

Anatomische Einzelbündelrekonstruktion mit autologer Semitendinosussehne

Portalbohrtechnik, Portalzielgerät, medialer Portalblick

Erfahrungen aus der Revisionschirurgie haben gezeigt, dass der häufigste Grund für einen Misserfolg nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB) eine falsche Positionierung der Knochentunnel zur Verankerung der Transplantate ist [19]. Durch die Tunnelplatzierung innerhalb der femoralen und tibialen Insertion lässt sich die Funktion des VKB wiederherstellen. Dies konnten mehrere biomechanische und klinische Studien zeigen [8, 9, 11]. Dieses Konzept wird als *anatomische VKB-Rekonstruktion* bezeichnet [14].

Eine anatomische Rekonstruktionstechnik, bei der beide Bündel des VKB separat wiederhergestellt werden, wird als Doppelbündeltechnik bezeichnet. Trotz des großen Interesses an dieser Technik bestehen auch Bedenken [7]. So wurde auf das doppelte Risiko der Tunnelfehlpositionierung bei 4 unterschiedlichen Tunneln hingewiesen [6]. Als Indikation zur Doppelbündelrekonstruktion gilt in unseren Händen heute der Patient mit großen Insertionszonen (ab 175 cm Körperlänge).

Im Hinblick auf die Risiken und Komplexität der Doppelbündeltechnik gilt die Einzelbündeltechnik daher heute weiterhin als Standardverfahren zum VKB-Ersatz.

» Die Einzelbündeltechnik gilt als Standardverfahren zum VKB-Ersatz

Ziel dieses Beitrags ist es, eine anatomische Technik zur Einzelbündelrekonstruktion des VKB vorzustellen. Dabei wurden wesentliche Prinzipien der anatomischen Doppelbündelrekonstruktion auf die Einzelbündeltechnik übertragen. Zu diesen Prinzipien zählen das Bohren über das mediale Portal, die Verwendung von Portalzielgeräten und die Kontrolle der fe-

moralen Tunnelposition über das mediale Portal.

Operationstechnik

Bei dem beschriebenen Verfahren zur Rekonstruktion des VKB handelt es sich um eine anatomische Einzelbündeltechnik mit der autologen Semitendinosussehne (Abb. 1, 2, Tab. 1). Ziel ist es, die Tunnel zur Fixation des Transplantats innerhalb der Insertionszonen des VKB zu platzieren. Die Bohrung des femoralen Tunnels und die Kontrolle der Position erfolgen über das mediale Portal (Abb. 3,

Tab. 1 Überblick über die wichtigsten Eigenschaften der beschriebenen anatomischen Einzelbündeltechnik

Bündel	Einzelbündel viersträngig
Transplantat	Autologe Semitendinosussehne (bei kurzer Sehne zusätzlich Entnahme der Grazilissehne) Die beschriebene Technik kann auch mit der Quadrizepssehne oder der Patellarsehne mit oder ohne Knochenblock durchgeführt werden
Femorale Bohrtechnik	Mediales Portal
Intraoperative Kontrolle der Tunnelposition/Landmarken	Femoral: Blick über das mediale Portal Tibial: tibialer Kreuzbandstumpf, Außenmeniskusvorderhorn
Fixation	Femoral: Kippanker Tibial: resorbierbare Interferenzschraube und Knopf
Besonderheiten	Stumpf- und Kreuzbandrest-erhaltende Technik („remnant preservation“) Als Revisionstechnik bei anatomischen Tunneln oder extraanatomischen Tunneln möglich Als isolierter AM- und PL-Bündelersatz möglich

Hier steht eine Anzeige.



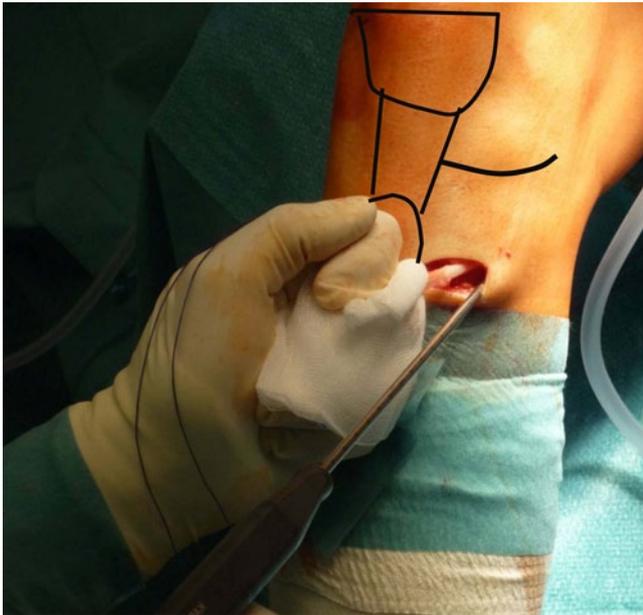


Abb. 1 ◀ Transplantatentnahme. Über einen schrägen, etwa 3 cm langen Hautschnitt medial der Tuberositas tibiae wird das Transplantat nach Längsspaltung des Sartoriusansatzes mit einem Sehnenstripper entnommen. Mit dem Skalpell wird die Semitendinosussehne mit einem Perioststreifen am Knochen abgesetzt. Danach werden Verbindungen der Sehne zur Grazilissehne und zum Gastroknemiuskopf durchtrennt. Nach der Sehnenentnahme wird die Sartoriusfaszie mit Vicryl der Stärke 1-0 USP vernäht

Transplantatentnahme

Die Operation beginnt mit einer Untersuchung des Kniegelenks in Narkose. Besteht die Indikation zur VKB-Ersatzplastik, erfolgt zunächst die Entnahme des Transplantats über einen schrägen, etwa 3 cm langen Hautschnitt medial der Tuberositas tibiae nach Längsspaltung des Sartoriusansatzes mit einem Sehnenstripper (Abb. 1). Die Semitendinosussehne liegt kaudal der gut palpablen Grazilissehne. Mit dem Skalpell wird die Sehne mit einem Perioststreifen am Knochen abgesetzt. Danach werden Verbindungen der Semitendinosussehne zur Grazilissehne und zum Gastroknemiuskopf durchtrennt. Ab einer Länge von 26 cm wird nur die Semitendinosussehne verwendet. Ist die Länge kleiner als 26 cm, wird zusätzlich die Grazilissehne entnommen. Nach der Sehnenentnahme wird die Sartoriusfaszie mit Vicryl der Stärke 1-0 USP vernäht.

