

Die arthroskopische Ersatzplastik des anterolateralen Bündels des hinteren Kreuzbandes in Einzelbündeltechnik mit autologer Semitendinosus-/Grazilissehne

Wolf Petersen¹, Thore Zantop²

Zeichner: Reinhold Henkel, Heidelberg

Zusammenfassung

Operationsziel

Wiederherstellung der Funktion des hinteren Kreuzbandes (HKB).

Indikationen

Chronische Instabilität mit Ruptur des HKB mit posteriorer tibialer Translation > 10 mm und subjektivem Instabilitätsgefühl.

Kontraindikationen

Fixierte hintere Schublade, lokale Infektion im Bereich des Kniegelenks, lokale Weichteilschädigung, mangelnde Kooperationsbereitschaft des Patienten.

Operationstechnik

Die Operation beginnt mit einer arthroskopischen Untersuchung des Kniegelenks und der arthroskopischen Therapie intraartikulärer BegleitleSIONen (Meniskus- und Knorpelschäden). Über einen 3 cm langen Hautschnitt ca. 1 cm distal und medial über der Tuberositas tibiae werden die Semitendinosus- und die Grazilissehne entnommen. Es wird ein Vier- oder Fünf-Bündel-Sehnentransplantat mit einer Mindestlänge von 10 cm präpariert. Der femorale Kanal für das Kreuzbandtransplantat wird über ein tiefes anterolaterales Portal unter arthroskopischer Kontrolle gebohrt. Zur Anlage des tibialen Kanals wird ein posteromediales Portal angelegt. Die tibiale Insertion wird unter arthroskopischer Kontrolle mit einem Synovialresektor und einem speziellen Raspatorium freipräpariert. Zur Anlage des tibialen Kanals wird ein spezielles geschlossenes HKB-Zielgerät verwendet. Mit diesem wird ein Kirsch-

ner-Draht im Zentrum der tibialen HKB-Insertion platziert. Dieser wird mit einem kanülierten Bohrer entsprechend dem Transplantatdurchmesser überbohrt. Nach Einzug des Transplantats wird dieses gespannt und in 90°-Beugung bei einem Zug von 80 N fixiert. Femoral und tibial erfolgt eine Hybridfixation mit kortikaler Aufhängung über einen Kippanker („flipp tack“) und gelenknaher Fixation mit einer resorbierbaren Interferenzschraube. Bei zusätzlicher posterolateraler Instabilität wird die posterolaterale Gelenkecke durch ein autologes Sehnentransplantat rekonstruiert.

Weiterbehandlung

6-wöchige Immobilisation in Streckung in PTS®-Schiene. Bewegungsübungen in Bauchlage: 1.–2. Woche 0–0–30°, 3.–4. Woche 0–0–60°, 5.–6. Woche 0–0–90°; danach sollte der Patient für 6 Wochen mit einer beweglichen HKB-Orthese versorgt werden und die PTS®-Schiene nur noch zur Nacht tragen.

Ergebnisse

Zwischen 2003 und 2006 wurde bei 58 Patienten eine Ersatzplastik des HKB in Einzelbündeltechnik durchgeführt. In 42 Fällen erfolgte gleichzeitig eine posterolaterale Rekonstruktion. Der Lysholm-Score verbessert sich von 62,2 auf durchschnittlich 88,4 Punkte, der Tegner-Aktivitätsscore von 3,3 auf 5,4 Punkte.

Schlüsselwörter

Posteriore tibiale Translation · Hybridfixation · Einzelbündeltechnik · Hintere Instabilität · Tibiales Zielgerät

Oper Orthop Traumatol 2010;22:354–72

DOI 10.1007/s00064-010-9034-5

¹Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Martin Luther Krankenhaus, Berlin-Grünwald,

²Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Münster.

Arthroscopic Reconstruction of the Anterolateral Bundle of the Posterior Cruciate Ligament in Single-Bundle Technique with Autologous Hamstring Grafts

Abstract

Objective

Restoration of the function of the posterior cruciate ligament (PCL).

Indications

Chronic posterior instability with posterior tibial translation of > 10 mm.

Contraindications

Fixed posterior drawer, local infections at the knee joint, local soft-tissue damage, poor compliance of the patient.

Surgical Technique

Surgery starts with arthroscopic examination of the knee joint and therapy of associated injuries (meniscus and cartilage injuries). Harvesting of the semitendinosus and gracilis tendons is performed via a 3 cm long skin incision 1 cm distally and medially of the tibial tuberosity. The tendons are folded to a four- or five-stranded graft with a minimum length of 10 cm. The femoral tunnel for the graft is drilled via a deep anterolateral portal under arthroscopic control. For drilling of the tibial tunnel, a posteromedial portal is needed. The tibial insertion of the PCL is debrided with a shaver and a specific raspator. For tibial tunnel placement, a specific closed aimer is used and a Kirschner wire is placed in the center of the tibial insertion. This Kirschner wire is overdrilled using a cannulated drill with a diameter according to the graft size. After femoral fixation, the graft is ten-

sioned in 90° flexion with 80 N. At the femoral and tibial side, a hybrid fixation is performed with a button (flipp tack) and a resorbable interference screw. If there are any signs of posterolateral instability, a posterolateral corner reconstruction is performed before tensioning and fixation of the PCL graft.

Postoperative Management

For 6 weeks, the knee is immobilized in extension with a posterior tibial support (PTS®) brace (Medi, Bayreuth, Germany). Passive range of motion exercises should be performed in prone position (first 2 weeks 0-0-30°, 3rd to 4th week 0-0-60°, 5th to 6th week 0-0-90°). After the first 6 weeks, a movable brace is needed at daytime. At nighttime, the patient has to wear the PTS® brace.

Results

Between 2003 and 2006, a PCL reconstruction in single-bundle technique was performed in 58 patients. In 42 cases, a simultaneous reconstruction of the posterolateral corner was done. The Lysholm Score improved from 62.2 to 88.4 points, the Tegner Activity Score from 3.3 to 5.4 points.

Key Words

Posterior tibial translation · Hybrid fixation · Single-bundle technique · Posterior drawer · Tibial aimer

Vorbemerkungen

Das hintere Kreuzband (HKB) ist der wichtigste Stabilisator gegen die posteriore tibiale Translation [1, 2, 4, 5, 7]. Außerdem leistet es zusammen mit dem vorderen Kreuzband (VKB) als zentraler Pfeiler des Kniegelenks einen wichtigen Beitrag für einen physiologischen Ablauf der Roll-Gleit-Bewegung. Aus diesem Grund können chronische Instabilitäten in deutlichen Funktionseinschränkungen resultieren. Aufgrund der veränderten Beanspruchung führen chronische Instabilitäten langfristig zu Knorpelschäden im Femoropatellarge lenk sowie im medialen Kompartiment [17]. Als Folge kann eine posttraumatische Gonarthrose auftreten. Daher empfehlen wir, das HKB bei höhergradigen chronischen Instabilitäten durch ein autologes Sehnen transplantat zu ersetzen. Als höhergradige Instabilität gilt eine posteriore tibiale Translation von > 10 mm.

Arthroskopische Techniken zur Ersatzplastik des HKB wurden von verschiedenen Autoren beschrieben [4, 9, 11–15]. Dabei erfolgt die Anlage des femoralen Tunnels meist über das anterolaterale Portal. Der tibiale Tunnel wird mit einem speziellen Zielgerät unter arthroskopischer Kontrolle über ein zusätzliches posteromediales Portal gebohrt. Die Techniken unterscheiden sich wesentlich in der Wahl der Transplantate und der Rekonstruktion.

Als autologe Sehnen transplantate stehen die Patellarsehne, die Quadrizepssehne sowie die Beugesehnen (Ansatzsehnen des Musculus semitendinosus und Musculus gracilis) zur Verfügung. Die Verwendung der Patellarsehne ist bei der Rekonstruktion des HKB mit einigen Nachteilen verbunden. Der Einzug eines Patellarsehnen transplantats mit Knochenblöcken ist problematisch, da der Knochenblock um den spitzen Winkel

am gelenkseitigen Ausgang des tibialen Tunnels gelenkt werden muss. Eine Metaanalyse zum Ersatz des VKB hat gezeigt, dass die Verwendung von Patellarsehnentransplantaten mit einer erhöhten „Entnahmemorbidität“ (Inzidenz patellofemorale Krepitationen, Schmerzen beim Knien) verbunden ist [3]. Außerdem hat eine klinische Studie ergeben, dass die Transplantatentnahme aus dem Streckapparat zur fixierten hinteren Schublade führen kann [16]. Von einer fixierten hinteren Schublade spricht man, wenn das Kniegelenk aus der hinteren Schublade nicht in die Neutralposition gebracht werden kann. Aus diesen Gründen empfehlen wir zur arthroskopischen Rekonstruktion des HKB die Sehnen des Musculus gracilis und Musculus semitendinosus.

Funktionell besteht das HKB aus zwei Bündeln, einem sehr kräftigen anterolateralen Bündel und einem deutlich schwächeren posteromedialen Bündel [1, 6, 7]. Im Schrifttum werden Einzel- und Doppelbündelrekonstruktionen zum Ersatz des VKB beschrieben [9, 12, 13]. Eine biomechanische Studie hat gezeigt, dass die posteriore tibiale Translation mit Techniken, die beide Bündel rekonstruieren (Doppelbündelrekonstruktion), besser wiederhergestellt werden kann als mit der Einzelbündeltechnik [10]. Dies gilt jedoch nur für isolierte hintere Instabilitäten.

