

Wolf Petersen<sup>1</sup>, Thore Zantop<sup>2</sup>

# Verletzungen des hinteren Kreuzbands – operativ oder konservativ?

Ein Beitrag des Ligament Komitees der Deutschen Kniegesellschaft (DKG)

## *Injuries of the posterior cruciate ligament – surgical or conservative therapy*

A contribution of the Ligament Committee of the German Knee Society

**Zusammenfassung:** Verletzungen des hinteren Kreuzbands (HKB) sind selten und werden daher oft übersehen. Sie treten oft in Kombination mit Verletzungen der posterolateralen und posteromedialen Strukturen auf. Aus diesem Grunde erfordern Bandverletzungen eine differenzierte Diagnostik. Dabei spielen gehaltene Aufnahmen eine wichtige Rolle, da sie geeignet sind, das Ausmaß der posterioren Instabilität zu quantifizieren. Bei chronischen Instabilitäten sollte immer eine fixierte hintere Schublade ausgeschlossen werden.

Isolierte HKB-Rupturen haben ein gutes Heilungspotenzial. Daher kann in diesen Fällen ein konservativer Therapieversuch vielversprechend sein. Bei akuten Kombinationsverletzungen wird eine frühzeitige Naht der posteromedialen oder posterolateralen Strukturen in Kombination mit einer HKB-Plastik angestrebt. Eine Alternative für den frühen Bandersatz ist die Naht und Augmentation mit kräftigen Fadenkordeln (Ligament Bracing). Bei chronischen Instabilitäten muss zwischen ligamentären Rekonstruktionseingriffen und ossären Korrekturen unterschieden werden. Als operatives Verfahren zum HKB-Ersatz werden arthroskopische transtibiale Tunnel-Techniken und sogenannte Inlay-Techniken beschrieben.

*Schlüsselworte: hintere Instabilität, Knieluxation, Varus-Deformität, posteromediale Strukturen, posterolaterale Strukturen, hohe tibiale Umstellungsosteotomie*

### Zitierweise

Petersen W, Zantop T: Verletzungen des hinteren Kreuzbands – operativ oder konservativ? Ein Beitrag des Ligament Komitees der Deutschen Kniegesellschaft (DKG). OUP 2017; 7/8: 386–395 DOI 10.3238/oup.2017.0386–0395

**Summary:** Injuries of the posterior cruciate ligament (PCL) are rare and often overlooked. They often occur in combination with injuries of posterolateral and posteromedial structures. For this reason PCL injuries require a differentiated diagnosis. Stress x rays play an important role since they are suitable to quantify the extent of posterior tibial translation. In case of chronic instability, a fixed posterior drawer should always be excluded.

Isolated PCL ruptures have a good healing potential. Therefore, a conservative therapy can be promising in these cases. In acute combined injuries an early suture of the posteromedial or posterolateral structures should be performed in combination with a PCL plasty. An alternative is the augmentation with strong cords (ligament bracing). In chronic instabilities, a distinction must be made between ligament reconstruction and osseous corrections. Arthroscopic transtibial tunnel techniques and so-called inlay techniques are described as an operative procedure for the replacement of the PCL.

*Keywords: posterior instability, knee luxation, varus deformity, posteromedial structures, posterolateral structures, high tibial osteotomy*

### Citation

Petersen W, Zantop T: Injuries of the posterior cruciate ligament – A contribution of the Ligament Committee of the German Knee Society. OUP 2017; 7/8: 386–395 DOI 10.3238/oup.2017.0386–0395

### Einleitung

Verletzungen des hinteren Kreuzbands (HKB) sind selten und werden daher oft

übersehen. Das gilt besonders für Verletzungen, die nach einem Niedrigenergetrauma auftreten (z.B. Sportunfälle). Aber selbst beim polytraumatisierten Pa-

tienten stehen die Kniegelenkverletzungen bei der Primärversorgung nicht immer im Vordergrund und werden oft im weiteren Behandlungsverlauf vergessen.

<sup>1</sup> Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Martin Luther Krankenhaus, Berlin Grunewald

<sup>2</sup> Sportopaedicum Straubing

Aufgrund ihrer Seltenheit werden HKB-Verletzungen jedoch nicht nur häufig übersehen, sondern auch falsch behandelt, da die vom vorderen Kreuzband bekannten Algorithmen auf das hintere Kreuzband übertragen werden. Insbesondere in der Diagnostik und im Management posteriorer Instabilitäten werden oft entscheidende Fehler gemacht, die zu schlechten Behandlungsergebnissen führen [3].

Dieser Übersichtsartikel soll einen Überblick über das Management und die Therapie von Rupturen des hinteren Kreuzbands sowie von Kombinationsverletzungen des HKB mit den Strukturen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke geben. Der Beitrag soll klären, welche Verletzungen konservativ zu behandeln sind und welche sich eher für eine operative Therapie eignen.

## Anatomie und Biomechanik

Das HKB hat eine wichtige Funktion für die Biomechanik des Kniegelenks [7, 12]. Es entspringt am medialen Femurcondylus und inseriert im hinteren Anteil der Fossa intercondylaris ca. 15 cm unterhalb der Gelenkflächen (Abb. 1). Es besteht aus 2 funktionellen Bündeln, dem kräftigen anterolateralen Bündel, das in 90° Beugung gespannt ist, und einem schwächeren posteromedialen Bündel, das in Streckung und maximaler Beugung gespannt ist. Das HKB wird anterior und posterior von den meniskofemorale Bändern begleitet.

Das HKB ist der wichtigste Stabilisator gegen die posteriore tibiale Translation. Das gilt besonders für die Beugung. In Streckung wird die Stabilisation den Strukturen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke übernommen, die agonistisch zum HKB wirken [2, 16, 28]. Die posterolaterale Gelenkecke besteht aus dem lateralen Seitenband, das gegen Varusstress stabilisiert und dem Popliteus-Komplex, der in Außenrotation stabilisiert (Abb. 1). Die posteromediale Gelenkecke besteht aus dem medialen Seitenband, dem hinteren Schrägband und der posteromedialen Kapsel. Für die Stabilisation gegen die posteriore tibiale Translation sind vor allem das hintere Schrägband und die posteromediale Kapsel relevant.

## Verletzungsmechanismus

HKB-Verletzungen treten typischerweise nach Hochenergetraumata auf (Dashbord injury, Autounfall, Motorradunfall). Bei Hochenergetraumata ist die Inzidenz von Begleitverletzungen hoch.

Eine epidemiologische Studie hat jedoch gezeigt, dass bis zu 40 % der HKB-Verletzungen auf Sportunfälle zurückzuführen sind [21]. Als typischer Unfallmechanismus im Sport gilt der Sturz auf die Tuberositas tibiae. Aber auch Rotations- und Hyperextensionstraumata kommen als Ursache in Betracht

## Begleitverletzungen

HKB-Rupturen treten selten isoliert auf. Bei Kniegelenkluxationen kann es zur Verletzungen der Gefäße und Nerven der Fossa politea oder des N. peroneus kommen [18]. Auch Affektionen des Streckapparats und die Kombination Femurfraktur und HKB-Ruptur ist häufig [18].

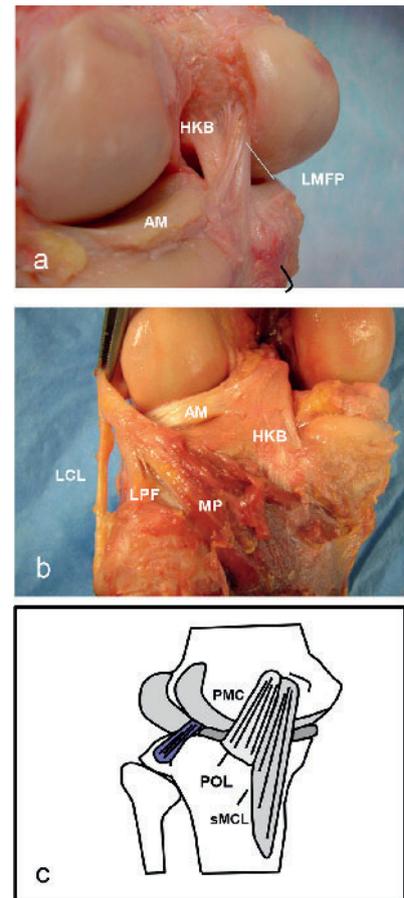
Besonders hoch ist die Inzidenz ligamentärer Begleitverletzungen. Das gilt vor allem für Strukturen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke. Die Inzidenz von Verletzungen der posterolateralen Gelenkecke beträgt je nach Studie zwischen 60 und 75 %; die Inzidenz posteromedialer Begleitverletzungen beträgt ca. 50 % [18].

