

## VORDERES KREUZBAND Transplantatwahl

*Matthias Buchner, Gerhard Bauer, Karl-Peter Benedetto, Klaus Dann, Andree Ellermann, Hermann Mayr, Holger Schmitt*

**D**ie Frage der Transplantatwahl stellt einen zentralen Punkt in der operativen Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur dar.

Der folgende Artikel gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Transplantatmöglichkeiten, ihre Vor- und Nachteile sowie ihre Ergebnisse in der Literatur. Weiterhin soll die Entscheidungsfindung, welches Transplantat bei welchem kreuzbandinsuffizienten Patienten/Sportler gewählt werden kann, erleichtert werden.

### Ideale Anforderungen an das VKB Transplantat beim Sportler

Prinzipiell wäre an das zu implantierende Transplantat zu fordern, dass es dem nativen vorderen Kreuzband (VKB) ähnliche Struktureigenschaften aufweist (Tab. 1). Problematisch ist, dass die vorhandenen Daten sich ausschließlich auf Versuche bei Leichen oder Tieren beziehen und somit die in vivo Situation beim operierten Patienten nicht widerspiegeln. Woo et al. (1991) beschrieben die Struktureigenschaften des Femur-VKB-Tibia Komplexes mit maximaler VKB-

Last bei jüngeren Körperspendern bei 2160 N bei einer Steifigkeit von 242 N/mm, wobei die Transplantatstruktureigenschaften in hohem Maße vom Querschnitt des Transplantates abhängig sind.

Weiterhin wünschenswert ist eine schnelle Inkorporation bzw. Einheilung des Transplantates ohne größere Fremdreaktionen mit der Konsequenz der möglichst schnellen Wiederaufnahme der Belastbarkeit und Koordination.

Ein weiterer elementarer Punkt ist, dass die Entnahme der Sehne(n) sowohl zu einer möglichst geringen

Tabelle 1

**Anforderungen an das Transplantat (s. Text).**

Anforderungen VKB-Transplantat
Ähnliche Struktureigenschaften im Vergleich zum nativen VKB
Schnelle Inkorporation des Transplantates
Geringe Entnahmemorbidität bezüglich <ul style="list-style-type: none"> <li>■ lokaler Probleme an der Entnahmestelle</li> <li>■ funktioneller Einschränkungen aufgrund der Entnahme</li> </ul>

Morbidität als auch Einschränkung durch den Verlust der ursprünglichen Funktion der Sehne selbst führt, auch abhängig vom ausgeübten Sport (Kartus et al. 2001). Hierunter fallen

- a) die Morbidität an der Entnahmestelle wie z. B. Taubheit (Verletzung des R. infrapatellaris des N. saphenus), lokaler Schmerz oder Probleme beim Knieen und
- b) Funktionsverlust wie zum Beispiel Muskelschwäche/Kraftverlust oder postoperative Bewegungseinschränkung.

## Zur Verfügung stehende Transplantate

Als Ersatzmöglichkeiten des VKBs stehen folgende Transplantate zur Verfügung:

- Patellarsehne
- Semitendinosus
- Semitendinosus/Gracilis
- Quadrizepssehne
- Allografts

Für alle weiteren autologen Transplantate (z. B. Fascia lata Streifen – bessere Alternativen) wie auch für den Einsatz von Kunstbändern (zu hohe Komplikationsrate) wie zum Gore-Tex, Dacron, Kohlefaserband oder LARS sehen wir für den Primärerersatz des vorderen Kreuzbandes derzeit keine Indikation.

Im Folgenden sollen die am häufigsten verwendeten Transplantatmöglichkeiten, deren Eigenschaften sowie ihre wesentlichen Vor- und Nachteile dargestellt werden.