Wir bevorzugen aus verschiedenen Gründen die Einzelbündelrekonstruktion für die operative Therapie hinterer Instabilitäten. Der augenscheinlichste Vorteil der Einzelbündeltechnik besteht darin, dass sie weniger zeitaufwendig als eine Doppelbündelrekonstruktion ist [14]. Das kann gerade bei komplexen Instabilitäten von Vorteil sein. Das Hauptargument für eine Einzelbündeltechnik liegt jedoch in der Biomechanik kombinierter Instabilitäten des HKB und der posterolateralen Strukturen. Biomechanische Studien haben gezeigt, dass das HKB vor allem in Beugung gegen die posteriore tibiale Translation stabilisiert [1, 2, 5]. In Streckung lässt die Funktion des HKB nach, und die posterolateralen Strukturen übernehmen die Funktion der primären Stabilisatoren gegen die posteriore tibiale Translation. Das kräftige anterolaterale Bündel ist maximal in 90° Beugung gespannt und damit der Hauptstabilisator gegen die posteriore tibiale Translation in dieser Stellung [1, 2, 5]. Das dünnere posteromediale Bündel spannt sich in Streckung an [1]. Aus diesem Grund ist bei kombinierten Instabilitäten die Rekonstruktion der posterolateralen Strukturen wichtiger als der Ersatz des posteromedialen Bündels. Diese Hypothese wird durch eine biomechanische Studie bestätigt [2], in welcher der Einfluss von Doppel- und Einzelbündelrekonstruktion auf die hintere Stabilität bei kombinierten Verletzungen

des HKB und der posterolateralen Gelenkecke untersucht wurde. In dieser Studie konnte kein Unterschied zwischen Einzel- und Doppelbündelrekonstruktion festgestellt werden [2]. Da in der Mehrzahl der Fälle Verletzungen der posterolateralen Gelenkecke vorliegen [5], favorisieren wir in der klinischen Praxis den isolierten Ersatz des anterolateralen Bündels [8, 14]. Dabei werden die Reststrukturen des HKB (posteromediales Bündel und meniskofemorale Bänder) möglichst erhalten.

Ziel dieses Beitrags ist es, eine standardisierte Technik zum Ersatz des HKB vorzustellen [14]. Sie kommt mittlerweile in verschiedenen Zentren zur Anwendung und hat sich in der klinischen Praxis bewährt.

Operationsprinzip und -ziel

Ersatz des HKB mit einem autologen Sehnentransplantat, um die erhöhte posteriore tibiale Translation zu vermindern und die physiologische Kinematik des Kniegelenks so weit wie möglich wiederherzustellen.

Vorteile

- Keine Affektion des Streckapparats als Agonist zum HKB.
- Beugesehnentransplantate lassen sich arthroskopisch leichter einziehen als Transplantate mit einem Knochenblock (Patellarsehne).
- Weniger Entnahmemorbidität als nach Entnahme von Patellarsehnentransplantaten.
- Kürzere Operationszeit als bei der technisch aufwendigeren Doppelbündeltechnik.
- Geringere Kosten als bei der Doppelbündeltechnik, da weniger Implantate zur Fixation notwendig sind.
- Keine Umlagerung des Patienten im Vergleich zur offenen Inlaytechnik mit Patellarsehnentransplantaten erforderlich.
- Kombination mit Eingriffen am VKB sowie mit Rekonstruktionen der posterolateralen Gelenkecke möglich.
- Das geschlossene Zielgerät ermöglicht eine sichere Platzierung des Kirschner-Drahts zur Anlage des tibialen Kanals.

Nachteile

- Technisch anspruchsvolle Operation für einen in der arthroskopischen Chirurgie nicht geübten Operateur.
- Aufwendige und langwierige Rehabilitation.

Indikationen

- Hintere Instabilitäten mit einer Seitendifferenz in der posterioren tibialen Translation von > 10 mm (gemessen auf gehaltenen seitlichen Röntgenaufnahmen mit 15 kp posterior gerichteter Kraft; Abbildung 1).
- Hintere Instabilitäten mit einer posterioren tibialen Translation von < 10 mm mit positivem Brace-Test (Applikation einer beweglichen Orthese für das HKB über einige Wochen führt zur Beschwerdefreiheit).
- Komplexe Kniebandverletzungen mit Ruptur des VKB und HKB sowie der posterolateralen oder posteromedialen Gelenckecke in Kombination mit weiteren rekonstruktiven Eingriffen.

Kontraindikationen

- Großflächige Weichteilverletzung am Kniegelenk.
- Lokale Infektion im Bereich des Kniegelenks.

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken: Thrombose, Embolie, Infektion-, Gefäß- und Nervenverletzungen. Risiko von Gefäß- und Nervenverletzungen im Bereich der Fossa poplitea durch die Präparation des tibialen Bohrkanaals.
- Verletzung des Ramus infrapatellaris des Nervus saphenus mit Sensibilitätsstörung im Bereich der Tuberositas tibiae.
- Rezidivinstabilität.
- Sehr aufwendige und konservative Rehabilitation (6-wöchige Immobilisation in Extension, in den ersten 6 Wochen Krankengymnastik nur in Bauchlage, für 6 Wochen 20 kg Wechsel- und Teilbelastung mit 20 kg Teilkörpergewicht).
- Schwellung des Unterschenkels durch Austritt von Spülflüssigkeit.

Operationsvorbereitungen

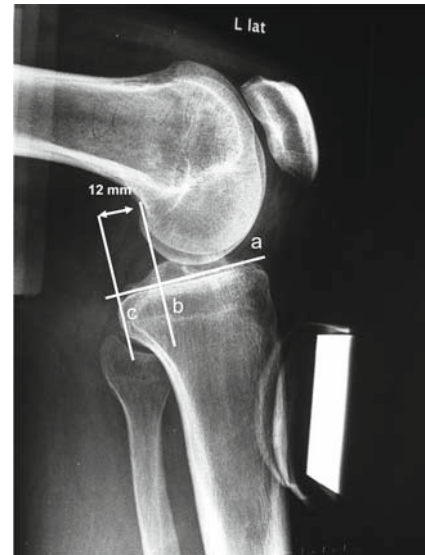
- Rasur und Markierung des verletzten Kniegelenks.
- Die präoperative Antibiose beginnt 1 h vor der Operation.

Instrumentarium und Implantate

- Arthroskop mit hochauflösender Kamera.
- Lichtkabel und Dokumentationssystem.
- Trokar mit Wasserzu- und -ablauf.
- Motorbetriebener Synovialresektor.
- Korbschere.
- Bohrmaschine.
- Kirschner-Draht zum Überbohren.

Abbildung 1

Um die Indikation zur arthroskopischen Ersatzplastik des HKB zu stellen, sind gehaltene Aufnahmen erforderlich. Sie werden im seitlichen Strahlengang bei 90° gebeugtem Kniegelenk mit einem Telos-Gerät angefertigt (15 kp posterior gerichtete Kraft). Zur Bestimmung der posterioren tibialen Translation wird eine Linie im Verlauf des Tibiaplateaus eingezeichnet (Linie a). Im rechten Winkel zu dieser Linie werden die hintere Begrenzung der Femurkondylen (Linie b) und die Hinterkante des Tibiaplateaus (Linie c) eingezeichnet [8]. Der Abstand beider Linien ergibt die posteriore tibiale Translation in Millimeter. Dabei muss der Vergrößerungsfaktor der Röntgenaufnahme berücksichtigt werden.



- Kanülierte Bohrer, Größen 4,5–11 mm.
- Geschlossenes Zielgerät zur Anlage des tibialen Kanals für die HKB-Ersatzplastik (Fa. Karl Storz, Tuttlingen) in drei verschiedenen Ausführungen (linksgebogen, gerade und rechtsgebogen; Abbildung 2).
- Raspatorium zur Präparation der tibialen Insertion (Fa. Karl Storz).

Abbildung 2

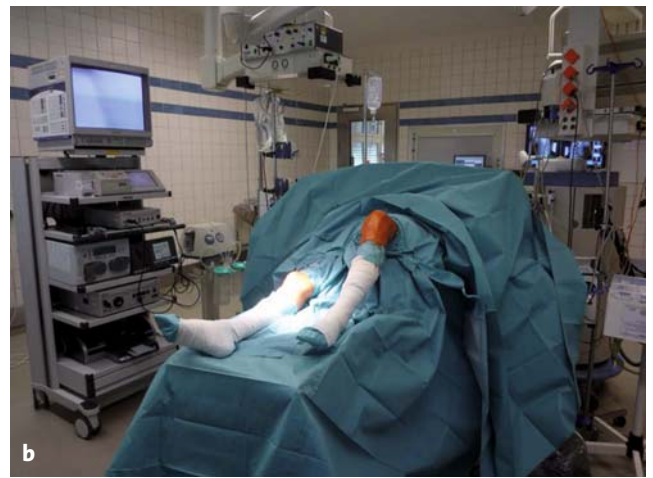
Das geschlossene Zielgerät zur Anlage des tibialen Kanals für die HKB-Ersatzplastik (Fa. Karl Storz, Tuttlingen) existiert in drei verschiedenen Ausführungen (linksgebogen, gerade und rechtsgebogen).



- Elevatorium für den Einzug des HKB-Transplantats (Fa, Karl Storz).
- Ahle mit Öse zum Einbringen der Fadenschleufe (Fa. Karl Storz).
- Präparationsbrett für das Sehnenstransplantat.
- Sehnenstripper.
- Messblock zur Bestimmung des Sehnenquerschnitts.
- Kippanker (z.B. „flipp tack“, Fa. Karl Storz).
- Fixationsknopf für die Tibia (z.B. Endotack, Fa. Karl Storz).
- Resorbierbare Interferenzschraube mit Perforationen (z.B. Megafix P, Fa. Karl Storz).
- Kordel aus geflochtenem Polyesterfaden mit 1 mm Durchmesser zur Verbindung von Transplantat und „flipp tack“ sowie zum Einzug des Transplantats (z.B. Ethibond 1 mm).
- Geflochtener Polyesterfaden der Stärke 3 zur distalen Armierung des Transplantats.

