

S. Rupp¹ · R. Seil¹ · A. Jäger² · D. Kohn¹

¹ Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg/Saar

² Orthopädische Universitäts- und Poliklinik Friedrichsheim, Frankfurt am Main

Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit dem Patellarsehnen-transplantat

Zusammenfassung

Das mittlere Drittel des Lig. patellae hat sich über viele Jahre als Standardtransplantat bewährt. Für kein anderes Transplantat ist die Datenlage in der Literatur vergleichbar umfangreich.

Die Übersicht stellt die spezifischen operationstechnischen Aspekte der VKB-Ersatzplastik unter Verwendung des Knochen-Patellarsehne-Knochen-Transplantats, die Rehabilitation, die klinischen Resultate im Literaturvergleich sowie die postoperativen Probleme mit Schwerpunkt auf dem Bereich Entnahmemorbidity dar.

Schlüsselwörter

Vorderes Kreuzband · Transplantat · Entnahmemorbidity · Patellarsehne

Erste Berichte über die Verwendung von Anteilen der Patellarsehne zum autologen Kreuzbandersatz stammen aus den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Wesentliche Impulse zur Entwicklung der modernen Techniken kamen von Jones [27] und Brückner [8].

Über viele Jahre war der VKB-Ersatz mit autologem Patellarsehnenmittel unter Mitnahme zweier endständiger Knochenblöcke aus Tibia und Patella der allgemein akzeptierte „goldene Standard“. Die immer wieder angeführten Vorteile dieses Transplantats sind die gute maximale Reißkraft der Sehne, die Möglichkeit einer primär stabilen Fixation mit Interferenzschrauben, die zuverlässige Knochen-Knochen-Einheilung im Bohrkanaal unter „Mitnahme“ des physiologischen Sehnen-Knochen-Übergangs. Die wissenschaftlichen Grundlagen zur Verwendung dieses Transplantats sind besser dokumentiert als für alle anderen möglichen Transplantate.

Während bei einer Umfrage unter Mitgliedern der ACL-Study-Group 1992 noch 89% der Befragten das mittlere Patellarsehnenmittel als Transplantat bevorzugten sank die Zahl 1998 auf 76% [9]. Trotz dieses noch anhaltenden Trends zugunsten der Hamstringsehnen bleibt das mittlere Patellarsehnenmittel das meist verwendete Transplantat, an dem sich alle anderen Methoden messen lassen müssen.

Die Übersicht soll die spezifischen operationstechnischen Aspekte der Er-

satzplastik des vorderen Kreuzbandes (VKB) unter Verwendung des Knochen-Patellarsehne-Knochen-Transplantats, die Rehabilitation und die klinischen Resultate im Literaturvergleich darstellen.

Operationstechnik (unser Standardvorgehen)

Transplantathebung

Die Haut wird in der Mittellinie längs inzidiert. Alternativ sind andere Inzisionen wie eine Längsinzision 1 cm medial der Mittellinie oder 2 horizontale Inzisionen möglich. Wir verwenden das mittlere Drittel der Sehne. Die Knochenblöckchen werden mit der oszillierenden Säge entnommen (Abb. 1). Um ein Übersägen an den Ecken des Knochenblöckchens zu vermeiden, werden diese vorgebohrt. Eine Besonderheit ist die Vorbereitung des tibialen Blocks. Der Sägeschnitt wird etwa 5–10 mm über die proximale Sehneinstrahlung hinaus verlängert (Abb. 2). Auf diese Weise entsteht ein Überstand nach proximal. Dadurch wird die freie Sehnenstrecke verkürzt und eine möglichst gelenknahe Fixation ermöglicht (Abb. 3).

© Springer-Verlag 2002

Prof. Dr. Stefan Rupp
Orthopädische Klinik und Poliklinik,
Universitätskliniken des Saarlandes,
66421 Homburg/Saar,
E-Mail: orsrup@uniklinik-saarland.de

S. Rupp · R. Seil · A. Jäger · D. Kohn

Replacement of the anterior cruciate ligament with the patellar tendon graft

Abstract

The bone-patellar tendon-bone graft (BTPB) was the most commonly used graft for many years. The scientific database is more complete than for every other graft option.

This review article presents the surgical techniques of ACL reconstruction with the BPTB graft, aspects of rehabilitation, clinical results, and postoperative problems with special emphasis on donor site morbidity.

Keywords

Anterior cruciate ligament · Graft · Donor site morbidity · Patellar tendon

Die Knochenblöckchen werden femoral wie tibial mit Fäden der Stärke 2 armiert. Dabei ist darauf zu achten, den Bohrlochdurchmesser möglichst klein zu wählen, da hierdurch die Transplantatfixation mittels Interferenzschraube geschwächt wird [18].

Bohrkanalanlage

Das Vorgehen zur Anlage der Bohrkanäle ist weitgehend unabhängig vom verwendeten Transplantat (zur Bohrkanalposition verweisen wir auf eine weitere Arbeit dieses Themenheftes).