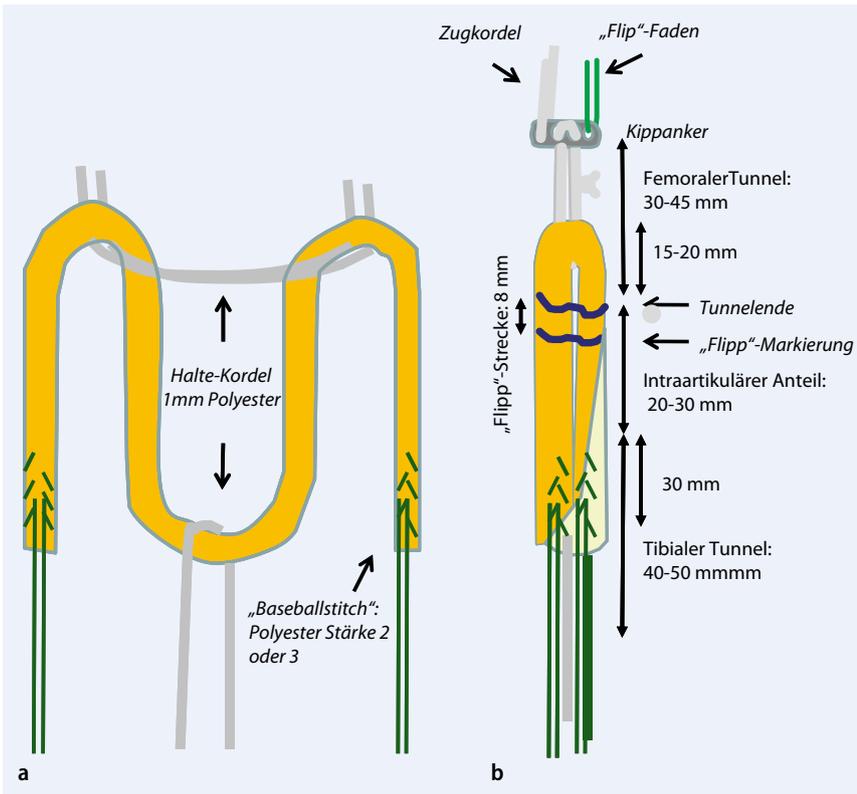


Abb. 2 ▲ Transplantatvorbereitung. **a** Das Transplantat wird an den Enden mit geflochtenen Polyesterfäden armiert. Danach wird es zu einem „M“ gelegt und die distale Schlaufe mit einer 1 mm Polyesterkordel (Ethibond) verbunden. **b** Die Doppelschlaufe wird mit einem Kippanker über eine doppelte Kordel verbunden. Zur intraartikulären Kontrolle des Transplantateinzugs wird 15–20 mm vom femoralen Transplantatende eine Markierung gesetzt. Ein weiterer Strich markiert, wie weit das Transplantat in den Tunnel gezogen werden muss. Der Kippanker wird mit einem Einzugs- und Kippfaden versehen. Die distalen Haltefäden werden mit einem Fixationsknopf verbunden

Transplantatpräparation

Im nächsten Schritt wird das Transplantat auf einem speziellen Präparationsbrett (Karl Storz, Tuttlingen) vorbereitet und als viersträngiges Transplantat präpariert (Abb. 2). Die femorale Transplantatschleufe wird mit einem Kippanker armiert (z. B. Flipptack, Karl Storz, Tuttlingen). Als Verbindungsmaterial verwenden wir Ethibond 1 mm als doppelte Schlaufe. Das Transplantat wird an den Enden mit geflochtenen Polyesterfäden armiert (z. B. Ethibond Stärke 2–3). Danach wird es zu einem „M“ gelegt und die distale Schlaufe mit einer 1 mm Polyesterkordel (Ethibond) verbunden (Abb. 2a). Die Doppelschleufe wird mit einem Kippanker über eine doppelte Kordel verbunden (Abb. 2b). Es wird angestrebt, das Transplantat 20 mm in den femoralen Tunnel einzuziehen. Zur intraartikulären Kontrolle des Transplantateinzugs wird etwa 20 mm von dem femoralen Transplantatende eine Markierung gesetzt. Ein weiterer Strich markiert, wie weit das Transplantat in den Tunnel gezogen werden muss, um den Kippanker zu kippen. Dieser wird mit einem Einzugs- und Kippfaden versehen. Die distalen Haltefäden werden mit einem Fixationsknopf verbunden.

4, 5). Das Transplantat wird in etwa 15° Beugung gespannt. Die Fixation erfolgt femoral mit einem Kippanker (Flipptack, Karl Storz, Tuttlingen) und tibial in Hyb-

ridtechnik mit resorbierbarer Interferenzschraube (PDLA, Megafix, Karl Storz, Tuttlingen) und einem Fixationsknopf (Endotack, Karl Storz, Tuttlingen).

Portale

Für die arthroskopische Diagnostik wird ein hohes anterolaterales Portal angelegt. Bei der Anlage des medialen Arbeitszugangs muss darauf geachtet werden, dass der Bohrer den Knorpel am medialen Femurkondylus nicht verletzt. Andererseits sollte das Portal soweit medial liegen, dass der Bohrer nicht zu tangential auf die laterale Kondylenwand trifft. Das Portal sollte intraartikulär unmittelbar über der Meniskusbasis liegen (■ **Abb. 3a**).

Arthroskopie

Zunächst erfolgen ein arthroskopischer Rundgang und die Therapie von Begleitläsionen (z. B. Meniskusrefixation). Es wird nur so viel vom ehemaligen Kreuzbandgewebe reseziert, dass es später mechanisch nicht stört. Tibial erleichtert dieses Vorgehen die Tunnelplatzierung. Bei chronischen Instabilitäten sollten Notch-Osteophyten (Notch-Plastik) entfernt werden.