Anästhesie und Lagerung

- Allgemein- oder Spinalanästhesie.
- Rückenlagerung. Die Rekonstruktion des HKB erfolgt in 90°-Beugung.
- Ein beweglicher elektrischer Beinhalter erleichtert die Operation (Abbildung 3a). Er erlaubt eine sichere Fixation des Beins und die Einstellung verschiedener Beugewinkel, was bei Kombinationseingriffen mit zusätzlicher posterolateraler Rekonstruktion oder Rekonstruktion des VKB sinnvoll sein kann.
- Der Operateur befindet sich in sitzender Position vor dem Kniegelenk.
- Desinfektion und Abdeckung beider Beine bei Verdacht auf Begleitinstabilität der posterolateralen Gelenkecke (Abbildung 3b).
- Der Unterschenkel sollte mit einer sterilen elastischen Binde gewickelt werden. So kann verhindert werden, dass die Spülflüssigkeit Schwellungen des Unterschenkels verursacht (Abbildung 3b).



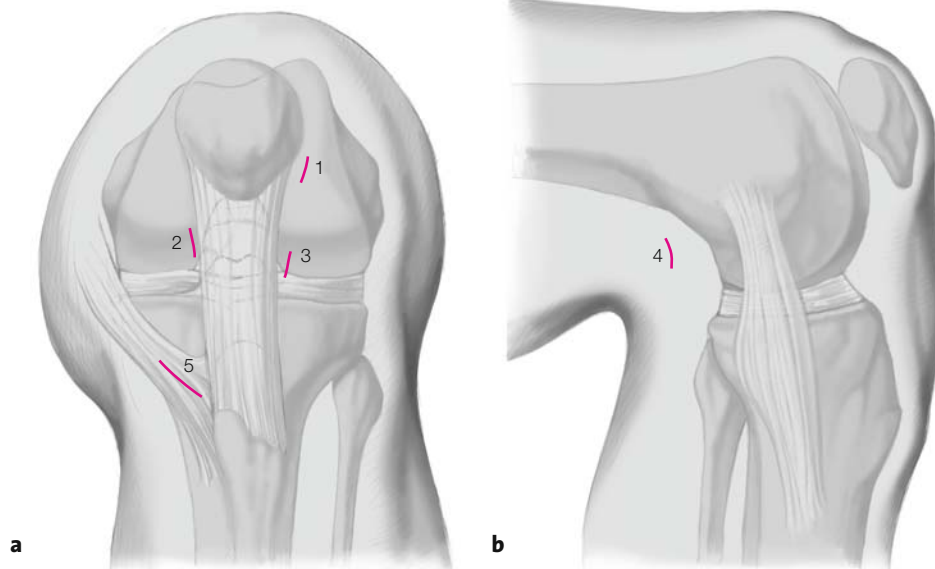
Abbildungen 3a und 3b

Das Bein wird in einem beweglichen elektrischen Beinhalter gelagert (a). Bei zusätzlicher posterolateraler Instabilität wer-

den beide Beine abgedeckt und desinfiziert, um dort Sehnenmaterial für die posterolaterale Rekonstruktion zu entnehmen (b).

Operationstechnik

Abbildungen 4 bis 19



Abbildungen 4a und 4b

Zur arthroskopischen Ersatzplastik des HKB werden vier arthroskopische Zugänge zum Kniegelenk benötigt (a, b, 1–4). Die Sehnenentnahme erfolgt über einen ca. 3 cm langen Schrägschnitt ca. 1 cm distal und medial der Tuberositas tibiae (s.a. Abbildung 5a). Über diesen Zugang wird auch die Bohrung des tibialen Tunnels vorgenommen.

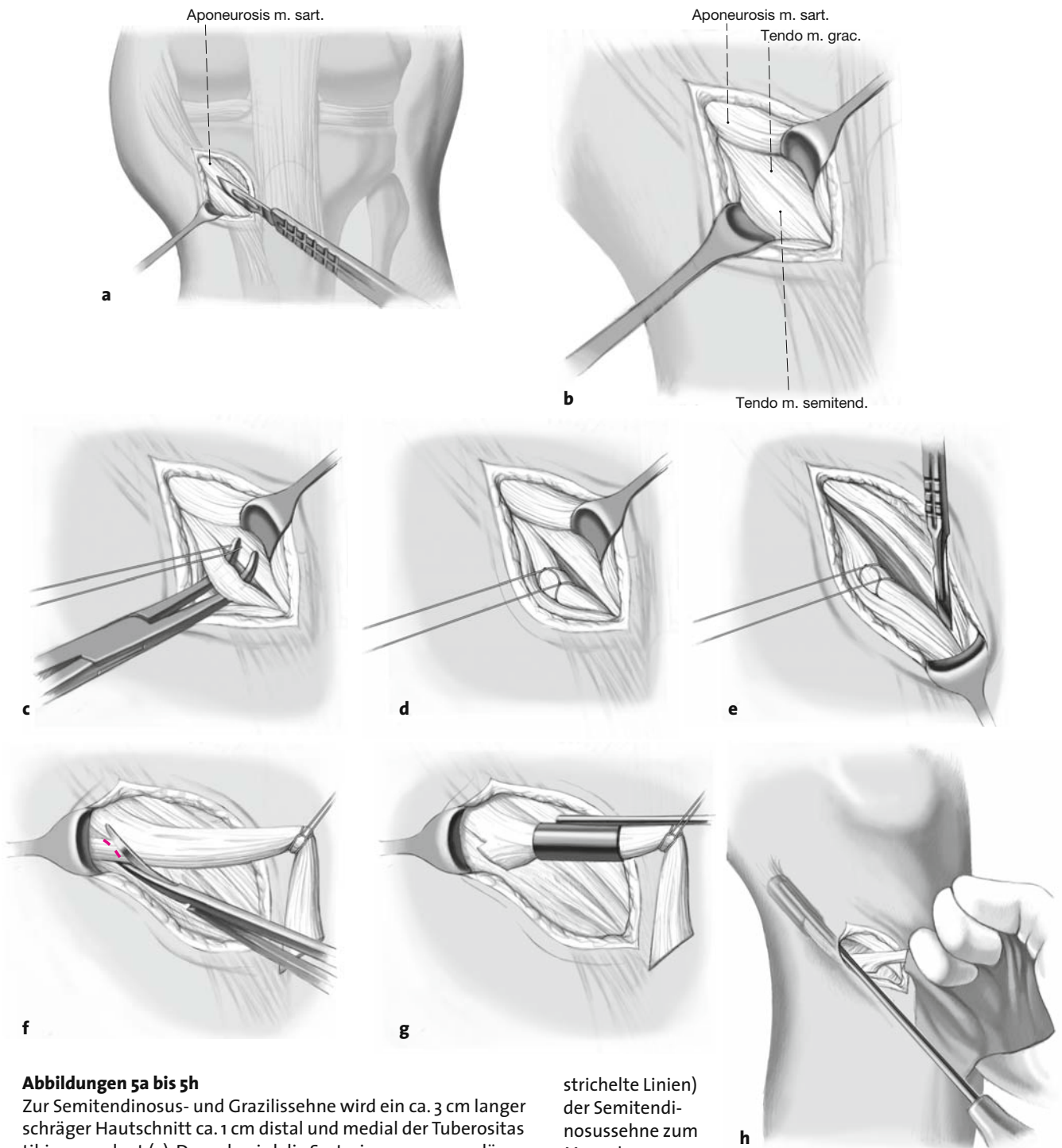
Das Arthroskop wird über ein hohes anterolaterales Portal (1) eingebracht, welches eine gute Übersicht ermöglicht, ohne dass sich Teile des Hoffa-Fettkörpers vor das Arthroskop schieben können.

Der mediale Arbeitszugang liegt direkt medial der Patellarsehne. Über dieses Portal erfolgen die Präparation des femoralen Ansatzes des HKB sowie das Einbringen des Zielgeräts für den tibialen Bohrkanal. Daher sollte es möglichst nahe an der Patellarsehne liegen.

Über ein tiefes anterolaterales Portal (3) wird der femorale Tunnel gebohrt. Dieser Zugang befindet sich knapp über dem Vorderhorn des Außenmeniskus. Er sollte nicht zu weit lateral liegen, damit der Bohrer nicht den Knorpel des lateralen Femurkondylus verletzt. Liegt der Tunnel hingegen zu weit medial, wird der Tunneleingang oval.

Über ein posteromediales Portal (4) wird die tibiale Insertion des HKB präpariert.

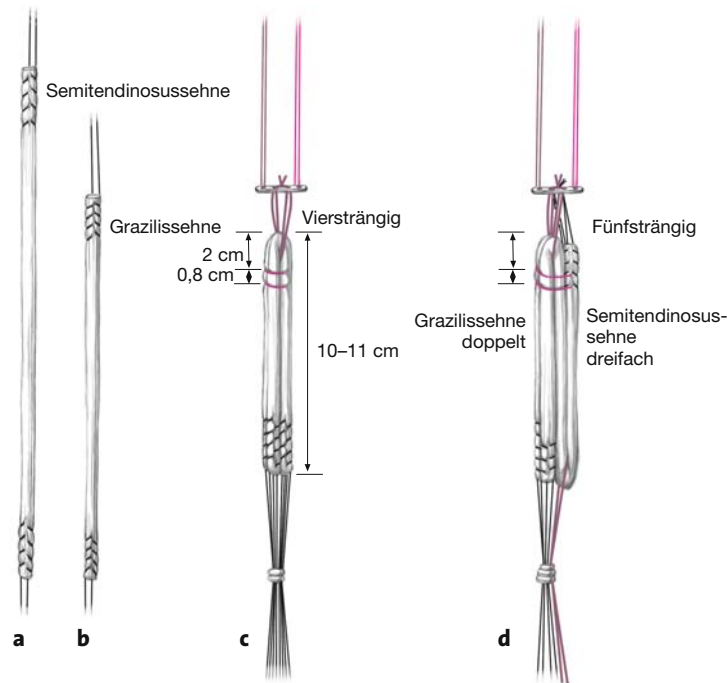
Über ein Portal medial der Patellarsehne erfolgt das Einbringen des tibialen Zielgeräts (2). Über eine 3 cm lange Inzision medial per Tuberositas tibiae werden die Sehnen entnommen (4). Eine präzise und gezielte Anlage der Portale ist Voraussetzung für einen ungestörten Operationsverlauf. Aus diesem Grund werden alle Zugänge mit der Kanülentechnik angelegt (s. a. Abbildung 9).



