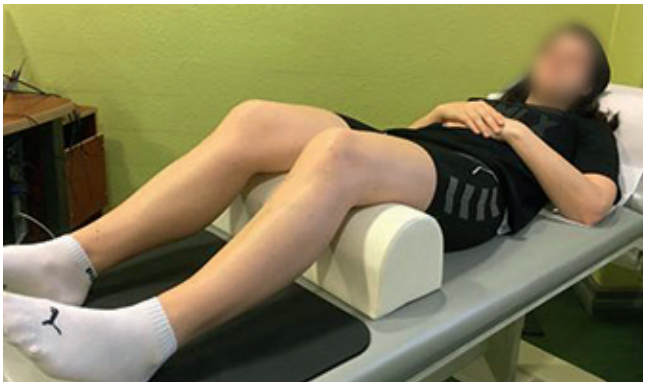


Abb. 3.23 ▲ Lagerung des Patienten: Pat. auf Untersuchungsliege in entspannter Position (Hände auf dem Bauch). Beide Oberschenkel werden mit einer Standardunterlage (Höhe 12-14 cm) knapp oberhalb der Kniekehle unterlagert, der proximale Unterschenkel darf keinen Kontakt zur Unterlage haben, sondern soll frei nach dorsal fallen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

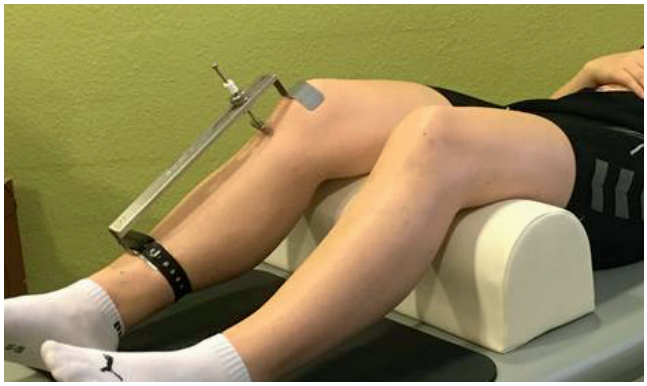


Abb. 3.24 ▲ Befestigen des Rolimeters: Das Rolimeter wird an der Vorderseite des Kniegelenks aufgesetzt, so dass die bogenförmige Metallkappe über die Kniescheibe platziert wird. Der Messfühler wird so justiert, dass er mit der Tuberositas tibiae Kontakt findet. Die Ausrichtung erfolgt in der AP-Achse des Kniegelenks und nicht senkrecht im Raum. Dann wird das Rolimeter in dieser Position mit dem Gummiriemen am distalen Unterschenkel befestigt. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 3.25 ▲ Position des Untersuchers: Der Untersucher sitzt auf der Seite des zu messenden Kniegelenks. Die kontralaterale Hand (hier linke Hand auf rechtem Knie) fixiert das Rolimeter über die Metallkappe fest auf der Patella. TIPP: Mit der linken Hand des Untersuchers können leicht rotierende Bewegungen des Oberschenkels beim Patienten auf der Unterlage ausgeführt werden. Die freie Rotation im Hüftgelenk ist ein Zeichen dafür, dass auch die Hamstrings entspannt sind. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

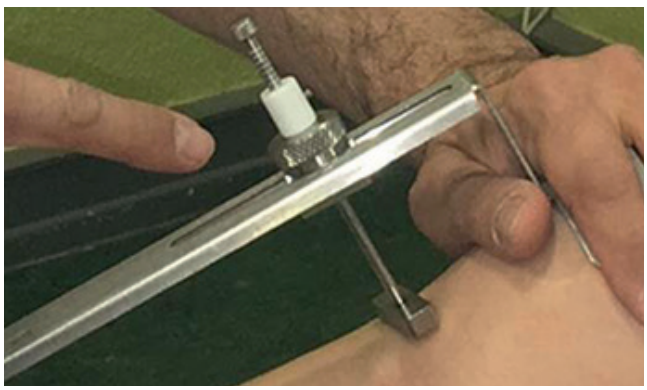


Abb. 3.26 ▲ Referenzieren des Messfühlers: Wenn sichergestellt ist, dass der Pat. die Muskulatur entspannt hat, wird der weiße Messfühler nach unten geschoben. Damit wir die Nullposition justiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 3.27 ▲ Durchführung der Messung: Die rechte Hand des Untersuchers wird mit angelegtem Daumen (Schaufelgriff) hinter die proximale Tibia geführt. Sodan erfolgt eine allmähliche, in der Kraft zunehmende Ventralverschiebung der Tibia bis ein Endpunkt erreicht wird. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

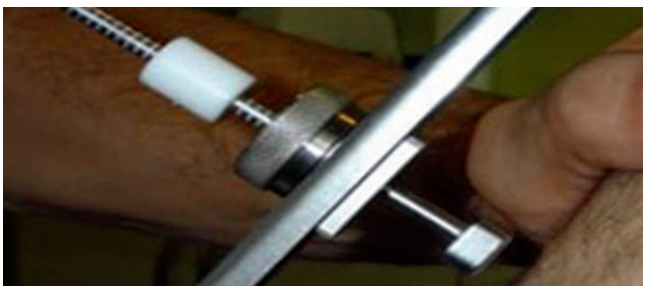


Abb. 3.28 ▲ Ablesen des Messergebnisses: Durch Blick von der Seite kann der Untersucher das Ausmaß der Ventralverschiebung des Messfühlers ablesen. Die Ringmarkierungen haben einen Abstand von 2 mm. Per Blickbeurteilung kann der Messwert auf 1 mm genau abgelesen werden (hier: 4 Ringe, d.h. 8 mm). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 3.29 ▲ Ablauf der Rolimetermessung bei hinterer Kreuzbandruptur: Das zu messende Kniegelenk wird auf 90° gebeugt, der Fuß des Patienten wird mit dem Oberschenkel des Untersuchers stabilisiert. Das Rolimeter wird in üblicher Weise am Knie fixiert mit der Halbschale über der Patella und dem Messfühler über der Tuberositas tibiae. Es wird nun mit dem Handteller eine maximaler dorsaler Schub auf den proximalen Unterschenkel ausgeübt, mit Daumen und Zeigefinger der Hand wird der Messfühler „mitgeführt", so dass er den Kontakt zur Tuberositas nicht verliert (A). Anschließend wird, analog zur Messung bei VKB Verletzungen, ein maximaler anteriorer Zug auf den proximalen Unterschenkel ausgeübt, so dass der Messfühler durch die Tibia nach vorn ausgelenkt wird (B). Die dann abzulesende Translation am Messfühler repräsentiert dann die totale AP Translation bei 90° Flexion (C). Die Seitendifferenz zur Gegenseite entspricht dann der pathologischen Dorsaltranslation des betroffenen Kniegelenks. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

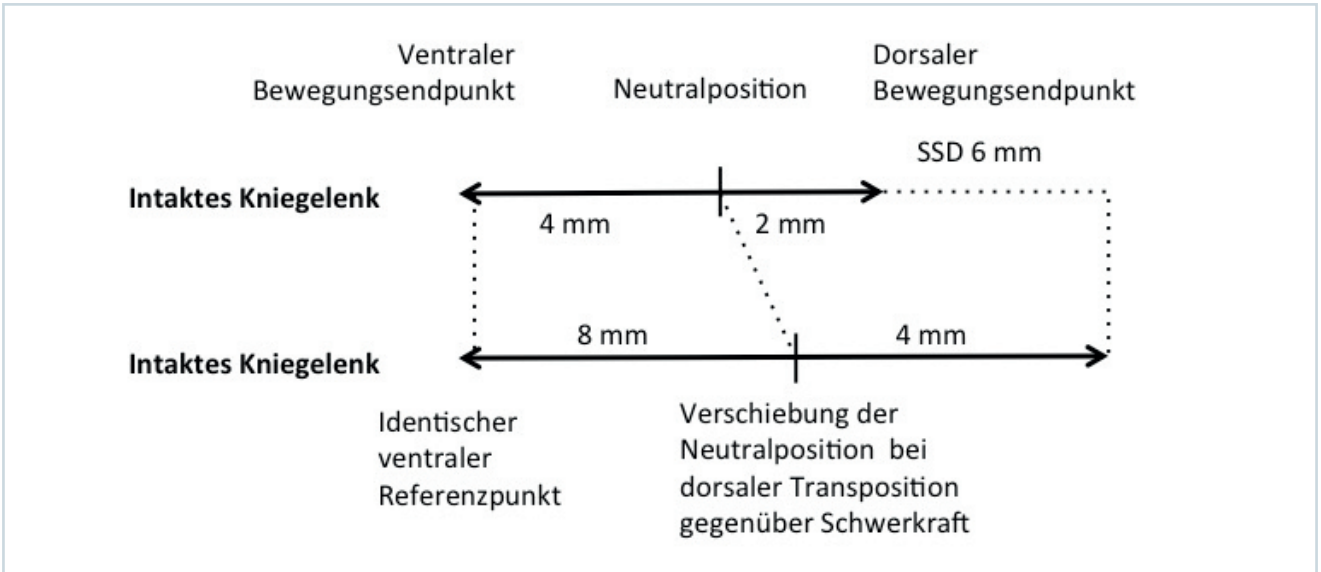


Abb. 3.30 ▲ Interpretation der Rolimetermessung bei hinterer Kreuzbandruptur: Da die Neutralposition des Kniegelenks mit einer HKB-Verletzung nach dorsal verlagert ist, muss der anteriore Endpunkt bei ventralem Tibiazug als Referenzwert verwendet werden. Bei Verwendung der Neutralposition als Startpunkt würde eine zu geringe Translation gemessen. Daher kann das Rolimeter nur bei intaktem VKB auf beiden Kniegelenken und bei Nichtvorliegen einer fixierten hinteren Schublade (beides sind Ausschlusskriterien) verwendet werden. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

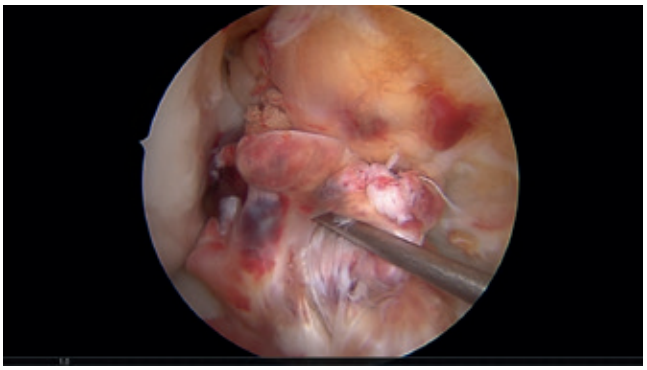
3.4 Arthroskopische Stabilitätsbeurteilung (A. Barié)

Eine Indikation zur alleinigen Staging-Arthroskopie zur Beurteilung der Kniegelenkstabilität wird selten gesehen, ist aber beispielsweise zur Planung einer komplexen Stabilisierung bei Revisionseingriffen nach VKB- und/oder HKB-Rekonstruktion gerechtfertigt [17]. In solch einer Situation ist die klinische Unterscheidung zwischen medialer und lateraler Begleitinstabilität oft nicht einfach, muss aber zweifelsfrei erkannt werden, um beispielsweise bei posteromedialer Instabilität durch die Wahl der kontralateralen Hamstringsehnen als Transplantat eine weitere Schwächung der medialen Stabilität des Knies zu verhindern oder um eventuell eine Umstellungsosteotomie bei posterolateraler Instabilität mit ins Kalkül zu ziehen.

Auch wenn die alleinige Staging-Arthroskopie selten indiziert ist, sollte bei jeder Kniegelenksarthroskopie die Stabilität sowohl im Rahmen einer perioperativen klinischen Untersuchung in Voll- oder Teilnarkose als auch intraoperativ beurteilt werden.

Arthroskopie bei akuter Kapsel-Band-Verletzung

Die Arthroskopie bei frischer Kapsel-Band-Verletzung ist deutlich erschwert und meist nicht indiziert. Notwendig sein kann sie aufgrund von Begleitverletzungen (◘ **Abb. 3.32**). So sollten zum Beispiel ein refixierbares



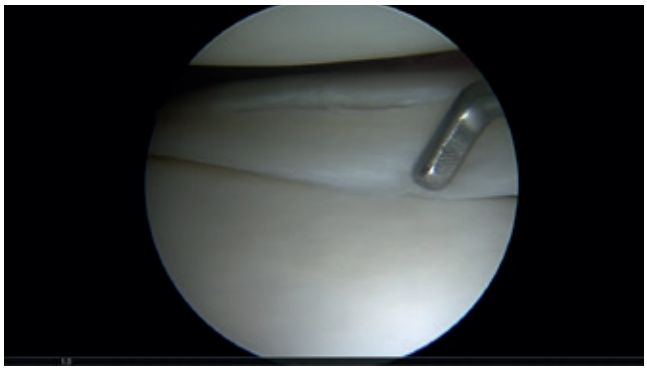


Abb. 3.31 und **Abb. 3.32** ▲ ASK-Bilder: Tasthakenuntersuchung bei frischer VKB-Ruptur und typische Begleitverletzung Längsriss des Aussenmeniskus am Übergang Hinterhorn zur Pars intermedia © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

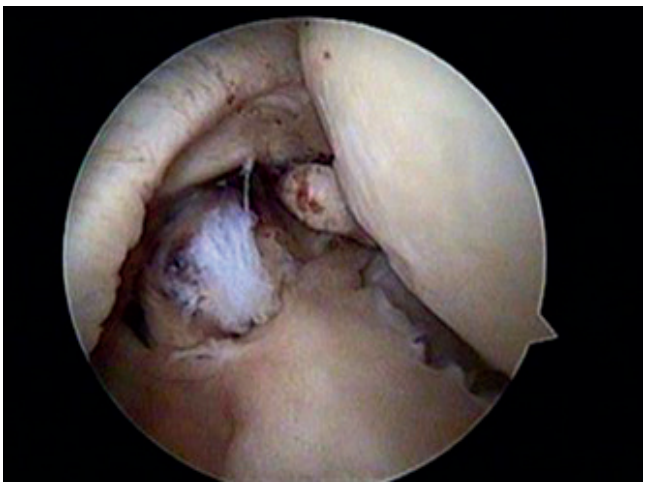


Abb. 3.33 ▲ ASK-Bild: HKB-Zerreißung © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

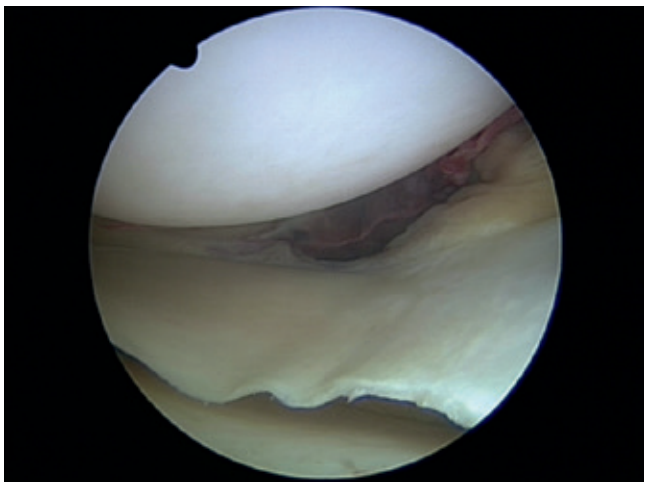


Abb. 3.34 ▲ ASK-Bild: Innenmeniskus bei akuter 3° MCL Läsion mit deutlich erweitertem Gelenkspalt und Einriss der Gelenkkapsel © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

osteochondrales Fragment, ein nahtfähiger eingeklemmter Meniskusriss oder ein dislozierter knöcherner VKB-Ausriss frühzeitig versorgt werden. Hierbei kann ein Hämarthros die Sicht und damit die Orientierung stark behindern. Durch Zerreißungen der Gelenkkapsel kann es zum Flüssigkeitsaustritt in die umliegenden Weichteile kommen. Hierdurch werden spätere periphere Eingriffe erschwert und schlimmstenfalls kann hierdurch ein Kompartmentsyndrom entstehen. Daher muss der Flüssigkeitsdruck im Gelenk gering und die arthroskopische Operationszeit möglichst kurz gehalten werden.

Bei guter Sicht ist eine frische intraligamentäre VKB-Zerreißung (◘ **Abb. 3.31**) leicht an den zerrissenen Bandfasern zu erkennen. Nicht zu verwechseln ist diese aber mit der ventral des VKB lokalisierten Plica infrapatellaris. Diese behindert die Sicht auf das VKB und wird zur Beurteilung des VKB daher meist reseziert. Eine Teilruptur kann an Einblutungen in den Synovialschlauch erkennbar sein und bedarf der subtilen Tasthakenuntersuchung. Der leere VKB-Ursprung (= „Empty Wall Sign“) bei einem femoralen Abriss ist oft besser in der 4er-Position zu erkennen als am hängenden Knie. Auch ein Portalwechsel und die Inspektion über das mediale Portal können hierbei hilfreich sein. Der tibiale Abriss oder auch der tibiale knöcherne Ausriss zeigt sich besser in leichter Kniegelenkstreckung und wenn mit dem Tasthaken das die Menisken verbindende Lig. genus transversum nach ventral weggehalten wird. Ein verbliebener tibialer VKB-Stumpf sollte in gleicher Weise gesucht werden, um einer späteren Streckhemmung durch das Einklemmen des Stumpfes vorzubeugen.

Bei frischer HKB-Verletzung können zerrissene HKB-Fasern und Einblutungen vorhanden sein, aber bei Inspektion von anterior auch völlig fehlen. Bei Inspektion und Tasthakenuntersuchung über ein dorsolaterales oder besser dorsomediales Portal können die häufig tibialseitig lokalisierten Rupturen besser erkannt werden (◘ **Abb. 3.33**), aber eine distale Rissbildung oder Avulsion kann sich auch von dorsal untersucht unspektakulär darstellen, mit nur kleinen lokalen Einblutungen. Das Erkennen einer frischen HKB-Verletzung ist nicht Aufgabe der arthroskopischen Beurteilung, aber das Übersehen einer HKB-Verletzung (auch einer gleichzeitigen VKB- und HKB-Verletzung) darf bei geplanter VKB-Versorgung auf keinen Fall passieren (siehe auch „floppy ACL Sign“).

Die extraartikulären Kollateralbänder sind arthroskopisch nicht direkt beurteilbar. Erkennbar sind eine Erweiterung des medialen (◘ **Abb. 3.34**) oder lateralen Gelenkspaltes, Einblutungen in die Gelenkkapsel und Risse der Gelenkkapsel. Die Popliteussehne ist entweder von ventral in der 4er-Position oder über den lateralen Rezessus zu inspizieren. Erkennbar können hier Einblutungen und/oder Einrisse sein. Da Verletzungen der Pobliteussehne aber häufig in Nähe zum oder im Muskelbauch lokalisiert sind, kann sich die arthroskopisch sichtbare Sehne auch völlig unauffällig darstellen.

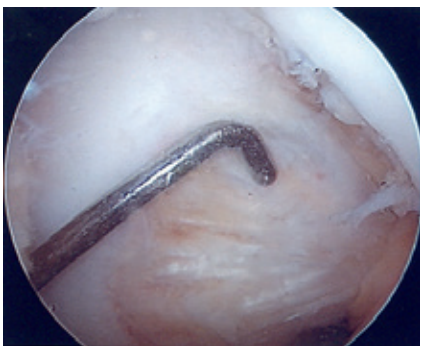
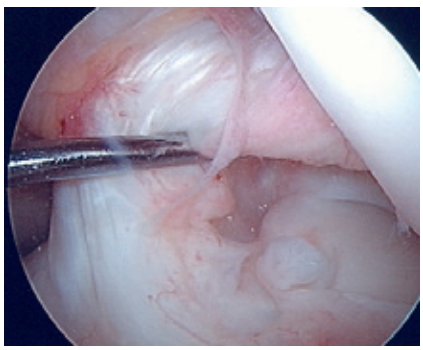
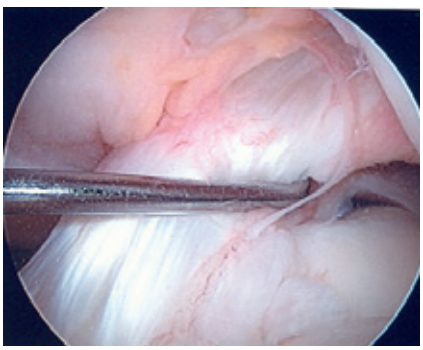




Abb. 3.35 bis **Abb. 3.37** ▲ ASK-Bilder bei chronischer HKB-Insuffizienz und „sloppy ACL sign“: HKB-Ursprung nach Resektion des Fettkörpers inspektorisch intackt, VKB scheinbar locker, VKB nach Reposition der dorsalen Schublade gespannt. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Arthroskopie bei chronischer Kapsel-Band-Instabilität

Eine ältere Verletzung des VKB zeigt Vernarbungen oder abgerundete VKB-Stümpfe Eine Elongation ohne Vernarbung ist eher ein Hinweis auf eine HKB-Verletzung (s. u.). Das VKB kann auch vollständig resorbiert sein oder bei femoralen Abrissen kann der Stumpf an anderer Stelle verwachsen sein. Der Begriff ***„Lambdaheilung“*** bezeichnet die narbige Anheftung des femoral ausgerissenen VKB an das HKB. Eine statische und neuromuskuläre Restfunktion des VKB kann hierbei erhalten bleiben und der Patient daher subjektiv keine oder nur eine geringe Instabilität wahrnehmen.