Femoraler Tunnel

Die Anlage des femoralen Tunnels erfolgt über das mediale Portal (■ **Abb. 3b**). Dabei muss das Knie weiter als 110° gebeugt sein. Zur Anlage des Tunnels wird die Linea intercondylaris und deren Übergang in die Knorpel-Knochen-Grenze dargestellt (s. auch ■ **Abb. 5a**).

► **Anatomische Studien haben gezeigt, dass der Tunnel etwa auf Höhe des Übergangs der Linea intercondylaris zur Knorpel-Knochen-Grenze liegen muss.**

Zur Anlage des femoralen Tunnels wird ein spezielles Portalzielgerät verwendet (MPA Zielgerät, Karl Storz, Tuttlingen). Dieses wird über den medialen Zugang eingebracht (■ **Abb. 3b**). Der Offset-Haken wird bei spitzwinklig gebeugtem Knie hinter die Linea intercondylaris geschoben (■ **Abb. 3c–e**).

Mit diesem Portalzielgerät ist es möglich, den Zieldraht im Zentrum der femoralen Insertion zu platzieren (■ **Abb. 3e**). Die Krümmung wurde der normalen Anatomie angepasst. Die Zieldrahtposi-

Arthroskopie 2013 · 26:12–20 DOI 10.1007/s00142-012-0713-0
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

W. Petersen · A. Achtnich · S. Metzlaß · P. Forkel · T. Zantop

Anatomische Einzelbündelrekonstruktion mit autologer Semitendinosussehne. Portalbohrtechnik, Portalzielgerät, medialer Portalblick

Zusammenfassung

Einleitung. Ziel der anatomischen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB) ist es, das Transplantat innerhalb der normalen Insertionszonen zu verankern. Dabei sollten Reste des alten Kreuzbands soweit erhalten bleiben, dass sie mechanisch nicht stören.

Operationstechnik. Die Operation beginnt mit der Entnahme der Semitendinosussehne. Es folgt die Anlage des femoralen Tunnels über das mediale Portal mit Hilfe spezieller Portalzielgeräte bei mehr als 110° gebeugtem Knie. Als Landmarken dienen die Linea intercondylaris und die Knorpel-Knochen-Grenze. Die Position des Zieldrahts wird kontrolliert, indem das Arthroskop in das mediale Portal eingeführt wird (medialer Portalblick). An der Tibia dient das Außenmeniskusvorhorn bei fehlendem VKB-Stumpf als Orien-

tierung. Die Fixation des Transplantats erfolgt am Femur extrakortikal mit einem Kippanker (Flippack, Karl Storz, Tuttlingen). An der Tibia wird eine Hybridfixation mit resorbierbarer Interferenzschraube und Fixationsknopf durchgeführt.

Diskussion. Die anatomische Rekonstruktion des VKB mit der autologen Semitendinosussehne kann heute als eine wichtige Standardtechnik angesehen werden, die sich für viele Patienten als Operationsmethode eignet.

Schlüsselwörter

Vorderes Kreuzband · Portalbohren · Medialer Portalblick · Portalzielgerät · Erhalt von Kreuzbandresten

Anatomical single bundle ACL reconstruction with autologous semitendinosus tendon. Medial portal drilling technique, medial portal aimer and medial portal view

Abstract

Introduction. The aim of the anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) is to place the graft within the anatomical insertion zones. Remnants of the ruptured ACL should be preserved as far as they do not interfere mechanically.

Surgical technique. Initially the semitendinosus tendon is harvested and the femoral tunnel is drilled via the medial portal using special off-set aimers with the knee flexed more than 110°. Landmarks are the linea intercondylaris and the cartilage-bone interface. The position of the guide wire is always controlled by the arthroscope via the medial portal (medial portal view). On the tib-

ia the lateral meniscus anterior horn is used as a landmark in the absence of a visible ACL stump. The graft is fixed at the femoral site by a cortical button (Flippack). At the tibial site a hybrid fixation is performed with absorbable interference screw fixation and a button. **Discussion.** The anatomical reconstruction of the ACL with autologous semitendinosus tendon is an important standard technique which is suitable for many patients.

Keywords

Anterior cruciate ligament · Portal drilling · Medial portal view · Portal aimer · Remnant preservation

tion sollte immer über das mediale Portal kontrolliert werden (Portalblick; ■ **Abb. 3f**, ■ **Abb. 5b**). Liegt der Zieldraht anatomisch, wird er mit einem 4,5-mm-Bohrer bikortikal überbohrt (■ **Abb. 4a–c**). Danach wird die Tunnellänge mit einer Messlehre gemessen (■ **Abb. 4d**) und anschließend das Sackloch auf einer Länge von 30 mm entsprechend dem Transplantatdurchmesser gebohrt. Beim Einbringen der Bohrer über

den Führungsdraht sollte darauf geachtet werden, dass der Knorpel am medialen Femurkondylus nicht beschädigt wird. Eine besonders schonende Tunnelpräparation gelingt, wenn die letzten Millimeter mit einem Dilator geweitet werden.

In ■ **Abb. 5a** ist eine schematische Darstellung der femoralen Insertion des VKB dargestellt. Der Tunnel sollte zwischen AM- und PL-Bündel-Insertion liegen (■ **Abb. 5b**).