Abbildungen 5a bis 5h

Zur Semitendinosus- und Gracilissehne wird ein ca. 3 cm langer schräger Hautschnitt ca. 1 cm distal und medial der Tuberositas tibiae angelegt (a). Danach wird die Sartoriusaponeurose längs gespalten. Nach Spaltung der Sartoriusfaszie werden die Sehnen der Musculi semitendinosus und gracilis sichtbar (b). Zuerst wird die kaudal gelegene Sehne des Musculus semitendinosus mit einer Overholt-Klemme unterfahren (c) und mit einer Fadenschleife umschlungen (c, d). Danach wird die Sehne mit einem Skalpell am Ansatz im Bereich der Tuberositas tibiae abgelöst (e). Mit einer Schere werden die Verbindungen (ge-

strichelte Linien) der Semitendinosussehne zum Musculus gastrocnemius getrennt (f). Dabei wird die Sehne an der Fadenschleife gehalten. Anschließend wird die Sehne mit Hilfe der Fadenschleife in ein rundes Sehnenmesser („Sehnenstripper“) geführt (g) und durch langsames Vorschieben parallel zur Oberschenkelachse entnommen. Dabei wird die Sehne mit einer feuchten Kompresse gehalten (h). Danach wird die Ansatzsehne des Musculus gracilis auf gleiche Weise entnommen.

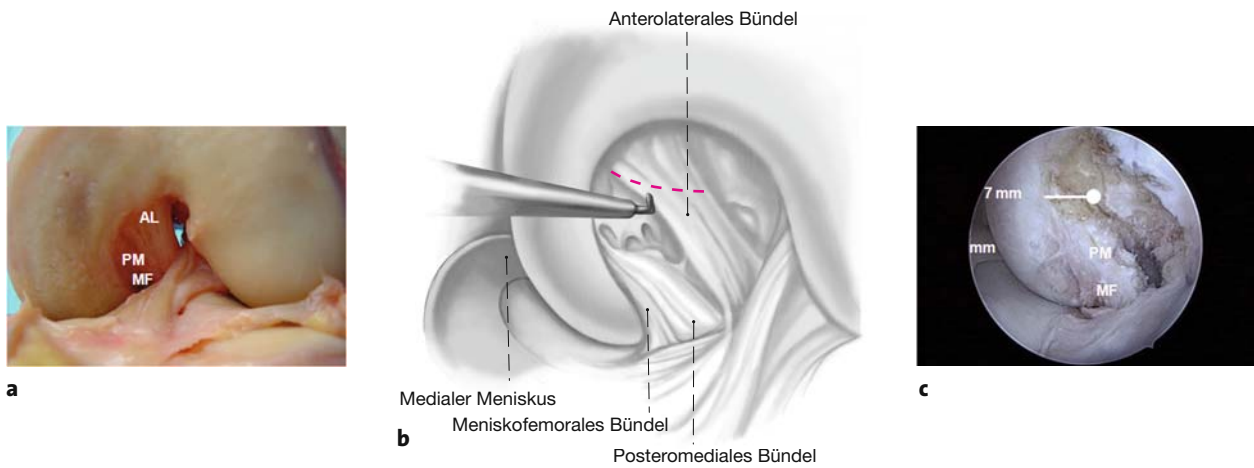


Abbildungen 6a bis 6d

Für das HKB-Transplantat werden immer die Semitendinosus- und die Grazilissehne verwendet. Die Transplantatpräparation erfolgt auf einem speziellen Präparationsbrett (a). Zunächst werden die Transplantate von Muskelgewebe befreit; dann werden die Sehnen so gekürzt, dass ein Transplantat mit einer Länge von ca. 10–11 cm präpariert werden kann (b). Die Sehnen werden in die beiden Klemmen des Präparationsbretts eingespannt und jeweils über eine Strecke von 2–3 cm mit einer „Baseball“-Naht armiert (Nahtmaterial wie geflochtener Polyesterfaden [z.B. Ethibond] der Stärke 3; b). Diese Nähte dienen später der Fixation des Transplantats an der Tibia. Aus diesem Grund sollten sie nie mit scharfen Klemmchen gehalten werden. Danach wird die Semitendinosussehne je nach Länge entweder doppelt oder dreifach gelegt und so mit der Grazilissehne zusammen ein Vier- oder Fünf-Bündel-Transplantat präpariert (c, d). Mit dreifach gelegter Semitendinosussehne lässt sich ein größerer Transplantatdurchmesser erzielen. Die Transplantatdurchmesser variieren zwischen 7 und 9 mm. Am Ende, das im femoralen Tunnel zu liegen kommt, wird das Transplantat über eine doppelt gelegte, 1 mm dicke Polyesterkordel (z.B. Ethibond) mit einem Kippanker verbunden. Diese

Kordel wird durch die Doppelschleufe des Transplantats und die inneren Löcher des Kippankers geführt. Die Länge richtet sich nach der Tunnellänge. Das Transplantat sollte auf einer Strecke von 20 mm im Tunnel liegen. Bei einem Fünf-Bündel-Transplantat wird das Ende des fünften Bündels mit dem Armierungsfaden (geflochtener Polyesterfaden der Stärke 3) am Kippanker fixiert (d). Zur Einstellung der Länge der Verbindungskordel wird der Kippanker in einer speziellen Halterung am Präparationsbrett befestigt. Die Einstellung der Kordellänge erfolgt entsprechend der gemessenen Länge des femoralen Kanals. Es wird angestrebt, das Transplantat auf einer Strecke von ca. 20 mm im femoralen Kanal zu verankern. (Beispiel: Bei einer Gesamtkanallänge von 35 mm muss die Kordel 15 mm lang sein.)

Die distalen Armierungsfäden werden durch einen Metallknopf für die tibiale Fixation geführt (Endotack). Am femoralen Ende wird das Transplantat mit zwei Markierungen versehen (c, d), wovon eine den im femoralen Tunnel verbleibenden Teil des Transplantats (20 mm) und die andere die zum Kippen des Ankers erforderliche Strecke (8 mm) kennzeichnet.

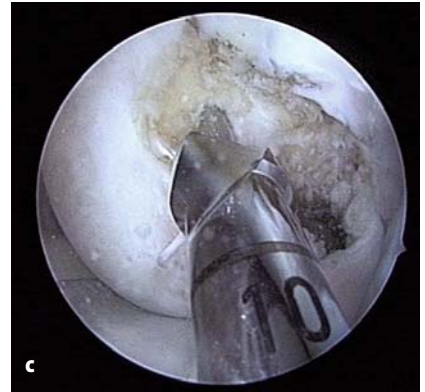
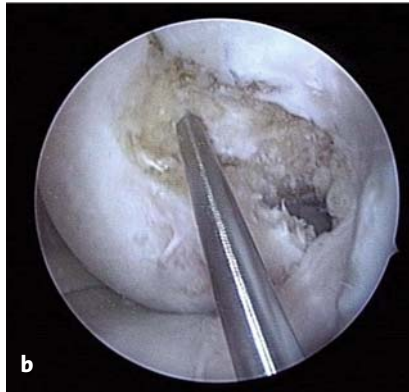


Abbildungen 7a bis 7c

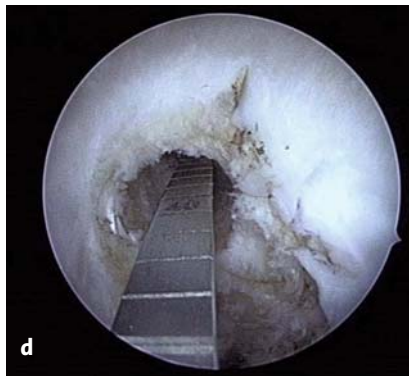
Bei der hier beschriebenen Einzelbündeltechnik wird nur das anterolaterale Bündel des HKB ersetzt. Die restlichen Anteile des HKB (posteromediales Bündel, vorderes und hinteres meniskofemorales Band) werden erhalten.

Das anterolaterale Bündel inseriert am medialen Femurkondylus im vorderen Anteil der Fossa intercondylaris [6,7] (a). In 90°-Beugung liegt die Insertion des anterolateralen Bündels (AL) oberhalb der Insertion des posteromedialen Bündels (PM) und des vorderen meniskofemorales Bandes (MF).

Die Präparation der femoralen Insertion erfolgt mit einem motorgetriebenen Synovialresektor oder einem elektrischen Schneidegerät (b). Damit werden die anterolateralen Anteile des HKB reseziert. Das posteromediale Bündel und das anteriore meniskofemorales Band werden belassen. Mit dem Synovialresektor wird dann eine Verbindung zum posteromedialen Kompartiment geschaffen (s. getrichelte Linie, b). Der Abstand des Mittelpunkts der Insertion des anterolateralen Bündels zur Knorpel-Knochen-Grenze beträgt ca. 7 mm (c).