Die arthroskopisch sichtbare Struktur des HKB ist oft unauffällig und daher nicht richtungsweisend. Wichtig ist das Erkennen der hinteren Instabilität bei chronischer HKB-Insuffizienz. Diese zeigt sich durch das ***„floppy ACL Sign“*** (◘ **Abb. 3.35** bis **Abb. 3.37**). Hierbei scheint das vordere Kreuzband optisch und in der Tasthakenuntersuchung gelockert oder elongiert zu sein. Dies resultiert aus einer spontanen hinteren Translation des Tibiakopfes bei chronischer HKB-Insuffizienz. Wenn der Assistent die Tibia reponiert, also nach ventral in die vordere Schubladenposition zieht, dann spannt sich das VKB an. Nur bei fixierter hinterer Schublade kann die Tibia nicht ausreichend nach ventral gezogen werden und das Anspannen des VKB bleibt aus. Dieses Phänomen des gelockerten VKB zu kennen und richtig zu interpretieren, ist von überragender Bedeutung. Wird das VKB in dieser Situation fälschlicherweise als insuffizient gewertet und eine VKB-Plastik durchgeführt, kann dies zur fixierten Stellung in einer hinteren Schubladenposition und damit zu einer massiven Bewegungsstörung des Kniegelenkes führen.

Die chronische Instabilität der Kollateralbänder zeigt sich an der vermehrten Aufklappbarkeit. Lässt sich bei geringem Valgusstress das Innenmeniskushinterhorn komplett einsehen, dann ist von einer medialen Insuffizienz auszugehen. Lässt sich gar der gesamte Innenmeniskus überblicken, muss an eine gleichzeitige HKB-Läsion gedacht werden [17]. Hebt sich der Meniskus vom Tibiaplateau ab, ist von einer distalen Läsion und Zerreißung der meniskotibialen Bandanteile auszugehen. Bleibt der Meniskus auf dem Tibiaplateau ist die Zerreißung eher proximal lokalisiert.

In der 4er- Position lässt sich auch bei intaktem lateralen Bandapparat der Außenmeniskus großteils überblicken. Eine deutliche Erweiterung, bei der das Arthroskop zwischen Femur und Tibia bis zum Poplitaeusschlitz hindurchgeführt werden kann, ohne den Gelenkknorpel zu tangieren (= positives ***„Drive Through Sign“***), ist dagegen ein fast sicheres Zeichen für eine laterale und posterolaterale Instabilität, ggf. auch mit Beteiligung des zentralen Pfeilers (◘ **Abb. 3.38** bis **Abb. 3.40**). Dazwischen ist die Interpretation einer vermehrten lateralen Einsicht abhängig von der Erfahrung des Untersuchers. Ein erweiterter Hiatus popliteus und eine vom Femurcondylus abgehobene Popliteussehne bei gleichzeitig leicht vermehrter lateraler Aufklappbarkeit sprechen für eine Insuffizienz des dorsolateralen Kapsel-Band-Komplexes.

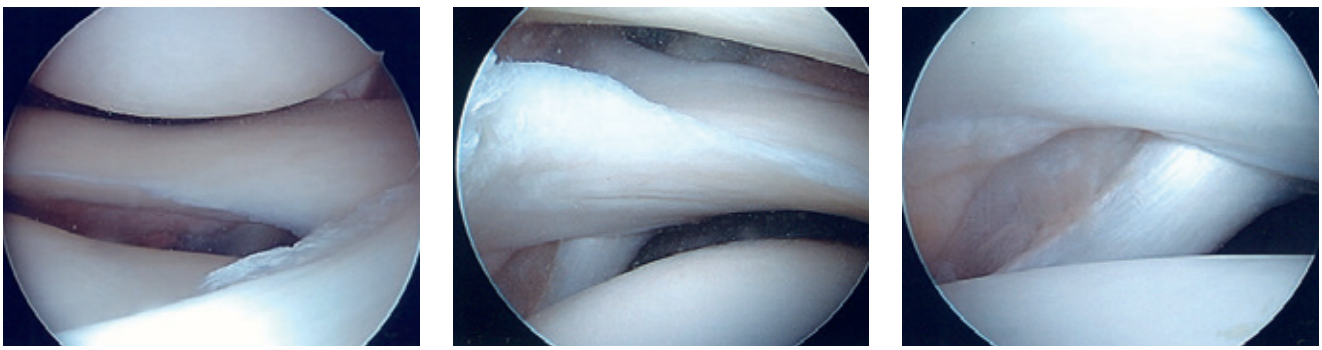


Abb. 3.38 bis **Abb. 3.40** ▲ ASK-Bilder bei chronischer dorsolateraker Instabilität: vermehrte laterale Einsicht, Pobliteussschlitz erweitert, „drive-through-sign“ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4. Bildgebung
(R. Akoto, A. Achtnich, P. Hertel, N. Streich)

4.1 Röntgen (R. Akoto)

Die konventionelle Röntgendiagnostik ist ein wichtiges Instrument in der Akutversorgung von Kniegelenksverletzungen. Das Standard Röntgen Knie in zwei Ebenen (a.p. und streng seitlich) kann Hinweise auf Bandverletzungen geben. Bei der seitlichen Aufnahme sollten sich die Femurkondylen übereinanderprojizieren und die Tuberositas tibiae sollte mit dargestellt werden.

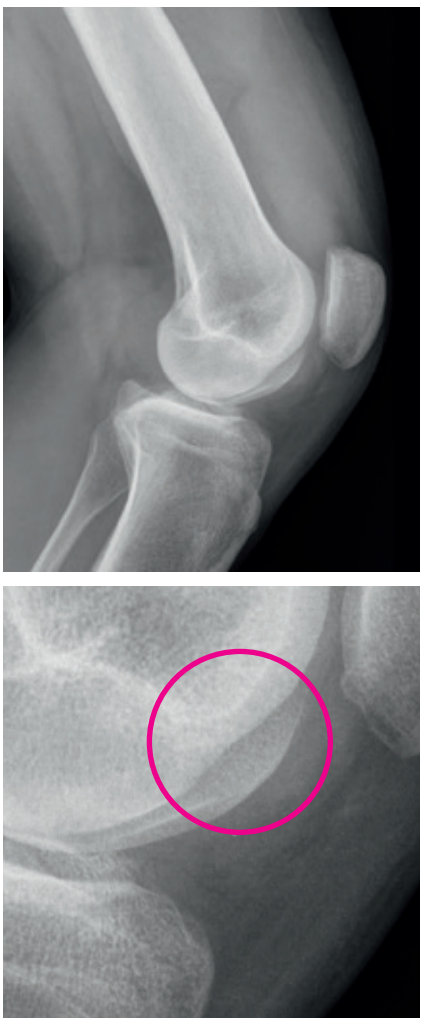


Abb. 4.1a und **Abb. 4.1b** ▲ Lateral Notch Sign © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.1.1 Lateral Notch Sign

Im lateralen Femurkondylus ist der Sulcus terminalis eine natürliche Vertiefung, welche die Trennlinie zwischen dem Femuropatellar- und dem Femurotibialgelenk darstellt. Bei einer vorderen Kreuzbandruptur kann es im Rahmen des Pivot-Shift-Mechanismus zu einer Impression des Sulcus terminalis kommen. Überschreitet die Tiefe dieses Sulcus 1,5 mm, so bezeichnet man diesen als tiefen Sulcus oder Lateral Notch Sign. Ab einer Tiefe von 2 mm wird in der Literatur eine gleichzeitig bestehende vordere Kreuzbandruptur mit bis zu 100 % angegeben [1]. (**Abb. 4.1a** und **Abb. 4.1b**)

4.1.2. Segond-Fraktur

Die Segond-Fraktur ist eine seltene, meistens zusammen mit einer vorderen Kreuzbandruptur auftretende Avulsionsfraktur der anterolateralen Tibia. Bis zu 9 % der vorderen Kreuzbandverletzungen sollen laut Literatur eine begleitende Segond-Fraktur aufweisen [2], aus eigener Erfahrung schätzen wir die Häufigkeit deutlich niedriger ein. (**Abb. 4.2a** und **Abb. 4.2b**)

Am besten ist die Segond- Fraktur im a.-p.- Strahlengang zu erkennen. Die Segond-Fraktur wird als knöcherner Ausriss tiefer Faseren des Tractus iliotibialis oder auch des anterolateralen Ligamentes gewertet, und damit als Hinweis auf eine anterolaterale Rotationsinstabilität. Klinische Daten, die dies belegen, gibt es zum jetzigen Zeitpunkt nicht.

4.1.3 Knöcherne VKB- und HKB-Ausrissverletzungen

Knöcherne Ausrisse des VKB sieht man häufig bei Kindern, bei Erwachsenen tritt diese Verletzungsentität deutlich seltener auf. Meist handelt es sich

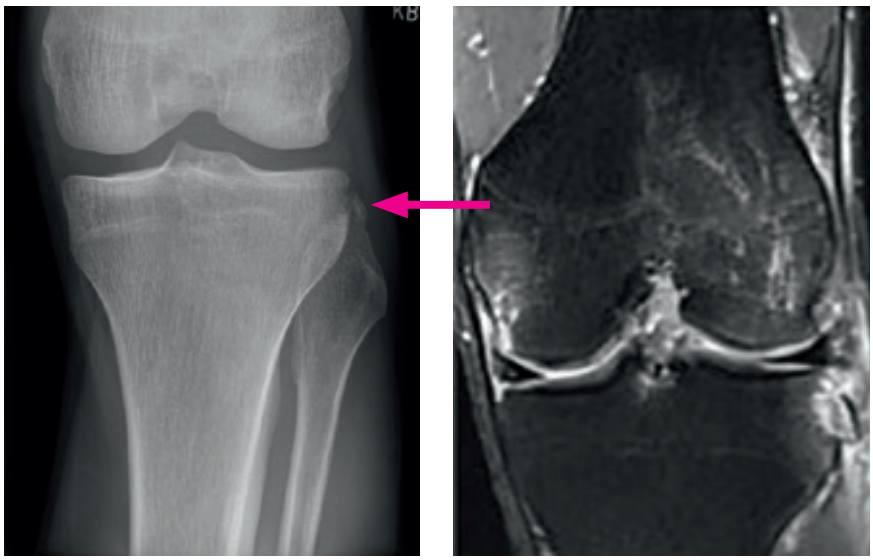


Abb. 4.2a und **Abb. 4.2b** ▲ Segond Fraktur im Röntgen und MRT © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

um tibiale Avulsionsfrakturen, diese werden nach Meyer und McKeever und Zaricznyi klassifiziert. (◘ **Tab. 4.1**)

Die Klassifikation der Emminentiafrakturen stammt aus den 70er Jahren , also aus der Zeit vor der Ära der MRT und der arthroskopischen Chirurgie. Zur heutigen Zeit ist sie nicht uneingeschränkt geeignet, um therapeutische Konsequenzen zu ziehen. Das Refixieren eines knöchern ausgerissenen Kreuzbandes bedeutet für den Patienten einen großen Vorteil gegenüber einer Bandplastik, daher sollte die Indikation besonders das klinische Untersuchungsergebnis mit einbeziehen. Auch bei einer beim Röntgen nicht dislozierten Typ-1 Verletzung kann es sich um eine hoch instabile Situation handeln. Die Verletzung ist am besten im seitlichen Strahlengang bei gebeugtem Kniegelenk zu erkennen, hier kommt es zu einer Dislokation des tibialen Ausrissfragments ins Gelenk. (◘ **Abb. 4.3a** und **Abb. 4.3b**)

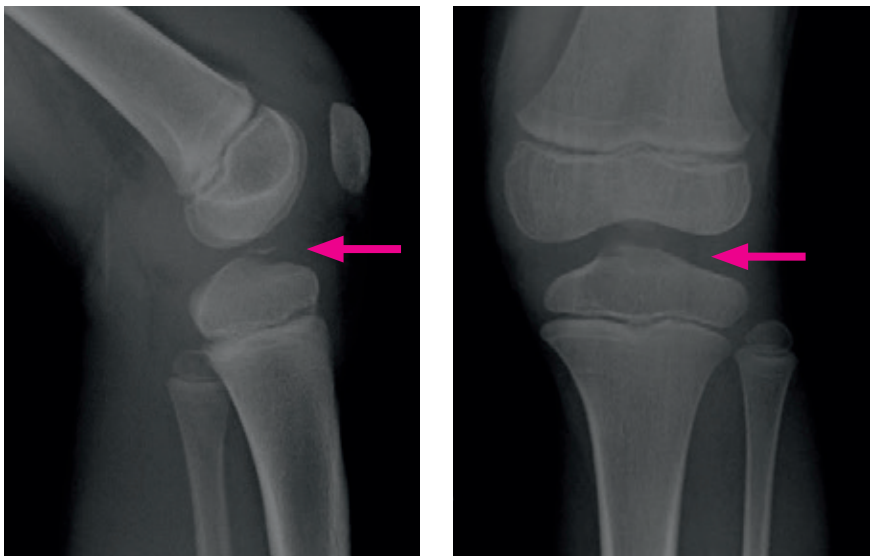


Abb. 4.3a und **Abb. 4.3b** ▲ knöcherner VKB Ausriss © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Klassifikation der Emminentiafrakturen nach Meyers und McKeever, ergänzt um die Typen 3A-4 von Zaricznyi	
Typ 1	Knöchernes Fragment im Bereich der Eminentia nicht disloziert
Typ 2	Ventraler Anteil des knöchernen Anteils disloziert
Typ 3	Knöchernes Fragment vollständig disloziert
Typ 3A	Knöchernes Fragment beschränkt sich auf die Kreuzbandinsertion
Typ 3B	Knöchernes Fragment dehnt sich auf die gesamte Eminentia aus
Typ 4	Multifokale kleine Knochenfragmente

Tab. 4.1 ▲

Knöcherne Ausrisse des HKB treten meist bei Erwachsenen auf. Im Nativröntgen können diese Verletzungen leicht übersehen werden. Im a.-p. Strahlengang sind Kortikalisunterbrechungen der Interkondylarregion hinweisend, im seitlichen Strahlengang ist ein nur gering disloziertes Fragment häufig schwer abzugrenzen. (◘ **Abb. 4.4a** bis **Abb. 4.4d**)

4.1.4 Avulsionsverletzungen der Kolateralbänder

Avulsionsfrakturen des lateralen Bandapparates können auf schwere Kniegelenksverletzungen hinweisen und erfordern weitere Diagnostik. (◘ **Abb. 4.5a** und **Abb. 4.5b**)

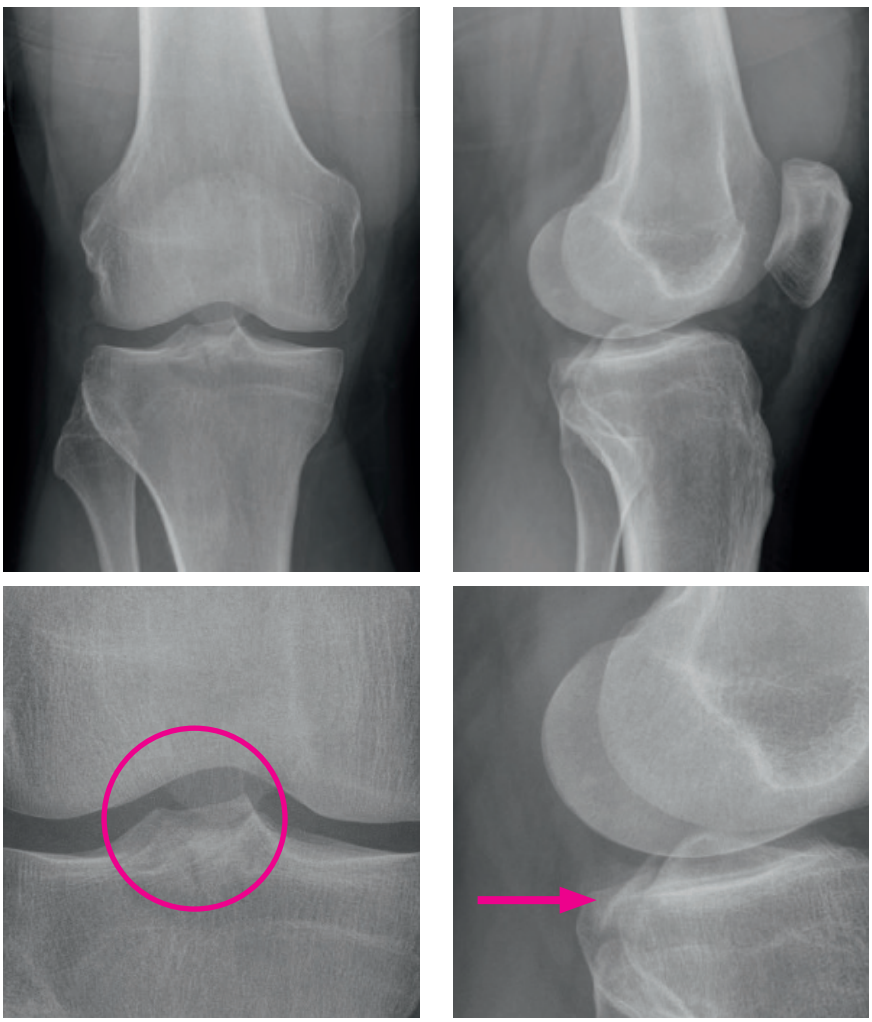


Abb. 4.4a bis **Abb. 4.4d** ▲ knöcherner HKB Ausriss © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 4.5a und **Abb. 4.5b** ▲ Knöcherner Ausriss des Außenband und der Bizepssehne im Rahmen einer Kniegelenksluxation. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.1.5 Gehaltene Röntgenaufnahmen

Den höchsten Stellenwert haben gehaltene Aufnahmen in der Diagnostik und Therapieplanung hinterer Kniegelenksinstabilitäten. Gegenüber der MRT hat die gehaltene Aufnahme als funktionelle Untersuchung den entscheidenden Vorteil, die posteriore Verschiebung der Tibia quantitativ darzustellen. Die Röntgenaufnahme erfolgt im seitlichen Strahlengang im Scheuba-Apparat. (**Abb. 4.6**)

In der chronischen Situation sollten zusätzlich zur gehaltenen hinteren Aufnahme auch gehaltene Aufnahmen der vorderen Schublade bei 90° Beugung erfolgen. Lässt sich die hintere Schublade auch bei der gehaltenen vorderen Aufnahme nicht oder nur teilweise Reponieren (Referenzwert: gesunde Gegenseite), liegt eine fixierte hintere Schublade vor. In dieser Situation ist vor einer vermeidlichen Bandplastik primär die Auflösung der gehaltenen hinteren Schublade notwendig, sonst wird das Gelenk über die Bandplastik in der hinteren Schublade fixiert. (**Abb. 4.7a** und **Abb. 4.7b**)

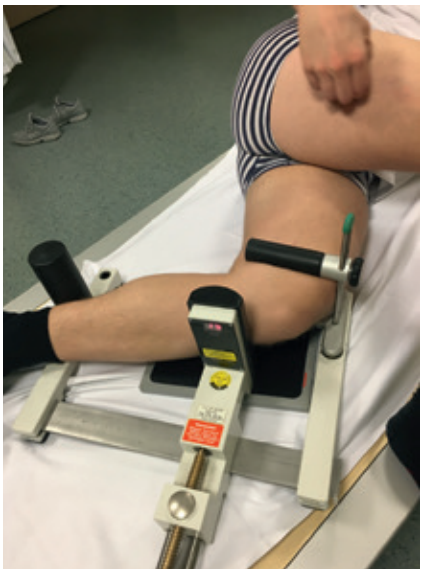


Abb. 4.6 ▲ Scheuba Apparat: Der Patient liegt auf der zu untersuchenden Seite mit 90° gebeugtem Kniegelenk. Das Kniegelenk wird nun über einen prätibialen Stempel mit 15 kp nach dorsal in die hintere Schublade gedrückt. In dieser Position erfolgt eine seitliche Röntgenaufnahme. Als Referenz dient die gehaltene Aufnahme der Gegenseite. Eine Seitendifferenz von mehr als 10 mm wird in der Regel als OP-Indikation gesehen. Wurde bereits eine konservative Therapie eingeleitet, sollte auf gehaltene Aufnahmen primär verzichtet werden, um die sich in Heilung befindenden Strukturen nicht erneut zu schädigen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

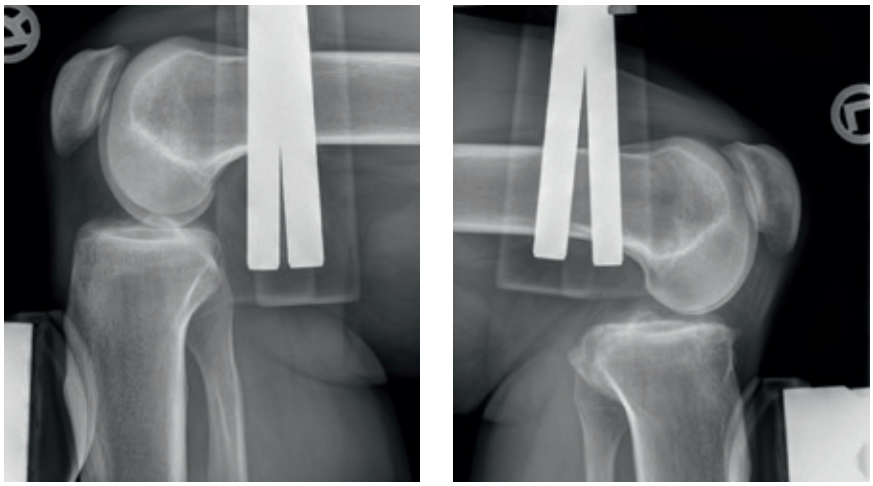


Abb. 4.7a und **Abb. 4.7b** ▲ gehaltene Aufnahme hintere Schublade © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Gemessen wird die hintere Schublade mit der Technik nach Jacobsen [3]. Es wird eine Linie durch den höchsten Punkt des anterioren und posterioren Tibiaplateaus gelegt. Im 90°- Winkel zu dieser Linie wird eine Linie durch die Mitte der Hinterkanten des Tibiaplateaus und eine Linie durch die Mitte der Hinterkanten der Femurkondylen gelegt. Der Abstand zwischen den Linien 2 und 3 wird im Seitenvergleich beurteilt. (◘ **Abb. 4.8**)

Bei der vorderen Instabilität ist der Stellenwert der gehaltenen Aufnahme deutlich niedriger. Zur Beurteilung einer vorderen Kniegelenksinstabilität erfolgt die gehaltene Aufnahme in 20-30° Beugung .