Da die Strukturen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke synergistisch zum HKB wirken, müssen sie bei Kombinationsverletzungen unbedingt beachtet werden.

## Spontanverlauf der hinteren Instabilität

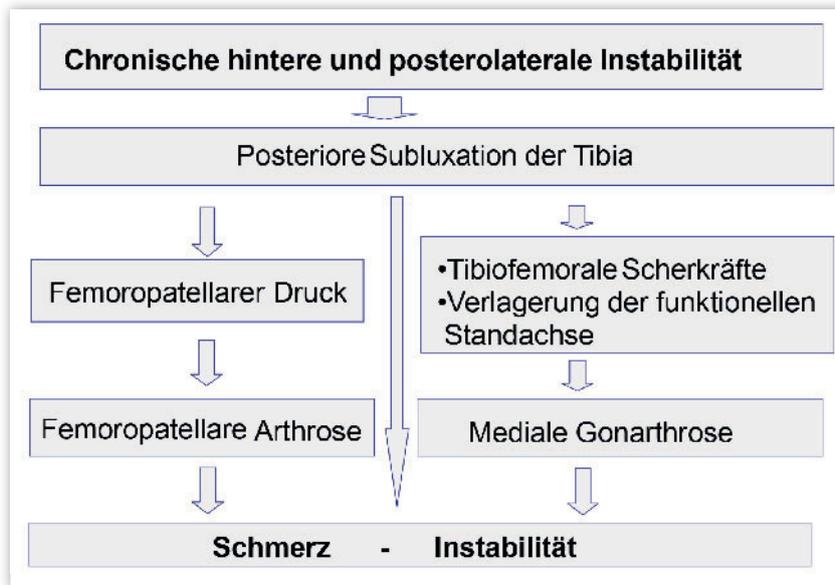
Isolierte HKB-Rupturen haben ein gutes Heilungspotenzial [13]. Daher kann in diesen Fällen ein konservativer Therapieversuch vielversprechend sein [1].

Kombinierte Verletzungen des HKB mit den Strukturen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke führen jedoch häufig zu chronischen Instabilitäten. Arthroskopische Studien zur Inzidenz von Knorpelschäden nach chronischen Instabilitäten haben gezeigt, dass chronische hintere Instabilitäten nicht so harmlos sind, wie es lange Zeit angenommen wurde [23]. Das Ver-



**Abbildung 1a-c** a) Anatomisches Präparat eines Kniegelenks in der Ansicht von posterior. Das hintere Kreuzband (HKB) entspringt am medialen Femurcondylus. Es zieht durch die Fossa intercondylaris nach distal und inseriert im hinteren Anteil der Eminentia intercondylaris unterhalb des Niveaus der Gelenkflächen. Es wird von den meniskofemorale Bändern begleitet (LMFP: Ligamentum meniskofemorale posterius). b) Zu den wichtigsten Strukturen der posterolateralen Gelenkecke zählen das laterale Kollateralband (LCL) sowie die Ansatzsehne des M. popliteus (MP) und das Lig. popliteofibulare (LPF). c) Darstellung der posteromedialen Strukturen (SMCL: Oberflächliches mediales Kollateralband, POL: Hinteres Schrägband, PMC: Posteromediale Kapsel).

teilungsmuster der bei Patienten mit chronischer hinterer Instabilität nachgewiesenen Knorpelschäden gibt Aufschluss über die durch die Kreuzbandsinsuffizienz bedingte mechanische Fehlbelastung des Kniegelenks. Nach Angaben von Strobel et al. [23] treten Knorpelschäden vor allem im medialen Kompartiment auf, gefolgt vom Femoro-



**Abbildung 2** Spontanverlauf bei chronischer hinterer Instabilität

patellargelenk und vom lateralen Kompartiment (Abb. 2).

Durch die hintere Subluxation kommt es zu einem erhöhten Druck im Femoropatellargelenk mit der Folge degenerativer Knorpelschäden. Die hohe Inzidenz von Knorpelschäden im medialen Kompartiment kann verschiedene Gründe haben. Durch die vermehrte tibiale Translation entstehen Scherkräfte im femorotibialen Gelenk, die geeignet sind, Knorpelschäden zu induzieren. Wären die Scherkräfte jedoch der einzige Grund, müsste das laterale Kompartiment ähnlich häufig betroffen sein wie das mediale Kompartiment.

Ein weiterer Grund ist die hohe Inzidenz posterolateraler Begleitverletzungen. Die durch die posterolaterale Insuffizienz verursachte fehlende laterale Stabilisierung in der Frontalebene führt selbst bei gerader Beinachse unter Belastung zu einer funktionellen Varusfehlstellung der Gelenkpartner, die die Überlastung im medialen Kompartiment erklären kann. Unter Last verschiebt sich das Drehzentrum des Kniegelenks in das mediale Kompartiment.

## Diagnostik

Aufgrund ihrer Seltenheit werden Rupturen des hinteren Kreuzbands oft übersehen und leider oft fehlgedeutet. Des-

halb gilt auch heute noch der Grundsatz: Jede Kreuzbandruptur ist bis zum Beweis des Gegenteils eine HKB-Ruptur.

Ein weiteres Problem an der HKB-Diagnostik ist, dass HKB-Läsionen ein gutes Heilungspotenzial haben. Heilung bedeutet jedoch nicht, dass durch die Wiederherstellung der Kontinuität auch die Funktion wiederhergestellt wird. Viele Läsionen verheilen in Elongation. Das erschwert die Bildgebung und Beurteilung chronischer Instabilitäten. Hier sind funktionelle Untersuchungen erforderlich.

## Inspektion und Anamnese

Erste Hinweise auf eine HKB-Ruptur bietet die Inspektion und Anamnese. Verdächtig auf eine HKB-Ruptur ist jede Prellmarke über der Tuberositas tibiae. Aber auch ein Hämatom im Bereich der Fossa poplitea oder im Bereich der posteromedialen oder posterolateralen Gelenkecke sollten an eine HKB-Ruptur denken lassen.

## Klinische Untersuchung

Der klassische klinische Test für das hintere Kreuzband ist die hintere Schublade. In 90° Beugung fällt die Tibia oft spontan nach hinten (Sag sign). Von der Seite betrachtet, hängt die Tu-

berositas tibiae nach hinten; das heißt, die Tuberositas tibiae liegt bei 90° gebeugtem Knie hinter der virtuellen Verbindungslinie von Patella und distaler Tibia (Abb. 3). Auch wenn die Verschiebbarkeit der Tibia bei chronischen Instabilitäten einfach zu testen ist, so bereitet die Abgrenzung zur vorderen Instabilität (gerade bei Begleitverletzungen des vorderen Kreuzbands) gelegentlich Schwierigkeiten. Ein Problem am manuellen Schubladentest ist, dass die Untersuchung nur schwierig quantifiziert werden kann [18, 24].

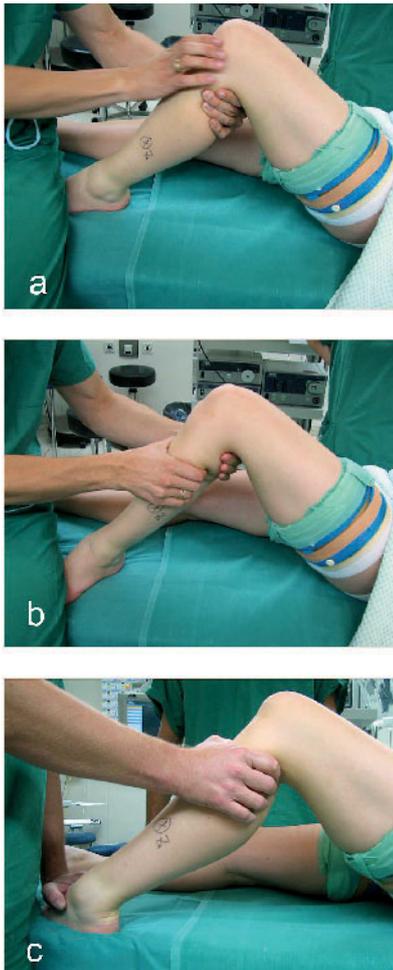
Schwierig ist die Diagnostik posterolateraler und posteromedialer Instabilitäten. Diese lassen sich in eine Varus/valgus und eine Rotationskomponente zerlegen. Oft kommen Kombinationen vor.