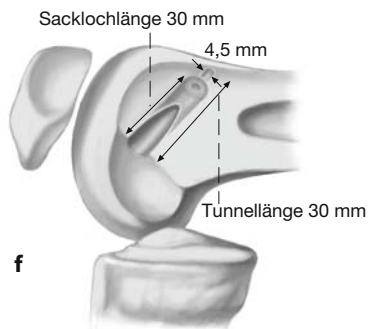
4,5-mm-Bohrer



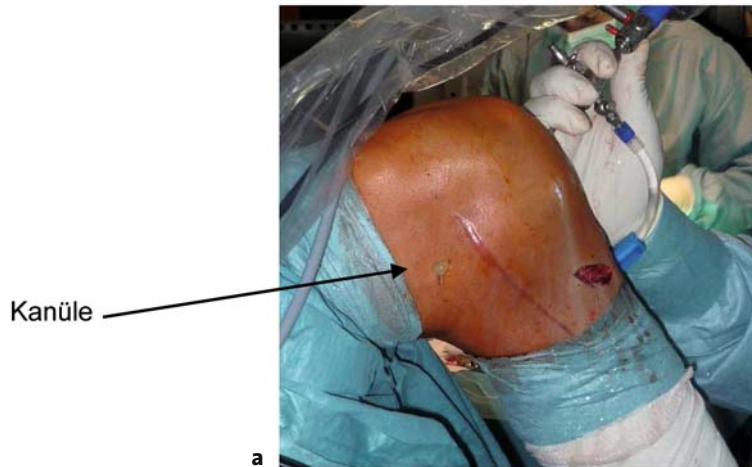
Größerer Bohrer nach Transplantatdurchmesser

Abbildungen 8a bis 8f

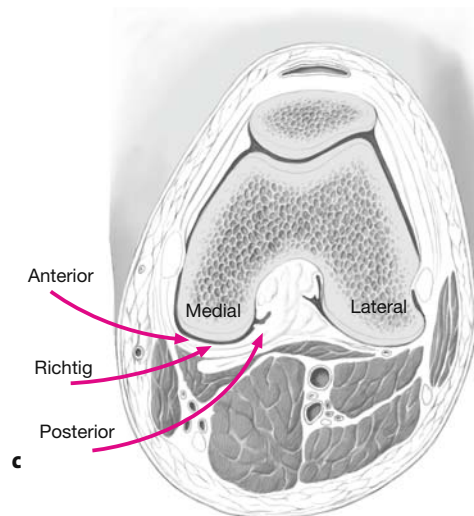
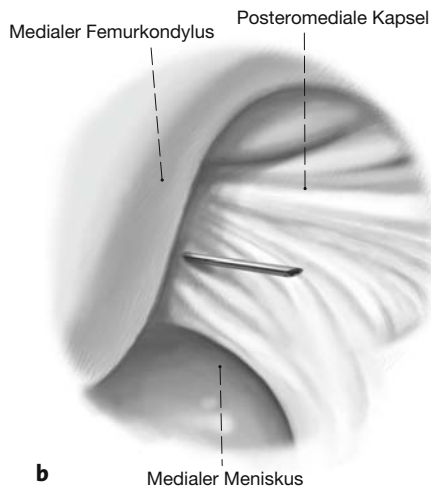
Nach Entfernung der Fasern des anterolateralen Bündels wird über das tiefe anterolaterale Portal ein Kirschner-Draht in das Gelenk eingebracht (a) und im Mittelpunkt der Insertion des anterolateralen Bündels ca. 7 mm von der Knorpelgrenze entfernt platziert (b). Liegt der Kirschner-Draht korrekt, wird er mit einem kanülierten Bohrer (Durchmesser 4,5 mm) überbohrt (c). Die Eindringtiefe kann am Bohrer abgelesen werden. Danach wird die Länge des Tunnels mit einem speziellen Messgerät bestimmt (d). Die Tunnellänge variiert zwischen 30 und 45 mm. Anschließend wird der Kirschner-Draht erneut in den Tunnel geschoben und das Sackloch mit einem kanülierten Kopfbohrer gebohrt (e). Der Durchmesser des Bohrers entspricht dem Transplantatdurchmesser. Die Länge des Sacklochs beträgt ca. 25–30 mm (f). Die Eindringtiefe kann auf dem Bohrer abgelesen werden. Schematische Darstellung des femoralen Tunnels (f). Das Sackloch ist ca. 8 mm länger als die Verankerungsstrecke des Transplantats, da das Transplantat für das Kippen des Kippankers weiter in den Tunnel hereingezogen werden muss. Beim Bohren des femoralen Tunnels besteht die Gefahr, den Knorpel des lateralen Femurkondylus zu verletzen. Dies sollte bei der Anlage des Bohrportals beachtet werden.



Arthroskop im hohen anterolateralen Portal



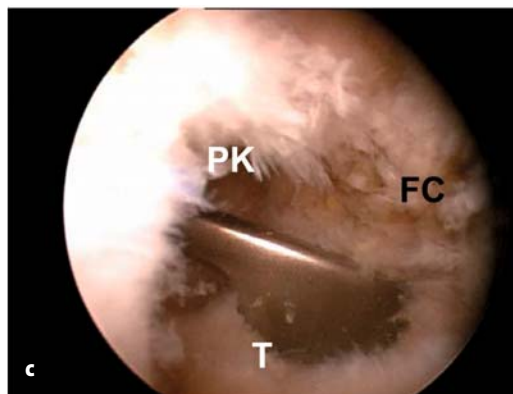
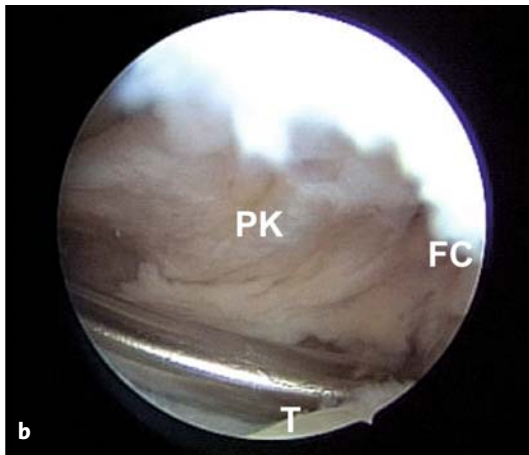
Ansicht von medial



Abbildungen 9a bis 9c

Zur Präparation der tibialen Insertion des HKB wird ein posteromediales Arbeitsportal angelegt (a). Zu diesem Zweck wird das Arthroskop über das hohe anterolaterale Portal durch die nach der Kreuzbandresektion geschaffene Verbindung in das posteromediale Kompartiment geschoben. Durch Drehen der Kamera werden die posteromediale Kapsel, das Innenmeniskushinterhorn und der mediale Femurkondylus dargestellt (b). Die Anlage des posteromedialen Portals erfolgt in Kanülentechnik (b). Das Portal wird mit einer Kanüle simuliert. Liegt die

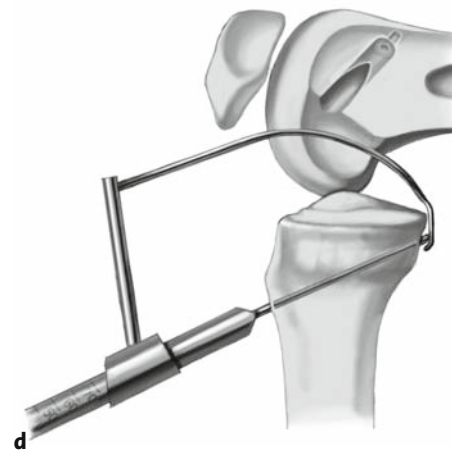
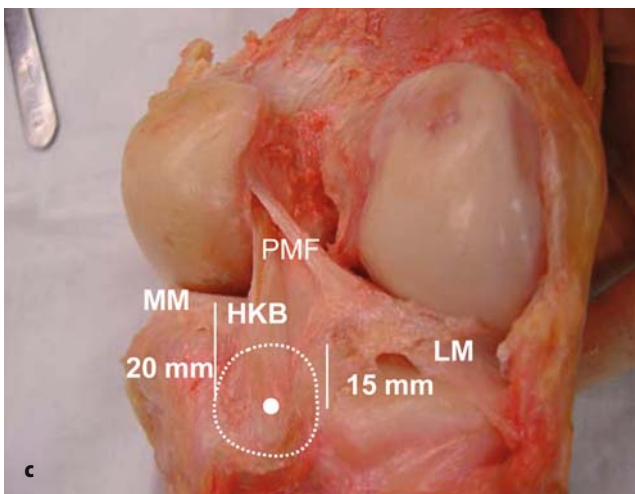
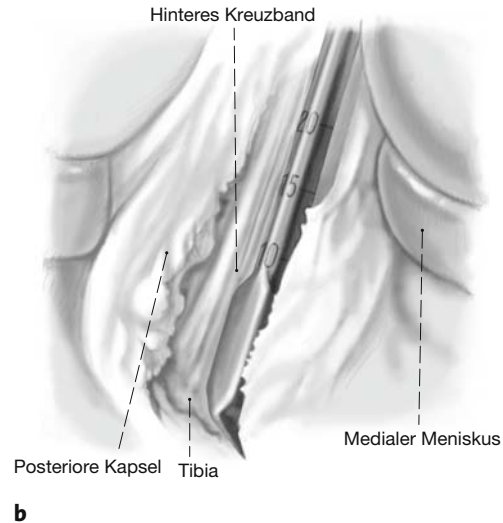
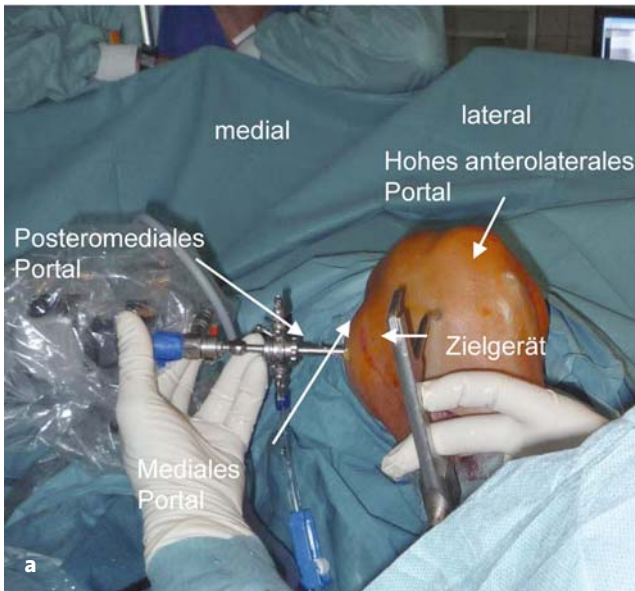
Kanüle richtig, erfolgt die Inzision mit einem Skalpell (Nr. 15). Anschließend werden Subkutangewebe und Kapsel mit einer kleinen Schere gespreizt. Es ist darauf zu achten, dass der posteromediale Zugang nicht zu weit anterior angelegt wird (c). In dem Fall können die Instrumente durch den medialen Femurkondylus und den medialen Tibiakopf abgelenkt werden, und die tibiale Insertion des HKB ist nicht zu erreichen (c). Auch ein zu weit posteriores Einbringen sollte vermieden werden, da ansonsten die Gefahr von Gefäß- und Nervenverletzungen steigt.