4.1.6 Bandinstabilität bei Achsdeformitäten und Arthrose

Die Beinachsdeformitäten in der Frontalebene sind besonders relevant bei chronischen Instabilitäten sowie Bandinstabilität, gekoppelt mit Arthrose. Für die Rekonstruktion von chronischen posterioren und posterolateralen Kniegelenksinstabilitäten werden bei Varusdeformität höhere Versagensraten beschrieben [4]. Besonders wichtig ist die Beurteilung der Beinachse für chronische mediale oder laterale Instabilitäten.

Bei der korrekten Erstellung der Ganzbeinstandaufnahme ist die parallele Ausrichtung der Femurkondylen zum Röntgenmedium Voraussetzung. Dies wird durch die ventrale Ausrichtung der Patella bei Neutralstellung beider Kniegelenke erreicht. (Cave: Bei chronisch lateral stehender Patella kann diese nicht zur Ausrichtung verwendet werden, hier können die dorsalen Kondylen als Referenz verwendet werden.) (◘ **Abb. 4.9**)

Neben der Ganzbeinstandaufnahme ist die Rosenberg-Aufnahme ein gutes Hilfsmittel, um zwischen Beschwerden, welche durch Gelenkverschleiß bedingt sind, und Instabilitätsbeschwerden zu differenzieren. Die Rosenberg-Aufnahme erfolgt beim stehenden Patienten bei ca. 45° Kniebeugung im dorsoventralen Strahlengang und ca. 10° nach

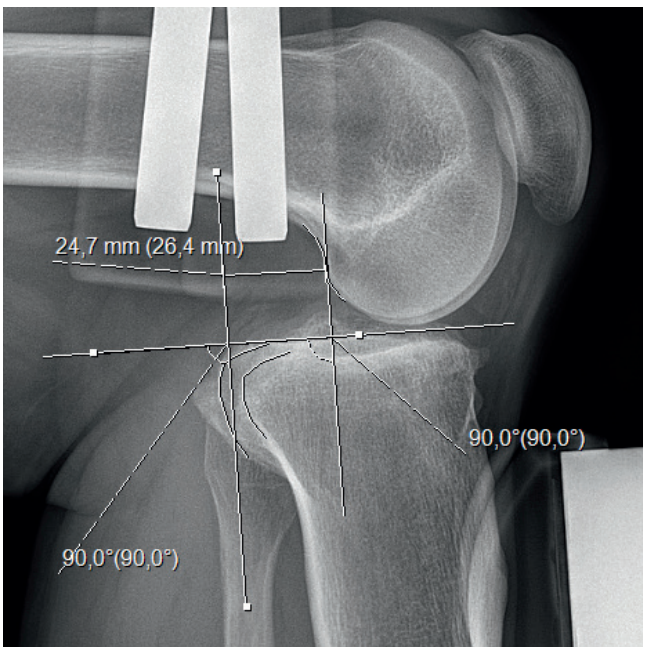


Abb. 4.8 ▲ Messung gehaltene Aufnahme © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

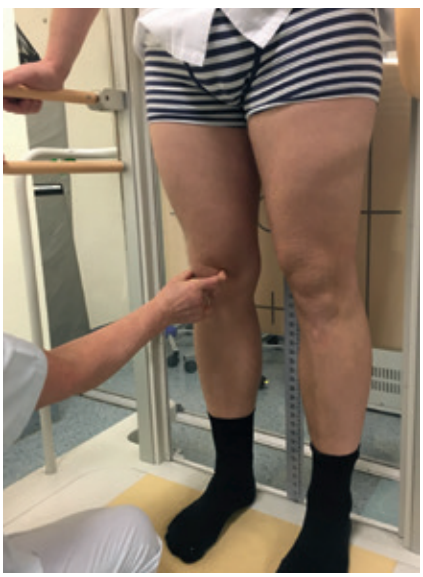


Abb. 4.9 ▲ Ausrichten der Ganzbeinstandaufnahme © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

kaudal geneigter Röntgenröhre. Ein- oder beidseitige Verschmälerung des Gelenkspaltes weist auf degenerative Gelenkschäden hin. (◘ **Abb. 4.10a** und **Abb. 4.10b**)

4.1.7 Tibialer Slope

Der tibiale Slope beschreibt die Neigung des Tibiaplateaus gegenüber dem Schaft nach kaudal.

Die Messmethoden bezüglich des tibialen Slopes sind nicht einheitlich, in der Literatur werden unterschiedliche Tibiaschaftachsen verwendet (Vorder- oder Hinterkante der Tibia, anatomische oder machanische Schaftachse, ...).

Verwendet man die proximale anatomische Tibiaschaftachse, werden Winkel zwischen 7° und 13° als physiologisch betrachtet [5]. Ein steiler Slope erhöht die Last auf dem vorderen Kreuzband und kann für die Therapie von Rezidivinstabilitäten relevant sein. Die Aufnahme erfolgt im seitlichen Strahlengang auf einer langen Röntgenkassette mit dem Kniegelenk in streng seitlicher Einstellung. (◘ **Abb. 4.11**)

Abb. 4.10a und **Abb. 10.b** ▲ Ganzbeinstandaufnahme und Rosenberg Aufnahme
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 4.11 ▲ Slope
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.2 MRT (N. Streich)

Die MRT stellt das bildgebende Diagnostikum der Wahl bei klinischem Verdacht auf eine Verletzung des Kniebinnenraumes dar. Hierbei ist nicht nur die Kenntnis der pathologischen Veränderungen wichtig, sondern auch die Kenntnis der Grundlagen der regelhaften Anatomie.

4.2.1. MRT bei anteriorer, anterolateraler und anteromedialer Verletzung

Das unverletzte VKB besitzt seinen Ursprung proximal an der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Es zieht hier am Dach der interkondylären Notch entlang nach distal und inseriert tibiaseitig direkt vor der Eminentia intercondylaris. Es besteht aus zwei Bündeln: einem anteromedialen (AMB) und einem posterolateralen Bündel (PLB). Beide können in der MRT differenziert werden, wobei das AMB das stärkere Bündel von beiden darstellt. Da das VKB in der Frontalebene leicht geneigt ist (ca. 15°), ist das Band auf sagittalen MR-Schichten mitunter nicht vollständig und nicht durchgängig abgebildet, was auch zu Fehleinschätzungen seiner Integrität vor allem an der femoralen Insertion führen kann. Während die PD-Sequenz mit intermediärer TE-Zeit sehr gut die Bandanatomie und –pathologie wiedergibt (Sensitivität um 95 %) [1], zeigt die T2-Wichtung eine hohe Spezifität (bis 100 %) [2].

Bei klinischem Verdacht auf eine frische VKB-Verletzung finden sich verschiedene direkte Rupturzeichen in der MRT-Bildgebung. Zum einen ist dies neben der Diskontinuität des Bandes selbst (◘ **Abb. 4.12**), ein abgeflachter, seltener steiler oder aufgestellter Verlauf des Bandes oder Bandstumpfes, zum anderen aber auch eine starke, durchgehende Signalerhöhung auf T2-gewichteten Bildern (positiver Vorhersagewert: 90 %). Weitere direkte Zeichen, wie Bandverdickung, gewellter Verlauf oder unscharfe bzw. fehlende Abgrenzbarkeit, sind eher unsichere Merkmale [3].

Des Weiteren sind aber auch die sogenannten indirekten Zeichen entscheidend, da sie eine erhöhte die Rotationskomponente während des Verletzungsherganges entstehen bifokale Knochenkontusionen am lateralen Femurkondylus (typischerweise an der physiologisch trochleokondylären Notch) (◘ **Abb. 4.13**) und am posterioren Tibiaplateau, welche hier auch häufiger mit osteochondralen Frakturen einhergehen. Auch ist auf eine vordere Schubladenstellung der Tibia oder Antetorsion des lateralen Tibiaplateaus von > 5- 7 mm zu achten.

Abb. 4.12 ▲ komplette VKB-Ruptur im mittleren Banddrittel
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 4.13 ▲ bifokale Prellmarken
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Ebenfalls stellt die sogenannte Segond-Fraktur, ein knöcherner Ausriss des anterioren lateralen Ligamentums (ALL) vom anterolateralen Tibiaplateau, zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulaköpfchen [4] (◘ **Abb. 4.14**), eine Verletzung mit vermehrter Inzidenz bei VKB-Läsionen dar.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Feststellung, dass es zwar knöcherne Ausrisse des Tractus iliotibialis am Tuberculum Gerdy gibt (◘ **Abb. 4.15**), diese aber nicht der Segond-Fraktur gleichzusetzen sind.

Die Verletzung des ALL führt zur vorderen Subluxation des lateralen Tibiaplateaus. In Studien konnte nachgewiesen werden, dass bei einer VKB-Ruptur in bis zu 71 % der Fälle mit einer gleichzeitigen Verletzung des ALL zu rechnen ist, und es wurde gezeigt, dass dies mit dem Schweregrad der klinischen Instabilität korreliert [5].

Bei Verletzungen des medialen Kollateralbandkomplexes muss ebenfalls an eine Mitbeteiligung des vorderen Kreuzbandes gedacht werden. Das Gleiche gilt vice versa. Kombinationsverletzungen sind häufig. Bei bis zu 35 % aller VKB-Rupturen bestehen Begleitverletzungen des Innenbandes [6].

Abb. 4.14 ▲ Segond Fragment, knöcherner Ausriss des ALL
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

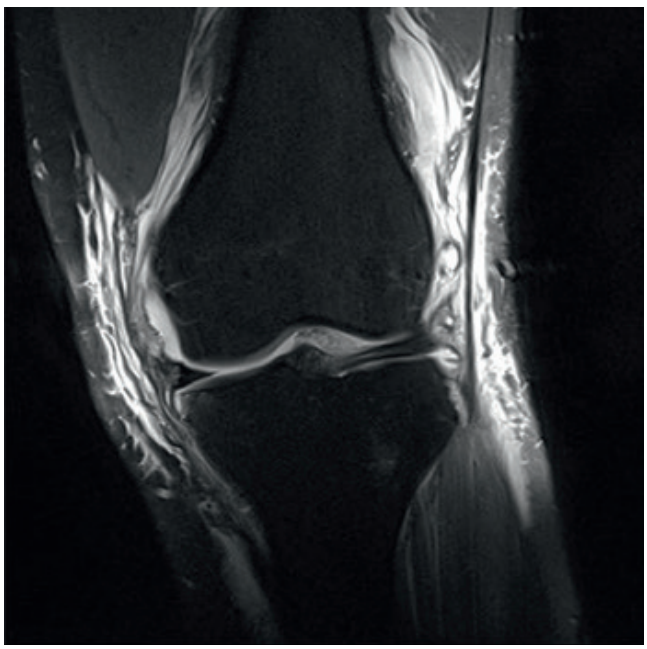


Abb. 4.15 ▲ knöchernen Avulsion des Tractus iliotibialis
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.2.2. MRT bei medialer Kapsel-Band-Verletzung

Der mediale Kapsel-Band-Apparat ist anatomisch dreischichtig aufgebaut [7]. Bedeutung hat vor allem das hintere Schrägband (POL) als wichtiger posteromedialer Stabilisator [8]. (◘ **Abb. 4.16**)

Das POL ist fest mit dem Innenmeniskus verbunden. Während sich nach vorn das mediale Retinakulum mit MPFL anschließt, geht der mediale Bandapparat nach dorsal über seine posterior-oblique Portion des MCL in den sehr komplexen und breitgefächerten Insertionsbereich des M. semimembranosus über [9]. Beides, sowohl die posterior-oblique Portion des MCL als auch die gefächerten Sehnenzüge des M. Semimembranosus, bilden die Hauptstabilisatoren gegen die anteromediale Rotationsinstabilität (AMRI).

Zeigen sich in der MRT eine spitzwinklige Buckelung des HKB oder traumatische (vertikale) Meniskushinterhornrisse, vor allen Dingen bei beidseitigem Auftreten, so geht dies ebenfalls mit einer höheren Wahrscheinlichkeit einer VKB-Ruptur einher [10].

4.2.3 MRT bei HKB-Verletzung

HKB-Rupturen sind wesentlich seltener als die des VKB (Verhältnis: etwa 1:9). Rupturmechanismen stellen neben extremen Rotationsverletzungen Knieluxationen und Hyperextensionstraumen dar. Typisch ist der direkte Anprall gegen die proximale Tibia mit einer dorsalen Translation des Unterschenkels bei gebeugtem Knie.

Zwar gelten die gleichen sicheren Rupturzeichen wie für das VKB auch für das HKB, allerdings sind die HKB-Diskontinuitäten wesentlich diffiziler, vor allem fehlt der HKB-Ruptur oft die rupturbedingte Verlaufsänderung des Bandes. Somit stellen die intraligamentären Signalveränderungen starke Hinweiszeichen für eine Bandruptur dar (◘ **Abb. 4.17**) und man muss in allen drei Raumebenen das HKB sorgsam nach Zeichen der intratendinösen Bandruptur absuchen [11].

Knöcherne Prellmarken werden in über 80 % der Fälle aufgrund des Hyperextensionsmechanismus am anteroinferioren Femurkondylus und – gegenüberliegend – an der anterioren Tibiakonsole gefunden. Aufgrund der begleitenden rotatorischen Unfallkomponente werden aber auch Innenmeniskus- und Innenbandrupturen sowie auch Läsionen des VKB und der posterolateralen Ecke gesehen. Während knöcherne Ausris-

Abb. 4.16 ▲ Kontinuitätsunterbrechung der posterioren obliquen Portion (POL) des Innenbandes © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

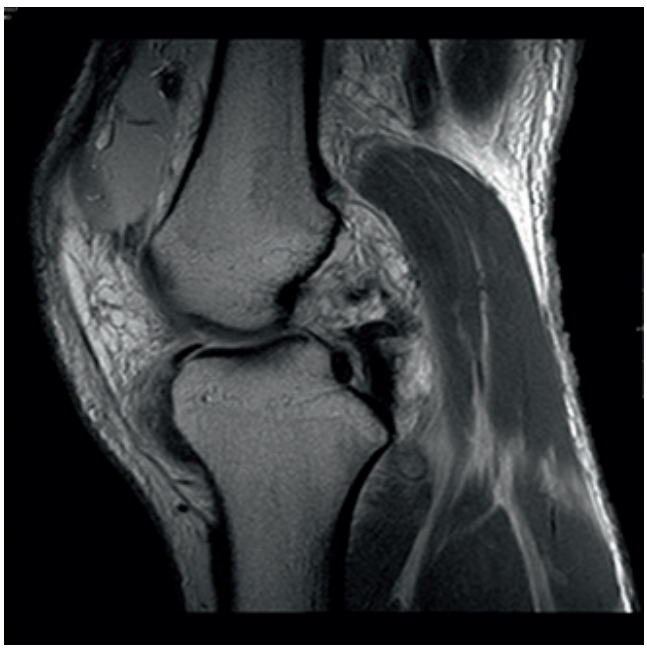


Abb. 4.17 ▲ komplette HKB Ruptur
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

se der tiefen Schicht des Innenbandes an der medialen Tibiakonsole auch als „reverse Segond-Fraktur“ bezeichnet werden [12], können knöcherne Bandausrisse am Fibulaköpfchen des posterolateralen Bandkomplexes (popliteo- und fabellopatellares Band, Lig. arcuatum) am Fibulaköpfchen als sogenanntes Arcuate Sign in Erscheinung treten. Die sogenannte posterolaterale Ecke stellt eine funktionell wichtige und anatomisch komplex aufgebaute Region dar. Sie verleiht dem Kniegelenk seine wichtige posterolaterale Rotationsstabilität und vereinigt statische und dynamische Stabilisatoren (13].

4.3 CT (A. Achtnich)

Der konventionellen Computertomographie (CT) zur Diagnostik des Kniegelenkes kommt bei der reinen primären Darstellung der ligamentären Strukturen bzw. Kniebinnenstrukturen gegenüber der Magnetresonanztomographie (MRT) eher eine untergeordnete Rolle zu. Zur Beurteilung okkulter Frakturen, Impressionen sowie knöcherner Bandläsionen und bei der Planung von Revisionsoperationen insbesondere des vorderen Kreuzbandes (VKB), stellt die CT jedoch einen essentiellen Bestandteil der bildgebenden Diagnostik dar. Eine 3D-Rekonstruktion bietet insbesondere bei dem Verdacht auf knöcherne Bandausrisse und bei der Beurteilung der Lage und Größe der Bohrkanäle im Rahmen der Planung von Revisionsoperationen einen diagnostischen Mehrwert.

4.3.1 CT bei akuter Bandläsion

Die Indikation zur CT wird bei dem Verdacht auf eine knöcherne Mitbeteiligung der VKB-Ruptur gestellt. Ausmaß und exakte Lokalisation der Fragmente können somit besser beurteilt werden. Die tibialen Eminentiafrakturen werden nach Meyers und McKeever klassifiziert. Auch knöcherne HKB-Ausrisse können mit der CT gut erfasst werden. Das Ausmaß und die Lokalisation der Fragmente werden beurteilt und sind ein wesentlicher Bestandteil der OP-Planung. (◘ **Abb. 4.18a** bis **Abb. 4.18c**)

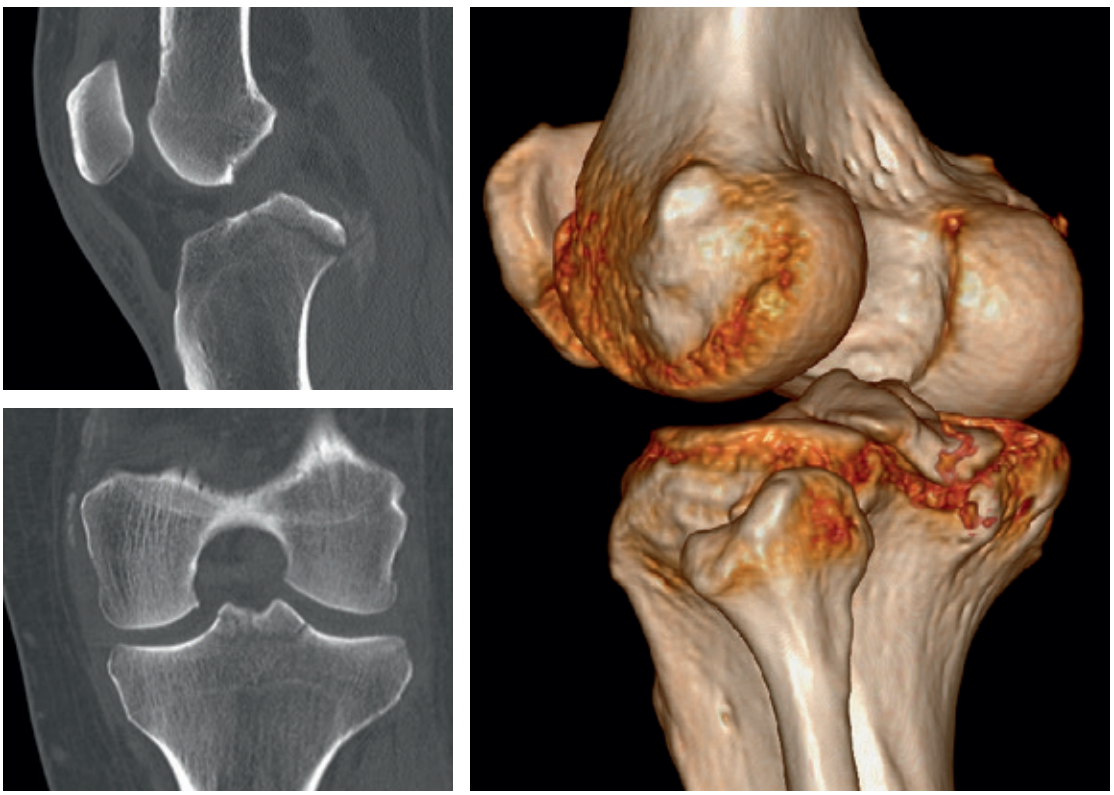


Abb. 4.18a bis **Abb. 4.18.c** ▲ CT bei Eminentiafraktur: Das knöcherne Fragment befindet sich in Streckstellung in maximaler Repositionsstellung - auf die Lagerung muss im CT geachtet werden © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.3.2 CT bei chronischer Instabilität

Bei der Planung einer Revisionsoperation nach primärer VKB-Rekonstruktion und begleitender Rezidivinstabilität hat die CT entschiedene diagnostische Vorteile. Insbesondere durch die Möglichkeit einer 3D-Rekonstruktion können neben der Beurteilung der Tunnelweite und –lokalisation auch die Position und Größe von zuvor verwendeten Fixationsmaterialien bestimmt werden. (◘ **Abb. 4.19**)

Bei der Beurteilung der Tunnelpositionierung wird zwischen: „anatomisch", „partiell anatomisch" und „nicht anatomisch unterschieden". In Abhängigkeit von der gemessenen Tunnelweite ergeben sich hieraus verschiedene Revisionsstrategien. Bei einer Tunnelweitung < 12mm kann eine VKB-Revision mittels eines alternativen Knochentransplantats oder einer Schraubenaugmentation erfolgen, ab einer Tunnelweitung > 12 mm wird ein zweizeitiges operatives Vorgehen bevorzugt. (◘ **Abb. 4.20**)

Nach einer Bohrkanalauffüllung mittels autologer Beckenkammspongiosa kann nach ca. 3 Monaten eine Kontrolle der knöchernen Konsolidierung erfolgen, um eine erneute VKB-Plastik zu terminieren.