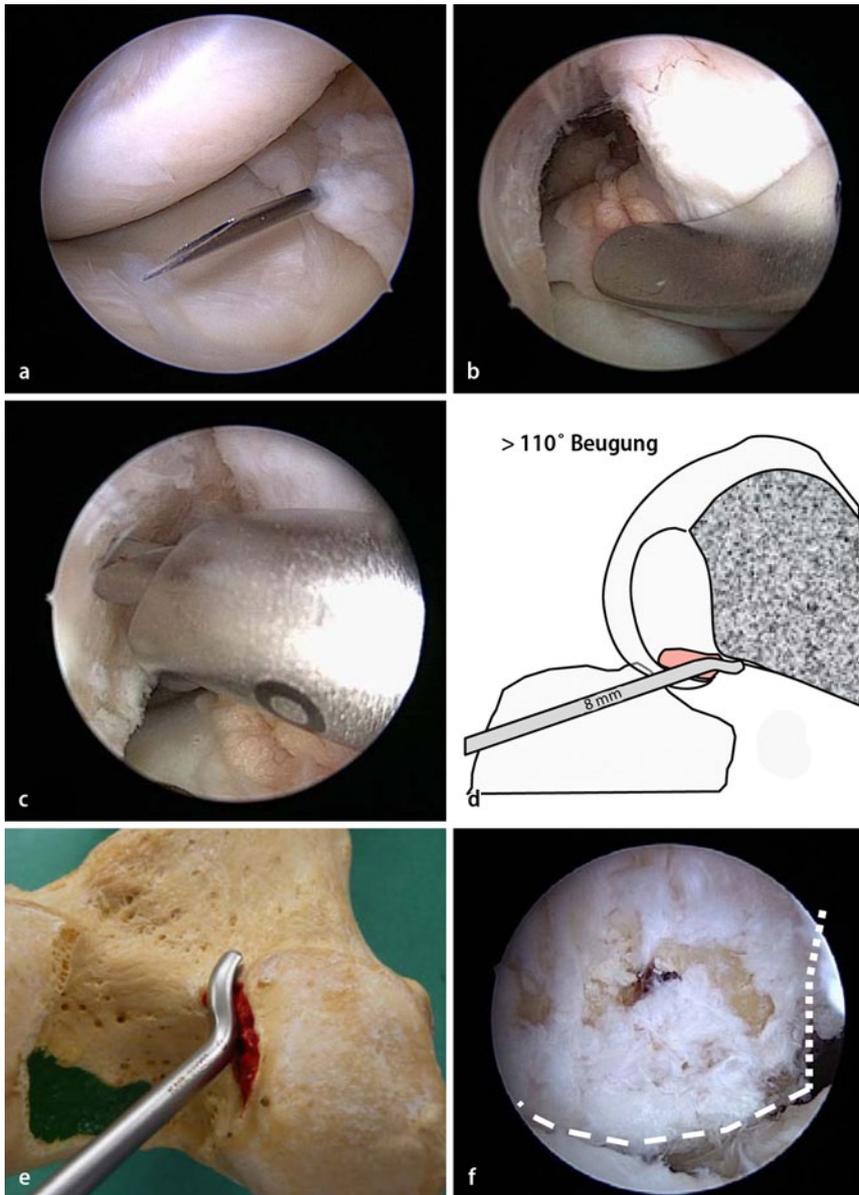


Abb. 3 ▲ Portalanlage, Débridement und femoraler Tunnel. **a** Das Portal sollte intraartikulär unmittelbar über der Meniskusbasis liegen. **b** Anlage des femoralen Tunnels über das mediale Portal bei $>110^\circ$ Kniebeugung mittels eines speziellen Portalzielgeräts (MPA Zielgerät, Karl Storz, Tuttlingen). **c** Der Offset-Haken wird hinter die Linea intercondylaris geschoben. Probebohrung mit dem K-Draht. **d** Schematische Darstellung des Offset-Zielgeräts. Der Offset-Haken wird bei spitzwinklig gebeugtem Knie hinter die Faszies poplitea geschoben. **e** Anatomisches Präparat mit Portalzielgerät. Platzierung des Zieldrahts im Zentrum der femoralen Insertion. **f** Die Zieldrahtposition sollte immer über das mediale Portal kontrolliert werden (Portalblick). *Gepunktete Linie* Linea intercondylaris, *gestrichelte Linie* Knorpel-Knochen-Grenze

Tibialer Tunnel

Der tibiale Tunnel sollte im Mittelpunkt der VKB-Insertion im Bereich der Eminentia intercondylaris liegen (▣ **Abb. 6a**). Zur Zieldrahtplatzierung wird ein Zielgerät verwendet, das sich für Einzel- und Doppelbündelrekonstruktion eignet (tibiales VKB-Doppelbündel-Zielgerät, Karl

Storz, Tuttlingen; ▣ **Abb. 6b**). Der tibiale Stumpf des VKB wird soweit belassen, dass er als Orientierung für die Zielgerätplatzierung dienen kann. Fehlt der tibiale Stumpf, dient das Außenmeniskusvorderhorn als Landmarke. Die Verlängerung des Hinterrands korreliert oft mit dem Mittelpunkt der tibialen Insertion. Bei Hinweisen auf eine grobe Fehlplatzie-

rung sollte die Position des Drahts korrigiert werden. Nach der K-Draht-Platzierung wird das Knie gestreckt und geprüft, ob ein *pathologisches Impingement* besteht. Bei geringen Fehlplatzierungen erfolgt zunächst eine Bohrung mit dem 6-mm-Bohrer. Durch exzentrische Positionierung des Zieldrahts und anschließendem Überbohren mit dem Transplantatdurchmesser kann eine Korrektur der Tunnelposition erfolgen [12]. Die extraartikuläre Tunnelöffnung wird sorgfältig débridiert, um ein einfaches Einziehen der Transplantate zu ermöglichen.

Transplantateinzug und Fixation

Zunächst wird ein K-Draht mit einer Fadenschleife in den femoralen Tunnel (z. B. Ethibond, USP 2-0) eingezogen. Mit einer Fasszange wird die Fadenschleife dann aus dem tibialen Tunnel ausgeleitet (▣ **Abb. 7a**). Über den Zug an der Fadenschleife werden Zug- und *Flip*-Fäden des Transplantats in das Gelenk und dann in den femoralen Tunnel eingezogen. Mit dem *Flip*-Faden wird der Kippanker (z. B. Flipptack, Karl Storz, Tuttlingen) gekippt. Unter starkem manuellem Zug am Transplantat wird das Gelenk mehrfach bewegt, damit sich der Anker setzen kann. Das Transplantat wird in 15° Flexion unter manuellem Zug gespannt und mit einer degradierbaren Interferenzschraube fixiert (Megafix, Karl Storz, Tuttlingen; ▣ **Abb. 7b**). Dabei ist es wichtig, Schrauben mit kleinen Durchmessern zu verwenden. Übersteigt der Schraubendurchmesser den Durchmesser des Tunnels, besteht das Risiko primärer Tunnelweitungen. Die Schraube wird über einen dünnen Nitinoldraht geführt, der anterior zwischen Transplantat und Tunnelwand geschoben wird. Die Tiefe der Schraube im Tunnel kann kontrolliert werden, indem das Arthroskop in den tibialen Tunnel geschoben wird. Zum Schluss wird das Transplantat über einen Fixationsknopf gesichert (z. B. Endotack, Karl Storz, Tuttlingen).