Nach Resektion des Kreuzbandstumpfes werden die Landmarken für die Zentrierung der Bohrkanäle identifiziert. Zur Anlage des tibialen Bohrkanals wird mit einem Zielgerät ein Bohrdraht vorgelegt. Liegt dieser ideal, wird er mit einem 10-mm-Bohrer überbohrt. Alternativ kann statt des Bohrers eine Hohlfräse mit gleichem Durchmesser verwendet werden. Der so gewonnene Spongiosazylinder kann zur Füllung der Knochendefekte an Patella und Tuberositas tibiae genutzt werden. Nach Verschieben des Bohrers wird das Knie unter arthroskopischer Sicht gestreckt. So kann bereits in diesem Stadium der Prä-

paration überprüft werden, ob die Notch dem Transplantat genügend Raum bietet oder ob eine Notchplastik erforderlich ist.

Zur Anlage des femoralen Bohrkanals wird mit einem Zielgerät, welches durch das tibiale Bohrloch eingeführt wird, der zentrale Bohrdraht mit Öse platziert. Mit einem 9-mm-Kopfbohrer wird in der Länge des patellaren Knochenblöckchens ein Halbkanal durch Überbohren des Führungsdrahtes angelegt.

Transplantateinzug und Fixation

Nach Entgraten der Bohrlochkanten wird die Aufnahme für den Führungsdraht der kanülierten Interferenzschraube vorbereitet. Dazu wird mit dem sog. Tunnelnotcher eine Nut an der anterioren Zirkumferenz des Bohrkanals eingemeißelt.

Die Armierungsfäden des patellaren Knochenblöckchens werden mit Hilfe des bereits vorgelegten Bohrdrahtes mit endständigem Öhr durch die laterale Femurkondyle gezogen und aus der Haut ausgeleitet. An diesen Fäden wird das Transplantat durch den tibialen Bohrkanal eingezogen. In Überbeugung des Kniegelenks wird der Führungsdraht für die Interferenzschraube über den anteromedialen Zugang zwischen Knochenblöckchen und anteriorer Wand des femoralen Bohrkanals unter Ausnutzung der präparierten Nut eingeschoben. Über den liegenden Draht wird eine Metallinterferenzschraube eingedreht. Der Schraubendurchmesser ist in Abhängigkeit von der Passung des Knochenblöckchens im Kanal zu wählen. Bei festem Sitz verwenden wir eine Schraube mit einem Durchmesser von 7 mm. Verbleibt ein größerer Spalt zwischen Blöckchen und Bohrkanalwand, kann eine Schraube mit Durchmesser 8 oder 9 mm verwendet werden.

Nach Prüfung der Festigkeit durch Handzug unter Sicht des Arthroskops kann das Transplantat zyklisch präkonditioniert werden. Dazu werden die Haltefäden am distalen Knochenblöckchen manuell unter Spannung gehalten und das Kniegelenk wiederholt gestreckt. Zur Fixation des tibialen Knochenblöckchens wird der Führungsdraht zwischen anteriore Bohrkanalwand und Knochenblöckchen eingeschoben. Um eine

Abb. 1 ► Entnahme des Patellarsehnentransplantats. Das mittlere Sehnen-drittel (10 mm breit) ist isoliert. Das patellare Knochenblöckchen wird mit der oszillierenden Säge herausgelöst



Abb. 2 ► Entnahme des Patellarsehnentransplantats. Der Sägeschnitt wird etwa 5–10 mm über die proximale Sehneneinstrahlung hinaus verlängert (Pfeil). Auf diese Weise entsteht ein Überstand nach proximal



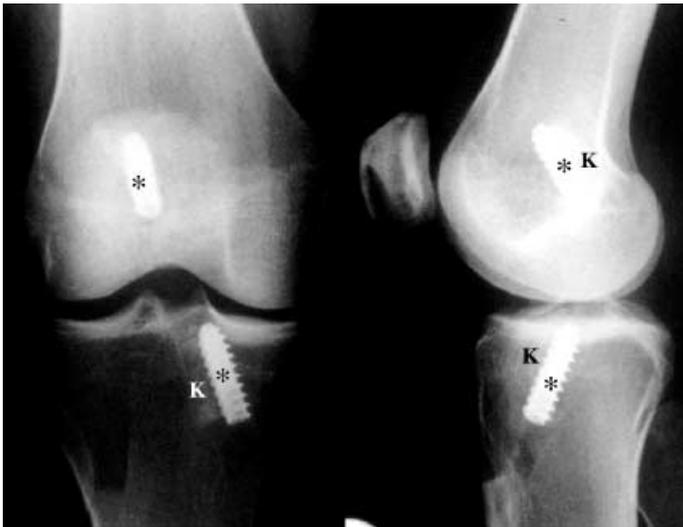


Abb.3 ◀ Röntgenkontrolle nach VKB-Ersatz mit Patellarsehnentransplantat. Die Knochenblöckchen (K) sind gelenknah mit Metallinterferenzschrauben (*) fixiert

Fehlplatzierung sicher zu vermeiden, kann das Erscheinen des proximalen Drahtendes intraartikulär anterior des Transplantats arthroskopisch überprüft werden.