### Patellarsehne (Bone-tendon-bone) (Abb. 1)

Die mit zwei Knochenblöcken aus der Patella und Tibia gewonnene Patellarsehne (Bone-tendon-bone) galt

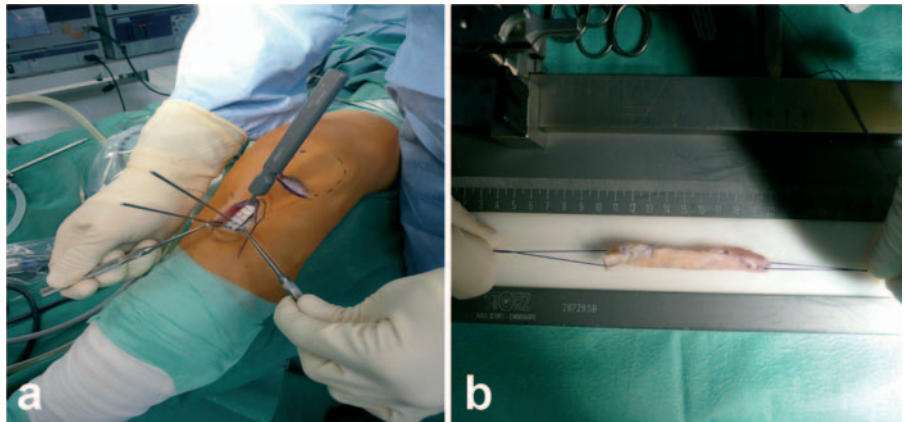


Abbildung 1  
**Patellarsehnentransplantat. Die Morbidität kann durch zwei horizontale Inzisionen reduziert werden (a). Das Transplantat wird mit patellar- und tibialseitigen Knochenblock entnommen (b).** [Mit freundlicher Genehmigung aus Petersen, Zantop, Das vordere Kreuzband, © Deutscher Ärzte-Verlag, Köln.]

lange Zeit und gilt bei vielen operativ tätigen Kreuzbandchirurgen auch heute noch als Goldstandard der VKB-Chirurgie.

Sie weist dem nativen VKB vergleichbare Struktureigenschaften auf [max. Last 1784 N und 1997 N, Steifigkeit 210 N/mm (Woo et al. 1991)], bietet eine Vielzahl von Fixationsmöglichkeiten (Pressfit/implantatfrei, Schrauben, transfemorale, extrakortikal) und gewährleistet die sichere Einheilung der anhängenden Knochenblöcke. Tierstudien (Papageorgiou et al. 2001, Park et al. 2001) zeigen, dass die Knochenblöcke nach 6 Wochen komplett inkorporiert sind, was den Vorteil einer schnelleren und aggressiveren Nachbehandlung im Vergleich zu den Weichteiltransplantaten mit sich bringt.

Dennoch bringt die Entnahme der Patellarsehne durchaus auch klinisch relevante Nachteile mit sich. Intra- bzw. postoperative Komplikationsmöglichkeiten beinhalten Verletzungen des Streckapparates (Patellafraktur, Patellarsehnenruptur). Weiterhin weist die Patellarsehnenplastik eine erhöhte Entnahmemorbidität auf, die zu Nar-

benbildung, Sensibilitätsstörungen im Bereich des N. saphenus und vor allem zu verstärkter Schmerzsymptomatik beim Knieen, patellofemorale Krepitationen, sowie zu Reizungen/Tendinitiden der Patellarsehne führen kann, was man in der Gesamtheit unter dem Begriff des vorderen Knieschmerzes subsummiert. Diese Entnahmemorbidität lässt sich durch Optimierung der Entnahmetechnik (z. B. Entnahme durch 2 Minischnitte) reduzieren, dennoch muss man die Patellarsehne als Transplantat der Wahl bei Patienten mit knieender Position im Sport oder Beruf oder bei Sportlern, die auf die Unversehrtheit ihres Extensorenmechanismus angewiesen sind, zurückhaltend beurteilen. Zudem scheint es nach Entnahme der Patellarsehne im Langzeitverlauf zu erhöhten degenerativen Veränderungen im Vergleich zu Hamstringtransplantaten zu kommen (s. Studienlage).