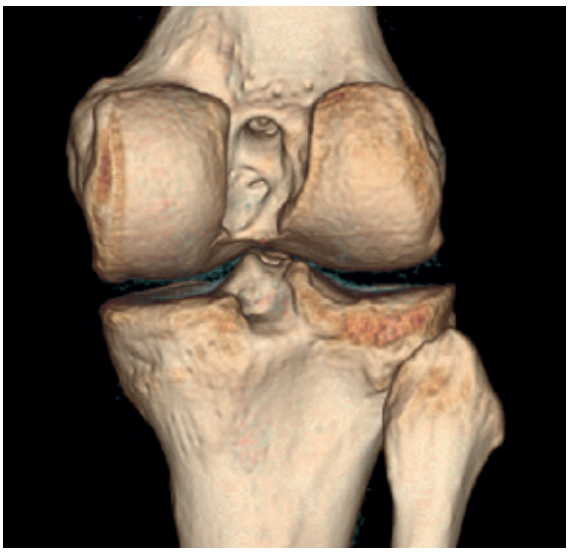


Abb. 4.19 ▲ Zur exakten Bestimmung der Lokalisation der Bohrkanäle empfiehlt sich die 3D-CT- Rekonstruktion © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Abb. 4.20 ▲ CT zur Bestimmung der Weite der Bohrkanäle © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

4.4 Hilfe für den Radiologen
(P. Hertel, R. Akoto)

Röntgen

Knie in 2 Ebenen (stehend, liegend)	- Überprojektion der Femurkondylen im seitlichen Bild - Freiprojektion der Gelenkflächen in ap Bild - Zentralstahl auf Gelenkspalt
Darstellung der Tub. tibiae, Patella alta, Patella baja,Kongruenz Femur - Tibia	
Patella tangential (Merchant, Ficat in Rückenlage)	- 20-30° Beugung - Zentralstrahl parallel zur Patella-Unterfläche - Kassette senkrecht zum Zentralstrahl.
Patellafraktur, Lateralisation, Dysplasie, Arthrose, Patella bipartita	
Knie seitlich in Streckung	- lange Kassette 15 x 40 - Zentralstrahl Kniespalt - Kassette mehr zum Unterschenkel orientiert
Beurteilung Slope	
Rosenbergaufnahme p-a	- stehend bei 45° Kniebeugung - Zentralstrahl 10 Grad nach caudal geneigt - Freiprojektion der Gelenkflächen
Gelenkspaltverschmälerung femorotibial	
Gehaltene Aufnahme im Scheuba-Gerät	- 90° Beugung, ggf. 20-30° für die vordere Schublade - Aufnahmen beider Knie zum Seitenvergleich - Überlappung der Femurkondylen
Nachweis hintere/ vordere Schublade, fixiert oder mobil	
Lange Beinaufnahme ap im Stehen-Einbeinstand- Zweibeinstand	- Hüftgelenk bis Sprunggelenk - Femurkondylen parallel zur Kassette - Ausrichtung mit Kontrolle an Füßen, Tuberositas tibiae und Patella - gleiche Streckung der Knie, evtl. Beinlängenausgleich
Seitenvergleich, Planung Achskorrektur	
Lange Beinaufnahme seitlich-Einbeinstand	Nicht betroffenes Bein angehoben auf Stuhl gestellt
Planung Korrektur Flexion-Extension, Kontrakturbehandlung	

Schnittbilddarstellung

Dünnschicht- CT	- Von supracondylär bis 2cm unterhalb der Tub. tibiae
Dünnschicht- MRT	**- Einschluss der Tub. tibia auch in axialen Schichten (Betimmung TT TG)** - Möglichkeit der Weichteildarstellung und der sphärischen Rekonstruktion
CT: Frakturen, Dysplasien, Stellung der Patella, TT-TG Abstand, Bohrkanäle	
MRT: Weichteilschäden, Bone Bruises, Stellung der Patella , TT-TG-Abstand, Epiphysenfugen, , Dysplasien	

Glückliche Patienten wünscht sich jeder.

Deshalb gibt es OPED.

Schlaue Ärzte setzen auf OPED. Die innovativen Medizinprodukte Made in Germany. Für einen schnellen und angenehmen Heilungsprozess, weniger Betreuungsaufwand für Sie, und für rundum zufriedene Patienten.

www.oped.de

OPED

Mit uns geht‘s weiter.

5. Therapiealgorithmen
(R. Akoto, A. Achtnich, M. Herbort, J. Höher)

5.1 VKB, akut (M. Herbort)

Sowohl die Indikationsstellung als auch das genaue Zeitmanagement der akuten VKB-Verletzungen ist nach wie vor Gegenstand der Diskussion.

Es gibt keine klaren evidenzbasierten Kriterien, welche VKB-Verletzung wann und wie versorgt werden soll. Grundsätzlich gibt es jedoch einige wichtige Versorgungsprinzipien, an denen man sich orientieren kann.

Grundsätzlich gibt es die Möglichkeit, eine VKB-Ruptur konservativ oder operativ zu versorgen.

Kriterien, die für eine operative Versorgung des Patienten sprechen, sind:
- junges Alter,
- hoher Aktivitätsgrad,
- subjektive Instabilität („Giving Way“),
- objektivierbare Rotationsinstabilität (hochgradiger Pivot-Shift),
- relevante Begleitverletzungen, welche einer primären Naht/Refixation zugeführt werden sollten, um diese suffizient auszuheilen.

Gegen eine operative Therapie sprechen ein niedriger Aktivitätsgrad und ein erhöhtes Operationsrisiko aufgrund von Alter oder Begleiterkrankungen.

Die operative Versorgung der akuten VKB-Ruptur kann in zwei Gruppen eingeteilt werden:
- Erhalt des VKB (Ligamys®, Healing Response, Ankerrefixation)
- VKB-Rekonstruktion mit autologem, allogenem oder alloplastischem Transplantat

Bezüglich des Zeitpunktes der operativen Versorgung werden derzeit zwei Zeitpunkte für eine Versorgung präferiert, solange keine anderen Gründe für eine frühzeitigere Versorgung vorliegen:

1. akute Versorgung innerhalb von 48 Stunden
2. postprimäre Versorgung nach Abklingen der traumatischen Entzündungsreaktion im Kniegelenk (ca. 4- 6 Wochen)

Bei Durchführung einer operativen Versorgung innerhalb dieser traumatischen Entzündungsphase wird nach wie vor eine erhöhte Gefahr der Arthrofibrosebildung diskutiert.

Bei Vorliegen von relevanten Begleitverletzungen, die einer frühzeitigen operativen Versorgung zugeführt werden sollten, sollte dieser Aspekt die zeitliche Planung der Operation maßgeblich beeinflussen. Diese relevanten Begleitverletzungen und die Strategie zu deren Versorgung sind in dem folgenden Flowchart aufgeführt. (◘ **Abb. 5.1a** und **Abb. 5.1b**).

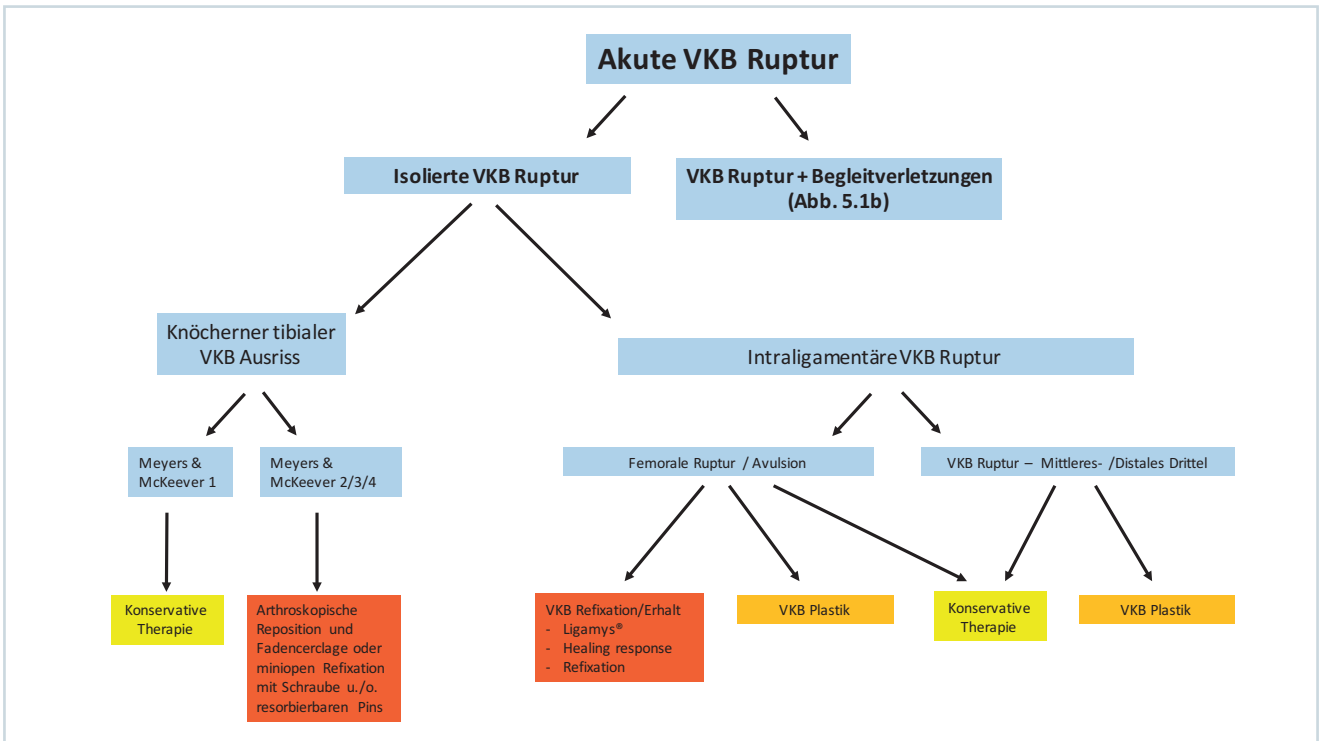


Abb. 5.1a ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

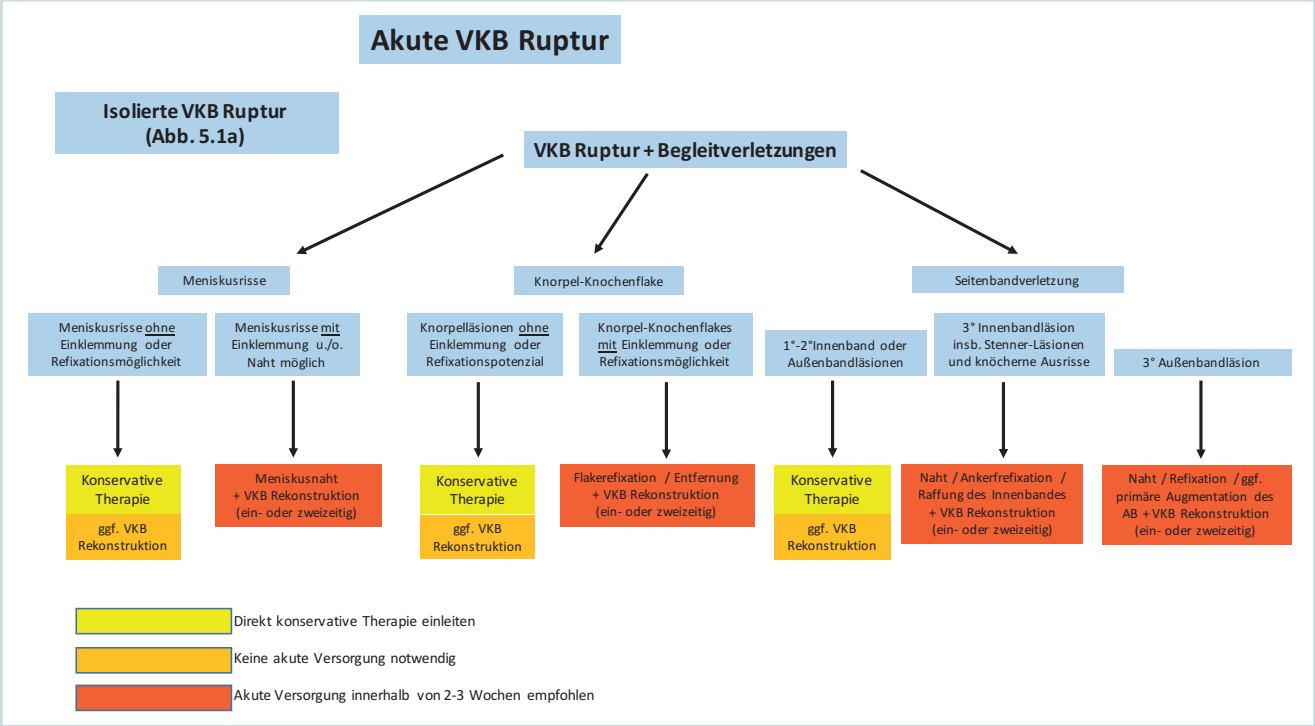


Abb. 5.1b ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

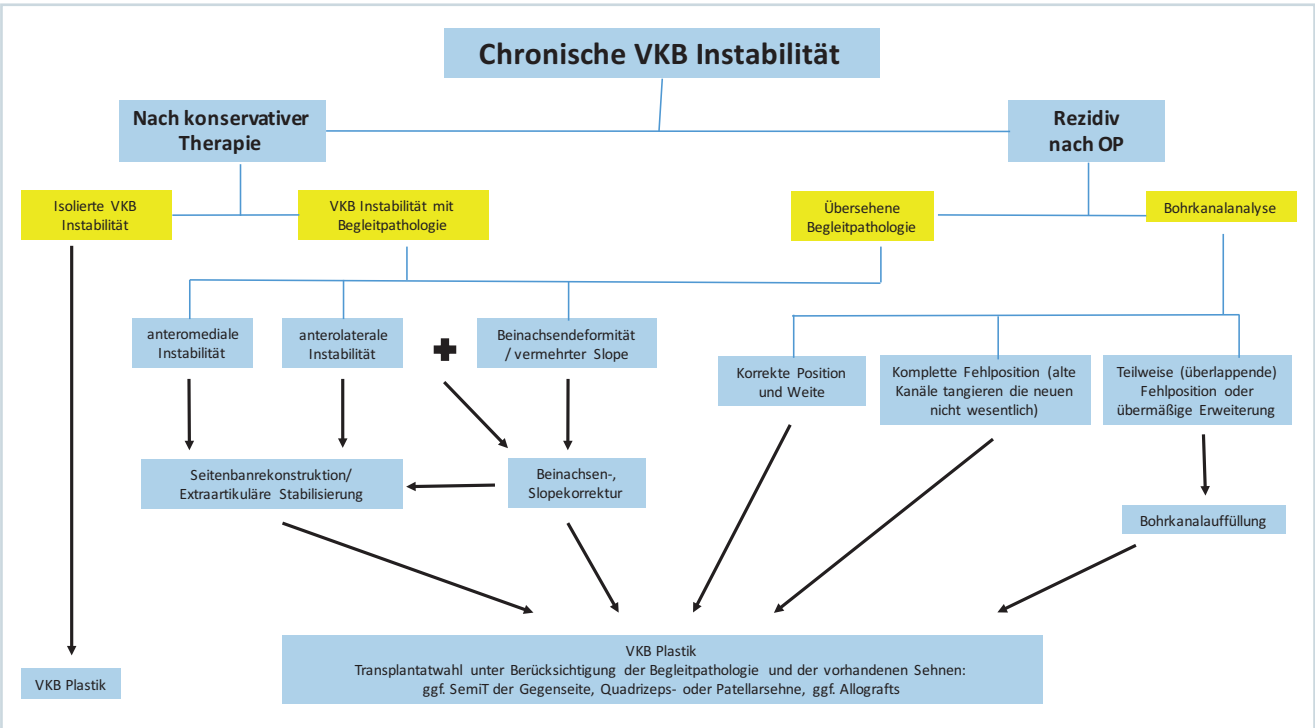


Abb. 5.2 ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

5.2 VKB, chronisch
(A. Achtnich)

Das Kollektiv der Rerupturen einer vorderen Kreuzbandplastik als Folge eines adäquaten Traumas ist der Erfahrung nach geringer als das der Patienten mit einer chronischen VKB-Instabilität nach vorderer Kreuzbandruptur oder fehlgeschlagener konservativer Therapie. Wesentlich bei der Beurteilung einer chronischen VKB-Instabilität ist die genaue Ursachenanalyse. Neben der gezielten Anamnese mit der Frage nach Traumageschehen und Auffälligkeiten im postoperativen Heilungsverlauf ist die exakte klinische und radiologische Reevaluation des Kniegelenkes unbedingt erforderlich.

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Ursachenanalyse nachfolgende Faktoren:

- Trauma
- technische Fehler (Tunnelplatzierung, Transplantatwahl, übersehene Begleitpathologien)
- biologische Gründe (fehlgeschlagene Transplantateinheilung)

Ein Hauptaugenmerk bei der klinischen Untersuchung sollte neben der typischen Kniegelenksuntersuchung auf der Erfassung von Begleitpathologien liegen, hierzu gehört neben der anteromedialen oder anterolateralen Instabilität die Erfassung von Beinachsdeformitäten.

Nachfolgend sollte eine erweiterte radiologische Diagnostik neben den Standarduntersuchungen erfolgen:

- Ganzbeinachse (Erfassung einer Deformität)
- streng seitliche Röntgenaufnahme in Hyperextension (Slope)
- Schubladenaufnahme (Ausschluss HKB – Insuffizienz)
- Computertomographie (Tunnelweite und –lage)

Für die Planung des Revisionseingriffes ist die zugrunde liegende Ursache maßgeblich. Neben der erneuten Kreuzbandplastik ist bei einer übersehenen Begleitinstabilität eine Seitenbandrekonstruktion oder extraartikuläre Stabilisierung notwendig. Hier gilt es, sich insbesondere hinsichtlich verfügbarer Transplantate einen guten Plan zu machen.

Eine Beinachsendeformität oder ein pathologischer Slope sollten durch eine zusätzliche Osteotomie behandelt werden.

Zudem hat die exakte Analyse der Bohrkanallage und -weite einen Einfluss auf die operative Strategie. Ein partiell inkorrekt liegender Tunnel oder eine ausgeprägte Tunnelweitung machen eine Bohrkanalauffüllung notwendig. Hier sollte ein zweizeitiges operatives Vorgehen bevorzugt werden.

Einen Überblick über die Ursachenanalyse der chronischen VKB-Instabilität und die daraus folgenden therapeutischen Strategien sind im folgenden Flowchart aufgeführt (◘ **Abb. 5.2**).

5.3 Seitenbandinstabilitäten
(R. Akoto)

Isolierte mediale Seitenbandverletzungen haben eine sehr gute Heilungstendenz. Isolierte Grad-1- und Grad-2-Verletzungen heilen in der Regel folgenlos aus. Auch isolierte interligamentäre Grad-3-Verletzungen können unter konservativer Therapie heilen.

Eine schlechte Prognose für die konservative Therapie besteht bei Avulsionsverletzungen, retrahierten Bandstümpfen und sogenannten Stener like Leasions. Hierbei handelt es ich um eine distale MCL-Ruptur mit einem dislozierten, über den Pes anserinus gerutschten, tibialen Bandstumpf. Mediale Seitenbandverletzungen im Rahmen von Komplexverletzungen und / oder Verletzung der posteromedialen Ecke mit anteromedialer Rotationsinstabilität (AMRI) heilen unter konservativer Therapie häufig schlecht und profitieren von einer operativen Therapie.

Chronische Instabilitäten können über Raffnähte, Kapselduplikaturen, ggf. gekoppelt mit Bracing-Techniken oder Bandplastiken, versorgt werden.