Der Kniebeugewinkel, in dem das Transplantat tibial fixiert werden soll, ist umstritten. Viele Operateure bevorzugen die volle Extension, um eine transplantatbedingte Streckhemmung sicher auszuschließen. Die Transplantatspannung ergibt sich jedoch aus Kniebeugewinkel und Vorspannung. Ein Transplantat, welches in 30° Kniebeugung mit 40 N vorgespannt wurde, erfährt bei passiver Streckung eine Zunahme der einwirkenden Zugkraft auf etwa 120 N [50]. Die gleiche Spannungscharakteristik würde sich somit ergeben, wenn dieses Transplantat in voller Streckung mit 120 N vorgespannt würde. Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch nach zyklischer Präkonditionierung eine statische Spannungsrelaxation des Transplantats auftritt. Bei einer Vorspannung mit einer Kraft von 100 N fällt die Kraft nach 1 min auf etwa 80 N und nach 10 min auf etwa 70 N ab [51]. Ohne Präkonditionierung ist eine noch höhere Spannungsrelaxation zu erwarten. Wir spannen deshalb das Transplantat beim Eindrehen der Interferenzschraube mit kräftigen Handzug in leichter Kniebeugestellung (20–30°) an.

Besonderheiten, Alternativen und intraoperative Probleme

Zustand nach Morbus Osgood-Schlatter

Nach durchgemachter Osgood-Schlatter-Erkrankung ist die Transplantatentnahme erschwert. Die Tuberositas tibiae ist verformt. Im Ansatzbereich findet sich häufig ein freies Ossikel. Diese Besonderheit kann auf der Röntgenaufnahme im seitlichen Strahlengang erkannt werden. Die Ergebnisse unterscheiden sich nicht von Vergleichskollektiven ohne Osgood-Schlatter-Erkrankung in der Vorgeschichte [37].

Anlage des femoralen Tunnels über das anteromediale Portal

Alternativ zum oben beschriebenen Vorgehen kann der femorale Bohrkanal auch über den anteromedialen Arthroskopzugang gebohrt werden. Dazu muss das Kniegelenk in etwa 110–120° Beugung gebracht werden. Von einigen Operateuren wird diese Vorgehensweise als Standard gewählt. Sie kann auch dann hilfreich sein, wenn es intraoperativ nicht gelingt, die angestrebte femorale Position über den tibialen Bohrkanal zu erreichen.

Zweikanal (rear entry)

Über viele Jahre war es üblich, den femoralen Bohrkanal von außen nach innen anzulegen. Auch heute hat diese Technik noch Befürworter. Für die Rear-entry-Technik wird mit der besseren Erreich-

barkeit einer idealen Tunnelposition argumentiert. Als Gegenargument wird angeführt, dass eine zusätzliche Inzision am distalen lateralen Oberschenkel erforderlich ist und zum Einsetzen des Zielgeräts das Kaplan-Fasersystem des Traktus gestört werde. Vergleichende Studien konnten bisher nicht den Vorteil einer der beiden Vorgehensweisen belegen [28, 53]. Die Zweikanaltechnik ist eine Rückzugsmöglichkeit beim „posterior blow-out“ (Wegbohren oder Wegbrechen der posterioren Kanalwand bei der Einkanaltechnik; in dieser Situation kann das Knochenblöckchen nicht mit einer Interferenzschraube fixiert werden, da der Halbkanal nach hinten offen ist).

Bioschrauben

Alternativ zu den Metallschrauben sind Interferenzschrauben aus biodegradierbaren Materialien verfügbar. Vorteile sind, dass eine Transplantatentfernung nicht erforderlich ist, und die postoperative Bildgebung nicht gestört wird. In Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass die primäre Haltekraft der der Metallschrauben entspricht [48, 49, 57].

Der Degradationsprozess hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die wichtigsten sind das verwendete Polymer, der Anteil an kristallinem Polymer und der Herstellungsprozess. Verschiedene Fabrikate unterscheiden sich erheblich, so dass man nicht von „der Bioschraube“ sprechen kann. Es ist nicht eindeutig für alle Fabrikate geklärt, ob der Abbau der Schraube vollständig in einem akzeptablen Zeitraum erfolgt und ob der Bereich tatsächlich durch stabilen Knochen ersetzt wird. Bei der Verwendung der biodegradierbaren Schrauben ist zu berücksichtigen, dass die Schraube beim Eindrehen schlechter „startet“ und initial eine größere Lücke zwischen Bohrkanalwand und Knochenblöckchen benötigt.

Press fit

Es besteht auch die Möglichkeit, das Transplantat schraubenfrei zu fixieren. Transplantat und Bohrkanal werden so in der Präparation aufeinander abgestimmt, dass der Knochenblock in den Bohrkanal „press fit“ eingestößelt werden kann und sich so verklemmt [5, 6, 20].

Abriss der tibialen Haltefäden

Die Gewindezüge der Interferenzschraube können beim Eindrehen die Haltefäden am Knochenblöckchen abschneiden. Femoral ist dies in der Regel unproblematisch, da die Schraube das Knochenblöckchen in den Kanal einpresst. Tibialseitig kann die Schraube das Knochenblöckchen etwas vor sich her schieben, was zum Verlust der Transplantatspannung führt. In diesem Fall muss die Schraube herausgedreht werden und das Knochenblöckchen neu armiert werden. Es hat sich bewährt, die femorale Verankerung nicht mehr zu lösen, sondern über eine ca. 2 cm lange Inzision median parapatellar das Knochenblöckchen zunächst ins Gelenk zu ziehen und dann durch diese Inzision auszuleiten. Das Blöckchen kann problemlos extraartikulär armiert werden. Mit einem Durchzugsfaden werden die Haltefäden durch den tibialen Bohrkanal ausgeleitet. Das Knochenblöckchen wird in den tibialen Bohrkanal eingezo-gen und in üblicher Weise mit einer Interferenzschraube fixiert.