Zur Untersuchung der Rotationskomponente (Popliteuskomplex) bietet sich der Dial-Test an [18, 24] Dabei wird das Kniegelenk in 90° und 30° Beugung rotiert und die Rotation im Vergleich zur Gegenseite erfasst. Zur Erfassung der Stabilität in der Frontalebene (mediales oder laterales Kollateralband) sollte auch ein Varus/Valgusstress-Test in 0° und 30° durchgeführt werden. Klappt das Kniegelenk in gestreckter Stellung auf, so spricht das für eine hochgradige Verletzung des Kollateralband-Komplexes.

Rotations Schubladen besitzen in der Diagnostik der kombinierten Instabilitäten eine sehr große Bedeutung, da diese Tests die Auswirkungen der peripheren Bandverletzungen auf die posteriore tibiale Translation erfassen. (Abb. 3). Das Kniegelenk wird in in 90° Beugung außenrotiert und die Tuberositas tibiae nach hinten gedrückt. Bleibt die Schublade im Vergleich zur Neutralstellung gleich oder verstärkt sie sich sogar, spricht der Befund für eine therapierelevante posterolaterale Instabilität. Eine vermehrte Schublade in Innenrotation spricht für eine posteromediale Instabilität [18, 24].

## Radiologische Diagnostik

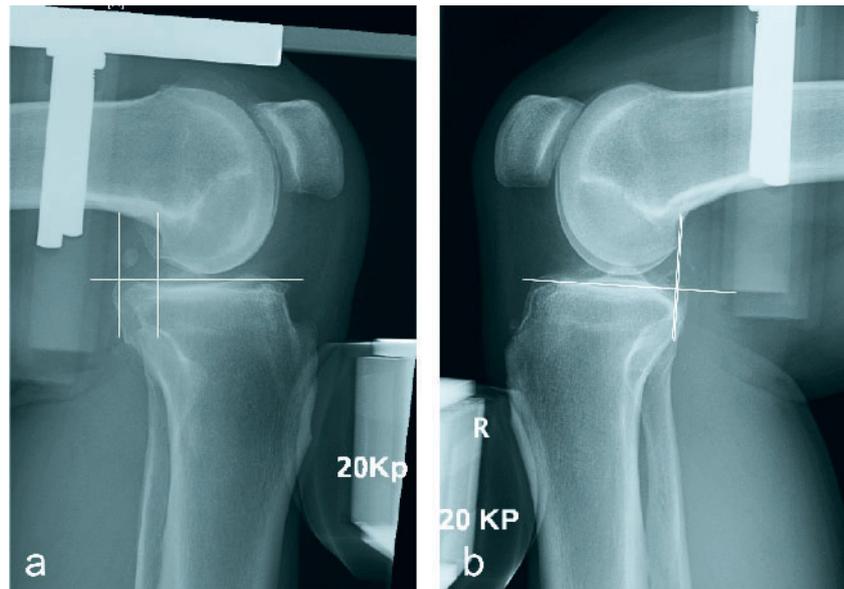
Konventionelle radiologische Aufnahmen des Kniegelenks in 2 Ebenen dienen der Erfassung begleitender Frakturen bei akuten Läsionen und degenerativer Veränderungen bei chronischen Instabilitäten.



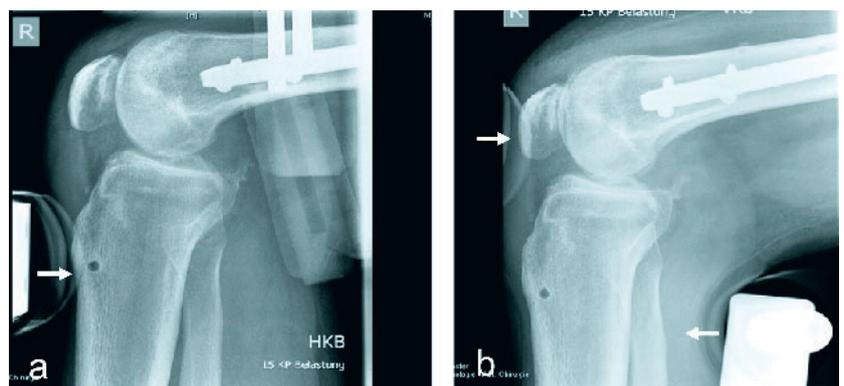
**Abbildung 3a–c** Rotations Schubladen in **a**) Neutralstellung, **b**) Außen- und **c**) Innenrotation. Bleibt die Schublade in Außenrotation im Vergleich zur Neutralstellung gleich oder verstärkt sie sich sogar, spricht der Befund für eine therapierrelevante posterolaterale Instabilität. Eine erhöhte Schublade in Innenrotation spricht für eine posteromediale Instabilität.

Die quantitative Erfassung der posterioren tibialen Translation gelingt nur mit gehaltenen Aufnahmen (Abb. 4). Diese können mit einem Telos-Gerät durchgeführt werden, mit dem standardisiert 15 N auf die Tuberositas tibiae (hintere Schublade) oder auf die Wadenregion (vordere Schublade) appliziert werden können. Die posteriore tibiale Translation wird im Vergleich zur Gegenseite am seitlichen Röntgenbild bestimmt.

Ein exakter Wert, ab wann man von einer hinteren Instabilität sprechen kann, existiert nicht. Ab einer posterioren Translation von 5 mm im



**Abbildung 4a–b** a) Gehaltene Röntgenaufnahme mit einer hinteren Instabilität von 12 mm im Vergleich zur **b**) unverletzten Gegenseite. Hier liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit eine posterolaterale oder posteromedale Begleitverletzung vor.



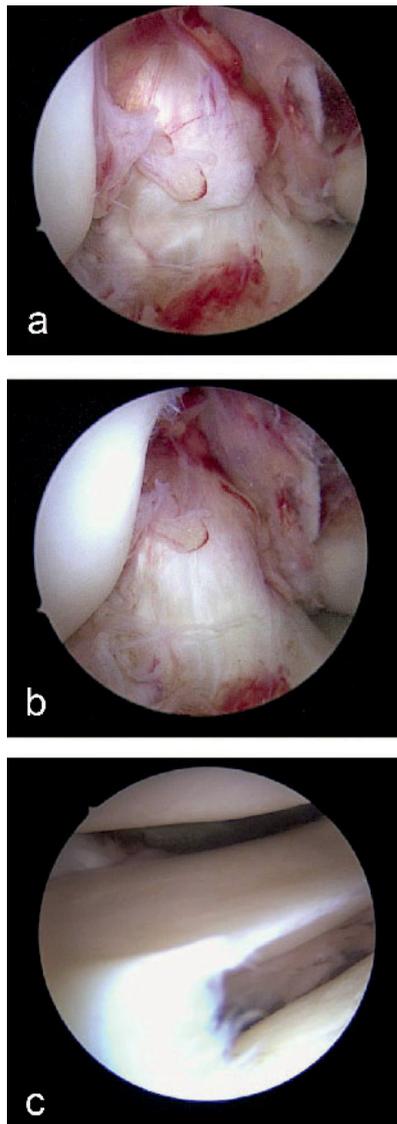
**Abbildung 5a–b** Gehaltene Röntgenaufnahme mit Darstellung einer fixierten hinteren Schublade. Bei der fixierten hinteren Schublade kann die Tibia durch eine externe Kraft nicht in die Neutralposition gebracht werden.

Vergleich zur Gegenseite spricht man von einer hinteren Instabilität. Ab 12 mm besteht der Verdacht auf eine Begleitverletzung der posterolateralen oder posteromedialen Strukturen [18, 24].