Isolierte laterale Instabilitäten sind extrem selten. Begleitende Rotationsinstabilitäten und Verletzungen des zentralen Pfeilers sollten vor der Therapieplanung sicher ausgeschlossen sein. Um chronische laterale Instabilitäten zu vermeiden, welche einer wesentlich aufwendigeren Therapie bedürfen, ist die Indikation zur operativen Versorgung großzügig. Stabile Zerrungen oder wenig instabile Verletzungen mit geringer Aufklappbarkeit können konservativ behandelt werden. Akute Verletzungen mit höhergradiger Instabilität sollten zeitnah zum Unfall refixiert und ggf. primär augmentiert werden. Chronische rein laterale Instabilitäten bedürfen einer Bandplastik. Die Beinachse ist bei der Behandlung chronischer Kolateralband-Instabilitäten immens wichtig. Eine varische Beinachse bei chronischen lateralen Instabilitäten bewirkt ein hohes Versagensrisiko bezüglich einer weichteiligen Rekonstruktion.

Zur Planung der Behandlung chronischer Instabilitäten ist eine radiologische Beurteilung der Beinachse obligat. Die Beurteilung der Ganzbeinstandaufnahme kann bei chronischen lateralen

Instabilitäten schwierig sein und sollte mit und ohne Belastung bei einem Varus-Thrust unter provoziertem Thrust-Phänomen erstellt werden. Achskorrigierende Osteotomien bei chronischer Kollateralband-Instabilität bringen ein hohes Risiko bezüglich Über- oder Unterkorrektur mit sich und bedürfen einer detaillierten Planung.

Die Therapiealgorithmen für isolierte mediale und laterale Instabilitäten sind in den folgenden Flowcharts zusammengefasst (◘ **Abb. 5.3a** und **5.3b**)

5.4 HKB (J. Höher)

HKB-Verletzungen sind im Vergleich zu VKB-Verletzungen um ein Vielfaches seltener. Durch die geringe Inzidenz ergibt sich in der Praxis oft ein Problem, wenn Ärzte und Therapeuten mit wenig Erfahrungen bezüglich HKB-Verletzungen ihre erlernten Algorithmen der Diagnostik , Therapie und Rehabilitation vom VKB auf das HKB übertragen. Dies ist jedoch fatal, da sich sowohl die Diagnostik und die Entscheidungskriterien bezüglich einer OP als auch die OP-Strategien und die Rehabilitation beim VKB und HKB wesentlich unterscheiden.

Merke: Diagnostikprinzipien, Therapieentscheidungen und Behandlungsstrategien für VKB und HKB unterscheiden sich wesentlich.

Grundsätzlich sollte man zwischen akuten und chronischen HKB-Verletzungen unterscheiden.

Akute HKB-Verletzungen: In der Anamnese geht es darum, den Verletzungshergang so gut wie möglich zu analysieren. HKB-Verletzungen entstehen infolge von Rasanztraumen mit ventralem Anpralltrauma (sogenannte Dashboard Injury) oder beim Sport infolge eines Hyperflexionstraumas oder Sturzes auf das flektierte Kniegelenk. Ist der Verletzungshergang nicht exakt zu eruieren, so ist eine Prellmarke oder Weichteilverletzung im Bereich der Tuberositas tibiae immer verdächtig in Bezug auf das Vorliegen einer HKB-Verletzung.

Merke: Eine Prellmarke oder Weichteilverletzung über der Tuberositas tibiae ist bis zum Beweis des Gegenteils verdächtig in Bezug auf das Vorliegen einer HKB-Läsion.

Bei der klinischen Untersuchung sind die richtungsweisenden Tests für das HKB die Evaluation des medialen Step-offs bei 90° Flexion und des Vorliegens einer hinteren Schublade sowie ein fehlendes hartes Endgefühl bei forcierter Dorsaltranslation der Tibia im Seitenvergleich. Da HKB-Verletzungen häufig in Kombination mit anderen Kapsel-bandläsionen auftreten, muss ein unbedingtes Augenmerk auf das Vorliegen relevanter Begleitverletzungen wie laterales Seitenband, posterolaterale Gelenkecke, mediales Seitenband/posteromediale Gelenkecke und VKB gelegt werden.

Bei jeder HKB-Verletzung sollte versucht werden, das Ausmaß der pathologischen Dorsaltranslation der Tibia zu quantifizieren, da dies entscheidenden Einfluss auf die Therapieentscheidung hat. Als Goldstandard hat sich der dorsale Schubladentest im seitlichen Strahlengang bei 90° Beugung etabliert. Vorzugsweise sollte hier ein definierter Schub von 15 bis 20 kp gegen die proximale Tibia, z. B. im sogenannten Scheuba-Apparat (Fa. Telos, Hungen), durchgeführt werden.

Einige alternative radiologische Stresstests wurden publiziert, sind jedoch aus unserer Erfahrung weniger gut standardisierbar. Ergänzend (ggf. auch alternativ zur radiologischen Belastungsaufnahmen) kann eine instrumentelle Stabilitätsprüfung mit einem Rolimeter oder einem KT-1000 durchgeführt werden. Die Untersuchung erfordert jedoch ebenso eine große Erfahrung des Untersuchers. Da bei dieser Methode der vordere Endpunkt der ventralen Translation als Referenz genutzt wird, und ist die Messung nur valide, wenn das VKB beidseits intakt ist und keine fixierte hintere Schublade vorliegt.

Therapie:

In Abhängigkeit vom Alter und Sportanspruch des Patienten sowie von vorliegenden Begleitverletzungen muss eine Therapieentscheidung getroffen werden. Grundsätzlich gilt, dass das frisch verletzte HKB aufgrund der guten Blutversorgung über die dorsale Kapsel ein gutes Regenerationspotential hat und somit von einer Heilung mit einem gewissen Ausmaß an Elongation ausgegangen werden kann. Bei einer isolierten Läsion des HKB und einer Translation von <10 mm im Seitenvergleich sollte daher fast immer eine nicht operative Therapie erfolgen.

Merke: Bei frischer HKB-Ruptur mit weniger als 10 mm Translationsdifferenz ist eine nichtoperative Therapie indiziert.

Eine nicht operative Therapie kann funktionell mit schmerzadaptierter Belastung, mittels Versorgung mit einer Immobilisationsschiene mit dorsalem Tibiakissen (z. B. PTS-Schiene) oder mit einer dynamischen Orthese (PCL-Jack-Orthese, Fa. Albrecht) erfolgen. Wir haben bei jungen Sportlern mit guter Compliance sehr gute Erfahrungen mit der dynamischen Orthese gemacht, mit der

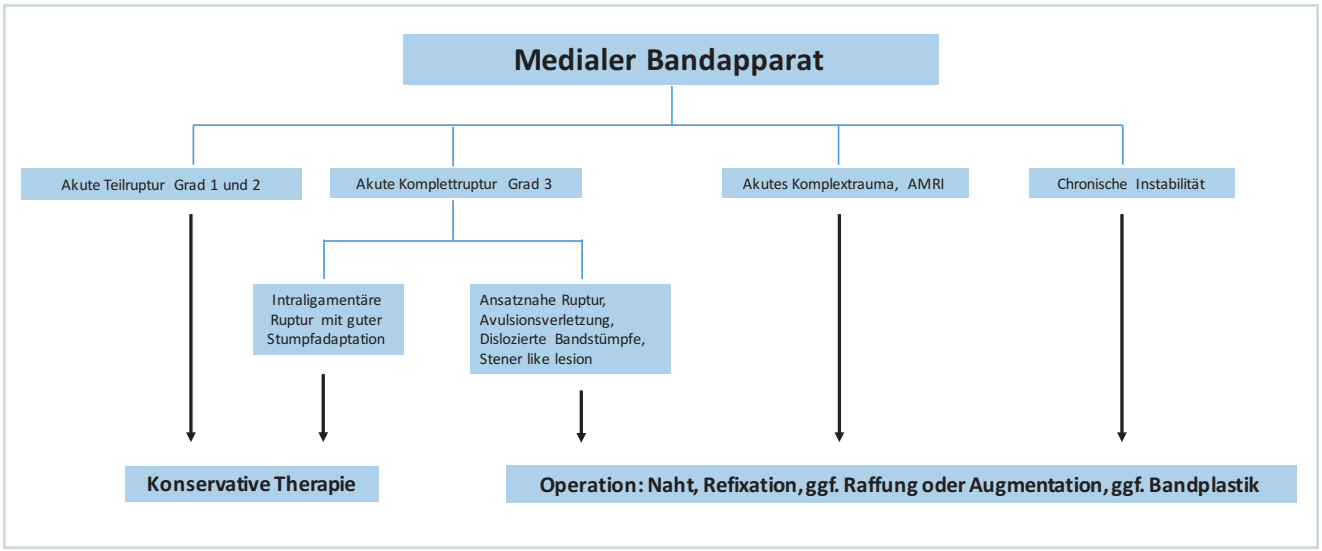


Abb. 5.3a ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

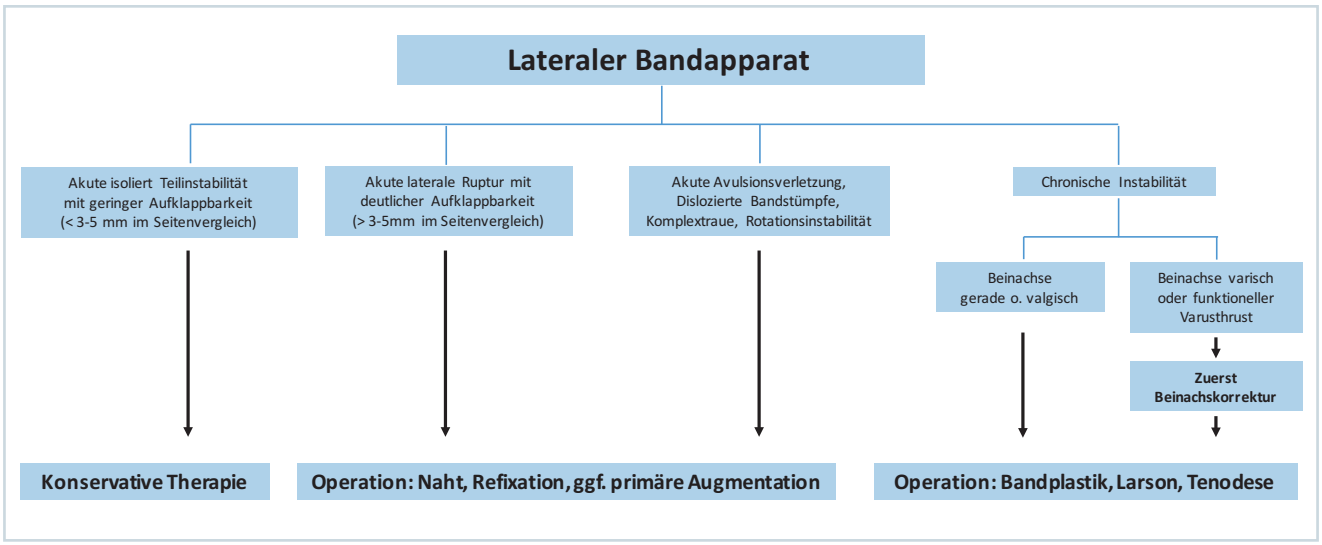


Abb. 5.3b ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

Chance, das Ausmaß der verbleibenden dorsalen Translation gering halten zu können. Sechs Wochen nach der Verletzung oder später sollte bei freier Flexion bis 90° das Therapieergebnis mittels radiologischer gehaltener Aufnahmen (und/oder instrumenteller Stabilitätsprüfung) kontrolliert werden.

Bei kombinierten Verletzungen (siehe Flowchart) und einer Translation von mehr als 10mm ist eher eine bandstabilisierende OP indiziert. Während periphere Verletzungen innerhalb von 2 Wochen gut rekonstruiert und ggf. augmentiert werden können, ist beim HKB eher ein Ersatz indiziert.

Als Bandersatz des HKB erfolgt in den meisten Fällen ein Einzelbündel-Ersatz des anterolateralen Faserbündels mit einer autologen Sehne. Eine isometrische Transplantatplatzierung wird nicht angestrebt. Je nach Präferenz des Operateurs kann eine Doppelbündeltechnik mit zwei femoralen und einem tibialen oder zwei femoralen und zwei tibialen Bohrkanälen durchgeführt werden. Die Fixation des Transplantats kann vergleichbar mit der VKB-Chirurgie durch Interferenzschrauben oder gelenkferne Verankerung oder die Kombination von beidem (Hybrid-Verankerung) erfolgen. Bei Verwendung eines Transplantates mit anhängigem Knochen kann tibialseitig eine Onlay- oder Inlay- Technik verwendet werden. Diese hat jedoch den Nachteil, dass der Patient dazu während der OP in Bauchlage gedreht werden muss.

Ein Überblick über OP-Indikationen und OP-Strategien bei HKB-Verletzungen ist in **Abb. 5.4** zu finden.

5.5 Kniegelenksluxation
(R. Akoto)

Die Kniegelenksluxation ist eine der schwersten Kniegelenksverletzungen. Sie ist mit 0,02 – 0,2 % aller Kniegelenksverletzungen extrem selten. In ca. 50 % der Fälle entsteht die Verletzung im Rahmen eines Hochrasanztraumatas 44 % der Patienten sind polytraumatisiert. Bis zu 18 % der Kniegelenksluxationen bringen eine begleitende Gefäßverletzungen mit sich, wovon 9 % initial einen normalen Pulsstatus aufweisen. Daher ist im Rahmen der Primärversorgung eine Gefäßdarstellung obligat. Ist eine Gefäßversorgung notwendig, sollte zwingend eine Fasziotomie aller Muskellogen des Unterschenkels erfolgen, in diesem Zusammenhang sollte die Indikation zu einer temporären Ruhigstellung in einem Fixateur externe großzügig gestellt werden. Ebenfalls häufig kommt es zu einer begleitenden Verletzung des N. peroneus. Die gebräuchlichste Klassifikation der Knieluxationen ist von Schenk (siehe Kapitel 3). Bei einer Umfrage des AGA-Komitees Trauma im Rahmen der Planung einer Multicenter-Studie zur Primärversorgung von Kniegelenksluxationen (Umfrage beim Treffen des AGA-Komitees Trauma 8/2013) gaben die meisten der beteiligten Zentren an, weniger als 20 Kniegelenksluxationen jährlich zu versorgen. Einheitliche Behandlungskonzepte existieren nicht Die meisten deutschen Kliniken bevorzugen ein zweizeitiges vorgehen. Hier erfolgt die Versorgung der peripheren Strukturen in der Frühphase, der zentrale Pfeiler wird sekundär nach Abklingen der akuten Inflammation und bei guter Beweglichkeit Wochen bis Monate nach dem Trauma versorgt. Im angloamerikanischen Raum wird häufig eine Versorgung aller Strukturen in der frühen chronischen Phase, ca. 3-6 Wochen nach Trauma, favorisiert, hier ist häufig der Einsatz von Allografts notwendig. Ein vielversprechendes Konzept ist das sogenannte „Ligament Bracing“ mit die Naht der verletzten Strukturen in der Frühphase plus Bracing des vorderen und hinteren Kreuzbandes mit hoch stabilem Nahtmaterial.

Die Kniegelenksluxation stellt eine hoch komplexe Verletzungsentität da, viele Faktoren (Gesundheitszustand bei Polytrauma, schwere begleitender Gefäß- oder Nervenverletzung, Körpermaße/ Übergewichtigkeit etc.) beeinflussen die therapeutische Strategie, so dass die definitive Therapieentscheidung in für jeden Patienten individuell zu stellen ist. Der hier dargestellte Therapiealgorithmus darf nur als grobe Leitschiene gesehen werden (**Abb. 5.5**).

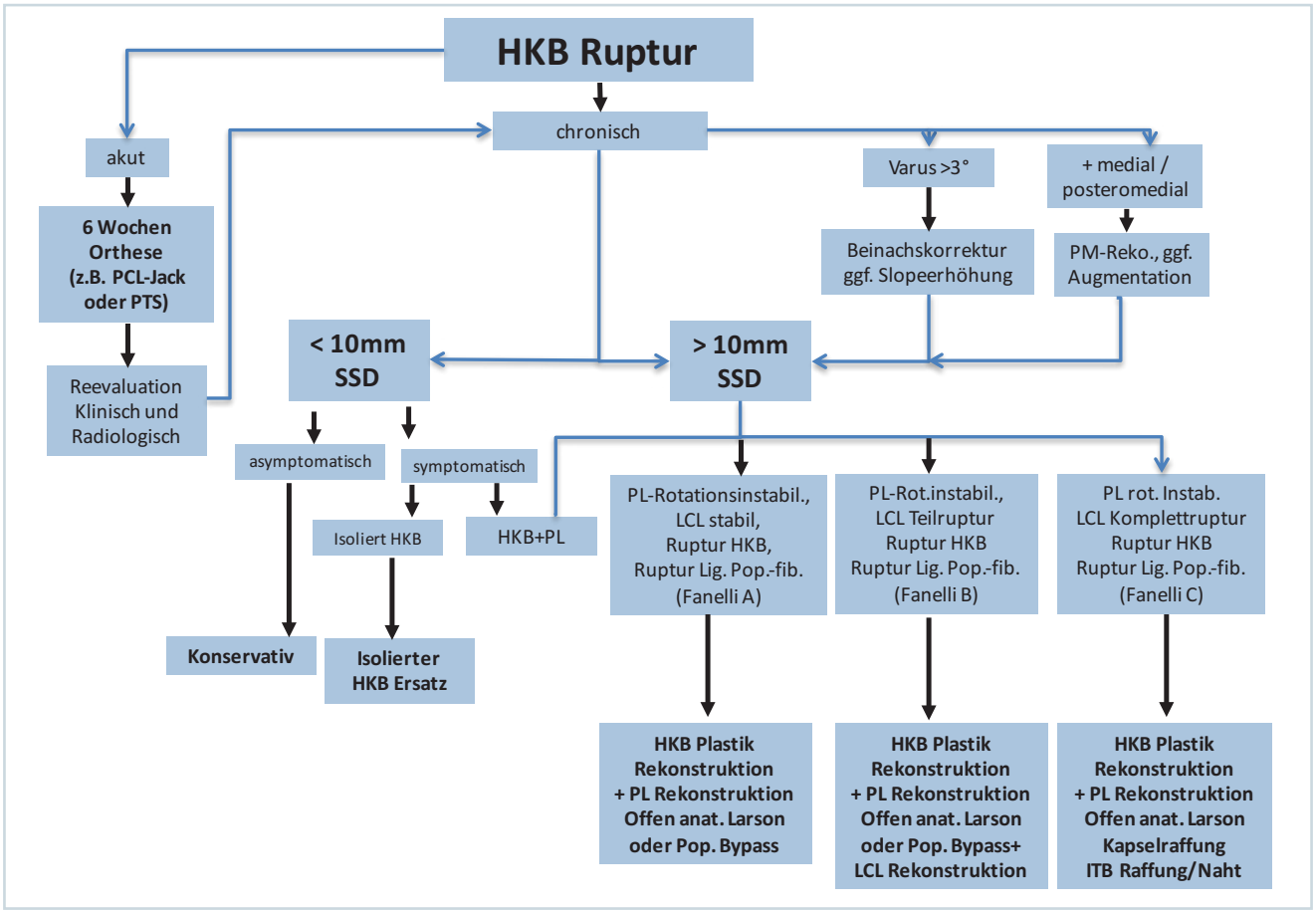


Abb. 5.4 ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

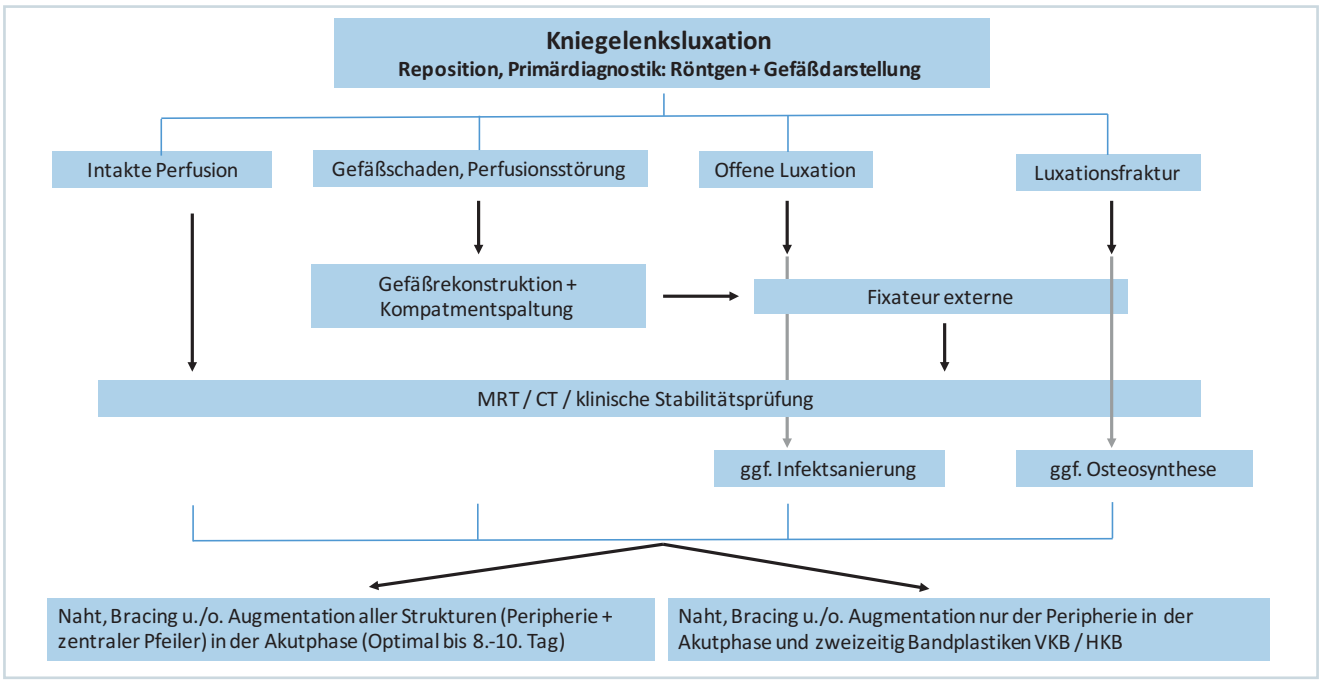


Abb. 5.5 ▲ © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

6. Postoperative Diagnostik nach VKB-Ersatzplastik und Diagnostik bei geplanten Revisionsoperationen am Bandapparat

(W. Krutsch, M. Bernard, G. Felmet, M. Herbort, J. Höher, S. Scheffler)

Die postoperative Diagnostik sollte einen großen Stellenwert in der Weiterbehandlung von Patienten nach Verletzungen am Bandapparat des Kniegelenkes einnehmen, insbesondere nach Bandrekonstruktionen. Ob diese Untersuchungen zwingend von dem Operateur oder einem anderen weiterbehandelnden Arzt durchgeführt werden sollten, hängt von den Organisationsstrukturen und der Anbindung der Kollegen ab. In vielen Fällen sollte jedoch mindestens zu den wichtigen Zeitpunkten des Heilverlaufes eine Kontrolle durch einen geschulten Arzt erfolgen.