Mismatch

Bei sehr langer Patellarsehne kann die Situation eintreten, dass das Transplantat nicht zur Gesamtlänge des präparierten Transplantatlagers passt. Nach Einzug steht das distale Knochenblöckchen mehr oder weniger weit aus dem tibialen Bohrloch heraus. Die oben beschriebene Art der Transplantatentnahme reduziert dieses Risiko. Je nach Ausmaß kann das Problem in unterschiedlicher Weise gelöst werden:

Steht das Knochenblöckchen nur geringfügig vor, kann in konventioneller Art verschraubt werden. Knochenüberstände werden mit der Luer-Zange geglättet. Steht das Knochenblöckchen um mehr als die Hälfte vor, kann eine Nut in Verlängerung des Bohrkanals an der Vorderseite der Tibia angelegt werden, in der das Knochenblöckchen mit Knochenklammern fixiert wird. In den Bohrkanal kann zusätzlich ein freier Knochenzylinder oder eine resorbierbare Interferenzschraube eingebracht werden, um eine möglichst gelenknahe Fixation zu erreichen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Transplantat noch vor Fixation des femoralen Knochenblöckchens soweit zurückzuziehen,

dass das distale Knochenblöckchen umgeklappt werden kann und parallel zum distalen Anteil der freien Sehnenstrecke liegt. Das Transplantat wird so eingezo-gen und in konventioneller Weise verschraubt.

Schraubendivergenz

Die Verwendung kanülierter Interferenzschrauben soll gewährleisten, dass Schraube und Knochenblöckchen parallel liegen und sich somit optimal „verzahnen“. Verläuft die Schraubenlängsachse nicht parallel zur Längsachse des Knochenblöckchens, so kann ab einem Divergenzwinkel von 15–30° eine Verminderung der Initialstabilität eintreten [25, 36, 45]. Die tibiale Fixation ist stärker gefährdet als die femorale. Bei mechanisch möglicherweise relevanter Divergenz ist eine Modifikation der Rehabilitation in den ersten Wochen zu erwägen.

Patellafraktur

Die Patellafraktur ist eine sehr seltene Komplikation [42, 56], die nach unserer Erfahrung bei sorgfältiger Präparation weitgehend vermieden werden kann.

Rehabilitation

Das Konstrukt aus Patellarsehndrittel, Knochenblock, Interferenzschraube und Bohrkanal hat eine hohe Primärfestigkeit. Die maximale Reißkraft der freien Sehnenstrecke beträgt ca. 2000 N [4, 12, 17, 39, 46], die Haltekraft der Fixation zwischen 400 und 900 N [7, 21, 34, 35, 43, 48, 57]. Die aktive Streckung des Kniegelenks gegen die Schwerkraft generiert eine auf das Transplantat und die Fixation wirkende Zugkraft von bis zu 250 N [50]. Somit ist eine beschleunigte Rehabilitation möglich. Eine Orthese ist bei dieser Form der VKB-Ersatzplastik nicht erforderlich. Das aktive und passive Bewegungsmaß muss nicht eingeschränkt werden. Sobald die muskuläre Kontrolle über das Bein nach einigen Tagen wiederhergestellt ist, kann das Bein ohne Unterarmgehstützen belastet werden.

Ergebnisse

Es ist nicht ganz unumstritten, wie der Erfolg nach VKB-Ersatz zu messen ist.

In Tabelle 1 sind Studien zusammengefasst, die mittelfristige Ergebnisse nach VKB-Ersatz mit dem Lig.-patellae-Transplantat mitteilen. Als Beurteilungsparameter wurden die Bewertung im IKDC-Score und die Ergebnisse der instrumentellen Stabilitätsmessung mittels KT-1000 oder ähnlichen Geräten herausgegriffen.

Es zeigt sich in der Zusammen-schau der Daten, dass es nur in etwa 75% der Fälle gelingt ein im IKDC-Score normales oder annähernd normals Kniege-lenk zu erreichen. Es gelingt ebenfalls nicht in allen Fällen eine nahezu seiten-gleiche Stabilität (Seit-zu-Seit-Differenz <3 mm) wiederherzustellen. Im Mittel verbleibt eine Seit-zu-Seit-Differenz von etwa 2 mm zu Ungunsten des operierten Kniegelenks.

Die Wiederherstellung der messba-ren Stabilität in der Sagittalebene ist jedoch nur eine Voraussetzung für die Re-stitution einer möglichst physiologi-schen Gelenkkkinematik, die das eigent-liche Ziel der Operation sein sollte. Eine wohl kausal damit verbundene Zielgrö-ße ist die Prävention einer Sekundärar-throse im mittel- bis lanfristigen Verlauf. Es ist zu vermuten, dass operative Ver-fahren, die die Kinematik nicht korrekt wiederherstellen, auch keine sichere Ar-throseprävention gewährleisten.