▣ **Abb. 8a** zeigt eine schematische Darstellung einer anatomischen VKB-Rekonstruktion. Nachdem das Transplantat fixiert ist, erfolgt eine letzte arthroskopische Kontrolle des Gelenks (▣ **Abb. 8b,c**), das Absaugen von Gewebsfragmenten



Abb. 4 ▲ Bohren des femoralen Tunnels. **a** Die Knieflexion muss $>110^\circ$ betragen. Der Bohrer wird über das mediale Portal in das Gelenk gebracht. **b** Bohrung des Zieldrahts. **c** Bikortikale Überbohrung des Zieldrahts mit einem 4,5-mm-Bohrer. **d** Die Tunnellänge (*a*) wird mit einer Messlehre (*c*) bestimmt und anschließend das Sackloch (*b*) auf einer Länge von 30 mm entsprechend dem Transplantatdurchmesser gebohrt

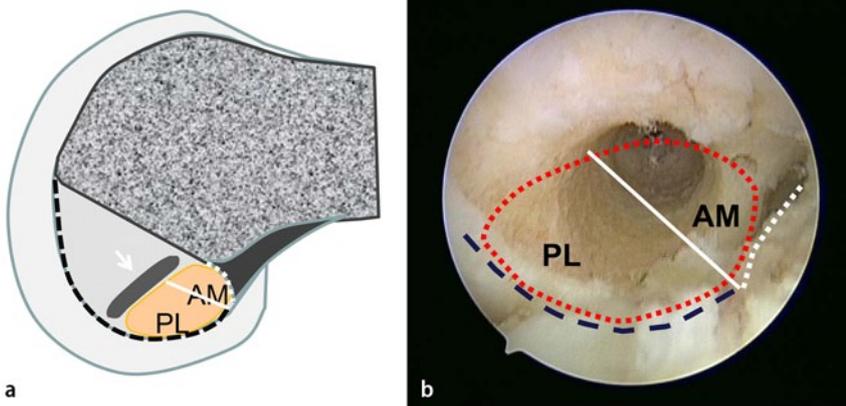


Abb. 5 ▲ Kontrolle der Bohrkanaalposition über das mediale Portal. **a** Schematische Darstellung der femoralen Insertion des vorderen Kreuzbands (*rosa Fläche*). *Weißer Pfeil* „resident's ridge“, ein kleiner Knochenwall, der die Übersicht über die femorale Insertion des VKB vom lateralen Portal erschwert. Als Landmarken dienen die Knorpel-Knochen-Grenze (*schwarze Striche*) und die Linea intercondylaris (*weiße Punkte*). Am Übergang der Linien befindet sich der Mittelpunkt der femoralen VKB-Insertion (*weiße Linie*). **b** Kontrolle der Position der Bohrkanaalmitte durch Einbringen des Arthroskops in das Gelenk über das mediale Portal. *AM* Insertion des anteromedialen Bündels, *PL* Insertion des posterolateralen Bündels.

und eine letzte Impingement-Kontrolle. Besteht aufgrund eines pathologischen Impingements ein Streckdefizit, sollte eine Notch-Plastik erfolgen.

Ovale Tunneltechnik

Durch die Präparation des femoralen Tunnels mit ovalen Dilatatoren kann der femorale *Footprint* des VKB besser imi-

tiert werden als mit einem runden Tunnel (■ **Abb. 9**). Für diese technische Modifikation werden spezielle Instrumente benötigt: ein ovaler Sehnenstärketester (Fa. Karl Storz, Tuttlingen) (■ **Abb. 9a**) und ovale Dilatatoren (■ **Abb. 9b,c**).

Spezielle Risiken

Folgende Risiken können sich bei der anatomischen Rekonstruktion des VKB mit der autologen Semitendinosussehne ergeben:

- Verletzung des Knorpels am medialen Femurkondylus durch den Bohrer bei zu weit medial angelegtem Bohrportal,
- Fehlpositionierung des femoralen Bohrtunnels, wenn die Zieldrahtposition nicht über das mediale Portal kontrolliert wird,
- Notch-Impingement bei chronischen Instabilitäten (Lösung: Notchplastik),
- anteriore tibiale Fehlplatzierung des Bohrkanals mit Impingement,
- posteriore tibiale Fehlplatzierung des Bohrkanals mit steilem Transplantat und Gefahr der iatrogenen Wurzelverletzung des Außenmeniskus.

Relative Kontraindikationen

Kontraindikationen für dieses Verfahren sind ausgeprägte mediale Instabilitäten sowie ein ausgeprägtes Genu valgum mit Laxität oder medialer Instabilität.

Diskussion

Bei der beschriebenen Operationstechnik handelt es sich um eine *anatomische Einzelbündeltechnik* zur Rekonstruktion des VKB. Das bedeutet, dass die Tunnel im Zentrum der tibialen und femoralen Insertionszone des VKB liegen müssen. Biomechanische Studien haben gezeigt, dass anatomische Rekonstruktionstechniken besser gegen Rotationskräfte (simuliertes Pivot-shift-Phänomen) stabilisieren als Techniken mit hoher femoraler Tunnelposition [8, 9, 11].