Abbildungen 10a bis 10c

Über den posteromedialen Zugang wird zunächst ein Synovialresektor (z.B. Full Radius Resector, 4,2 oder 5,5 mm) am medialen Femurkondylus (FC) vorbeigeführt, gefolgt von einer partiellen Synovialektomie im Bereich der Insertion des HKB an der Tibia (T) sowie einer Resektion des tibialen Kapselansatzes (posteriore Kapsel [PK]; a, b). Dabei liegt das Arthroskop weiterhin im anterolateralen Zugang (s. Abbildung 10a). Durch Rotation des Lichtkabels wird das Arthroskop so eingestellt, dass der

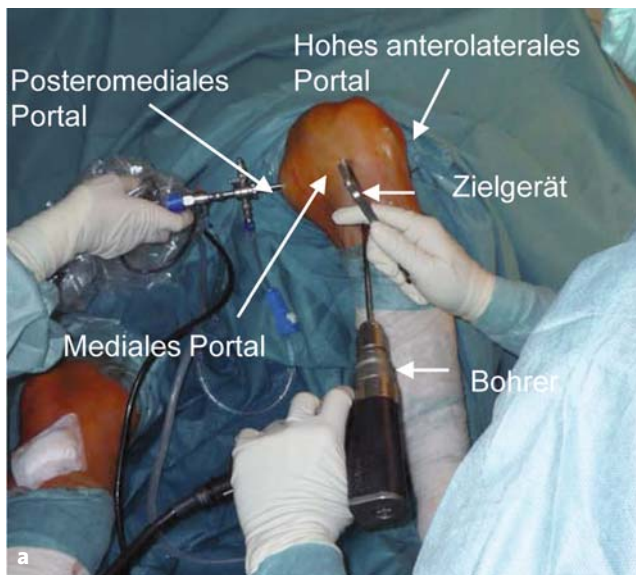
tibiale Ansatz des HKB sichtbar wird. Bei chronischen Instabilitäten liegen oft Adhäsionen vor. In diesen Fällen kann es sinnvoll sein, das Narbengewebe mit einem speziellen Raspatorium (Fa. Karl Storz) nach kaudal abzuschleifen (c). Die Instrumente sollten mit dem schneidenden Anteil immer dem Knochen der Tibia zugewandt sein und an den Knochen gedrückt werden, da sonst die Gefahr von Gefäß- und Nervenverletzungen besteht.



Abbildungen 11a bis 11d

Das Arthroskop wird in den posteromedialen Zugang geschoben und die tibiale Insertion des HKB inspiziert (a, b). Ist die tibiale Insertion weit genug freipräpariert, wird über den anteromedialen Zugang ein spezielles Zielgerät durch die Fossa intercondylaris in das hintere Kompartiment geschoben und der geschlossene Zielhaken im Bereich des Mittelpunkts der tibialen Insertion der HKB positioniert (a, b). Der Mittelpunkt der Insertion des HKB liegt ca. 15 mm unterhalb des Tibiaplateaus (c). Das Tibiaplateau kann arthroskopisch nur schlecht dargestellt werden. Daher dient die Oberkante der Innenmeniskusbasis als Landmarke zur Platzierung des Zielgeräts. Der Zielhaken sollte ca. 20 mm unterhalb des Oberrandes des medialen Meniskus (MM) liegen. Außerdem ist darauf zu achten, dass das Zielgerät mittig der Tibia angelegt wird. Als Orientierung dient der Stumpf des HKB, da die tibialen Anteile des Bandes nahezu immer erhalten sind. PMB=Posteriores menisiofemorales Band, LM=Lateraler Meniscus.
Das Zielgerät gibt es in drei verschiedenen Ausführungen (s. Abbildung 2): Linksgebogener Zielarm, gerader Zielarm und rechtsgebogener Zielarm. Die gebogenen Versionen könnten

sinnvoll sein, um den Zielhaken am verbleibenden VKB und an den Resten des HKB (posteromediales Bündel) vorbeizuschleiben. Der Zielhaken des Zielgeräts ist geschlossen, damit der Kirschner-Draht für die Führung des Bohrers nicht in die Fossa poplitea vordringen kann. An der Führungshülse des Zielgeräts, die ohne starken Druck über die Inzision der Sehnenentnahme auf die anteromediale Tibia vorgeschoben wird, kann die Länge des tibialen Tunnels abgelesen werden (d). Diese Information ist wichtig, um die Länge des Bohrdrachts einzustellen. Unter arthroskopischer Sicht über das posteromediale Portal wird der Kirschner-Draht vorsichtig durch die Tibia gebohrt, bis er am Zielhaken anschlägt (d). Es sollten dennoch immer neue Kirschner-Drähte verwendet werden. Durch vorherigen Gebrauch verbogene Kirschner-Drähte können unbemerkt in die Fossa poplitea abweichen und zu Gefäß- und Nervenverletzungen führen. Der Abstand von der Bohrspitze zur Zielhülse des Zielgeräts sollte ca. 0,5 cm länger sein als die erwartete Länge des tibialen Kanals. So kann der Operateur einerseits den Anschlag des Zielgeräts am Zielhaken spüren. Andererseits kann der Kirschner-Draht nicht zu weit in die Fossa poplitea vordringen.



Abbildungen 12a und 12b

Erst nach arthroskopischer Lagekontrolle des Kirschner-Drahts wird der Zielbügel wieder auf dessen Spitze vorgeschoben, und der tibiale Tunnel wird mit dem entsprechenden Bohrer gebohrt (a). Dazu wird das Zielgerät auf der Spitze des Kirschner-Drahts nach lateral rotiert.

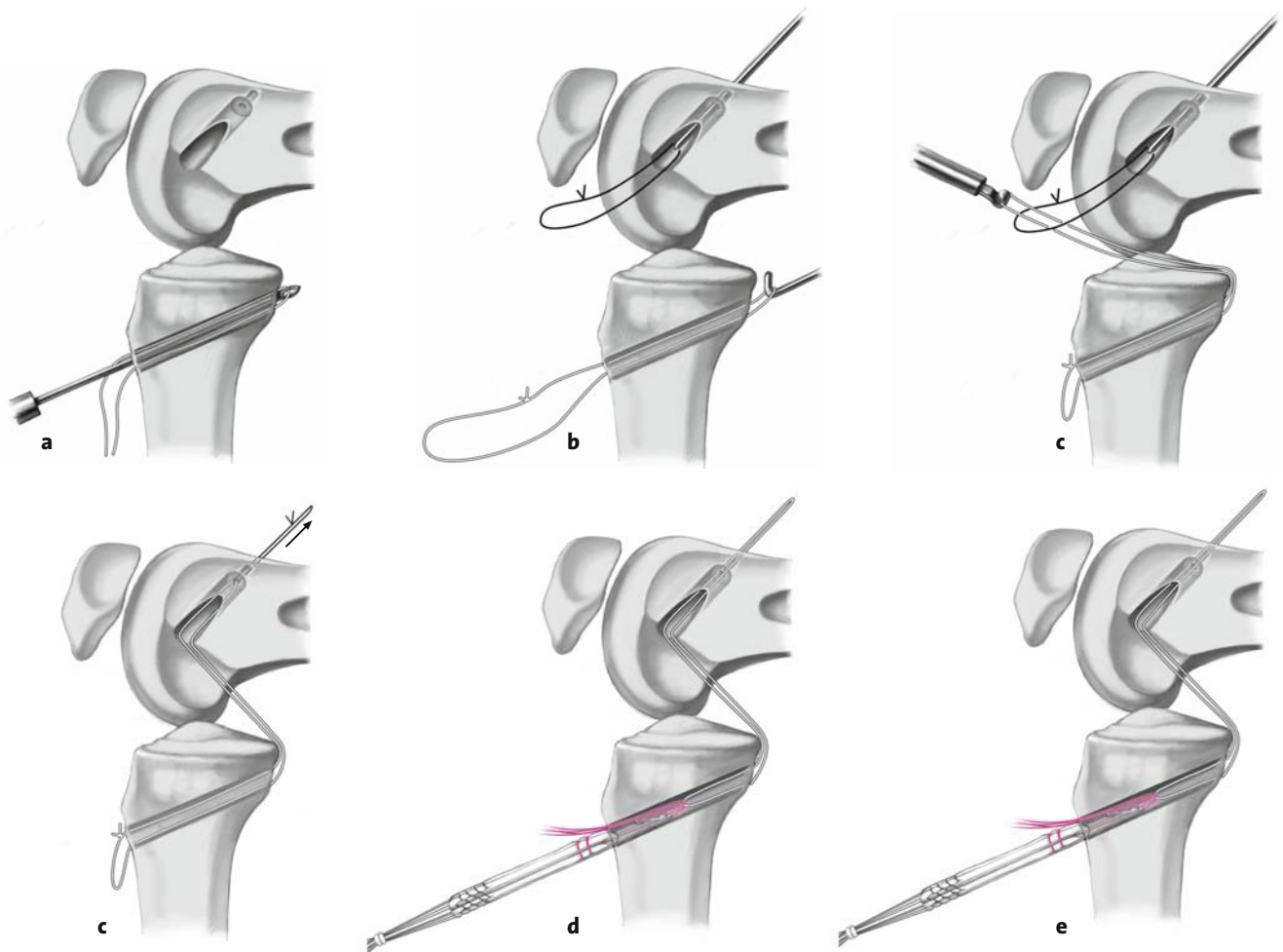
Der Durchmesser des Bohrers richtet sich nach dem Transplantatdurchmesser. Zur Erleichterung des Durchzugs empfehlen