### Kniebeugesehnen (Hamstrings: Semitendinosus/Gracilis) (Abb. 2)

Die alleine oder zusammen mit der Gracilissehne entnommene Semitendinosusehne stellt derzeit neben

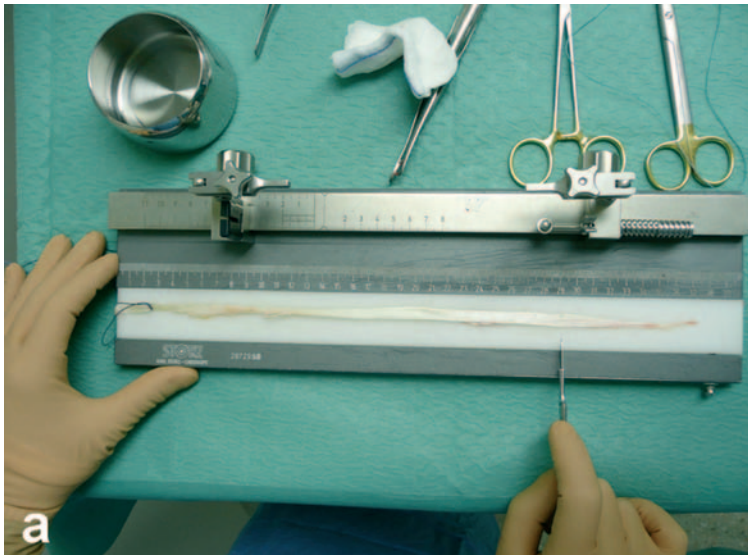
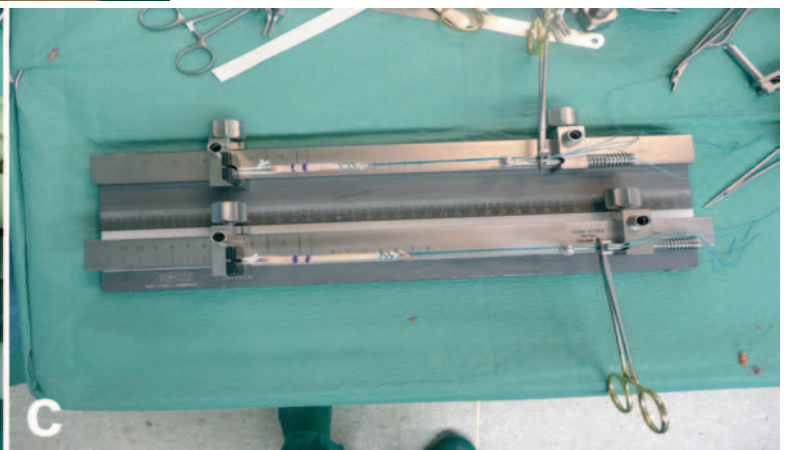


Abbildung 2  
**Hamstringtransplantat.** Bei korrekter Entnahmetechnik ergibt sich eine lange Semitendinosussehne, so dass keine Notwendigkeit besteht die Gracilissehne zu entnehmen (a). Die Semitendinosussehne kann zu einem Einzelbündel- (vierfach Strang, b) oder Doppelbündeltransplantat präpariert werden (c).  
 [Mit freundlicher Genehmigung von Thore Zantop.]



der Patellarsehne das am häufigsten benutzte Transplantat für die Ersatzplastik des VKB dar.

Auch hier sind die Struktureigenschaften vergleichbar dem nativen VKB (max. Last 2442 N und Steifigkeit 238 N/mm (Woo et al. 1991)), je nach Präparationstechnik sind 3-, 4- oder 5-strängige Transplantate mit unterschiedlichem Durchmesser möglich, die eine hohe Anzahl von Fixationsstrategien (extra-kortikal, Interferenzschraube, Crosspins, Hybrid Techniken, implantatfrei) und auch Doppelbündelrekonstruktionen ermöglichen.

Die Morbidität (vorderer Knie-schmerz, Schmerzen beim Knien, Sensibilitätsstörungen) nach Ent-

nahme der Beugesehnen ist geringer als nach Entnahme der Patellarsehne, ebenso scheint bei vergleichbarer Langzeitstabilität und vergleichbaren klinischen Ergebnissen die Anzahl degenerativer Veränderungen im Vergleich zur Patellarsehne verringert (s. Studienlage).