Nach Angaben von Trojani et al. [19] führen femorale Fehlplatzierungen häufig zu Revisionen nach VKB-Ersatz. Femorale Fehlplatzierungen können mit der *Portalbohrtechnik* vermieden wer-

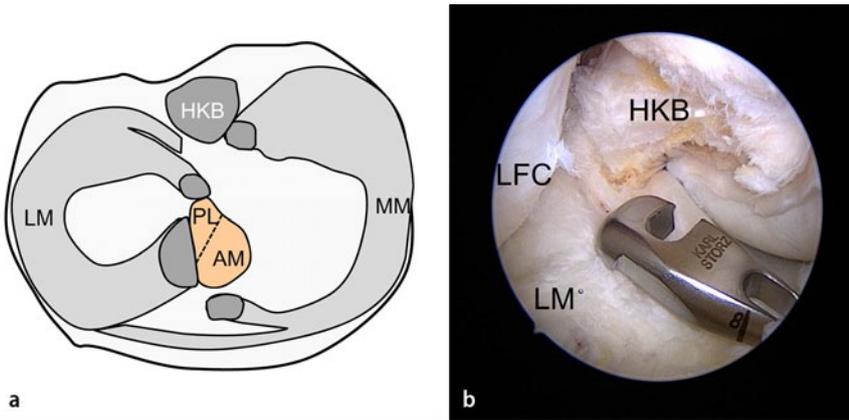


Abb. 6 ▲ Tibialer Tunnel. **a** Schematische Darstellung der tibialen VKB Insertion **b** Zielgerät zur Anlage des tibialen Tunnels. AM Insertion des AM-Bündels, PL Insertion des PL-Bündels, HKB hinteres Kreuzband, LM lateraler Meniskus, MM medialer Meniskus, LFC lateraler Femurkondylus

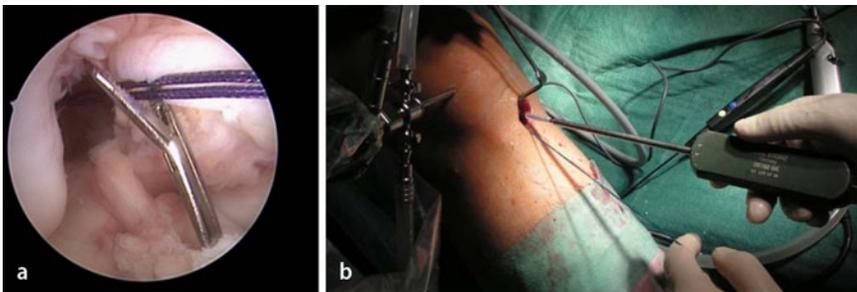
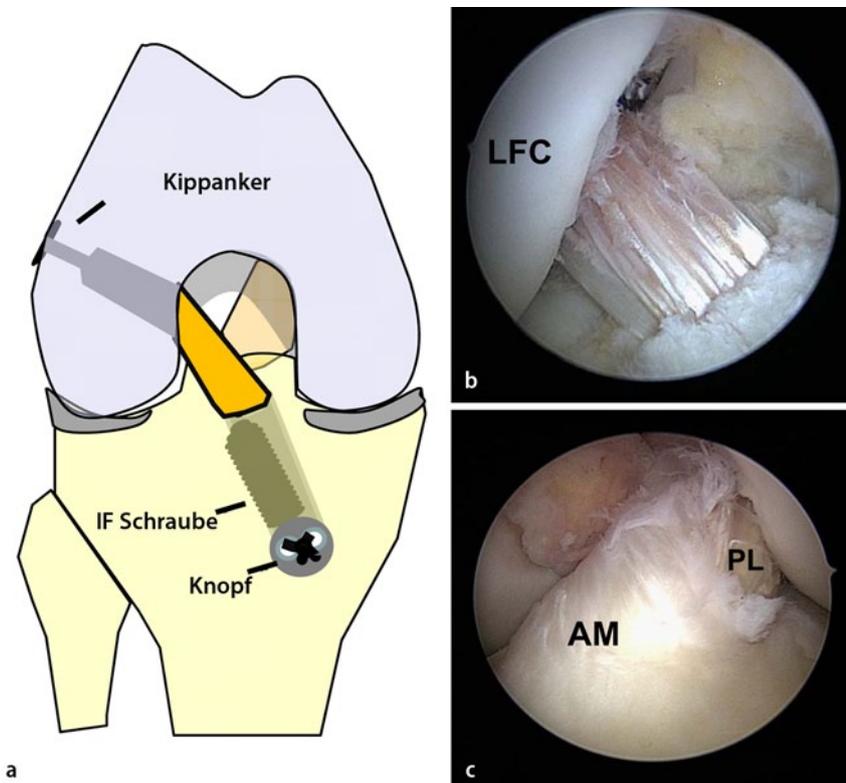


Abb. 7 ▲ Transplantateinzug und Fixation. **a** Draht mit Fadenschleife im femoralen Tunnel. **b** Spannen des Transplantats in 15° Flexion unter manuellem Zug und Fixation mit einer degradierbaren Interferenzschraube (Megafix, Karl Storz, Tuttlingen). Sicherung des Transplantats über einen Fixationsknopf (Endotack, Karl Storz, Tuttlingen)



den. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass über das mediale Portal eine anatomischere Tunnelposition zu erzielen ist als bei transtibialer Bohrtechnik [6, 10, 13, 17, 18]. Bei transtibialen Bohrtechniken kommt es häufiger zu hohen Tunnelagen [6, 10, 13, 17, 18]. Auch biomechanische Studien konnten zeigen, dass Portalbohrtechniken besser gegen das Pivot-shift-Phänomen stabilisieren als transtibiale Bohrtechniken [3].

» Vorteil der Portalbohrtechnik ist die geringere Inzidenz an femoralen und tibialen Tunnelweiten

Eine Extremposition ist die sog. *High-noon-Position*, die oft nach transtibialen Bohrtechniken beobachtet wird [21]. Die Symptome von Patienten mit High-noon-Positionen sind vielfältig: Rezidivinstabilität, Bewegungseinschränkung, Schmerzen oder oft auch nur ein komisches Gefühl.