Die Datenlage zu dieser Fragestel-lung ist noch sehr unzureichend und un-heitlich. Durch Initialtrauma und opera-tive Versorgung wird die Knorpelhomöo-stase zumindest im 1. Jahr gestört [55]. Shelbourne u. Gray [54] fanden 2–9 Jah-ren nach Rekonstruktion bei 94% akuter und 89% chronischer Instabilitäten eine Gelenkspaltverschmälerung. Im Gegen-satz dazu gaben andere Autoren nur sehr geringe Raten an radiologisch identifi-zierbaren Arthrosen im mittelfristigen Verlauf an [13, 23]. Dabei spielen offen-sichtlich Transplantatfunktion und initia-le Begleitschäden insbesondere Menis-kuksläsionen eine wichtige Rolle [13, 26].

Postoperative Probleme

Entnahmemorbidität

Als Nachteil bei der Verwendung des mittleren Patellarsehndrittels wird ge-legentlich eine hohe Morbidität durch die Transplantatentnahme angeführt. Behauptet werden persistierende Qua-drizepsschwäche, persistierende vordere

Tabelle 1

Ergebnisse nach VKB-Ersatzplastik mit dem Patellarsehnentransplantat

Autor	NU [Jahre]	n (%)	IKDC A und B [%]	KT 1000 <3 mm [%]	KT 1000 Seit-zu-Seit [mm]
Aglietti 1997 [1]	5,4–8,6	89 (89)	77	49	–
Bach 1998 [2]	5,5–9,4	97 (66)	–	70	1
Deehan 2000 [13]	5	80 (89)	90	81	–
Eriksson 2001 [14]	2–4,9	80 (95)	60	49	–
Good 1994 [19]	2	24 (100)	–	54	2,0±2,3
Jäger 2001 [22]	8,5–11	75 (82)	83,7	79,8	2,0±1,2
Jomha 1999 [26]	7	59 (74)	76	64	1,7±1,8
Kartus 1999 [30]	1,75–5,7	604 (95)	74,5	72,9	1,5
Kleipool 1998 [33]	3,5–6,2	26 (90)	70	69	–
O'Neil 1996 [41]	2–5	45 (100)	95	87	–
Patel 2000 [44]	>5	32 (72)	–	87	–
Rupp 2001 [52]	3–6	51 (88)	74	68	2,0±0,3
Shelbourne 1997 [54]	2–9	806 (76)	85	–	2,0±1,5

NU Nachuntersuchungsintervall in Jahren; n Anzahl der Patienten, die nachuntersucht wurden, in Klammern ist die Nachuntersuchungsquote angegeben

Knieschmerzen, Verkürzung des Lig. patellae mit Patellatiefstand, sowie Schmerzen beim Knien.

Quadrizepschwäche

Nach VKB-Ersatzplastik mit dem mittleren Drittel des Lig. patellae tritt eine Schwächung der Quadrizepsmuskulatur auf. Nach 6 Monaten beträgt das Kraftniveau bei isokinetischer Messung etwa 70% [10, 31]. In einer prospektiven Vergleichsstudie konnten Carter et al. [10] jedoch keinen Unterschied zu einem Patientenkollektiv nachweisen, welches mit einem Hamstringtransplantat versorgt worden war. Auch hier kam es in den ersten 6 Monaten zu einer Schwäche der Quadrizepsmuskulatur. Auch Keays et al. [32] fanden nach Verwendung eines Hamstringtransplantats nach 6 Monaten eine Schwächung der Quadrizepsmuskulatur um 12% und der Hamstrings um 10%. Offensichtlich ist die Transplantatentnahme nur ein Faktor in einer komplexen Kausalkette.

Vorderer Knieschmerz

In einer eigenen Untersuchung gaben 3–6 Jahre nach VKB-Ersatzplastik mit dem mittleren Patellarsehnendrittel 35% der Operierten auf Nachfragen Beschwerden an, die jedoch in der Mehrzahl nur ganz diskret ausgebildet waren

[38]. Nur 10% der Patienten waren bei ihren sportlichen Aktivitäten durch diese Beschwerden eingeschränkt.

Jarvela et al. [24] fanden 7 Jahre nach VKB-Ersatz mit dem Lig. patellae Transplantat in 12% eine mittelgradige und in 1% eine hochgradige Patellofemoralarthrose.

Es erscheint allerdings nicht gerechtfertigt, den vorderen Knieschmerz nach VKB-Ersatzplastik mit dem mittleren Patellarsehnendrittel ausschließlich der Transplantatentnahme zuzuschreiben. Man muss vielmehr davon ausgehen, dass es sich um eine komplexe Fehlentwicklung mit multifaktorieller Genese handelt.

Dafür sprechen verschiedene Hinweise: Auch bei Verwendung von Allografts treten retropatellare Krepitationen auf [40]. Bei Entnahme des Transplantats auf der Gegenseite fanden Rubinstein et al. [47] in keinem Fall postoperativ einen vorderen Knieschmerz.

Bei Verwendung von Semitendinosus-gracilis-Transplantaten treten ebenfalls vordere Knieschmerzen auf. In einer prospektiv randomisierten Studie konnten die Vorteile des Hamstringtransplantats hinsichtlich der Entnahmemorbidität nicht eindeutig objektiviert werden. Eriksson et al. [14] verglichen prospektiv randomisiert 80 Patienten mit Patellarsehnentransplantaten, fixiert mit Metallinterferenzschrauben

mit 73 Patienten mit vierfach Semitendinosustransplantat, fixiert mit Endobutton. Die Autoren fanden nach einer Zeit von mindestens 24 Monaten keinen Unterschied im patellofemorale Schmerzscore nach Werner [58], (0 Punkte = schlechtestes Resultat bis 55 Punkte = bestmögliches Resultat): Die Patienten in der Patellarsehnengruppe und in der Hamstringgruppe erreichten im Mittel 43 Punkte.