Auch die Applikation einer nach anterior gerichteten Kraft hat in der Diagnostik hinterer Instabilitäten eine Bedeutung, da auf diese Weise eine fixierte hintere Schublade ausgeschlossen werden kann [25]. Von einer fixierten hinteren Schublade spricht man, wenn trotz anterior gerichteter Kraft eine posteriore tibiale Translation besteht (Abb. 5).

Die MRT spielt für die Diagnostik chronischer Instabilitäten nur eine untergeordnete Rolle, da aufgrund der MRT keine funktionellen Aussagen möglich sind. Bei akuten Verletzungen kann die MRT jedoch wichtige Hinweise auf das Verletzungsmuster geben. Das gilt besonders auch für akute Begleitverletzungen der posterolateralen und posteromedialen Gelenkecke.

Besteht inspektorisch der Verdacht auf eine varische Beinachse, so sollte bei chronischen Instabilitäten eine radiologische Bestimmung der Beinachse erfolgen, da diese bedeutsam für die Therapie der posterolateralen Instabilität ist.



**Abbildung 6a–c a, b)** Scheinbare Elongation des vorderen Kreuzbands bei HKB-Ruptur (Floppy ACL). Das Knie hängt in der hinteren Schublade. **c)** Arthroskopie des lateralen Kompartimentes bei posterolateraler Instabilität.

## Arthroskopie

Arthroscopisch ist das HKB nur schwierig zu visualisieren. Zum einen ist von vorne nur das proximale Drittel des HKB zu sehen. Zum anderen ist es von Synovialgewebe umgeben, sodass die direkte Beurteilung der Bandfasern erst nach partieller Synovialektomie möglich ist. Selbst wenn die Bandfasern sichtbar gemacht wurden, besteht bei chronischen Instabilitäten die Schwierigkeit, dass aufgrund des guten Heilungspotenzials oft ein kontinuierlicher Bandverlauf er-

kennbar ist, das HKB jedoch in Elongation ausgeheilt ist. Aus diesem Grunde sind die arthroscopischen Befunde nur in Kombination mit der Narkoseuntersuchung zu werten.

Tückisch kann die scheinbare Elongation des vorderen Kreuzbands sein (Floppy ACL, Abb. 6). Zum Eindruck einer scheinbaren Elongation des vorderen Kreuzbands kann es kommen, wenn das Knie in der hinteren Schublade hängt. Dann verliert das vordere Kreuzband seine Spannung und erscheint elongiert. Wird dieser Befund fehlinterpretiert und in dieser Situation eine Ersatzplastik des vorderen Kreuzbands durchgeführt, wird das Kniegelenk in der hinteren Schublade fixiert (fixierte hintere Schublade).

Hilfreich kann die Arthroskopie jedoch bei der Erfassung posterolateraler Instabilitäten sein. Öffnet sich der laterale Gelenkspalt in der Figure-4-Position, so spricht dieser Befund für eine posterolaterale Begleitinstabilität (Abb. 6). Das gleiche gilt auch medial.

## Therapie

Die Therapie posteriorer Instabilitäten ist ebenso komplex wie deren Diagnostik. Bei den akuten Verletzungen ist von Relevanz, ob eine isolierte HKB-Ruptur oder ob eine Kombinationsverletzung vorliegt. Isolierte HKB-Rupturen haben ein gutes Heilungspotenzial und können konservativ behandelt werden [1, 13]. Die konservative Therapie ist jedoch sehr aufwendig. Daher sollte ein konservativer Therapieversuch nur gemacht werden, wenn er erfolgversprechend erscheint.

Bei symptomatischen chronischen Instabilitäten richtet sich die Therapie nach dem Ausmaß der posterioren tibialen Translation, nach den Begleitinstabilitäten und nach der Beinachse. Wichtig für die Therapie chronischer Instabilitäten ist außerdem, ob eine fixierte hintere Schublade vorliegt.

## Akute Verletzungen

### Konservative Therapie

Ahn et al. berichten über positive Ergebnisse nach einer konservativen Therapie mit einem geraden Gipstutor mit Wa-

denpolster in Streckung [1]. In der Studie wurden 49 Patienten mit isolierter HKB-Ruptur auf diese Weise behandelt. Die im KT 1000 gemessene Stabilität besserte sich von 6,7 mm auf 5,2 mm. Im Lysholm-Score, Hospital for Special Surgery Score und IKDC-Score erreichten die Patienten 88,91 und 83 Punkte.

Komfortabler als ein Gipstutor ist eine abnehmbare Orthese (PTS Brace, Medi, Bayreuth). Zur konservativen Therapie der isolierten HKB-Ruptur wird der Patient für 6 Wochen mit dieser Orthese versorgt. Die Schiene hat ein Polster unter der Wade, das das Zurücksacken der Tibia im Liegen verhindern soll. Krankengymnastische passive Bewegungsübungen sind nur in Bauchlage erlaubt (2 Wochen 20°, 2 Wochen 40° und 2 Wochen 60°). Danach werden die Patienten noch für 6 Wochen mit einer beweglichen Knieorthese versorgt. Die PTS-Schiene soll dann nur noch in der Nacht getragen werden [18].

### Operative Therapie

Bei akuten Kombinationsverletzungen wird eine frühzeitige Naht der posteromedialen oder posterolateralen Strukturen angestrebt [5]. Dabei kommen Anker-Refixationen und intraligamentäre Nähte zum Einsatz [5]. Forkel et al. berichten über 13 Patienten nach Naht des medialen Kapselbandapparats bei akuter posteromedialer Kombinationsverletzung. In allen Fällen kam es zu einer stabilen Ausheilung der medialen Strukturen. In 3 Fällen trat jedoch eine Arthrofibrose auf.

Bei intraligamentären posterolateralen Verletzungen kann zusätzlich eine primäre Augmentation mit einem Sehnen-Transplantat erfolgen [32]. Dabei bietet sich die von Larson beschriebene fibulofemorale Schlinge an [32]. In Abhängigkeit von den übrigen Begleitverletzungen muss dann individuell entschieden werden, ob auch eine frühzeitige Rekonstruktion des hinteren Kreuzbands sinnvoll ist.

Eine Alternative für den frühen Bandersatz ist die Naht und Augmentation mit kräftigen Fadenkordeln (Ligament Bracing) [7]. Dabei werden die Fadenkordeln (z.B. Fiber tape oder Fiberwire, Arthrex) parallel zu den Kreuzbändern eingezogen um die tibiale Translation zu verhindern. So sollen die ruptierten Bänder ausheilen können. In ei-

ner Studie haben Heitmann et al. 20 Patienten auf diese Weise behandelt. Von diesen konnten 8 Patienten nach einem Zeitraum von 12–15 Monaten nachuntersucht werden. Sechs Patienten hatten ein stabiles Knie. Bei 2 Patienten ist es zu einer Rezidivinstabilität des VKB gekommen. Die klinischen Scores waren zufriedenstellend [7].

Auch die rupturierten Kollateralbänder können mit dem Ligament Bracing versorgt werden.

Insgesamt handelt es sich beim Ligament bracing um ein vielversprechendes neues Konzept zur Therapie akuter Multi-Ligament-Verletzungen, das aber weiterer wissenschaftlicher Abklärung bedarf.

### Chronische Instabilitäten

Trotz optimalen Managements enden viele HKB-Läsionen in einer chronischen Instabilität. Bei chronischen Instabilitäten muss zwischen ligamentären Rekonstruktionseingriffen und ossären Korrekturen unterschieden werden.

#### Indikation zur Bandrekonstruktion

Zu den ligamentären Rekonstruktionen zählen die Ersatzplastik des HKB sowie die posterolaterale oder posteromediale Rekonstruktion [15, 17, 32].

Bei einer symptomatischen Instabilität besteht ab einer posterioren tibialen Translation von mehr als 10 mm die Indikation zu einer Rekonstruktion des HKB mit einem autologen Sehnentransplantat. Bei einer posterioren tibialen Translation von unter 10 mm kann ein sogenannter Brace-Test durchgeführt werden. Dabei wird der Patient für ca. 4 Wochen mit einer beweglichen Knieorthese versorgt, die gegen die posteriore tibiale Translation stabilisiert (z.B. Genu Arexa, Otto Bock). Bessern sich die Instabilitätssymptome durch die Applikation einer beweglichen HKB-Orthese, besteht in diesen Fällen eine Indikation zur operativen Stabilisierung des Kniegelenks. Bei zusätzlichen drittgradigen peripheren Instabilitäten sollte die Indikation zur posterolateralen oder posteromedialen Rekonstruktion gestellt werden.