Ein weiterer Vorteil der Portalbohrtechnik ist die geringere Inzidenz an femoralen und tibialen Tunnelweiten [5]. Grund hierfür ist wahrscheinlich die anatomischere Lage des Tunnels. An der Tibia können auch primäre Tunnelweiten entstehen, wenn der Bohrer für den femoralen Tunnel exzentrisch durch den tibialen Tunnel gebracht werden muss, um femoral die Insertionszone zu erreichen.

Trotz medialer Portalbohrtechnik sollte die femorale Zieldrahtposition immer kontrolliert werden. Dies kann fluoroskopisch oder arthroskopisch erfolgen. Da die Übersicht über den lateralen Femurkondylus nur unzureichend ist, sollte das Arthroskop zur Kontrolle der Bohrkanaalposition über das mediale Portal in das Gelenk eingebracht werden. Das mediale Portal (*medialer Portalblick*) bietet eine

Abb. 8 ◀ Abschluss der Operation und Impingement-Kontrolle. **a** Schematische Darstellung eines anatomischen Kreuzbandtransplantats. **b** Kreuzbandtransplantat mit belassenem tibialen Stumpf, welcher kein Impingement provozieren darf, ansonsten muss er reseziert werden. Verbleibt trotzdem ein Impingement, das zu einem Streckdefizit führt, kann eine Notch-Plastik erforderlich sein. **c** Kreuzbandtransplantat als Ersatz des PL-Bündels bei erhaltenem AM-Bündel

Hier steht eine Anzeige.



weitaus bessere Übersicht über den lateralen Femurkondylus als das laterale Portal [14]. Als Landmarken dienen die Linea intercondylaris und die Knorpel-Knochengrenze (■ **Abb. 5a**). Der Mittelpunkt des Tunnels sollte bei einer anatomischen Rekonstruktion im Zentrum der femoralen Insertion liegen.

Bei korrekter Lage des Tunnels wird erneut der K-Draht platziert und mit einem 4,5-mm-Bohrer bikortikal überbohrt. Anschließend wird das Sackloch schrittweise dem Durchmesser des Transplantats entsprechend auf eine Länge von etwa 30 mm erweitert. Hierzu können Bohrer oder Dilatatoren benutzt werden. Bei der Anlage eines hohen medialen Zusatzportals kann der gesamte Bohrvorgang über dieses Portal visualisiert werden [15].

Die Zieldrahtplatzierung wird mit sog. Offset-Zielgeräten erleichtert. Bedi et al. [2] weisen jedoch darauf hin, dass bei der Verwendung von konventionellen Offset-Zielgeräten, welche für die transtibiale Technik entwickelt wurden, Vorsicht geboten ist. Behrend und Richter [4] haben in einer Kadaver-Studie gezeigt, dass

mit konventionellen Offset-Zielgeräten die Mitte der femoralen VKB-Insertion nicht erreicht werden kann. Aus diesem Grund haben wir ein spezielles *Portalzielgerät* entwickelt (Fa. Karl Storz, Tuttlingen; ■ **Abb. 3**).

Unser Ziel ist es, den Zieldraht in der Mitte der femoralen Insertion zu platzieren. Ho et al. [9] haben gezeigt, dass Einzel- und Doppelbündelrekonstruktionen ähnlich effektiv in der Wiederherstellung der Rotationsstabilität sind, wenn der Tunnel zentral in der Insertion liegt. Leichte Korrekturen der Tunnelposition können femoral über exzentrisches Bohren vorgenommen werden. Dies gelingt allerdings nur, wenn das Sackloch schrittweise aufgebohrt wird. Das Bohrloch kann dann vorsichtig mit einer motorgetriebenen Fräse in Korrekturrichtung erweitert werden. Für die letzten Millimeter gelingt eine schonende Weitung des Tunnels mit Dilatatoren. Eine neue Entwicklung sind ovale Dilatatoren (Fa. Karl Storz, Tuttlingen), mit denen die ovale Form der femoralen Insertion des VKB besser imitiert wird (■ **Abb. 9**).

Auch tibial sollte das Transplantat im Bereich der VKB-Insertion verankert werden, um anteriore und posteriore Fehlplatzierungen zu vermeiden. Als Orientierung dienen hier verbliebene Reste des rupturierten VKB. Ist kein Stumpf mehr vorhanden, kommt als Landmarke das Außenmeniskusvorderhorn in Frage [14].

► **Grundsätzlich wird das alte VKB soweit belassen, dass verbliebene Reste nicht stören.**

Vom Konzept der sog. „*remnant augmentation*“ wird ein besseres Remodeling, aber auch eine bessere Propriozeption durch Erhalt von Mechanorezeptoren erwartet [20]. Sollte ein komplettes Bündel mechanisch intakt sein, wird es ebenfalls belassen. Dann wird nur das rupturierte Bündel ersetzt. Auch der Bündelersatz gehört zum Konzept der anatomischen VKB-Rekonstruktion.

Als Standardtransplantat verwenden wir die autologe Semitendinosussehne. Bei einer Sehnenlänge unter 28 cm entnehmen wir zusätzlich die Grazillsehne.

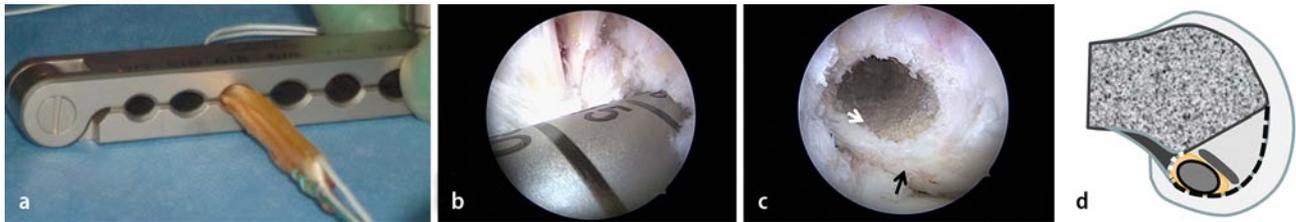


Abb. 9 ▲ Präparation eines ovalen femoralen Tunnels mit ovalen Dilatatoren. **a** Ovaler Sehnenstärketester (Fa. Karl Storz, Tuttlingen). **b** Vorbohrung des Sacklochs mit einem 6-mm-Bohrer über das mediale Portal. Anschließend Weitung mittels ovaler Dilatatoren (Fa. Karl Storz, Tuttlingen). **c** Ovaler Tunnel, dargestellt über das mediale Portal. **d** Schematische Darstellung des ovalen Tunnels, der die Geometrie der femoralen Insertion besser imitiert als ein runder Tunnel

Die beschriebene Operationstechnik eignet sich auch zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands mit autologem Quadrizeps- oder Patellarsehnentransplantat. Bei der anatomischen VKB-Rekonstruktion können auch andere Fixationstechniken zur Anwendung kommen als in diesem Artikel beschrieben. Bei Knochenblocktransplantaten kommen z. B. auch Pressfit-Verfahren in Frage. Vorsicht ist bei Techniken geboten, bei denen das Zielgerät über den tibialen Tunnel eingebracht werden muss.