Feller et al. [15] verglichen in einer prospektiv randomisierten Studie 31 Patienten mit Patellarsehnentransplantaten mit 34 Patienten mit Hamstringtransplantaten. Auf der femoralen Seite wurden alle Transplantate mit Endobutton fixiert. Tibial wurde in der Patellarsehnengruppe eine Interferenzschraube, in der Hamstringgruppe eine Fadenfixierung über Pollerschraube verwendet. Nach 4 Monaten gaben 81% der Patienten in der Patellarsehnengruppe und 70% der Patienten in der Hamstringgruppe einen vorderen Knieschmerz an. Der Unterschied war nicht signifikant. Der Schweregrad des vorderen Knieschmerzes wurde mit 3,5±2,1 (Patellarsehnengruppe) und 2,8±2,2 (Hamstringgruppe) bewertet. Auch dieser Unterschied war nicht signifikant.

Neben der Transplantatentnahme sind offensichtlich weitere Faktoren wie das Initialtrauma mit daraus resultierenden Knorpelschäden sowie von der

Entnahme unabhängige Sekundärveränderungen beispielsweise im Hoffa-Fettkörper relevant. Auch Änderungen in der Gelenkkkinematik könnten eine Rolle spielen.

Verkürzung des Lig. patellae

Nach VKB-Ersatzplastik mit dem mittleren Patellarsehnedrittel wurde über eine Verkürzung des Lig. patellae berichtet. Auch dies ist jedoch kein konstant auftretendes Phänomen, sodass die Herleitung einer direkten Kausalverknüpfung nicht sinnvoll erscheint. Sonographisch zeigten in unserem Patientengut 75% keine oder nur eine minimale Verkürzung <3 mm. Nur 6% wiesen eine Verkürzung um 7–9 mm auf [38]. Diese höhergradigen Verkürzungen scheinen eher auf entnahmeunabhängige Fibrosierungen des Hoffa-Fettkörpers zurückzugehen.

Schmerzen beim Knien

Ein relevantes, für die Indikationsstellung mitentscheidendes Problem ist die schmerzhafteste Behinderung des Knies. In unserem Patientekollektiv [38] gaben 57% der operierten ein unangenehmes Gefühl oder Schmerzen beim Knien an. Kartus et al. [29] fanden Schmerzen beim Knien in 51%, Deehan et al. [13] in 56%. Bei Patienten mit knienden Berufen sollte deshalb auf ein anderes Transplantat ausgewichen werden.

Tunnelerweiterung

Auch beim VKB-Ersatz mit dem Lig. patellae wurden sowohl Erweiterungen des tibialen, als auch des femoralen Tunneldurchmessers beobachtet. Fink et al. [16] fanden eine durchschnittliche Erweiterung des tibialen Durchmessers von 30% in der Sagittal- und 16% in der frontalen Ebene. Clatworthy et al. [11] konnten eine Vergrößerung des femoralen Tunnels von 25% feststellen, während der tibiale Tunneldurchmesser um 2% abnahm. Noch nicht geklärt sind die Häufigkeit und die klinische Relevanz dieser Feststellung. In Laxitätsmessungen mit dem KT 1000 konnte kein Zusammenhang zwischen Tunnelerweiterung und objektivierbarem Tibiavor-schub gefunden werden.

Transplantatelongation

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass es im mittelfristigen Verlauf zu einer Zunahme der anteroposterioren Laxität in einem geschlossenen Kollektiv kommen kann [3, 19, 52].

Die möglichen Ursachen sind vielfältig. In einer eigenen Studie [52] konnten wir zeigen, dass nur bei einer Minderzahl der Patienten eine sekundäre Elongation nachweisbar war. Ursache war in der Regel ein deutlich zu weit anterior positionierter femoraler Bohrrkanal. Eine sekundäre Transplantatelongation als allgemeines Prinzip ließ sich nicht sichern.

Beynon et al. [3] zeigten, dass es bereits zum Zeitpunkt der Transplantateinbaus unterschiedliche Dehnungsmuster zwischen verschiedenen Transplantaten geben kann, die signifikant von dem eines normalen VKB abweichen. Obwohl dies keinen Einfluss auf die a.-p.-Laxität in der postoperativen Frühphase hatte, kam es im 5-Jahres-Verlauf zu einer Zunahme dieser Laxität in der Gruppe der Patienten, bei denen primär eine größere Dehnung nachgewiesen werden konnte.