Nachteil dieser Weichteiltechnik ist die im Vergleich zu den Knochenblöcken der Patellarsehne im Tierversuch langsamere Inkorporation (Heilungsprozess) der Sehne postoperativ, die theoretisch zu einem vorsichtigeren Nachbehandlungsregime führen sollte. Entnahmemorbiditäten wie Hämatombildung und Sensibilitätsstörungen sind auch bei dieser Technik beschrieben und kön-

nen unter Umständen durch Veränderung der Entnahmetechnik (z. B. Entnahme in der Kniekehle) reduziert werden. Ein wichtiger Punkt ist neben der Schwächung der Flexionskraft (deep flexion) vor allem die signifikant reduzierte Innenrotationskraft nach der Entnahme der Hamstrings, die vor allem bei Entnahme beider Sehnen (Semitendinosus und Gracilis, Burks et al. 2005, Segawa et al. 2002, Tashiro et al. 2003) zum Tragen kommt, so dass es vor allem bei Sportlern, die auf letztere Muskelfunktion besonders angewiesen sind (z. B. Tänzer), vermieden werden sollte, beide Sehnen zu entnehmen. Generell, aber vor allem in diesem Patientenkollektiv, sollte

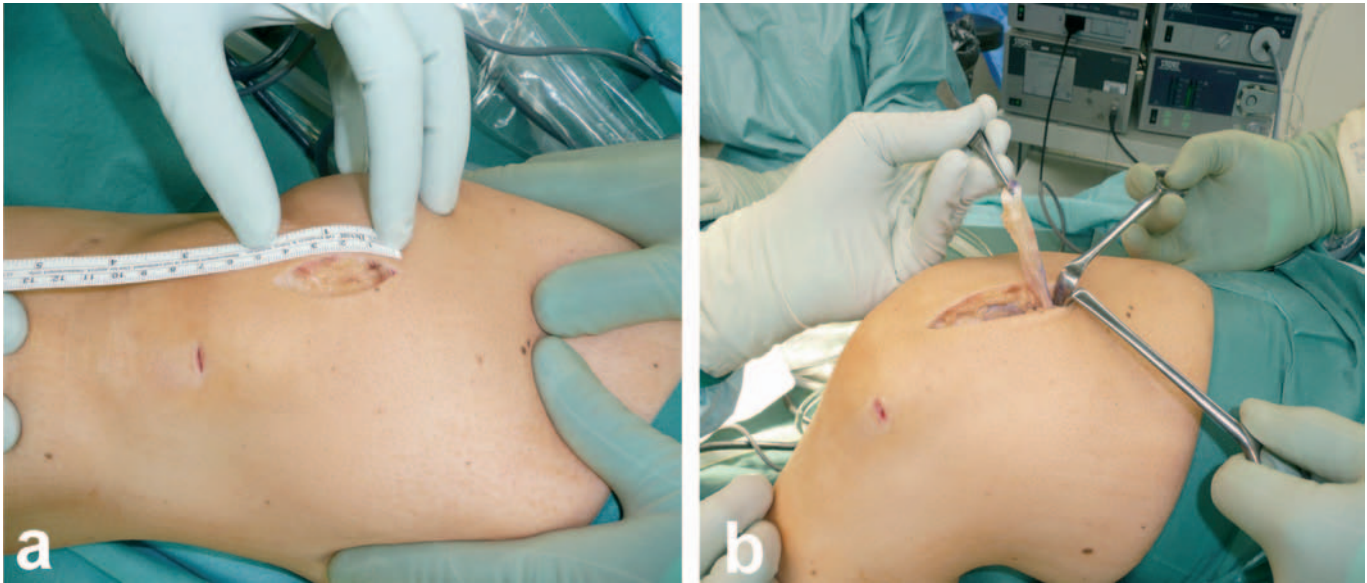


Abbildung 3

**Quadrizepssehnen-Transplantat.** Über eine kleine Inzision (a) kann die Sehne mit oder ohne patellarseitigen Knochenblock entnommen werden (b). [Mit freundlicher Genehmigung von Thore Zantop.]

man sich – wenn möglich – auf die alleinige Entnahme der Semitendinossehne beschränken (in der Regel 28 cm lange Sehne ausreichend) und die Sehne des Musculus gracilis schonen.