#### Indikation zur ossären Korrektur

Die Indikation zur ossären Korrektur kann bei Genu varum und posterolateraler

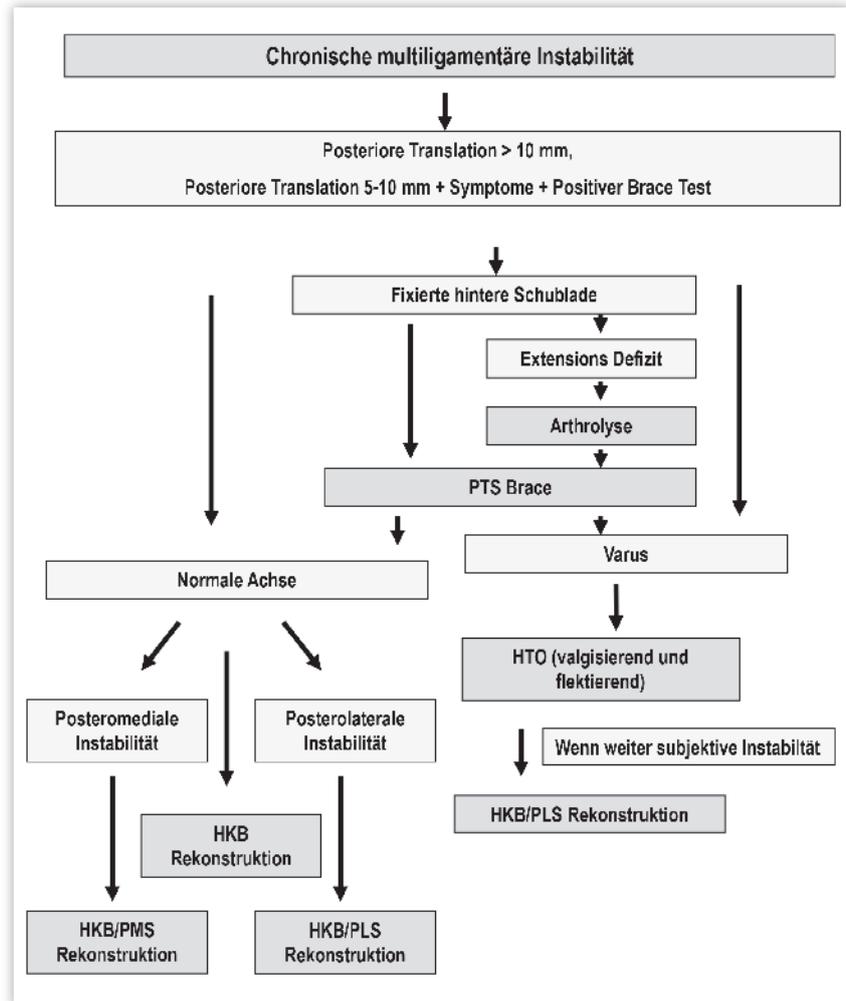


Abbildung 7 Algorithmus zur Therapie der chronischen hinteren Instabilität.

raler Instabilität bestehen (triple varus Situation). Durch das im Einbeinstand verstärkte Adduktionsmoment kann es ansonsten zur Elongation des zur posterolateralen Rekonstruktion verwendeten Sehnentransplantats kommen. Tischer et al. haben in einem systematischen Literaturreview zeigen können, dass Rezidivinstabilitäten bei kombinierten hinteren und posterolateralen Instabilitäten durch eine valgisierende Umstellungsosteotomie verhindert werden können [27]. Auch bei medialen Knorpelschäden und hinterer Instabilität mit Genu varum sollte an eine Umstellungsosteotomie gedacht werden [27]. Zusätzlich kann bei diesen Korrekturosteotomien die Sagittalneigung des Tibiaplateaus (tibial slope) erhöht werden, da ein erhöhter tibial slope der posterioren tibialen Translation unter Last entgegenwirkt. An Korrekturen der Sagittalneigung des Tibiaplateaus sollte

insbesondere in Revisionsituationen gedacht werden.

### Fixierte hintere Schublade

Jede operative Maßnahme zu Wiederherstellung der ligamentären Stabilität kann jedoch nur sinnvoll sein, soweit keine fixierte hintere Schublade vorliegt, denn die Tibia kann nur so weit nach vorne gezogen werden, wie die fixierte Schublade zulässt. Das gilt jedoch nicht für ossäre Korrekturen.

Von einer fixierten hinteren Schublade spricht man, wenn sich das Kniegelenk durch eine nach anterior gerichtete Kraft nicht in die Neutralstellung bringen lässt (Abb. 5) [25]. Dieser Zustand lässt sich nur mit gehaltenen Röntgenaufnahmen (vordere Schublade und hintere Schublade in 90° mit 15 N) nachweisen. Eine fixierte hintere Schu-

balde kann z.B. entstehen, wenn eine hintere Instabilität fehlinterpretiert wird (Floppy ACL) und zur Therapie einer scheinbaren VKB Elongation eine VKB-Ersatzplastik durchgeführt wird.

Ein weiteres Problem sind Kombinationsverletzungen des vorderen und des hinteren Kreuzbands. Da die meisten Operateure mit der VKB-Ersatzplastik sehr gut vertraut sind, kommt es häufig vor, dass in diesen Fällen zunächst eine VKB-Ersatzplastik durchgeführt wird und der Patient danach zur sekundären Versorgung der hinteren Instabilität in ein spezialisiertes Zentrum geschickt wird. Oft ist dann bereits das Kniegelenk in der hinteren Schublade fixiert und es bleibt oft keine andere Option, als die VKB-Ersatzplastik wieder zu reseziieren, um das Kniegelenk in die Neutralposition zu bringen [25].

Auch nach lange bestehenden chronischen Instabilitäten oder nach HKB-Ersatzplastik mit Verwendung von Transplantaten aus dem Streckapparat (Agonist zum HKB) wurden fixierte hintere Schublade beobachtet [25].

Zur Therapie der fixierten hinteren Schublade ohne eine VKB-Ersatzplastik als Ursache wird der Patient zur Nacht mit einem PTS-Brace versorgt [25]. Diese Therapie kann mehrere Monate dauern. Wenn der Patient berichtet, dass sich das Kniegelenk plötzlich wieder instabiler anfühlt, dann ist oft das Therapieziel erreicht. Selten ist auch eine arthroskopische Arthrolyse oder Osteotomie erforderlich.

### **HKB-Ersatzplastik mit autologem Sehnenstransplantat**

Als operatives Verfahren zum HKB-Ersatz werden arthroskopische transtibiale Tunnel-Techniken und sogenannte Inlay-Techniken beschrieben [22]. Hinsichtlich der klinischen Ergebnisse konnte in einem systematischen Review kein Unterschied zwischen beiden Techniken gefunden werden [22].

Als Nachteil der Inlay-Techniken gilt, dass die dazu erforderlichen Knochenblock-Transplantate aus dem Streckapparat gewonnen werden. Dieser ist der muskuläre Agonist zum HKB und wird durch die Transplantatentnahme geschwächt. Aus diesem Grunde wird in der eigenen Praxis die arthroskopische HKB-Rekonstruktion mit einem autologen Beugeseh-

nentransplantat in Einzelbündel-Technik bevorzugt (Abb. 8) [15].

Biomechanische Studien haben hinsichtlich der Stabilität zwar Vorteile für eine Doppelbündelrekonstruktion zeigen können [19]. Hinsichtlich der klinischen Ergebnisse bestand jedoch kein Unterschied zwischen beiden Techniken [19].

Es gibt weitere Faktoren, die für die Einzelbündelrekonstruktion sprechen: Das anterolaterale Bündel ist das deutlich kräftigere Bündel. Es sichert das Kniegelenk in mittlerer Beugung gegen die posteriore tibiale Translation. Das posteromediale Bündel spielt nur in maximaler Beugung und in Streckung eine Rolle. In Streckung übernehmen die posterolateralen Strukturen jedoch die primäre Stabilisation gegen die posteriore tibiale Translation. Eine biomechanische Studie hat gezeigt, dass es wichtiger ist, die Begleitinstabilitäten zu adressieren als eine Doppelbündel Rekonstruktion durchzuführen [2].