Klinische Studien haben das anatomische VKB-Konzept bestätigt [16]. Sadoghi et al. haben 53 Patienten nach VKB-Rekonstruktion anhand von 3D-CT-Daten in anatomische und nichtanatomische Rekonstruktionen unterteilt [16]. Patienten mit anatomisch platzierten Bohrkämen hatten signifikant bessere klinische Ergebnisse, eine höhere AP-Stabilität und seltener positive Pivot-shift-Phänomene.

Alentorn-Geli et al. [1] haben Patienten nach VKB-Ersatz in Portalbohrtechnik oder transtibialer Bohrtechnik miteinander verglichen. Patienten, die mit der Portalbohrtechnik operiert wurden, kehrten schneller zum Training und Sport zurück. Die AP-Stabilität (KT 1000) sowie die Rotationsstabilität waren in der Gruppe, die mit der Portalbohrtechnik operiert wurde, signifikant besser.

Fazit für die Praxis

- Das anatomische Konzept gilt heute als Goldstandard für die VKB-Rekonstruktion.
- Die Tunnel zur Fixation des Transplantats werden innerhalb der Insertionszonen des VKB platziert.

- Die Bohrung des femoralen Tunnels sowie die Kontrolle der Position erfolgen über das mediale Portal.
- Das Prinzip des anatomischen Verfahrens ist die Verankerung des Transplantats im Bereich der femoralen und tibialen Insertion des vorderen Kreuzbands.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. W. Petersen
 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,
 Martin Luther Krankenhaus, Grunewald
 Caspar Theysstr. 27-31, 14 193 Berlin
 w.petersen@mlk-berlin.de

Interessenkonflikt. Der Autor weist für sich und seine Koautoren auf folgende Beziehungen hin: Beratung für Karl Storz, Tuttlingen; Otto Bock, Duderstadt; IVY Sports, München; AAP Implantate, Berlin.

Literatur

1. Alentorn-Geli E, Samitier G, Alvarez P et al (2010) Anteromedial portal versus transtibial drilling techniques in ACL reconstruction: a blinded cross-sectional study at two- to five-year follow-up. *Int Orthop* 34(5):747–754 (Epub 2010 Apr 20)
2. Bedi A, Altchek DW (2009) The „footprint“ anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 25(10):1128–1138
3. Bedi A, Musahl V, Steuber V et al (2011) Transtibial versus anteromedial portal reaming in anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic and biomechanical evaluation of surgical technique. *Arthroscopy* 27(3):380–390
4. Behrendt S, Richter J (2010) Anterior cruciate ligament reconstruction: drilling a femoral posterolateral tunnel cannot be accomplished using an over-the-top step-off drill guide. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(9):1252–1256
5. Chhabra A, Kline AJ, Nilles KM, Harner CD (2006) Tunnel expansion after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous hamstrings: a comparison of the medial portal and transtibial techniques. *Arthroscopy* 22(10):1107–1112
6. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Fischer S et al (2009) Femoral bone tunnel placement using the transtibial tunnel or the anteromedial portal in ACL reconstruction: a radiographic evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(3):220–227

7. Harner CD, Poehling GG (2004) Double bundle or double trouble? *Arthroscopy* 20(10):1013–1014
8. Herbort M, Lenschow S, Fu FH et al (2010) ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(11):1551–1558
9. Ho JY, Gardiner A, Shah V, Steiner ME (2009) Equal kinematics between central anatomic single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy* 25(5):464–472
10. Kopf S, Forsythe B, Wong AK et al (2011) Transtibial ACL reconstruction technique fails to position drill tunnels anatomically in vivo 3D CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*
11. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E et al (2003) Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy* 19:297–304
12. Metzloff S, Petersen W (2011) Korrektur der tibialen Tunnelposition durch exzentrisches Überbohren. *Arthroscopie* 2011;24(2):155
13. Pascual-Garrido C, Swanson BL, Swanson KE (2012) Transtibial versus low anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a radiographic study of femoral tunnel position. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*
14. Petersen W, Zantop T (2007) Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res* 454:35–47
15. Petersen W, Achtnich A, Forkel P, Metzloff S, Kirstein L (2012) Das hohe mediale Portal. Visualisierung der femoralen Tunnelanlage bei medialer Portaltechnik. *Arthroscopie* 25(1):45
16. Sadoghi P, Kröpfel A, Jansson V et al (2011) Impact of tibial and femoral tunnel position on clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 27(3):355–364
17. Strauss EJ, Barker JU, McGill K et al (2011) Can anatomic femoral tunnel placement be achieved using a transtibial technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med* 39(6):1263–1269
18. Silva A, Sampaio R, Pinto E (2012) ACL reconstruction: comparison between transtibial and anteromedial portal techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20(5):896–903
19. Trojani C, Sbihi A, Djian P et al (2011) Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(2):196–201 (Epub 2010 Jul 20)
20. Yasuda K, Kondo E, Kitamura N et al (2012) A pilot study of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with ligament remnant tissue preservation. *Arthroscopy* 28(3):343–353
21. Zantop T, Petersen W (2011) Arthroscopic filling of misplaced and wide bone tunnels after reconstruction of the anterior cruciate ligament with bone graft in patients with recurrent instability. *Oper Orthop Traumatol*