6.1. Ziele
(M. Herbort, W. Krutsch)

Ziele der postoperativen Kontrolle und Diagnostik sollten das frühzeitige Erkennen von Komplikationen und ungewünschten Begleiterscheinungen der operativen Intervention sein, da nur hierdurch eine Umstellung der Nachbehandlung bzw. Adressierung dieser Probleme erfolgen kann. Mögliche Anpassungen der weiteren Behandlung können z. B. eine Intensivierung oder Umstellung der physiotherapeutischen Nachbehandlung (Steigerung der ROM, Verhinderung eines Streckdefizites, Intensivierung der Belastung, etc.) oder die Indikationsstellung einer Revisionsoperation (Arthrolyse, Meniskusrefixation, arthroskopische Spülung etc.) sein.

Eine weitere Aufgabe der postoperativen Untersuchung ist die Kontrolle und Anpassung des regelhaften Heilverlaufes. Im Zuge der personalisierten Bandchirurgie sollte neben der angepassten Operationstechnik auch eine angepasste Rehabilitation erfolgen. Hierzu sollte auch eine Reevaluierung des Heilverlaufes durch den Operateur gehören, mit deren Hilfe die angewandte Nachbehandlung überprüft und bei Bedarf angepasst werden kann (Muskelstatus, propriozeptive Defizite).

Ein weiterer, wichtiger Bereich der postoperativen Diagnostik ist die Analyse des Patienten in Bezug auf die Belastungssteigerung bzw. Freigabe zur sportlichen Betätigung. Diesbezüglich sind in den letzten Jahren unterschiedliche Parameter herausgearbeitet und in spezifischen Testbatterien eingebaut worden, um eine differenzierte Beantwortung der betreffenden Fragen zu ermöglichen. Unter verschiedenen Begriffen wie z.B. „Return to Play“® oder „Back in Action“® werden Rückführungsprozesse beschrieben, die auf verschiedenen Messparametern ruhen und die Entscheidung eines Arztes durch zusätzliche Informationen neben dessen eigener Untersuchung unterstützen und erleichtern sollten.

6.2 Inhalte
(M. Herbort, G. Felmet)

Zu Beginn der postoperativen Untersuchung sollte das Kniegelenk auf mögliche Reizzustände bzw. Entzündungsreaktionen untersucht werden.

Wichtige klinische Zeichen, die Hinweis auf einen Reizzustand oder differentialdiagnostisch eine Entzündung oder Infektion hinweisen, sind Rötung, Überwärmung, Schwellung und ein intraartikulärer Erguss. Bei vorliegendem Schwellungszustand des Kniegelenkes sollte zwischen einer generellen Schwellung des Kniegelenkes (Lymphstauung etc.) und einem intraartikulären Erguss differenziert werden. Bei intraartikulärem Erguss kann mit hoher Sensitivität eine „tanzende Patella“ festgestellt werden. Falls ein Sonographie-Gerät verfügbar ist, kann dieses zur Verifizierung eines intraartikulären Ergusses verwendet werden.

6.2.1 ROM:

Ein wichtiger Bestandteil der postoperativen Untersuchungen ist die Analyse der passiven und aktiven Beweglichkeit des Kniegelenkes (Range of Motion, ROM). Aus einer Arthrofibrose oder einer insuffizienten Rehabilitation kann eine Einschränkung der Beweglichkeit des Kniegelenkes resultieren. Bereits ein Streckdefizit von 3 ° im Vergleich zur Gegenseite konnte Donald Shelbourne in seinem untersuchten Patientenkollektiv für eine deutlich beschleunigte Arthrosebildung verantwortlich machen [5]. Eine suffiziente Untersuchung der ROM kann mittels Goniometer und bezüglich der Streckung des Kniegelenkes mittels Analyse des „Heal Raise“ erfolgen. Hierbei wird bei Überstreckfähigkeit des Kniegelenkes der Abstand der Hacke zum Untergrund/ zur Liege mittels Zentimetermaß abgemessen.

6.2.2 Klinische Bandstabilitätstestung

Eine klinische Stabilitätstestung der rekonstruierten oder refixierten Bänder sollte erst nach 3 Monaten erfolgen (je nach OP-Technik ggf. auch bereits nach 6 Wochen), um diese Bänder in der frühen Einheilungsphase nicht zu gefährden. Die Testung erfolgt dann analog zu den Stabilitätstestungen zur Analyse einer Insuffizienz der jeweiligen Bandstruktur:

- VKB → Lachman-Test, Pivot-Shift-Test
- HKB → Hinterer Schubladentest
- MCL → Valgusstress in 0° und 20° Flexion
- LCL → Varusstress in 0° und 20° Flexion

Weitere Parameter, welche in der klinischen Untersuchung bestimmt werden sollten, sind potenzielle Meniskuszeichen, welche auf eine verbliebene Meniskusläsion hinweisen können.

6.2.3 Instrumentelle Bandstabilitätstestung

Zur Objektivierung der postoperativen Stabilität des Kniegelenkes nach VKB-Rekonstruktion sollte im Verlauf eine instrumentelle objektive Messung der anterioren tibialen Translation erfolgen. Hierzu kann ein KT-1000/2000®, Rolimeter® oder vergleichbare Instrumente (GeNouRouB®, etc.) verwendet werden. Diese Untersuchungen zählen zu den Standarduntersuchungen der postoperativen Verlaufskontrolle und sollten analog zu den klinischen Tests nach ca. 3 Monaten Heilungsphase durchgeführt werden. Sie haben vor allem forensische und wissenschaftliche Bedeutung.

6.3 Zeitablauf
(J. Höher, W. Krutsch)

Der gesamte Zeitverlauf nach einer Bandverletzung oder operativen Bandrekonstruktionsoperation steht in den letzten Jahren unter besonderer Beobachtung, da sowohl in der praktischen Betreuung der Patienten, insbesondere der Sportler, als auch in der wissenschaftlichen Literatur deutliche Fortschritte zu verzeichnen sind [2]. Die Steuerung des Rehabilitationsprozesses nach Verletzungen orientierte sich in der Vergangenheit nahezu ausschließlich an ärztlichen Therapieregimen, die in der Regel sich an der jeweiligen posttraumatischen Belastungstoleranz der verletzten Strukturen und deren Regeneration (Wundheilungsprozesse) orientierten und ein zeitbasiertes Rehabilitationskonzept darstellen. Der Weg des Sportlers in den Wettkampf sollte jedoch nicht nur durch zeitbasierte Perioden definiert werden, sondern durch funktionsbasierte Entscheidungsmodelle mit einer Aussage darüber, ob eine Steigerung der Belastung individuell möglich ist. Dennoch sind bestimmte zeitliche Rahmenbedingungen einzuhalten, da abgesehen vom Profisportler mit einer ohnehin individuell ausgerichteten Rehabilitation die Amateursportler und Nichtsportler sowie deren behandelnde Therapeuten gewisse Rahmendaten und Informationen zur postoperativen Diagnostik benötigen.

6.3.1 Die ersten 2 Wochen nach der OP

Die klinische Kontrolle ist die wichtigste Maßnahme in der frühen posttraumatischen oder postoperativen Phase nach Bandverletzungen, wozu die Kontrolle der Abschwellung, die Rückläufigkeit von Reizreaktionen des Körpers sowie die Wundkontrolle und die regelhafte Vernarbung der Haut gehören. Eine reguläre, bildgebende Diagnostik mit konventioneller Röntgen-Untersuchung des Kniegelenkes in 2 Ebenen wird nur nach operativ versorgter Bandrekonstruktion empfohlen, um die Lage der eingesetzten Implantate, möglicher Knochenanker (wenn sie aus Metall gewählt sind) oder die Lage von Bohrkanälen im Knochen evaluieren zu können.

6.3.2 Die ersten 6 Wochen nach der OP (Return to Walk)

Nach einem Zeitraum von 4- 6 Wochen ist eine ärztliche Kontrolle notwendig, um eine erste Stabilität und Einheilung des Transplantates sowie den Reizzustand des Kniegelenkes erneut zu evaluieren. Mögliche negative Folgeerscheinungen wie Thrombosen, Wundheilungsstörungen, Infektionen, Cyclops-Syndrom oder Arthrofibrosen sollten zu diesem Zeitpunkt erkannt oder ausgeschlossen werden. In diesem Stadium der Nachbehandlung werden gemäß der patienten-orientierten individualisierten Rehabilitation erstmals Unterschiede im postoperativen Vorgehen umgesetzt. Im Profisport kann für die allgemeine Fitness bereits hier mit Fahrradergometer, Anti-Graviditätslaufband (Alter G®), Rumpf- und Beinachsenstabilitätsübungen sowie propriozeptiven Maßnahmen gestartet werden [3]. Daher müssen diese Maßnahmen durch eine detaillierte Untersuchung des Arztes zu diesem frühen Zeitpunkt indiziert werden.

6.3.3. 6 Wochen bis 4 Monate nach der OP (Return to Job, Return to Activity)

Die Rückkehr in die berufliche Tätigkeit eines Amateursportlers sollte in dieser Phase angestrebt werden. Während Amateursportler mit beruflichen Bürotätigkeiten noch während der Phase der Ruhigstellung des Kniegelenkes in ihren Beruf zurückkehren, können andere Patienten mit handwerklichen beruflichen Tätigkeiten erst nach ca. 3 Monaten in den Job zurückkehren. Das Tragen einer Orthese während der beruflichen Tätigkeit kann in den ersten 3 Monaten noch notwendig sein, sollte aber mit dem Arbeitsschutz eines jeden

Betriebes abgesprochen sein und Schritt für Schritt abtrainiert werden. Eine ärztliche Freigabe und Beratung vor der Rückkehr in den Job nach operativer Therapie einer Bandverletzung darf als essentiell angesehen werden. Als Ziel der Trainingsmaßnahmen in dieser Phase nach konservativ therapierter Bandruptur oder Band-Operation für sportliche Ambitionen werden die Verbesserung der Beweglichkeit im Kniegelenk, die Fortführung des Trainings von Rumpf- und Beinachsenstabilität, neuromuskulärer Adaptation und die Beweglichkeit des Gelenkes empfohlen. Dies sollte in dieser Phase sowohl am nicht-verletzten als auch am verletzten Bein durchgeführt werden und deren Erfolg vom behandelnden Arzt überwacht werden.

Da im Profisport spätestens nach Abschluss der ersten 12 Wochen nach operativ versorgter Bandersatzplastik die ersten sportlichen und sportspezifischen Übungen (spezifische Laufübungen, spezifisches Krafttraining, propriozeptive sporttypische Übungen) durchgeführt werden, sollte zuvor eine klinische Kontrolldiagnostik beim Arzt oder Operateur bzw. ein intensiver Austausch zwischen Arzt und dem behandelnden Physiotherapeuten stattfinden, um die Steigerung der Intensität für den Profisportler zu ermöglichen. Das Ziel dieser Phase ist es, eine uneingeschränkte Fitness und die Fähigkeit zu erhalten, athletische Übungen OHNE Gegnerkontakt, Wettkampfsituationen und nur als Zusatz unter Verwendung des Sportgerätes (Ball, Puck etc.) durchzuführen. Da dies bei den kreuzbandverletzten Sportlern der unterschiedlichen Spielklassen sehr unterschiedliche ausfallen kann, zeigt diese Phase sehr große Varianzen im Weiterkommen der Sportler. Darüber muss von ärztlicher Seite individuell beraten und aufgeklärt werden.

6.3.4. 4 Monate nach der OP bis zur Rückkehr zum Sport (Return to Sports)

Um den Patienten mit sportlichen Ambitionen gewisse Vorgaben zum Training mitzugeben, hat es sich etabliert, Trainingsziele für diese Phase zu definieren, die erreicht werden sollten und dem Arzt die Möglichkeit geben, die Entscheidung über eine Steigerung der Belastung oder die Rückkehr in den Wettkampf zu treffen. Für den Profisport hat die Verwaltungsberufsgenossenschaft als Ergebnis eines Konsensus-Meetings eine Testbatterie erstellt und somit den ersten Schritt zur Implementierung solcher Testbatterien in den praktischen Alltag der postoperativen Rehabilitationsprozesse gelegt. Grundlage aller Testverfahren, die im Rahmen der Rückkehr zum Wettkampf durchgeführt werden, sind Baseline-Tests, die zu Saisonbeginn oder regelmäßig während einer Saison durchgeführt werden sollten. Als Zielparameter für das Return to Play eines Spielers werden folgende Faktoren und mögliche Testverfahren [6] vorgestellt, die im Testlabor oder auch „on field“ durchgeführt werden können:

1. Kraft:	Drop Jump, Side-Hop-Test, Counter Movement Jump (**Abb. 6.1** und **6.2**)
2. Schnelligkeit:	Tapping-Test
3. Ausdauer:	Yo-Yo-Test, Figure-of- 8-Test, 6-Minuten-Lauf
4. Propriozeption:	Wackel-Board (**Abb. 6.3**), Y-Balance Test
5. Agilität:	Sternlauf, modifizierter T-Test
6. Psyche:	ACL-RSI-Fragebogen

Alle Testparameter können generell zur Realisierung einer praxisnahen Verwendung unter Vorermüdung durchgeführt werden. Diese Testverfahren können auf dem Spielfeld mit mobilen Testgeräten, aber auch in Untersuchungslaboren durchgeführt werden. Zusätzlich können auf Laborlevel erweiterte Testungen verwendet werden, welche die Validität der Aussagen über den aktuellen Fitnesslevel der Sportler erhöhen:

1. Kraftmessplatten/Kontaktmatten/moderne Schuhsohlen
2. Speedcourt
3. EKG
4. Videoanalysen
5. Lichtschrankensysteme
6. Isokinetik

Diese Phase ist definiert als diejenige Entscheidung, in der der behandelnde Arzt und der Sportler gemeinsam entscheiden, ob die Fähigkeit zur Durchführung des gewünschten Sportes vorhanden ist. Hierbei reichen anamnestische Tests und klinische Untersuchungen nicht mehr aus und bedürfen einer apparativen Diagnostik. Speziell im bezahlten Sport wird hier vom Arzt eine Entscheidung bezüglich der Beendigung der Arbeitsunfähigkeit erwartet, die dem Sportler eine uneingeschränkte Fähigkeit bescheinigen sollte, in vollständigem Umfang zu trainieren und potenziell Wettkampf zu betreiben.

Sobald die Fähigkeiten des verletzten Beines in den Tests die des kontralateralen Beines erreicht haben (über 90 %) und dies einer Normalisierung gleich kommt, kann eine Return to Play Entscheidung erwogen werden. Da im Fußball hinsichtlich Kraft und Neuromotorik Unterschiede zwischen Schuss- und Standbein bestehen, ist der bessere Vergleich nicht der zwischen verletztem und nicht-verletztem Bein, sondern der mit einem präoperativen Wert, wenn dieser im Rahmen der Screening-

Testung z. B. zu Saisonbeginn erhoben wurde. Nach einer Testung und im Rahmen des Return to training-Prozesses sollten wettkampfspezifische Details ins Training integriert werden. Hier sind insbesondere sensomotorische Störfaktoren sowie taktile Reize im Zweikampf schrittweise einzubauen, da diese in Zusammenhang mit indirekten und Nicht-Kontaktverletzungen stehen. Sobald der Sportler (und sein Trainer) sich nach der Rückkehr ins Training dann auch für die Rückkehr in den Wettkampf entscheiden, ist eine weitere kurze Rückmeldung an den Arzt zu empfehlen, um diese letzte Station im Return to Play Prozess gemeinsam zu besprechen und zu entscheiden. Eine gute Kommunikation zwischen dem Arzt und dem Sportler bzw. dem Trainier ist hier entscheidend und gerade von sportbetreuenden Ärzten sollte hier ein gewisses Grundmaß an Sachverständnis in Bezug auf die betreute Sportart essentiell sein.

6.3.5 Die 1 Jahres-Kontrolle

In dieser Phase wird in vielen Fällen eine „Abschlussuntersuchung zwischen Arzt und Patient vereinbart. Diese Untersuchung sollte keinen direkten Abschluss der Behandlung definieren, sondern eine gewisse (letztmalige) Kontrolluntersuchung darstellen, die dem Patienten vermittelt, welche Defizite nach der Verletzung noch vorhanden sind, welche weiteren Schritte der The-

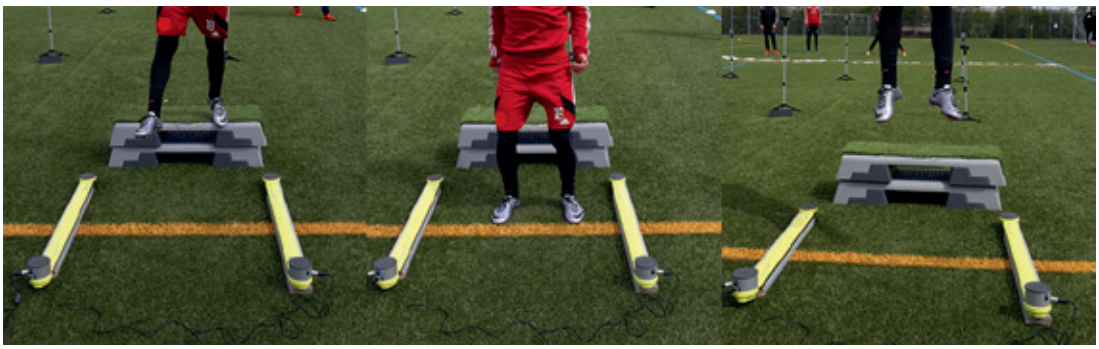


Abb. 6.1 bis **Abb. 6.3** ▲ Drop Jump Test, Side Hop Test, Balance Board Test. Quelle: Autoren des Kapitels, Herzlichen Dank an Christian Zantop (Return to play/Straubing).

rapie noch notwendig sind, welche Alltags- und Sporttätigkeiten er ausführen kann und welche Langzeitfolgen nach der Verletzung zu erwarten sind.

Da viele Rerupturen von Kreuzbandverletzungen oder erneute Verletzungen an anderen Körperregionen nach der VKB-Ruptur sich in dieser Zeit manifestieren, sollten ambitionierte und professionelle Sportler auch nach der Rückkehr in den Wettkampf unter ständiger Beobachtung bleiben, die aber nicht nur durch den sportlerbetreuenden Arzt koordiniert werden muss, sondern auch durch den Physiotherapeuten, den Athletiktrainer, den Trainer und den Sportler selbst.

Einbindung postoperativer Diagnostik-Maßnahmen in den klinischen Alltag

Die oben genannten Kriterien für eine erfolgreiche Rehabilitation bis zum Return to Play stellen eine Idealsituation dar, die im klinischen Alltag beim Freizeitsportler selten im vollen Umfang umzusetzen ist. Insbesondere im deutschen System der gesetzlichen Krankenversicherung fehlen derzeit jegliche Vergütungsstrukturen für ärztliche Kontrollen und zusätzliche Funktionsanalysen. Auch der Umfang der physiotherapeutischen Behandlung nach Kreuzbandoperationen ist budgetiert und damit oft nicht im erforderlichen Maß über die Krankenkassen abgedeckt. Damit sind die o.g. Leistungen, egal ob vom Arzt, Physiotherapeuten oder Trainingstherapeuten erbracht, häufig nur als Eigenleistung des Patienten (d. h. per Selbstzahlung) oder über alternative Kostenträger (z.B. Sportverein) zu erbringen. Vor dem Hintergrund dieses Dilemmas sind von verschiedenen Autoren [4] reduzierte Testversionen entwickelt und publiziert worden, die es dem Behandler mit einem limitierten finanziellen Aufwand für das Testequipment und einem begrenzten Raum- und Zeitbedarf ermöglichen, dem Patienten im Verlauf der Rehabilitation individuelle Empfehlungen zu geben. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass eine Reduzierung der Testbatterie auch einen Verlust der Aussagekraft der Tests als Prädiktor für eine Reruptur bedeuten kann, so dass hier ein weites wissenschaftliches Betätigungsfeld für die Zukunft vorliegt.