Die Operation beginnt mit der Transplantatentnahme [15]. Es wird ein Transplantat von mindestens 10 cm Länge benötigt. Das Transplantat wird zur extrakortikalen Fixation mit einem Kippanker (z.B. Flip tack, Karl Storz, Tuttlingen) und einem Fixationsknopf (z.B. Endotack, Karl Storz, Tuttlingen) armiert [11, 29, 31].

Der proximale Anteil des HKB wird dargestellt indem das Synovialgewebe reseziert wird. Das insuffiziente Bandgewebe wird dabei möglichst intakt gelassen (remnant augmentation). Durch diese Technik bleiben propriozeptive Elemente erhalten und das Remodeling des Sehnenstransplantats soll vorteilhaft sein [9]. Eine klinische Studie hat gezeigt, dass mit dem Prinzip der remnant augmentation gute Ergebnisse zu erzielen sind [9].

Der femorale Bohrkanal wird innerhalb des Ansatzes des anterolateralen Bündels des HKB gebohrt (Abb. 8) [14]. Dieser wird mit kanülierten Bohrern über ein tiefes anterolaterales Portal gebohrt. Dann wird ein posteromediales Portal angelegt, der Ansatz des HKB debridiert und ein spezielles HKB-Zielgerät mit einem geschlossenen Zielhaken über das anteromediale Portal eingebracht. Bei Anlage des tibialen Kanals muss auf die Gefäße und Nerven im Bereich der Fossa poplitea geachtet werden. Der Einzug des Transplantats um

den spitzen Winkel des tibialen Kanals wird durch ein spezielles Elevatorium erleichtert. Die Fixation erfolgt femoral mittels Kippanker (z.B. Flip Tack, Karl Storz, Tuttlingen). Tibial erfolgt eine Hybridfixation mit Interferenzschraube (Megafix, Karl Storz, Tuttlingen). Das Transplantat wird in 90° Beugung gespannt. Vor der tibialen Fixation erfolgt, wenn notwendig, eine posterolaterale oder posteromediale Rekonstruktion.

### **Posterolaterale Rekonstruktion**

Liegt eine posterolaterale Begleitinstabilität vor, so sollten die posterolateralen Strukturen rekonstruiert werden. Die Diagnose ergibt sich aus der klinischen, radiologischen und arthroskopischen Diagnostik [20].

Im Schrifttum ist eine Vielzahl an Techniken zur posterolateralen Rekonstruktion beschrieben worden (Bizeps-tendese, Popliteusbypass etc.) [6, 17, 32]. Die meisten Techniken haben einen Transplantatschenkel, der das laterale Kollateralband rekonstruiert und einen Schenkel, der den Popliteuskomplex rekonstruiert. Dabei verbinden die sogenannten Popliteus-Bypass-Rekonstruktionen die posterolaterale Tibia mit dem Femur [6] und die popliteofibularen Rekonstruktionen das Fibulaköpchen mit dem Femur [32].

Eine arthroskopische Popliteus-Bypass-Technik wurde von Frosch et al. [6] beschrieben. Es werden positive Erfahrungen mit diesem Verfahren berichtet. Bei Popliteus-Bypass-Techniken besteht jedoch die Gefahr des Overconstraints, da mit einer Sehne ein dynamischer Stabilisator rekonstruiert wird (M. popliteus). Daher sollten diese Techniken auch nicht als anatomisch bezeichnet werden.

Die popliteofibularen Rekonstruktionen versuchen das Ligamentum popliteofibulare als passiven Stabilisator gegen die Außenrotation zu rekonstruieren. Diese Techniken werden weiterhin in anatomische und isometrische Techniken unterschieden. Bei den anatomischen Techniken werden LCL und popliteofibularer Schenkel in getrennten Knochentunneln im Bereich der anatomischen Insertion am Femur verankert. Bei den isometrischen Techniken erfolgt die Verankerung in einem

isometrischen Knochentunnel. In klinischen Studien wurde bisher kein Unterschied zwischen den verschiedenen Rekonstruktionstechniken gefunden [20].

Im eigenen Vorgehen hat sich die isometrische Rekonstruktionstechnik nach Larson bewährt (Abb. 9) [32]. Dabei werden die posterolateralen Strukturen mit einem autologen Sehnentransplantat ersetzt, dass durch ein Bohrloch in der Fibula gezogen wird. Es wird die Ansatzsehne des M. semitendinosus der Gegenseite als Transplantat verwendet. Der vordere Transplantatschenkel soll das laterale Kollateralband ersetzen. Der hintere Transplantatschenkel soll den Popliteuskomplex ersetzen. Beide Transplantatschenkel werden im Bereich des Epicondylus lateralis mit einer Interferenzschraube (Karl Storz, Tuttlingen) fixiert. Die Fixation erfolgt in 70° Beugung bevor das HKB-Transplantat fixiert wird.

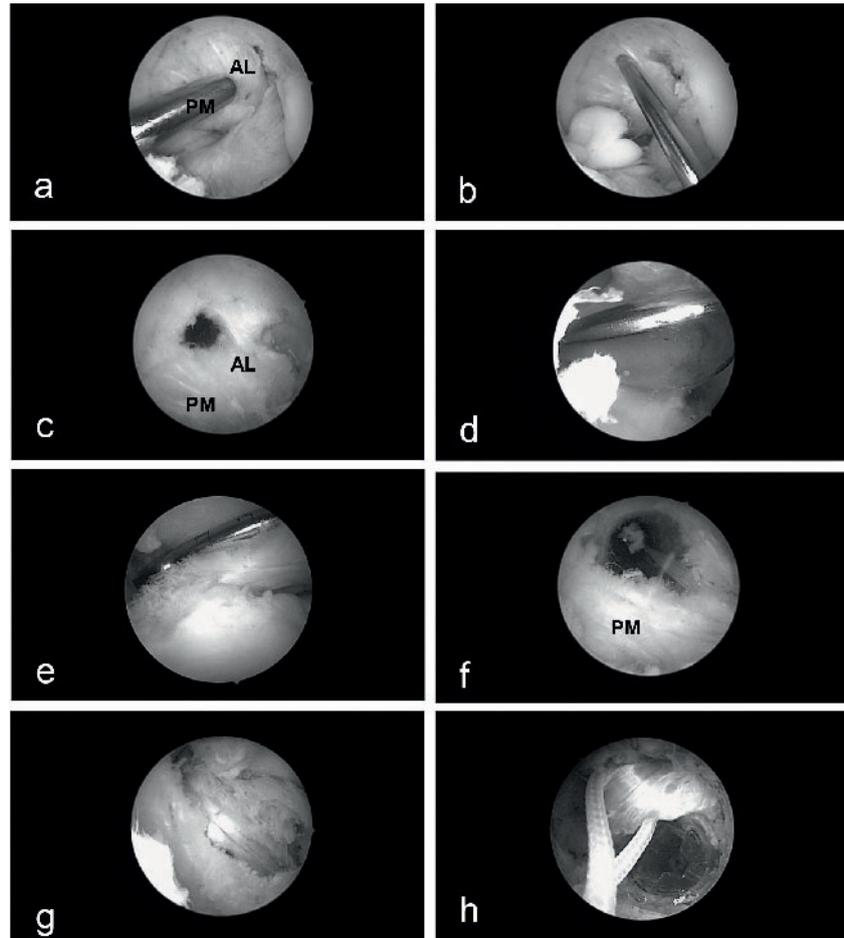
### Posteromediale Rekonstruktion

Da das Heilungsverhalten der posteromedialen Strukturen gut ist, kommt es seltener zu chronischen posteromedialen Instabilitäten. Wenn eine drittgradige posteromediale Instabilität besteht, sollte sie jedoch adressiert werden.