Fazit für die Praxis

Das Lig. patellae hat sich über viele Jahre als Standardtransplantat bewährt. Für kein anderes Transplantat ist die Datenlage in der Literatur vergleichbar umfangreich. Eine Überlegenheit der Hamstringtransplantate in ihren unterschiedlichen Modifikationen konnte bisher nicht gezeigt werden. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Kniestabilität als auch hinsichtlich der Entnahmemorbidität. Es muss jedoch bei kritischer Betrachtung eingeräumt werden, dass es mit heutigen Methoden nicht gelingt, exakt seitengleiche Verhältnisse wiederherzustellen. Im Mittel verbleibt eine vermehrte Schublade im Lachmann-Test von 2 mm. Es ist bisher nicht ausreichend untersucht, wie sich dies auf die komplexe Gelenkkkinematik auswirkt. Es ist wichtig, in valide strukturierten Langzeitstudien der Frage nachzugehen, ob diese Operationstechnik auch eine verlässliche Arthroprävention ermöglicht. Nach unserer Auffassung entscheidet sich am Erreichungsgrad dieser Zielgröße, ob der derzeitige Standard gut genug ist.

Literatur

1. Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJ, Zaccherotti G (1997) Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5–8-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5: 138–144
2. Bach BR Jr, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH (1998) Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five- to nine-year follow-up evaluation. *Am J Sports Med* 26: 20–29
3. Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, Fleming BC, Rensstrom PA, Nichols CE (2001) The elongation behavior of the anterior cruciate ligament graft in vivo. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 29: 161–166
4. Blevins FT, Hecker AT, Bigler GT, Boland AL, Hayes WC (1994) The effects of donor age and strain rate on the biomechanical properties of bone-patellar tendon-bone allografts. *Am J Sports Med* 22: 328–333.
5. Boszotta H. (1997) Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using a patellar tendon graft in press-fit technique: surgical technique and follow-up. *Arthroscopy* 13: 332–339
6. Boszotta H, Anderl W. (2001) Primary stability with tibial press-fit fixation of patellar ligament graft: An experimental study in ovine knees. *Arthroscopy* 17: 963–970
7. Brown CH, Hecker AT, Hipp JA, Myers ER, Hayes WC (1993) The biomechanics of interference screw fixation of patellar tendon anterior cruciate ligament grafts. *Am J Sports Med* 21: 880–886
8. Brückner H (1966) Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. *Chirurg* 37: 413–414
9. Campbell JD (1998) The evolution and current treatment trends with anterior cruciate, posterior cruciate, and medial collateral ligament injuries. *Am J Knee Surg* 11: 128–135
10. Carter TR, Edinger S. (1999) Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy* 15: 169–172
11. Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, Bartlett RJ (1999) Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 138–145
12. Cooper DE, Deng XH, Burstein AL, Warren RF (1993) The strength of the central third patellar tendon graft. A biomechanical study. *Am J Sports Med* 21: 818–824
13. Deehan DJ, Salmon LJ, Webb VJ, Davies A, Pinczewski LA (2000) Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with an ipsilateral patellar tendon autograft. A prospective longitudinal five-year study. *J Bone Joint Surg Br* 82: 984–991
14. Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, Löfgren AC, Bredenberg M, Westman I, Wredmark T (2001) A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 83: 348–355
15. Feller JA, Webster KE, Gavin B (2001) Early postoperative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9: 260–266
16. Fink C, Zapp M, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Rieger M (2001) Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Arthroscopy* 17: 138–143