6.4 Indikation, Diagnostik, Transplantatwahl und Zeitplan zur VKB-Revisionsoperation

(M. Bernard, G. Felmet, S. Scheffler)

6.4.1 Indikation

Die häufigsten Gründe für eine Revision sind erneute Instabilität, Bewegungsdefizite oder Schmerzen.

Schmerzen:

Bei Schmerzsyndromen nach VKB-Plastik sollte man weiter differenzieren, ob es sich um einen Belastungsschmerz, einen Bewegungsschmerz, einen sog. „vorderen Knieschmerz“, oder Instabilitätsschmerzen handelt. Belastungs- oder Bewegungsschmerzen können durch ein zu straffes Transplantat verursacht werden („Nussknacker-Effekt“), sowie ein Transplantatimpingement, dislozierte Implantate und in sehr seltenen Fällen auch durch eine Transplantat- oder Implantatunverträglichkeit. Ein vorderer Knieschmerz kann zwar auch durch ein Transplantatimpingement entstehen, hat aber meist multiple Ursachen, die oft nicht eindeutig geklärt werden können. Eine signifikante Korrelation zwischen vorderem Knieschmerz und Transplantatwahl ist nicht nachgewiesen. Von manchen Patienten wird auch eine Instabilität als Schmerzsyndrom (Giving-Way-Ereignis) beschrieben. Umgekehrt kann auch ein Schmerz häufig als Instabilität wahrgenommen werden. Die Revision einer VKB-Plastik aufgrund einer Schmerzsymptomatik ist nur indiziert, wenn gesichert ist, dass die VKB-Plastik die eindeutige und alleinige Ursache der Schmerzsymptomatik gesichert ist. Schmerzsymptome, deren Ursache nicht gefunden wird, sind KEINE Indikation für eine Kreuzbandrevision.

Bewegungsdefizit:

Bewegungsdefizite können durch die VKB-Plastik verursacht werden, sie können aber auch andere Ursachen haben (Arthrofibrose). Falls die VKB-Plastik Ursache des Bewegungsdefizites ist, liegt dies in den meisten Fällen an einer falschen Platzierung des Transplantates. Mit Abstand am häufigsten ist hierbei die ventrale Fehlplatzierung der femoralen Insertion, die zu einem Beugedefizit führen kann. Die ventrale Fehlplatzierung der tibialen Insertion kann zu einem Streckdefizit (Notchimpingement) führen. Die Indikation zu einer Revision der VKB-Plastik besteht nur dann, wenn das Bewegungsdefizit für den Patienten relevant ist und das Transplantat als eindeutige Ursache des Bewegungsdefizites gesichert ist. Auch eine massive Fehlpositionierung des Transplantates rechtfertigt nicht schon per se eine Revision, da auch massive Fehlpositionierungen nicht zwangsläufig zu einem Bewegungsdefizit führen müssen. Der Kausalzusammenhang zwischen Bewegungsdefizit und Transplantat muss also vor einer Revision eindeutig geklärt sein, was oft nur arthroskopisch möglich ist. Da die Wiederherstellung der Beweglichkeit oft mit einer Stabilitätseinbuße verbunden ist,

muss diesbezüglich bei der Indikationsstellung eine Güterabwägung getroffen werden, wobei im Allgemeinen der Grundsatz gilt: Beweglichkeit vor Stabilität.

Instabilität:

Eine Revisionsindikation besteht nur bei einer klinisch relevanten Instabilität, die durch subjektive, objektive und prognostische Kriterien definiert wird. Eine rein subjektiv empfundene Instabilität ist genauso wenig eine Indikation zur Revision wie eine alleinige objektiv nachgewiesene Instabilität. Folgende Kriterien müssen bei der Indikationsstellung also berücksichtigt werden:

- *subjektive Kriterien:* Instabilitätsgefühl, Unsicherheit beim Gehen, Wackelgefühl, Wegknicken, Giving-Way, Schmerzen
- *objektive Kriterien:* positiver Lachman-Test, (KT – 1000, Rolimeter: Seitendifferenz > 5 mm), positiver Pivot-Shift Test (beweisend für eine Instabilität ist nur der Pivot-Shift-Test in Narkose)
- *prognostische Kriterien:* Komorbiditäten, Erwartungshaltung, sportliche Ambitionen, Alter, Kompensationsfähigkeit (Copers – Noncopers)

Die Indikation zur Revisionsoperation gründet sich auf eine Gesamtschau dieser Kriterien, wobei der positive Pivot-Shift-Test in Narkose die Conditio sine qua non ist. Eine Revisionsindikation besteht also dann, wenn eine objektive Instabilität gesichert ist, die den Patienten in seiner individuellen Lebensgestaltung wesentlich beeinträchtigt und durch die Revision eine deutliche Verbesserung der Situation zu erwarten ist.

6.4.2 Diagnostik

Die Diagnostik dient einerseits der Ursachenabklärung, andererseits der Therapieplanung. Zur Diagnostik gehören immer Röntgenaufnahmen in 3 Ebenen und eine MRT. Bei speziellen Fragestellungen kann es fakultativ nötig sein, zusätzlich lange Achsaufnahmen, eine CT oder eine SPECT/CT anzufertigen.

Röntgen:

Aufnahmen in a.p.- Projektion, seitlich sowie Patella axial zum Ausschluss von knöchernen Pathologien, Beurteilung degenerativer Veränderungen des Kniegelenkes, Lage der Bohrkanäle, Fehlstellungen, etc. Bei der seitlichen Aufnahme sollten beide Kondylen deckungsgleich übereinander projiziert werden, was nur unter Durchleuchtung möglich ist, um die Lage des femoralen Bohrkanales nach der Quadrantenmethode zu vermessen [1]. Diese streng seitliche Aufnahme ist sowohl zur Ursachenabklärung bei Transplantatversagen oder Bewegungseinschränkung als auch zur Planung der Revisions-OP essentiel (◘ **Abb. 6.4**).

MRT:

Eine MRT dient hauptsächlich der Abklärung möglicher Komorbiditäten wie Meniskus- und Knorpelverletzungen, peripheren Bandverletzungen, etc. Die MRT als rein morphologisches Verfahren erlaubt keine Rückschlüsse auf die Funktionsfähigkeit des Transplantates. Bezüglich der Transplantatbeschaffenheit ist die Aussagekraft der MRT insbesondere in dem Zeitraum von ca. 3-15 Monaten nach der Primäroperation sehr eingeschränkt, da aufgrund

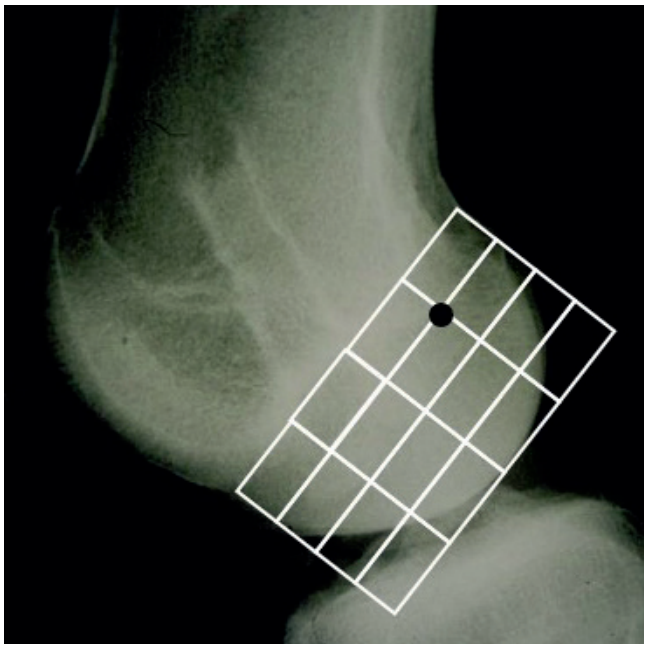


Abb. 6.4 ▲ Quadrantenmethode zur Qualitätssicherung der VKB-Chirurgie. Das Bild zeigt eine massive ventrale Fehlposition des sklerosierten Bohrkanales. Der Mittelpunkt der korrekten Insertion ist durch den schwarzen Punkt markiert. Quelle: Bernard et al [1]

der gesteigerten Signalintensität in dieser Zeit das Transplantat kaum von dem umgebenden Gewebe abgrenzbar ist. Bezüglich der Lage der Bohrkanäle ist die MRT gut dazu geeignet, grobe femorale Fehlpositionierungen zu erkennen. Da die Lage der MRT-Schnitte zur Krümmung des Interkondylenraumes jedoch individuell stark schwankt, sollte für eine genaue Vermessung des femoralen Bohrkanals auf die Quadrantenmethode zurückgegriffen werden, die anhand reproduzierbarer Parameter evaluiert ist. Grobe Fehlpositionierungen des tibialen Kanales können sowohl mit der MRT als auch mit Nativröntgenbildern erkannt werden, wobei aufgrund von nicht klar definierter Rotationsstellung des Unterschenkels zum Oberschenkel, individueller Schwankungen des Extensionsgrades und variabler Neigungswinkel des Interkondylendaches (Forgiving Knee – Non-forgiving Knee), eine exakte Evaluierung des tibialen Kanales letztendlich nur arthroskopisch machbar ist. Hierbei sollte die Lagebeziehung des tibialen Kanals zur Insertion des Außenmeniskusvorderhornes geprüft sowie ein Impingement-Test durchgeführt werden. Zukünftige Technologien wie das T2-Mappting in der MRT versprechen weiteren diagnostischen Informationsgewinn zur postoperativen Beurteilung des Transplantates.

CT:

Ein CT, ggf. mit 3D-Rekonstruktion, kann zur Abklärung von zystischen Deformitäten, der Bohrkanalweite und -beschaffenheit nötig sein, wenn durch eine MRT aufgrund von Signalalterationen, Artefakten, o.Ä. keine exakte Aussage möglich ist. Bei allen Unklarheiten bezüglich der knöchernen Strukturen sollte man sicherheitshalber vor einer Revisionsoperation ein CT anfertigen (**Abb. 6.5** und **Abb. 6.6**).

SPECT/CT:

Dieses Verfahren ist sehr speziellen Fragestellungen vorbehalten, z. B. um unklare Schmerzzustände aufzuklären, die durch Unverträglichkeiten von Transplantaten oder Implantaten verursacht werden können. Im routinemäßigen Alltag wird dies selten angewendet.

6.4.3 Transplantatwahl

Bei der Revisionsoperation ist der Erhalt des primären Transplantates anzustreben. Falls dies nicht möglich ist, hängt die Wahl des Ersatztransplantates davon ab, welches Transplantat bei der Primär-OP verwendet wurde, wie die primären Bohrkanäle beschaffen sind und welche Fixationstechnik geplant ist. Nach Möglichkeit sollte ein Transplantatwechsel erfolgen, also z. B. Umstieg von Patellarsehnen- auf Hamstring- oder Quadrizepssehnentransplantat und vice versa. Die Entnahme eines gleichen Transplantates aus der Gegenseite ist grundsätzlich möglich. Bei der Transplantatwahl sollte auch berücksichtigt werden, ob es durch die Nutzung eines knochenblocktragenden Transplantates möglich ist, ggf. auf eine Spongiosaplastik, zu verzichten und die Revision einzeitig durchzuführen.

6.4.4. Therapieplanung

Bei der Planung der Therapie sollten vorab zwei Fälle unterschieden werden: „Transplantat unbrauchbar“ oder „Transplantat intakt, aber zu locker“. Das weitere Vorgehen richtet sich nach der Lage und Beschaffenheit der Bohrkanäle. Metallische Implantate müssen nur entfernt werden, wenn sie die Neuanlage der VKB-Plastik stören. Nichtmetallische Implantate können ggf. überbohrt werden.

Transplantat unbrauchbar: Reste entfernen, neues Transplantat gewinnen.

a) Korrekte Lage von femoralem und/oder tibialem Kanal, keine oder leichte Tunnelerweiterung:
   ➔ Kanäle ausfräsen, Durchmesser des Transplantates anpassen

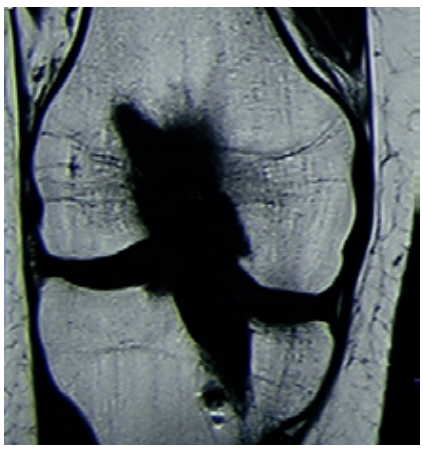


Abb. 6.5 und **Abb. 6.6** ▲ Während im MRT massive Signalveränderungen am Knochenkanal zu sehen sind (links), kann das das CT (rechts) genaueren Aufschluss über die knöchernen Strukturen geben. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Ligament

b) Korrekte Lage von femoralem und/oder tibialem Kanal mit massiver Tunnelerweiterung, große Spongiosadefekte:
   - häufig angewendet:
     - zweizeitige OP:
     1. Spongiosaplastik
     2. neue Kanäle + neues Transplantat (nach ca. 3 Monaten)
   - auch möglich:
     - einzeitige OP: Kortikospongiosazylinder defektadaptiert, z. B. aus dem Tibiakopf mittels Hohlfräsen, füllt den Defekt auf und fixiert gleichzeitig press-fit das Transplantat

c) Massive Fehllage von femoralem und/oder tibialem Bohrkanal:
   - Neue Kanäle anlegen (falls ausreichende Knochenbrücke vorhanden ist)

d) Deutliche Fehllage von femoralem Kanal:
   - entweder Patellarsehnentransplantat mit übergroßem Knochenblock aus der Tibia oder zweizeitige OP:
     1. Spongiosaplastik
     2. neuer Kanal + neues Transplantat (nach ca. 3 Monaten)

e) Deutliche ventrale Fehllage von tibialem Kanal:
   - einzeitige OP mit neuem Kanal und Spongiosaauffüllung des ventralen Defektes

f) Deutliche dorsale Fehllage von tibialem Kanal:
   - zweizeitige OP:
   1. Spongiosaplastik
   2. neuer Kanal + Transplantat (nach ca. 3 Monaten)

g) Erweiterung oder Fehllage des tibialen Kanals:
   - einzeitige OP mit neuem Kanal, versetzt zum alten Kanal als „Kreuzweg“ z. B. durch den Hebedefekt des Patellarsehnentransplantates an der Tuberositas tibiae, wobei auf korrekten Austritt des Kanals am Tibiaplateau zu achten ist.

Transplantat intakt, aber zu locker: In diesen Fällen ist ein Transplantaterhalt nur möglich, wenn die femorale Insertion korrekt ist und keine dorsale tibiale Fehlinsertion vorliegt.

a) Korrekte Lage von femoralem und tibialem Kanal:
   - distaler Segmentversatz der tibialen Insertion

b Korrekte Lage von femoralem Kanal und ventrale Fehllage von tibialem Kanal:
   - kombinierter dorsal-distaler Segmentversatz der tibialen Insertion

c) Fehllage von femoralem Kanal und korrekte oder inkorrekte Lage von tibialem Kanal:
   - Transplantatresektion und neue VKB-Plastik

d) Korrekte Lage von femoralem Kanal und dorsale Fehllage von tibialem Kanal:
   - zweizeitige OP:
   1. Transplantatresektion und Spongiosaplastik tibial
   2. neue Kanäle + neues Transplantat (nach ca. 3 Monaten)

e) Korrekte Lage des femoralen Kanals jedoch erweiterter Kanal nach ventral:
   - Möglichkeit: ventrale Auffüllung des femoralen Kanals mittels Kortikospongiosazylinder aus dem Tibiakopf oder der ventralen Notch

f) Bei implantatfreier Primär-OP und ultrafemoraler Reruptur (besonders bei Jugendlichen und innerhalb von 6 Wochen nach dem Trauma)
   - Healing Response: Anfrischen der Notch, Microfraktur oder Einschieben des Stumpfrestes in eine Knochenschuppe.

6.5 Planung der Revision eines hinteren Kreuzbandes (S. Scheffler)

Von vorrangiger Bedeutung ist die Analyse der erneuten Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes. Hat ein adäquates Trauma zur Reruptur der HKB-Plastik geführt oder lag kein adäquates Trauma vor und ist es trotzdem zu einer Reinstabilität des HKB gekommen, müssen technische Fehler (Tunnelfehlpositionen), sowie nicht adäquat adressierte Komorbiditäten (periphere Instabilitäten, Achsenfehler, etc.) evaluiert werden.

6.5.1. Indikation

Die Indikation zum operativen Reersatz des hinteren Kreuzbandes besteht bei folgenden Situationen:

a) subjektives Instabilitätsgefühl beim Patienten, das in der klinischen und bildgebenden Untersuchung allein auf die Re-Insuffizienz des HKB zurückzuführen ist.
b) Patellofemorale Schmerzsymptomatik, vor allem nach Verharren in flektierter Knieposition, die nach Reduktion der hinteren Schublade, z. B. durch Tragen einer HKB-Orthese, verschwindet.

6.5.2. Diagnostik

Die klinischen Untersuchungstests für das hintere Kreuzband und die peripheren Gelenkstrukturen sind in Kapitel 3 beschrieben. Eine sorgfältige Analyse sämtlicher assoziierter Bandinstabilitäten ist in Vorbereitung eines erneuten Ersatzes des HKB zwingend erforderlich. Zusätzlich müssen Achsenabweichungen klinisch beachtet werden. Die erforderlichen bildgebenden Verfahren sind die MRT, das konventionelle Röntgenbild in zwei Ebenen und die Stressaufnahmen in vorderer und hinterer Schublade beider (!) Kniegelenke, wie sie in Kapitel 5.4 beschrieben worden sind. Die Computertomographie kann dann von Nutzen sein, wenn eine Fehlpositionierung der Bohrkanäle angenommen werden muss, um deren tatsächliche Lage bestimmen und eine Entscheidung treffen zu können, ob eine einzeitige oder eine zweizeitige Revision des HKB möglich ist. Die bildgebende Untersuchung mit gehaltenen Röntgenaufnahmen muss in vorderer und hinterer Schublade beider Seiten zwingend durchgeführt werden, um eine fixierte hintere Schublade ausschließen zu können. Eine solche ist Folge einer länger währenden Reinstabilität des hinteren Kreuzbandes mit der Folge einer Fixierung des Unterschenkels in dorsaler Subluxationsstellung. Wenn die Stressaufnahmen in vorderer Schublade eine Seitendifferenz von - 3 mm oder mehr der betroffenen Seite aufzeigen, liegt eine entsprechende fixierte hintere Gelenkposition vor. In solchen Fällen muss primär eine Mobilisation des Kniegelenkes durch z. B. durch das Tragen einer beweglichen HKB-Orthese, für mindestens 6 Wochen erfolgen. Eine operative Revision des HKB ist nur möglich, wenn die dorsale tibiale Fixierung gelöst werden kann. In der Bildgebung ist es wichtig, Komorbiditäten, die primär nicht adressiert wurden, zu detektieren.

6.5.3. Therapieplanung

Primär muss eine schlüssige Erklärung der erneuten Insuffizienz des HKB gefunden werden. Liegt eine alleinige traumatische HKB-Reruptur vor, unter Ausschluss von weiteren assoziierten Instabilitäten oder Achsenabweichungen, und dem Vorliegen von klinischen Beschwerden, ist die Analyse der vorliegenden Bohrkanäle von vorrangiger Bedeutung. Im Röntgenbild, ggf. in der CT, erfolgt die Beurteilung der ossären Konsolidierung und Lage der Bohrkanäle. Kann eine ossäre Tunnelerweiterung ausgeschlossen werden bei adäquater Tunnelposition und Kenntnis der Bohrkanaldurchmesser (alter OP Bericht !), kann eine einzeitige Revision angestrebt werden. Mögliche Transplantate sind hier die Quadrizepssehne sowie die Hamstringsehnen der gleichen, ggf. kontralateralen Seite. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Reersatz mit einem Transplantatdurchmesser ≥ 1 mm des ursprünglichen Transplantatdurchmessers durchgeführt werden kann. Aufmerksamkeit muss den Verankerungsobjekten der Primärversorgung gewidmet werden, damit diese nicht in Konflikt mit der Verankerungstechnik des Reersatzes kommen. Liegt eine Fehlplatzierung der primären HKB-Tunnel vor, die in Konflikt mit den neu anzulegenden Bohrkanälen kommen könnten, ist ein zweizeitiges Verfahren zu empfehlen, mit primärer Auffüllung der ursprünglichen Bohrkanäle mit Fremd- und / oder Eigenspongiosa sowie HKB-Ersatz im 3-6 monatigen Intervall.