Im Bereich der posteromedialen Gelenkecke stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Diese reichen von der Heilungsstimulation durch Mikrofrakturierung über die Raffung bis hin zum Sehnentransplantat [17, 30]. Bei den Rekonstruktionstechniken ist darauf zu achten, dass möglichst auch das hintere Schrägband durch einen Transplantatschenkel rekonstruiert wird, da dieses das Knie gegen die posteriore tibiale Translation sichert. Bei medialen Instabilitäten sollten die Beugesehnen der ipsilateralen Seite geschont werden, da diese das Knie aktiv gegen Valgusstress sichern [8]. Bei kombinierten Instabilitäten sollten deswegen bei diesen Operationen allogene Transplantate eingesetzt werden.

### HKB/VKB/PLS-Rekonstruktion

Bei Kombinationsverletzungen von vorderem und hinterem Kreuzband wird



**Abbildung 8a–h** Arthroskopischer HKB-Ersatz mit einem autologen Semitendinosus-Sehnen-Transplantat in Einzelbündeltechnik (AL: anterolaterales Bündel, PM: Posteromediales Bündel). **a)** Debridement des femoralen Ansatzes des HKB, **b)** K-Draht im femoralen Ansatz des AL-Bündels, **c)** Tunnel im femoralen Ansatz des AL-Bündels, **d)** Debridement des tibialen Ansatzes mit einem speziellen Raspatorium (Karl Storz, Tuttlingen), **e)** tibiales HKB-Zielgerät im Bereich der tibialen HKB-Insertion (Karl Storz, Tuttlingen), **f)** Fadenkordel für den Einzug des Transplantats, **g)** eingezogenes Transplantat, **h)** Fixation tibial mit resorbierbarer Interferenzschraube (Mega-fix, Karl Storz, Tuttlingen).

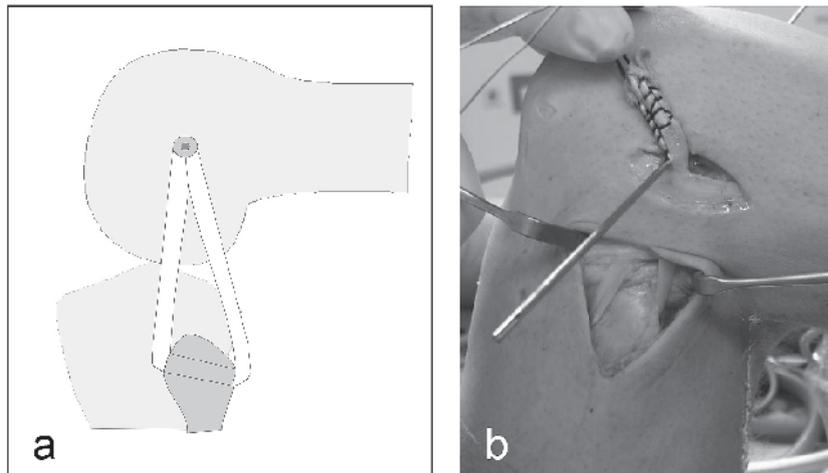
die einzeitige Rekonstruktion aller verletzten Strukturen angestrebt [26]. Das Sehnenmaterial für das HKB-Transplantat wird aus Semitendinosus- und Gracilis-Sehne der ipsilateralen Seite gewählt. Das Transplantat für die posterolaterale Rekonstruktion wird aus der Semitendinosus-Sehne der Gegenseite gewonnen und aus der Gracilis-Sehne der Gegenseite und dem Rest wird ein VKB-Transplantat präpariert.

### Biplanare tibiale Umstellungsosteotomie

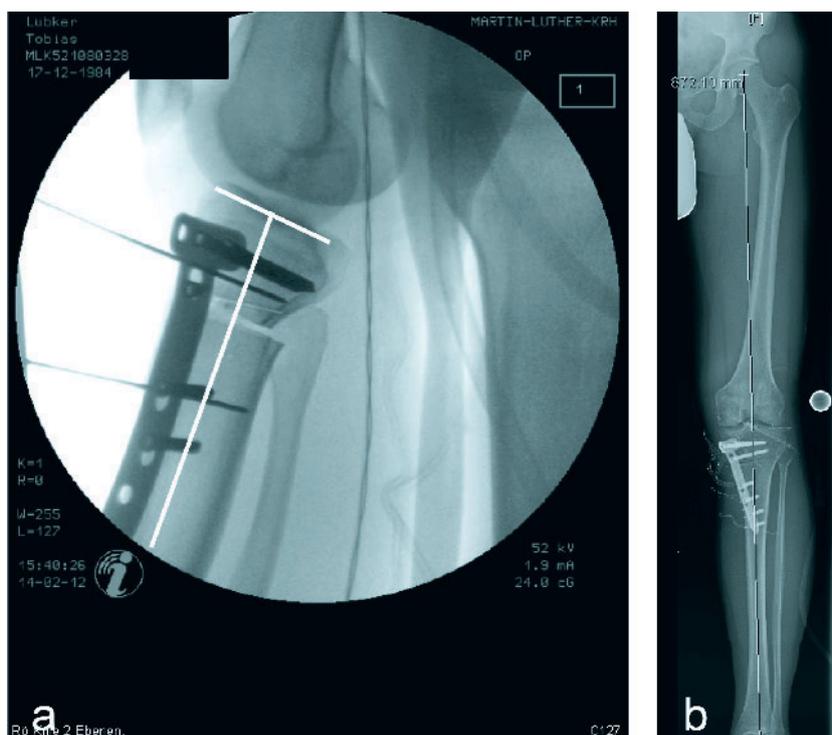
Liegt eine Kombination aus Genu varum und posterolateraler Instabilität

vor, so kommt es im einbeinigen Stand oder während des Gehens durch die Verschiebung der Lastlinie nach medial zu einem erhöhten Adduktionsmoment und damit zu einer hohen Belastung der lateral stabilisierenden Strukturen. Aus diesem Grunde sollte in Fällen mit einer ossären und ligamentären Varusdeformität (varus thrust) vor einer ligamentären Rekonstruktion eine Korrektur der Beinachse erfolgen [27]. Das Varus-thrust-Phänomen (Weitung des lateralen Gelenkspalts) erkennt man auf belasteten Röntgenaufnahmen.

Biomechanische Studien haben außerdem gezeigt, dass mit einer Korrektur der sagittalen Neigung des Ti-



**Abbildung 9a–b** Posterolaterale Rekonstruktion. **a)** Schematische Darstellung der isometrischen Rekonstruktionstechnik nach Larson, **b)** minimalinvasive isometrische Rekonstruktionstechnik nach Strobel.



**Abbildung 10a–b** Tibiale Umstellungsosteotomie bei einem Patienten mit Rezidivinstabilität. **a)** Slope-Erhöpfung: Durch die in die Tuberositas tibiae eingebrachten K-Drähte kann das Ausmaß der Slope-Erhöpfung kontrolliert werden. Es darf kein Streckdefizit entstehen. **b)** Die Beinachse wird bei rein instabilitätsbedingter Indikation möglichst gerade eingestellt.

biaplateaus (tibial slope) auch die A-P-Stabilität des Kniegelenks beeinflusst werden kann. Normal beträgt die Sagittalneigung des Tibiaplateaus ca. 3–10°. Wird die Sagittalneigung erhöht, schiebt sich die Tibia unter Last nach vorne; diese Verschiebung wirkt

einer posterioren Subluxationstendenz entgegen.

Für die biplanare Umstellungsosteotomie zur Korrektur ligamentärer Instabilitäten eignet sich die medial öffnende Technik, da auf diese Weise die Slope-Korrektur präziser möglich ist. Zur Stabi-

lisation wird ein winkelstabiler Plattenfixateur verwendet (z.B. Loqtech HTO Platte). Sollte zusätzlich eine ligamentäre Rekonstruktion notwendig sein, so sollte die ossäre Korrektur immer vor dem Weichteileingriff durchgeführt werden. Grundsätzlich bevorzugen wir ein zweizeitiges Vorgehen.

## Rehabilitation

Die Rehabilitation nach ligamentärer HKB-Rekonstruktion ist sehr zurückhaltend und richtet sich nach der konservativen Therapie der akuten HKB-Läsion. Dem Patienten wird 6 Wochen lang ein PTS-Brace in Streckstellung angelegt [10]. In Streckung zieht der Zug der ischiokruralen Muskulatur die Tibia nicht nach hinten. Außerdem kommt es durch die physiologische Sagittalneigung in Streckung unter Last eher zu einer anterioren Verlagerung der Tibia. Der PTS-Brace besitzt außerdem ein Polster, das die Wade im Liegen unterstützen soll. Damit soll der Schwerkraft im Liegen entgegen gewirkt werden. Bewegungsübungen sollen in den ersten 6 Wochen nur passiv in Bauchlage erfolgen. Nach 6 Wochen wird dem Patienten eine bewegliche Knieorthese angelegt. Der PTS-Brace wird dann für weitere 6 Wochen nur noch zur Nacht getragen.