17. Flahiff CM, Brooks AT, Hollis JM, Van der Schilden JL, Nicholas RW (1995) Biomechanical analysis of patellar tendon allografts as a function of donor age. *Am J Sports Med* 23: 354–358
18. Gödde S, Rupp S, Kohn D (2000) BPTB-Transplantat-Armierungskanäle und Stabilität der Knochenblöcke. *Arthroskopie* 13: 311–313
19. Good L, Odensten M, Gillquist J (2000) Sagittal knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction with a patellar tendon strip. *Am J Sports Med* 22: 518–523
20. Hertel P (1997) Technik der offenen Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes mit autologer Patellarsehne. Anatomische Rekonstruktion in schraubenfreier Press-fit-Technik. *Arthroskopie* 10: 240–245
21. Hulstyn M, Fadale PD, Abate J, Walsh WR (1993) Biomechanical evaluation of interference screw fixation in a bovine patellar bone-tendon-bone autograft complex for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 9: 417–424
22. Jäger A, Welsch F, Kappler C (2001) 10-Jahresergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandplastik mit dem Patellarsehnentransplantat. Vortrag Jahresskongress der DGOOC 2001, Berlin
23. Jarvela T, Kannus P, Jarvinen M (2001) Anterior cruciate ligament reconstruction in patients with or without accompanying injuries: A re-examination of subjects 5 to 9 years after reconstruction. *Arthroscopy* 17: 818–825
24. Jarvela T, Paakkala T, Kannus P, Jarvinen M (2001) The incidence of patellofemoral osteoarthritis and associated findings 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone autograft. *Am J Sports Med* 29: 18–24
25. Jomha NM, Raso VJ, Leung P (1993) Effect of varying angles on the pullout strength of interference screw fixation. *Arthroscopy* 9: 580–583
26. Jomha NM, Borton DC, Clingeffer A J, Pinczewski LA (1999) Long-term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Clin Orthop* 358: 188–193
27. Jones KG (1963) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 45: 925–932
28. Karlsson J, Kartus J, Brandsson S, Magnusson L, Lundin O, Eriksson BI (1999) Comparison of arthroscopic one-incision and two-incision techniques for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Scand J Med Sci Sports* 9: 233–238
29. Kartus J, Stener S, Lindahl S, Engstrom B, Eriksson BI, Karlsson J (1997) Factors affecting donor-site morbidity after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5: 222–228
30. Kartus J, Magnusson L, Stener S, Brandsson S, Eriksson BI, Karlsson J (1999) Complications following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A 2–5 year follow-up of 604 patients with special emphasis on anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 2–8
31. Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC (2000) Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop* 373: 174–183
32. Keays SL, Bullock-Saxton J, Keays AC, Newcombe P (2001) Muscle strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis. *Knee* 8: 229–234
33. Kleipool AE, Zijl JA, Willems WJ (1998) Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone allograft or autograft. A prospective study with an average follow up of 4 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 224–230
34. Kohn D, Rose C (1994) Primary stability of interference screw fixation. Influence of screw diameter and insertion torque. *Am J Sports Med* 22: 334–338
35. Kurosaka M, Yoshiya S, Andrich JT (1987) A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 15: 225–229
36. Lemos MJ, Jackson DW, Lee TQ, Simon TM (1995) Assessment of initial fixation of endoscopic interference femoral screws with divergent and parallel placement. *Arthroscopy* 11: 37–41
37. McCarroll JR, Shelbourne KD, Patel DV (1996) Anterior cruciate ligament reconstruction in athletes with an ossicle associated with Osgood-Schlatter's disease. *Arthroscopy* 12: 556–560
38. Müller B, Rupp S, Seil R, Kohn D (2000) Entnahmemorbidität nach VKB-Ersatzplastik mit dem Ligamentum-patellae-Transplantat. *Unfallchirurg* 103: 662–667
39. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS (1984) Biomechanical Analysis of Human Ligament Grafts used in Knee-Ligament Repairs and Reconstructions. *J Bone Joint Surg Am* 66: 344–352
40. Noyes FR, Barber-Westin SD (1996) Reconstruction of the anterior cruciate ligament with human allograft. Comparison of early and later results. *J Bone Joint Surg Am* 78: 524–537
41. O'Neill DB (1996) Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg Am* 78: 803–813
42. Papageorgiou CD, Kostopoulos VK, Moebius UG, Petropoulou KA, Georgoulis AD, Soucacos PN (2001) Patellar fractures associated with medial-third bone-patellar tendon-bone autograft ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9: 151–154
43. Paschal SO, Seemann MD, Ashman RB, Allard RN, Montgomery JB (1994) Interference fixation versus postfixation of bone-patellar tendon-bone grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. A biomechanical comparative study in porcine knees. *Clin Orthop* 300: 281–287
44. Patel JV, Church JS, Hall AJ (2000) Central third bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction: a 5-year follow-up. *Arthroscopy* 16: 67–70
45. Pierz K, Baltz M, Fulkerson J (1995) The effect of Kurosaka screw divergence on the holding strength of bone-tendon-bone grafts. *Am J Sports Med* 23: 332–335
46. Rasmussen TJ, Feder SM, Butler DL, Noyes FR (1994) The effects of 4 mrad of gamma irradiation on the initial mechanical properties of bone patellar tendon bone grafts. *Arthroscopy* 10: 188–197
47. Rubinstein RA Jr, Shelbourne KD, VanMeter CD, McCarroll JC, Rettig AC (1994) Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am J Sports Med* 22: 324–327
48. Rupp S, Krauß P, Fritsch E (1997) Fixation strength of a biodegradable interference screw and a press-fit technique in anterior cruciate ligament reconstruction with a BPTB-graft. *Arthroscopy* 13: 61–65
49. Rupp S, Seil R, Schneider A, Kohn D (1999) Initial fixation strength of three different types of biodegradable interference screws. *J Biomed Mat Res* 48: 70–74
50. Rupp S, Hopf T, Hess T, Seil R, Kohn D (1999) Resulting tensile forces in the human BPTB-graft – Direct force measurement in vitro. *Arthroscopy* 15: 179–184
51. Rupp S, Seil R, Kohn D, Müller B (2000) Influence of avascularity on tensile strength and viscoelastic properties of human bone-patellar tendon –bone grafts. *J Bone Joint Surg Br* 82: 1059–1064
52. Rupp S, Müller B, Seil R (2001) Knee laxity after ACL reconstruction with a BPTB-graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9: 72–76
53. Sgaglione NA, Schwartz RE (1997) Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: initial clinical experience and minimal 2-year follow-up comparing endoscopic transtibial and two-incision techniques. *Arthroscopy* 13: 156–165
54. Shelbourne KD, Gray T (1997) Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med* 25: 786–795
55. Taskiran E, Taskiran D, Duran T, Lok V (1998) Articular cartilage homeostasis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 93–98
56. Viola R, Vianello R (1999) Three cases of patella fracture in 1,320 anterior cruciate ligament reconstructions with bone-patellar tendon-bone autograft. *Arthroscopy* 15: 93–97
57. Weiler A, Windhagen HJ, Raschke MJ, Laumeyer A, Hoffmann RF (1998) Biodegradable interference screw fixation exhibits pull-out force and stiffness similar to titanium screws. *Am J Sports Med* 26: 119–126
58. Werner S, Arvidsson H, Arvidsson I, Eriksson E (1993) Electrical stimulation of vastus medialis and stretching of lateral thigh muscles in patients with patello-femoral symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1: 85–92