Lässt sich infolge der klinischen und bildgebenden Untersuchung eine zusätzliche Instabilität der Peripherie feststellen, muss diese in einzeitigem Verfahren mit dem HKB-Reersatz adressiert werden. Hier muss vor allem den erforderlichen Transplantaten Aufmerksamkeit gewidmet werden, da gerade bei Komplexinstabilitäten manchmal nicht ausreichend körpereigenes Material zur Verfügung steht und ggf. auf Spendersehnen zurückgegriffen werden muss. Neuere klinische Untersuchungen zeigen, dass es wahrscheinlich einen Zusammenhang zwischen einem hohen tibialen Slope und der Re-Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes gibt. Es werden zukünftig Konzepte zu erwarten sein, die in Abhängigkeit von der Quantifizierung des tibialen Slopes, dessen ein- oder zweizeitige Absenkung des tibialen Slope vorschlagen, in Kombination mit dem Reersatz des hinteren Kreuzbandes.

6.6 Planung der Revision der Seitenbänder
(S. Scheffler)

6.6.1 Indikation

Die erneute isolierte oder kombinierte Instabilität des Innen- oder Außenbandkomplexes ist eine obligate Indikation zur operativen Stabilisierung, da eine chronische Insuffizienz der Gelenkperipherie zu einer frühzeitigen Gelenkdegeneration und erhöhten Inzidenz von Sekundärverletzungen der Kreuzbänder, des Knorpels und der Menisken führt.

6.6.2 Diagnostik

Die klinischen Untersuchungstests der medialen und lateralen Peripherie sind in Kapitel 3 ausführlich beschrieben. Hier gilt es vor allem zu unterscheiden, ob eine isolierte Verletzung der Seitenbänder oder der Seitenbandkomplexe vorliegt: auf der Innenseite die Unterscheidung einer Insuffizienz des oberflächlichen Innenbandes und/ oder des hinteren Schrägbandes, auf der Außenseite die Unterscheidung der

sehr seltenen isolierten Verletzung des Außenbandes und / oder der Stabilisatoren der posterolateralen Gelenkecke.

Bezüglich der Bildgebung verweisen wir auf die detaillierte Darstellung der Bilddiagnostik in Kapitel 4. Gerade bei chronischen Reinstabilitäten ist die bildgebende Diagnostik erschwert. In der MRT sind chronische Insuffizienzen nur eingeschränkt darstellbar, im Bereich des Außen- und Innenbandes durch Auftreibung der Bandstrukturen im ursprünglichen Läsionsbereich. Kontinuitätsunterbrechungen bei chronischen Retraktionen z. B. der Popliteussehne erfordern die sorgfältige Analyse sämtlicher koronaren und axialen MRT- Schnittbilder. Hier sollte ggf. die Konsultation eines erfahrenen muskuloskeletalen Radiologen erfolgen. Obwohl konventionelle Valgus- und Varus-Stressaufnahmen im Röntgen nicht mehr generell empfohlen werden, kann bei fehlendem definitivem klinischem Untersuchungsbefund eine solche Spezialaufnahme hilfreich sein. Die dynamische Untersuchung unter Bildwandlerkontrolle ist eine weitere Methode, um das Ausmaß der vorliegenden Instabilität quantifizieren zu können.

6.6.3 Therapieplanung

Primäres Ziel ist die Analyse der erneuten Instabilität. Eine erneute allein traumatische Ursache wird durch die erneute Stabilisierung der insuffizienten Struktur adressiert. Bei Reinsuffizienzen hat sich gezeigt, dass rekonstruktive bzw. augmentierende Verfahren im klinischen Langzeitergebnis den durch Naht adaptierenden / raffenden Weichteilprozeduren überlegen sind. Zeigt sich in der Anamneseerhebung kein Hinweis auf eine traumatische Genese der Reinsuffizienz, muss eruiert werden, welche weiteren Strukturen eine nicht adäquate Stabilität aufweisen. Da isolierte nicht-traumatische Insuffizienzen des Innen- und Außenbandes eine Rarität darstellen, wenn eine technisch inadäquate Primärversorgung ausgeschlossen werden konnte, müssen entsprechende operative Verfahren gewählt werden, die in einzeitigem operativen Verfahren sämtliche funktionellen Strukturen der posteromedialen und posterolateralen Peripherie stabilisieren können.

ART 68 3.0 03/2015/A-D

QuadCut

Minimal-invasive Entnahme der Quadrizepssehne

KARL STORZ — ENDOSKOPE

THE DIAMOND STANDARD

KARL STORZ GmbH & Co. KG, Mittelstraße 8, 78532 Tuttlingen/Germany, **www.karlstorz.com**

7. Literaturverzeichnis

7.1. Literatur Anatomie und Biomechanik

1. Ahn JH, Wang JH, Lee SH, Yoo JC, Jeon WJ (2007) Increasing the distance between the posterior cruciate ligament and the popliteal neurovascular bundle by a limited posterior capsular release during arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric angiographic study. Am J Sports Med American Orthopaedic Society for Sports Medicine 35:787–792

2. Anderson CJ, Ziegler CG, Wijdicks CA, Engebretsen L, Laprade RF (2012) Arthroscopically Pertinent Anatomy of the Anterolateral and Posteromedial Bundles of the Posterior Cruciate Ligament. J Bone Joint Surg Am The American Orthopedic Association 94A:1936–1945

3. Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W, Zantop T (2009) Rotational instability of the knee: internal tibial rotation under a simulated pivot shift test. Arch Orthop Trauma Surg Springer-Verlag 129:353–358

4. Domnick C, Raschke MJ, Herbort M (2016) Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. WJO 7:82

5. Guenther D, Irarrázaval S, Nishizawa Y, Vernacchia C, Thorhauer E, Musahl V, Irrgang JJ, Fu FH (2015) Variation in the shape of the tibial insertion site of the anterior cruciate ligament: classification is required. Knee Surgery Springer Berlin Heidelberg 1–5

6. Harner CD, Hoher J, Vogrin TM, Carlin GJ, Woo S (1998) The effects of a popliteus muscle load on in situ forces in the posterior cruciate ligament and on knee kinematics - A human cadaveric study. Am J Sports Med 26:669–673

7. Harner CD, Vogrin TM, Hoher J, Ma CB, Woo S (2000) Biomechanical analysis of a posterior cruciate ligament reconstruction - Deficiency of the posterolateral structures as a cause of graft failure. Am J Sports Med 28:32–39

8. Hertel P (1980) Verletzung und Spannung von Kniebändern. Hefte Unfallheilk. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 1–91

9. Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A (1976) Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. J Bone Joint Surg Am 58:159–172

10. Kanamori A, Sakane M, Zeminski J, Rudy TW, Woo SL-Y (2000) In-situ force in the medial and lateral structures of intact and ACL-deficient knees. J Orthop Sci Springer-Verlag 5:567–571

11. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA (2015) The Role of the Anterolateral Structures and the ACL in Controlling Laxity of the Intact and ACL-Deficient Knee. Am J Sports Med American Orthopaedic Society for Sports Medicine 44:0363546515614312–354

12. Kittl DC, Weiler A, Amis AA (2014) Anterolaterale Rotationsinstabilität. Arthroskopie Springer Berlin Heidelberg 27:170–176

13. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodry M, Shen W, Fu FH (2009) A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 17:213–219

14. Laprade RF, Bollom TS, Wentorf FA, Wills NJ, Meister K (2005) Mechanical properties of the posterolateral structures of the knee. Am J Sports Med 33:1386–1391

15. Laprade RF, Ly TV, Wentorf FA, Engebretsen L (2003) The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon. Am J Sports Med 31:854–860

16. Markolf KL, Mensch JS (1976) Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. J Bone Joint Surg Am The Journal of Bone and Joint Surgery, Inc. 58:583–594

17. Petersen P, Zantop T (2006) Biomechanik des hinteren Kreuzbandes und der hinteren Instabilität. Arthroskopie

18. Petersen W, Zantop T (2007) Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. Clin. Orthop. Relat. Res. 454:35–47

19. Sakane M, Fox RJ, Woo S, Livesay GA, Li G, Fu FH (1997) In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. J. Orthop. Res. 15:285–293

20. Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J (2008) Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament:

morphometry, arthroscopic landmarks, and orientation model for bone tunnel placement. Arthroscopy Elsevier 24:154–161

21. Siebold R, Schuhmacher P, Fernandez F, Smigielski R, Fink C, Brehmer A, Kirsch J (2014) Flat midsubstance of the anterior cruciate ligament with tibial "C-"shaped insertion site. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 23:3136–3142

22. Smigielski R, Zdanowicz U, Drwiega M, Ciszek B, Ciszkowska-tyson B, Siebold R (2014) Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. Knee Surgery Springer Berlin Heidelberg 1–8

23. Terry GC, Hughston JC, Norwood LA (1986) The Anatomy of the Iliopatellar Band and Iliotibial Tract. Am J Sports Med 14:39–45

24. Watanabe Y, Moriya H, Takahashi K, YAMAGATA M, SONODA M, SHIMADA Y, TAMAKI T (1993) Functional-Anatomy of the Posterolateral Structures of the Knee. YJARS 9:57–62

25. Weimann A, Schatka I, Herbort M, Achtnich A, Zantop T, Raschke M, Petersen W (2012) Reconstruction of the posterior oblique ligament and the posterior cruciate ligament in knees with posteromedial instability. Arthroscopy 28:1283–1289

26. Woo SL-Y, Wu C, Dede O, Vercillo F, Noorani S (2006) Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. J Orthop Surg Res BioMed Central Ltd 1:2

27. Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W (2007) The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. Am J Sports Med American Orthopaedic Society for Sports Medicine 35:223–227

28. Zantop T, Schumacher T, Diermann N, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W (2007) Anterolateral rotational knee instability: role of posterolateral structures. Winner of the AGA-DonJoy Award 2006. Arch Orthop Trauma Surg Springer-Verlag 127:743–752

7.2. Literatur Anamnese und Verletzungsmechanismen

1. Amis AA, Dawkins GP (1991) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg Br 73 :260-267

2. Angele P, Eichhorn HJ, Hoffmann H, Krutsch W (2013) Prävention von vorderen Kreuzbandrupturen. SFA Arthroskopie aktuell.

3. Ettlinger CF, Johnson RJ, Shealy JE (1995) A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. Am J Sports Med 23:531-537

4. Lobenhoffer et al (2014): S1-Leitlinie: Vordere Kreuzbandruptur. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. AWMF online.

5. Norwood LA Jr., Cross MJ (1977) The intercondylar shelf and the anterior cruciate ligament. Am J Sports Med 5:171-176

7.3. Literatur Stabilitätsprüfung

1. Bonasia DE, Bruzzone M, Dettoni F, Marmotti A, Blonna D, Castoldi F, Gasperatto F, D'Elicio D, Collo G, Rossi R (2012) Treatment of medial and posteromedial knee instability: indications, techniques, and review of the results. Iowa Orthop J. 32:173–183

2. Daniel DM, Malcom LL, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R (1985) Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. J Bone Joint Surg Am 67:720-6

3. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufmann KR (1994) Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. Am J Sports Med 22:632-44

4. Galway HR, MacIntosh DL (1980) The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. Clin Orthop Relat Res 147:45-50

5. Höher J, Akoto R, Helm P, Shafizadeh S, Bouillon B, Balke M (2015) Rollimeter measurements are suitable as substitutes to stress radiographs in the evaluation of posterior knee laxity. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.23:1107-12

6. Kittl C, Halewood C, Stephen JM, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA (2015) Length change patterns in the lateral extra-articular structures of the knee and related reconstructions. Am J Sports Med 43:354–362

7. Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA (2016) The Role of the Anterolateral

Structures and the ACL in Controlling Laxity of the Intact and ACL-Deficient Knee. Am J Sports Med 44:345–354

8. Leblanc MC, Kowalczuk M, Andruszkiewicz N, Simunovic N, Farrokhyar F, Turnbull TL, Debski RE, Ayeni OR (2015) Diagnostic accuracy of physical examination for anterior knee instability: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 23:2805-2813

9. Müller W (1982) Das Knie – Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

10. Robert H, Nouveau S, Gageot S, Gagnière B (2009) A new knee arthrometer, the GNRB: experience in ACL complete and partial tears. Orthop Traumatol Surg Res 95:171-6.

11. Robinson JR, Bull AM, Thomas RR, Amis AA. (2006) The role of the medial collateral ligament and the posteromedial capsule in controlling knee laxity. Am J Sports Med 34:1815-1823
12. Schenck RC Jr (2003) Classification of knee dislocations. Oper Tech Sports Med 11:193-8

13. Schuster AJ, McNicholas MJ, Wachtl SW, McGurty DW, Jakob RP (2004) A new mechanical testing device for measuring anteroposterior knee laxity. Am J Sports Med 32:1731-5.

14. Torg JS, Conrad W, Kalen V (1976) Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am J Sports Med 4:84-93.

15. Salvi M, Caputo F, Piu G, Sanna M, Sanna C, Marongiu G (2013) The loss of extension test (LOE test): a new clinical sign for the anterior cruciate ligament insufficient knee. J Orthop Traumatol 14:185-91.

16. Strobel M, Stedtfeld HW, Eichhorn HJ (1995) Diagnostik des Kniegelenkes, 3. Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

17. Strobel MJ, Zantop T (2014) Arthroskopische Chirurgie 2. Auflage, Teil 1: Kniegelenk. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

18. Winkel D, Vleeming A, Fischer S, Meijer OG, Vroege C. (1985) Nichtoperative Orthopädie der Weichteile des Bewegungsapparates, Teil2: Diagnostik. Gustav Fischer Verlag Stuttgart

7.4. Literatur Bildgebung

7.4.1. Literatur Röntgen

1. Yu JS, Bosch E, Pathria MN, McAndless M, Mishra D, Daniel D, Clopton P, Resnick D (1995) Deep lateral femoral sulcus: study of 124 patients with anterior cruciate ligament tear. Emergency Radiology 2:129-134

2. Hess T, Rupp S, Hopf T, Gleitz M, Liebler J (1994) Lateral tibial avulsion fractures and disruptions to the anterior cruciate ligament. A clinical study of their incidence and correlation. Clin Orthop Relat Res. 303:193-7.

3. Jacobsen K (1976) Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint. Acta Orthop Scand 47:335-4.

4. Savarese E, Bisicchia S, Romeo R, Amendola A (2011) Role of high tibial osteotomy in chronic injuries of posterior cruciate ligament and posterolateral corner. J Orthop Traumatol 12:1-17

5. Feucht MJ, Mauro CS, Brucker PU, Imhoff AB, Hinterwimmer S (2013) The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 21:134

7.4.2. Literatur MRT

1. Barry KP, Mesgarzadeh M, Triolo J et al. (1996) Accuracy of MRI patterns in evaluating anterior cruciate ligament tears Skletal Radiol 25: 365-370

2. Lerman JE, Gray DS, Schweitzer ME et al. (1995) MR evaluation of the anterior cruciate ligament. Value of axial images. J Comput Assist Tomogr 19: 604

3. Robertson PL, Schweitzer ME, Bartolozzi AR et al. (1994) Anterior cruciate ligament tears: evaluation of multiple signs with MR imaging. Radiology 193: 829-834

4. Claes S, Vereecke E, Maes M et al. (2013) Anantomy of the anterolateral ligament of the knee. J Anat 10.1111-1118

5. Terry GC, Norwood LA, Hughston JC et al. (1993) How iliotibial tract injuries of the knee combine with acute anterior cruciate ligament tears to influence abnormal anterior tibial disblacement. Am J Sports Med 21:55-60

6. Shirakura K, Terauchi M, Fukasawe N et al. (1995) Clinical and arthroscopicfindings of acute anterior cruciate ligament tears of the knee. Diagn Ther Endosc 2: 107-112

7. De Maeseneer M, Van Roy F, Lenchik L et al. (2000) Three layers of the medial capsular and supporting structures of the knee: MR imaging-anatomic correlation. RadioGraphics 20: 83-89

8. Hughston JC (1994) The importance of the posterior oblique ligament in repairs of acute tears of the medial ligaments in knees with and without associated rupture of the anterior cruciate ligament. Results of long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am 76: 1328-1344

9. De Maeseneer M, Shahabpour M, Lenchik L et al. (2014) Distal insertions of the semimembranosus tendon: MR imaging with anatomic correlation. Skeletal Radiol 43: 781-791

10. Fischer W (2007) MR-Skript. Ein Skizzenbuch zur MRT des Bewegungsapparates:76-80

11. Rodriguez W, Vinson E, Helms CA et al. (2008) MRI appearance of posterior cruciate ligament tears. AJR Am J Roentgenol 191: 255-261

12. Shindell R, Walsh WM, Connolly JF (1984) Avulsion fracture of the fibula: the “arcuate sign” of posterolateral knee instability. Nebr Med J 69: 369-371

13. Haims AH, Medvecky MJ, Pavlovich R et al. (2003) MR imaging of the posterolateral aspect of the knee. AJR Am J Roentgenol 180: 647-653

7.5. Literatur Postoperative Diagnostik

1. Bernard M, Hertel P, Hornung H, Cierpinski T. (1997) Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. Am J Knee Surg 10:14-21.

2. Brucker PU, Zantop T (2016) Return to Sports – Was sollte der Operateur wissen? Arthroskopie 29: 3-4

3. Eichhorn HJ, Hoffmann H (2008) Nachbehandlungsstrategien nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. SFA – Arthroskopie aktuell 21: 1-11

4. Herbst E, Hoser C, Hildebrandt C, Raschner C, Hepperger C, Pointner H, Fink C (2015) Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 23:1283-1291.

5. Shelbourne KD, Freeman H, Gray T (2012) Osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: the importance of regaining and maintaining full range of motion. Sports Health 4:79-85.

6. Verwaltungsberufsgenossenschaft VBG (2015) Return-to-competition. Testmanual zur Beurteilung der Spielfähigkeit nach Ruptur des vorderen Kreuzbands. Online-Version: www.vbg.de

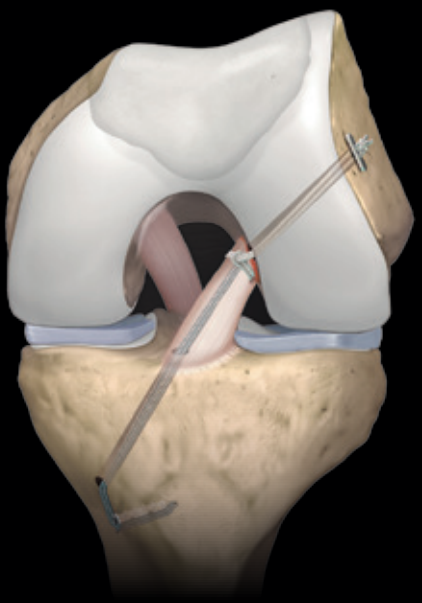
M.4s® comfort

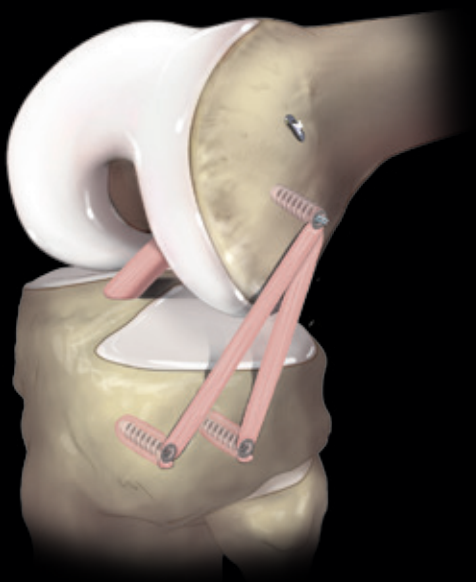
Das Beste aus über 10 Jahren Produkterfahrung – für spürbar mehr Komfort für Ihre Patienten.

Neu und einzigartig:
Geteilte Gurtpolster verhindern den Druck auf die OP Naht. Weitere einzigartige Produktdetails unter **www.medi.de/arzt**

Behandlungsmöglichkeiten für das ACL-insuffiziente Knie

Patientenspezifische Behandlungskonzepte





ACL-Naht mit *Internal*Brace™ Augmentation

- Naht von akuten proximalen Rissen
- Augmentation mit FiberTape®
- ACP-Injektion empfohlen
- Klinische Langzeitergebnisse [1]

ACL-Rekonstruktion mit All-Inside GraftLink®

- TightRope®-Fixierung für patientenspezifische Gelenkspannung
- Minimalst-invasive ACL-Rekonstruktionstechnik
- Rekonstruktion von chronischer ACL-Instabilität oder irreparablem Riss
- Klinische Langzeitergebnisse [2]

Kombinierte ACL- & ALL-Rekonstruktion

- Zusätzliche antero-laterale Stabilisierung für
  - Typ 3 Pivot-Shift
  - Revisionen
- Klinische Langzeitergebnisse [3]

1. Archivdaten bei Arthrex, 2016.
2. Clinical and Functional Outcome of All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at a Minimum of 2 Years' Follow-up. Schurz M, Tiefenboeck TM, Winnisch M, Syre S, Plachel F, Steiner G, Hajdu S, Hofbauer M. Arthroscopy. 2016 Feb;32(2):332-7. doi: 10.1016/j.arthro.2015.08.014. Epub 2015 Oct 23. PMID: 26603826
3. Sonnery-Cottet et al., "Outcome of a Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction Technique With a Minimum 2-Year Follow-up", Am J Sports Med, published online March 4, 2015, doi: 10,1177036346515571571.

http://qr.arthrex.de/o6h

© Arthrex GmbH, 2016. Alle Rechte vorbehalten.

AD2-80020-DE_A