## Fazit für die Praxis

Bei der Behandlung akuter und chronischer hinterer Instabilitäten handelt es sich um einen komplexen Therapiealgorithmus. Da HKB-Rupturen selten sind, sollten hintere Instabilitäten möglichst in spezialisierten Zentren behandelt werden [4].

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Wolf Petersen  
Sportklinik Berlin und Klinik für  
Orthopädie und Unfallchirurgie  
am Martin Luther Krankenhaus  
Berlin, Grunewald  
Caspar-Theyß-Strasse 27–31  
14109 Berlin  
wolf.petersen@pgdiakonie.de

## Literatur

1. Ahn JH, Lee SH, Choi SH, Wang JH, Jang SW: Evaluation of clinical and magnetic resonance imaging results after treatment with casting and bracing for the acutely injured posterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 2011; 27: 1679–87
2. Apsingi S, Nguyen T, Bull AM, Unwin A, Deehan DJ, Amis AA: Control of laxity in knees with combined posterior cruciate ligament and posterolateral corner deficiency: comparison of single-bundle versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction combined with modified Larson posterolateral corner reconstruction. *Am J Sports Med.* 2008; 36: 487–94
3. Arøen A, Sivertsen EA, Owesen C, Engebretnsen L, Granan LP: An isolated rupture of the posterior cruciate ligament results in reduced preoperative knee function in comparison with an anterior cruciate ligament injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013; 21: 1017–22
4. Bedi A, Musahl V, Cowan JB: Management of Posterior Cruciate Ligament Injuries: An Evidence-Based Review. *J Am Acad Orthop Surg* 2016; 24: 277–89
5. Forkel P, Seppel G, Imhoff A, Petersen W: Suturing and refixation of the medial collateral ligament in severe acute medial instability of the knee. *Oper Orthop Traumatol.* 2015; 27: 155–71
6. Frosch KH, Akoto R, Heitmann M, Enderle E, Giannakos A, Preiss A: Arthroscopic reconstruction of the popliteus complex: accuracy and reproducibility of a new surgical technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015; 23 :3114–20
7. Heitmann M, Gerau M, Hötzel J, Giannakos A, Frosch KH, Preiss A: Ligament bracing-augmented primary suture repair in multiligamentous knee injuries. *Oper Orthop Traumatol.* 2014; 26: 19–29
8. Herbort M, Michel P, Raschke MJ et al.: Should the Ipsilateral Hamstrings Be Used for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Case of Medial Collateral Ligament Insufficiency? Biomechanical Investigation Regarding Dynamic Stabilization of the Medial Compartment by the Hamstring Muscles. *Am J Sports Med* 2017; 45: 819–825
9. Lee SH, Jung YB, Lee HJ, Jung HJ, Kim SH: Remnant preservation is helpful to obtain good clinical results in posterior cruciate ligament reconstruction: comparison of clinical results of three techniques. *Clin Orthop Surg* 2013; 5: 278–86
10. Li B, Shen P, Wang JS, Wang G-, He M, Bai L: Therapeutic effects of tibial support braces on posterior stability after posterior cruciate ligament reconstruction with autogenous hamstring tendon graft. *Eur J Phys Rehabil Med* 2015; 51: 163–70
11. Niedzwietzki P, Zantop T, Weimann A, Herbort M, Raschke MJ, Petersen W: Femoral fixation of hamstring grafts in posterior cruciate ligament reconstruction: biomechanical evaluation of different fixation techniques: is there an acute angle effect? *Am J Sports Med* 2007; 35: 780–6
12. Petersen W, Tillmann B: Anatomie des hinteren Kreuzbandes. *Arthroskopie* 2000; 13: 3–10
13. Petersen W, Tillmann B: Blood and lymph supply of the posterior cruciate ligament: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7: 42–50
14. Petersen W, Lenschow S, Weimann A, Strobel MJ, Raschke MJ, Zantop T: Importance of femoral tunnel placement in double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: biomechanical analysis using a robotic/universal force-moment sensor testing system. *Am J Sports Med* 2006; 34: 456–63
15. Petersen W, Zantop T: Arthroscopic reconstruction of the anterolateral bundle of the posterior cruciate ligament in single-bundle technique with autologous hamstring grafts. *Oper Orthop Traumatol* 2010; 22: 354–72
16. Petersen W, Loerch S, Schanz S, Raschke M, Zantop T: The role of the posterior oblique ligament in controlling posterior tibial translation in the posterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 2008; 36: 495–501
17. Petersen W, Achtnich A: Rekonstruktion des medialen Kollateralbandkomplexes. *Arthroskopie* 2014; 27: 3: 213–219
18. Petersen W, Zantop T: Bandverletzungen des Kniegelenkes. *Trauma und Berufskrankheit* 2009; 11.3: 307–317
19. Qi YS, Wang HJ, Wang SJ, Zhang ZZ, Huang AB, Yu JK: A systematic review of double-bundle versus single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016; 17: 45
20. Rochecongar G, Plaweski S, Azar M et al. (French Society for Arthroscopy (Société française d'arthroscopie, SFA): Management of combined anterior or posterior cruciate ligament and posterolateral corner injuries: a systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014; 100 (8 Suppl): S371–8
21. Schulz MS, Russe K, Weiler A, Eichhorn HJ, Strobel MJ: Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003; 123: 186–91
22. Shin YS, Kim HJ, Lee DH: No Clinically Important Difference in Knee Scores or Instability Between Transtibial and Inlay Techniques for PCL Reconstruction: A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res.* 2017; 475: 1239–48
23. Strobel MJ, Weiler A, Schulz MS, Russe K, Eichhorn HJ: Arthroscopic evaluation of articular cartilage lesions in posterior-cruciate-ligament-deficient knees. *Arthroscopy.* 2003; 19: 262–8
24. Strobel M, Stedtfeld HW: Diagnostic evaluation of the knee. Berlin Springer, 1990
25. Strobel MJ, Weiler A, Schulz MS, Russe K, Eichhorn HJ: Fixed posterior subluxation in posterior cruciate ligament-deficient knees: diagnosis and treatment of a new clinical sign. *Am J Sports Med* 2002; 30: 32–8
26. Strobel MJ, Schulz MS, Petersen WJ, Eichhorn HJ: Combined anterior cruciate ligament, posterior cruciate ligament, and posterolateral corner reconstruction with autogenous hamstring grafts in chronic instabilities. *Arthroscopy* 2006; 22: 182–92
27. Tischer T, Paul J, Pape D et al.: The Impact of Osseous Malalignment and Realignment Procedures in Knee Ligament Surgery: A Systematic Review of the Clinical Evidence. *Orthop J Sports Med.* 2017; 5: 2325967117697287
28. Vogrin TM, Höher J, Arøen A, Woo SL, Harner CD: Effects of sectioning the posterolateral structures on knee kinematics and in situ forces in the posterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8: 93–8
29. Weimann A, Wolfert A, Zantop T, Eggers AK, Raschke M, Petersen W: Reducing the „killer turn“ in posterior cruciate ligament reconstruction by fixation level and smoothing the tibial aperture. *Arthroscopy.* 2007; 23: 1104–11
30. Weimann A, Schatka I, Herbort M et al.: Reconstruction of the posterior oblique ligament and the posterior cruciate ligament in knees with posteromedial instability. *Arthroscopy.* 2012; 28: 1283–9
31. Zantop T, Lenschow S, Lemburg T, Weimann A, Petersen W: Soft-tissue graft fixation in posterior cruciate ligament reconstruction: evaluation of the effect of tibial insertion site on joint kinematics and in situ forces using a robotic/UFS testing system. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004; 124: 614–20
32. Zantop T, Petersen W: Modified Larson technique for posterolateral corner reconstruction of the knee. *Oper Orthop Traumatol.* 2010; 22: 373–86