wir, den tibialen Tunnel um 0,5 mm größer als den gemessenen Transplantatdurchmesser zu bohren. Während des gesamten Bohrvorgangs sollte sich der Kirschner-Draht auf dem Zielhaken des Zielgeräts befinden, damit er durch den Bohrer nicht in die Fossa poplitea vorgeschoben werden kann (b). Der Austritt des Bohrers wird immer arthroskopisch kontrolliert. Bei Verwendung krummer Bohrdrähte können diese vom Bohrer in die Fossa intercondylaris geschoben werden.

Abbildung 13

Nach dem Bohren des tibialen Kanals wird der Tunneleingang mit einem motorbetriebenen Synovialresektor unter arthroskopischer Sicht debridiert. Dazu wird der Synovialresektor über den tibialen Kanal an den Tunnelausgang geführt. Das Arthroskop befindet sich im medialen Portal.



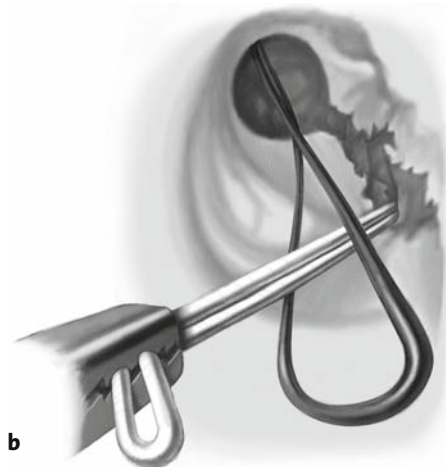
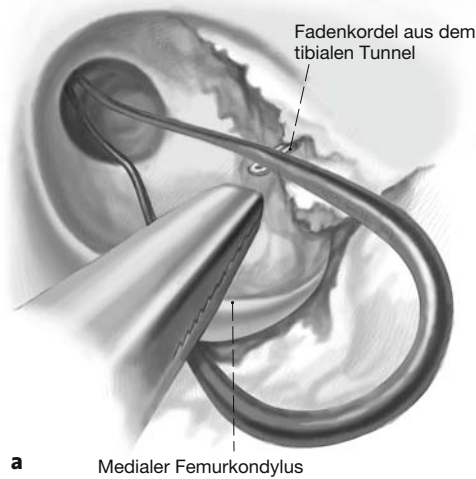


Abbildungen 14a bis 14e

Mit einer Ahle wird eine kräftige Fadenschnur (z.B. 1 mm Polyester, Ethibond) durch den tibialen Tunnel geschoben, bis sie intraartikulär austritt (a). Das Arthroskop liegt dabei im hohen anterolateralen Portal und wird am medialen Femurkondylus vorbei in das hintere Kompartiment geschoben, um den intraartikulären Austritt der Ahle darzustellen. Diese „Zugkordel“ dient dem Einzug des Transplantats.

Ist die Spitze der Ahle sichtbar, wird die Kordel mit einem über das posteromediale Portal eingebrachten Tasthaken gehalten

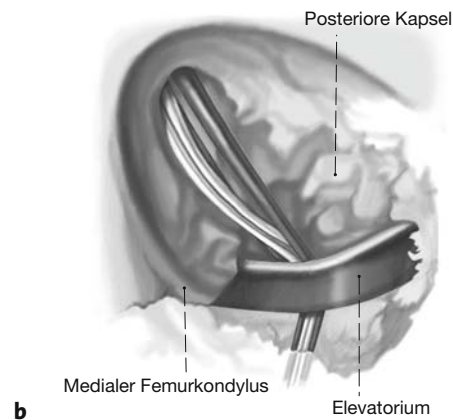
und die Ahle zurückgezogen (a, b). Anschließend wird die Kordel durch einen Knoten zu einer Schlaufe geschlossen (b). Mit einer Faszange wird die Fadenschlaufe gegriffen und in das vordere Kompartiment gezogen (c). Über das tiefe anterolaterale Portal wird anschließend ein Kirschner-Draht mit Fadenschlaufe in den femoralen Tunnel geschoben (c). Über diese Fadenschlaufe wird nun die Zugkordel aus dem femoralen Kanal ausgeleitet (d). Zug- und Kippfaden des Transplantats werden mit der Zugkordel in die Tunnel eingezogen (e).



Abbildungen 15a und 15b

Darstellung des Einzugs der Zugkordel aus arthroskopischer Sicht. Das Arthroskop befindet sich im anterolateralen Portal (a). Der dünnere Faden ist die Schlinge, die mit einem Kirschner-Draht über das tiefe laterale Portal in den femoralen Tun-

nel gezogen wurde. Die Faszazange wird über das mediale Portal eingebracht, durch die dünne Fadenschlinge geführt und die kräftige Zugkordel zeitweise wieder aus dem medialen Portal ausgeleitet (b).



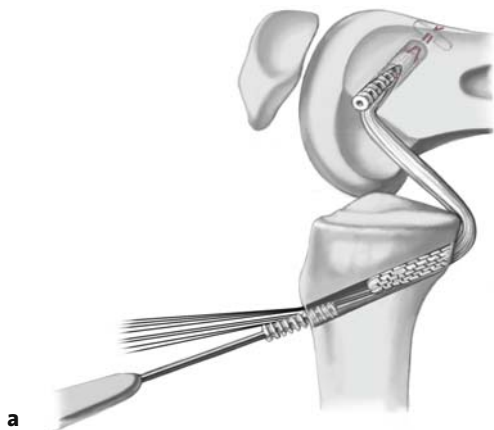
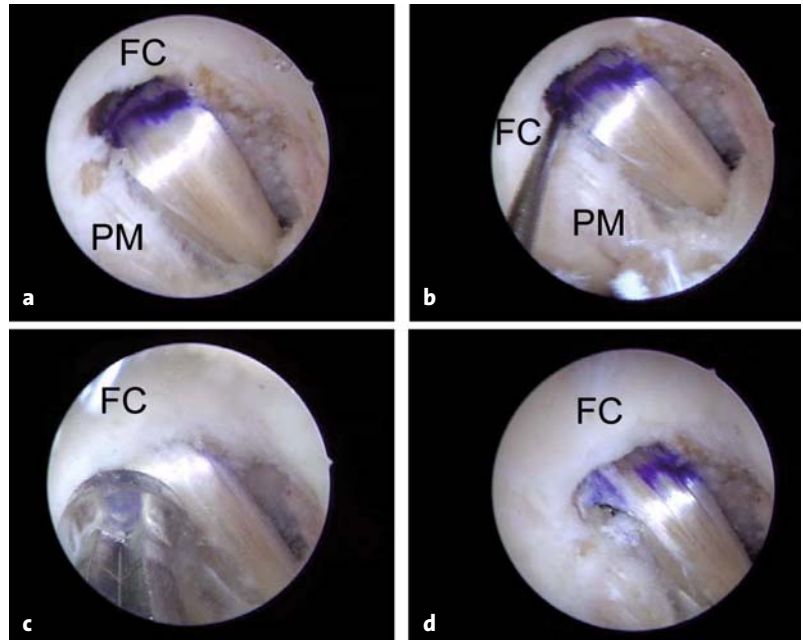
Abbildungen 16a und 16b

Der Transplantateinzug wird erleichtert, indem ein spezielles Elevatorium über das posteromediale Portal vor dem Zugfaden und dem Transplantat platziert wird (a). Mit dem Elevatorium

können Zugfaden und Transplantat nach posterior aus dem Tunnel herausgedrückt werden (b). So wird der Einzug des Transplantats um den scharfen Winkel am Gelenkaustritt des tibialen Tunnels erleichtert.

Abbildungen 17a bis 17d

Sobald das Transplantat bis zur sog. Kippmarkierung eingezogen ist, wird der Kippanker durch Zug am Kippfaden gekippt (FC: Femurkondylus, PM: posteromediales Bündel). Dann wird das Transplantat bis zur zweiten Markierung zurückgezogen (a). Das Gelenk wird nun mehrfach gebeugt und gestreckt, damit sich der Kippanker setzen und das Konstrukt aus Fixationsmaterial und Transplantat dehnen kann. In die vordere Lücke zwischen Transplantat und Tunnelwand kann nun eine resorbierbare Interferenzschraube eingedreht werden (Megafix P). Dazu wird ein dünner Draht in den Spalt zwischen Transplantat und Tunnelwand eingebracht (b). Über diesen Draht wird die Schraube zwischen Transplantat und Tunnelwand platziert (c). Der Schraubendurchmesser sollte 1 mm kleiner als der Tunneldurchmesser sein, um zu hohen Druck auf das Transplantat zu vermeiden. Durch das Eindrehen der Schraube wird das Transplantat im Tunnel nach vorn rotiert (d). Eine zusätzliche Schraubenfixation führen wir am Femur nur noch bei sehr großem Spalt zwischen Transplantat und Knochen durch.



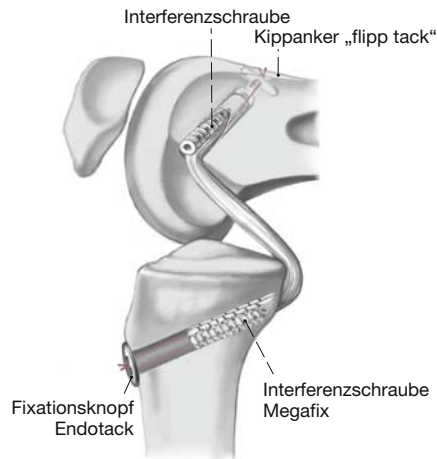
Abbildungen 18a und 18b

Zur tibialen Fixation des Transplantats wird das Kniegelenk in 90°-Beugung durch manuellen Druck auf die Wade in die vordere Schublade gebracht (a). Das Transplantat wird durch Zug an den Haltefäden gespannt, und ein dünner Draht wird zwischen die kaudale Tunnelwand und das Transplantat geschoben (b). Die Spannung kann mit einem Spannungsmesser

kontrolliert werden. Über den Draht wird nun eine resorbierbare Interferenzschraube (z.B. Megafix P) zwischen Transplantat und Tunnelwand gedreht. Die Tiefe der Schraube kann am Schraubendreher abgelesen werden. Die Schraube sollte nie weiter als die vorher gemessene Kanallänge eingedreht werden.

Abbildung 19

Die Fixation erfolgt auch tibial in Hybridtechnik [18, 19]. Nach Eindrehen der Interferenzschraube werden die Haltefäden über einen Fixationsknopf aus Titan (Endotack) verknötet. Eine intraartikuläre Redon-Drainage wird gelegt. Es folgen der Wundverschluss und die Anlage eines Kompressionsverbands. Noch im Operationssaal wird dem Patienten eine PTS®-Schiene angelegt.



Besonderheiten

- Bei posterolateralen Instabilitäten wird vor der tibialen Fixation zunächst eine posterolaterale Rekonstruktion vorgenommen (s. Beitrag „Posterolaterale Rekonstruktion nach Larson“ von Zantop & Petersen in diesem Heft). Wir führen eine posterolaterale Rekonstruktion mit autologer Semitendinosussehne in der Technik nach Larson durch. Erst nach Fixation der posterolateralen Rekonstruktion in 70°-Beugung erfolgt die Fixation des Kreuzbandtransplantats.

Postoperative Behandlung

- Die Nachbehandlung nach HKB-Ersatzplastik ist sehr konservativ. Für 6 Wochen wird das Kniegelenk in Streckung in einer PTS®-Schiene („posterior tibial support brace“, Fa. Medi, Bayreuth) immobilisiert. Diese Orthese verhindert das Zurücksinken der Tibia im Liegen durch ein Polster, das die Wade stützt. In den ersten 6 Wochen sollte die Krankengymnastik nur in Bauchlage erfolgen: 1.–2. Woche 0-0-30°, 3.–4. Woche 0-0-60°, 5.–6. Woche 0-0-90°.
- Danach wird tagsüber eine bewegliche Orthese für das HKB getragen (z.B. Donjoy PCL). Aktive Übungen sind in offener und geschlossener Kette erlaubt. Zur Nacht wird weiterhin die PTS® Schiene angelegt.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Durchführung einer HKB-Plastik bei fixierter hinterer Schublade. In diesem Fall kann das Ergebnis der Rekonstruktion nie besser sein als die posteriore tibiale Translation der fixierten hinteren Schublade.
- Verletzung des Knorpels am lateralen Femurkondylus beim Bohren des femoralen Tunnels.

- Penetration des Bohrers durch die mediale Kortikalis. Dann kann der Kippanker nicht mehr sicher fixiert werden.
- Verletzung der Gefäße und Nerven im Bereich der Fossa poplitea durch den Bohrer für den tibialen Kanal und den Kirschner-Draht.
- Verklemmen des Transplantats beim Einzug.
- Schwellung des Unterschenkels durch Austritt von Spülflüssigkeit.
- Isolierter Ersatz des HKB ohne zusätzliche Rekonstruktionen der posterolateralen Gelenkecke bei posterolateraler Instabilität.
- Bei Kombinationsverletzung zunächst Durchführung einer Ersatzplastik des VKB, sekundär des HKB. Der primäre Ersatz des VKB führt dazu, dass das Kniegelenk in der fixierten hinteren Schublade befestigt wird.
- Arthrofibrose durch die konservative Nachbehandlung.
- Mangelnde Kooperationsbereitschaft des Patienten während der Nachbehandlung mit der Folge der Transplantatelongation.
- Fehlende Beachtung des Nachbehandlungsschemas durch den Physiotherapeuten.

Ergebnisse

Zwischen Oktober 2003 und Oktober 2006 führten wir bei 58 Patienten eine Ersatzplastik des HKB mit einem autologen Semitendinosus-/Grazilissehnentransplantat durch. Bei 42 Patienten wurde gleichzeitig eine Rekonstruktion der posterolateralen Gelenkecke mit der Semitendinosussehne der Gegenseite vorgenommen. Als klinische Kriterien für eine posterolaterale Stabilisierung gelten eine positive hintere Schublade in Außen-

Tabelle 1

Kategorien des IKDC-Scores.

	Präoperativ (n)				Postoperativ (n)			
Erguss	41	8	1	0	45	5	0	0
Beweglichkeit	40	10	0	0	38	12	0	0
Stabilität	0	0	10	40	2	40	6	2
Gesamt	0	0	10	40	2	40	6	2

rotation sowie ein positiver „Dial“-Test. Auch eine posteriore tibiale Translation von > 13 mm in den Stressaufnahmen spricht für eine posterolaterale Instabilität. Arthroskopisch gilt eine abnorme Weite des lateralen Gelenkspalts als Hinweis auf eine posterolaterale Instabilität.

Das durchschnittliche Alter betrug 31,4 Jahre. 45 Patienten waren männlich, 13 weiblich. Die minimale Nachuntersuchungszeit lag bei 2 Jahren (durchschnittlich 2,6 Jahre). 50 Patienten konnten nachkontrolliert werden.

Infektionen oder Nervenverletzungen traten nicht auf. Als einzige Komplikation verzeichneten wir ein postoperatives Hämatom in der Fossa poplitea mit Ausdehnung in den Unterschenkel. Eine operative Intervention war nicht erforderlich.

Nach dem objektiven IKDC-Score (International Knee Documentation Committee) befanden sich präoperativ 40 Patienten in der Kategorie D und zehn der untersuchten Patienten in der Kategorie C (Tabelle 1).

Postoperativ ließen sich zwei Patienten der Kategorie D, sechs Patienten der Kategorie C, 40 Patienten der Kategorie B und zwei Patienten der Kategorie A zuordnen. Der Lysholm-Score verbesserte sich von 62,2 auf durchschnittlich 88,4 Punkte, der Tegner-Aktivitätsscore von 3,3 auf 5,4 Punkte.

Interessenkonflikt: Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- Amis AA, Bull AM, Gupte CM, et al. Biomechanics of the PCL and related structures: posterolateral, posteromedial and meniscofemoral ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:271–81.
- Apsting S, Nguyen T, Bull AM, et al. 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.
- Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy* 2005;21:791–803.

- Kim SJ, Min BH. Arthroscopic intraarticular interference screw technique of posterior cruciate ligament reconstruction: one-incision technique. *Arthroscopy* 1994;10:319–23.
- Lenschow S, Zantop T, Weimann A, et al. Joint kinematics and in situ forces after single bundle PCL reconstruction: a graft placed at the center of the femoral attachment does not restore normal posterior laxity. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006;126:253–9.
- Petersen W, Lenschow S, Weimann A, et al. 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.
- Petersen W, Tillmann B. Anatomie des hinteren Kreuzbandes. *Arthroscopie* 2000;13:3–10.
- Petersen W, Zantop T. Bandverletzungen des Kniegelenkes. Teil II. Das hintere Kreuzband und Kombinationsinstabilitäten. *Trauma Berufskrankh* 2009;11:Suppl 3:307–17.
- Pinczewski LA, Thuresson P, Otto D, Nyquist F. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction using four-strand hamstring tendon graft and interference screws. *Arthroscopy* 1999;13:661–5.
- Race A, Amis AA. PCL reconstruction: in vitro biomechanical comparison of “isometric” versus single and double-bundled “anatomic” grafts. *J Bone Joint Surg Br* 1998;80:173–9.
- Shino K, Nakagawa S, Nakamura N, et al. Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons: one-incision technique with Endobutton. *Arthroscopy* 1996;12:638–42.
- Stähelin AC, Südkamp NP, Weiler A. Anatomic double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy* 2001;17:88–97.
- Strobel M. *Arthroskopische Chirurgie*. Berlin–Heidelberg: Springer, 1998.
- Strobel M, Weiler A. *Hinteres Kreuzband*. Tuttlingen: Endopress, 2009.
- 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.
- Strobel MJ, Weiler A, Schulz MS, et al. 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.
- Strobel MJ, Weiler A, Schulz MS, et al. Arthroscopic evaluation of articular cartilage lesions in posterior-cruciate-ligament-deficient knees. *Arthroscopy* 2003;19:262–8.
- Weimann A, Wolfert A, Zantop T, et al. Reducing the “killer turn” in posterior cruciate ligament reconstruction by fixation level and smoothing the tibial aperture. *Arthroscopy* 2007;23:1104–11.
- Zantop T, Lenschow S, Lemburg T, et al. 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.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Wolf Petersen
 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
 Martin Luther Krankenhaus Berlin-Grünwald
 Caspar-Theyß-Straße 27–31
 14193 Berlin
 Telefon (+49/30) 8955-3025, Fax -3030
 E-Mail: w.petersen@mlk-berlin.de