### Quadrizepssehne (Abb. 3)

Die Quadrizepssehne erfreut sich, obwohl zahlenmäßig noch deutlich hinter den obengenannten Verfahren zurückliegend, zunehmender Beliebtheit als Transplantatmöglichkeit. Mittelfristige Ergebnisse zeigen den etablierten Verfahren gleichwertige mittelfristige (3–5 Jahre) klinische Resultate, längerfristige Ergebnisse stehen allerdings noch aus (Chen et al. 2006, Geib et al. 2009, Gorschewski et al. 2007, Lee et al. 2004).

Auch hier sind die Struktureigenschaften vergleichbar dem nativen VKB und dem Patellarsehnen-Transplantat (max. Last 2173 N; Stäubli et al. 1999), eine Entnahme ist mit und ohne Knochenblock möglich, so dass die Quadrizepssehne sich auch gut

bei Revisionsrekonstruktionen eignet.

Neben der noch fehlenden Langzeiterfahrung ist hier allerdings auch die Beeinträchtigung des Streckapparates (z. B. Gewichtheber) zu berücksichtigen, obwohl die Entnahmemorbidität geringer zu sein scheint als bei den Patellarsehnen-Transplantaten (Chen et al. 2006, Lee et al. 2004, Gorschewski et al. 2007).

### Allografts

Allografts spielen im klinischen Alltag eine untergeordnete Rolle. Vorteile sind die fehlende Entnahmemorbidität und die Vermeidung der direkten Affektion der Muskelkraft. Zu berücksichtigen sind allerdings die Möglichkeit der Übertragung viraler oder bakterieller Infektionen (im Falle einer Infektion liegt die Beweislast immer beim Arzt!), die Schwierigkeit und der Aufwand der Transplantatbeschaffung (europäische Gesetzgebung, Arzneimittelgesetz; Nachweis, dass Allograft die einzige Möglichkeit war) sowie der

langsamere Remodelings (Heilungs-)prozess im Vergleich zu den autologen Transplantaten.

Aus diesen Gründen sind Allografts nicht für die Primärversorgung der isolierten VKB-Ruptur indiziert, ihre Indikation sollte aber in Ausnahmefällen überprüft werden (multiligamentäre Instabilität, multiple Revision).

Metaanalysen zeigen, dass Allografts ähnliche mittelfristige (3–5 Jahre) klinische Ergebnisse erzielen können wie autologe Sehnen, solange Sterilisierungsprozesse vermieden werden, die das allogene Transplantat irreversibel schädigen (Krych et al. 2008, Peterson et al. 2001).

### Studienlage

Neuere Studien zeigen, dass die Ergebnisse nach operativ versorgter isolierter vorderer Kreuzbandruptur im langfristigen 10-Jahresverlauf gut und überzeugend sind. Begleitverletzungen bei der initialen Schädigung des Kniegelenkes, wie z. B. Meniskusverletzungen oder Knorpel-

schäden, limitieren das klinische und radiologische Outcome teilweise signifikant (Holm et al. 2010, Liden et al. 2007, Pinczewski et al. 2007, Pässler 2010).

Die operative Versorgung der isolierten Ruptur des VKB führt nach 10 Jahren in 90–95% zu sehr guten und guten subjektiven und funktionellen Ergebnissen bei einer Versagensrate bzw. Rerupturrate von ca. 10%. Die objektive Stabilitätsrate (Pivot shift, Lachman, KT 1000 – instrumentelle Stabilitätsmessungen beziehen sich in den vorhandenen Langzeitstudien derzeit ausschließlich auf die ventrale Instabilität und nicht auf die Rotationsinstabilität) liegt bei ca. 80%, ebenso die klinischen Ergebnisse (IKDC A und B). 80% der operierten Patienten kehren nach der OP wieder zu ihrem prä-traumatischen sportlichen Ausgangsniveau zurück, nach 10 Jahren betreiben ca. 50% der operierten Patienten noch einen Level I- oder II-Sport, wobei die Aktivitätsminderung zumeist nicht auf kniespezifische Probleme, sondern eher auf allgemeine Aktivitätsreduktion zurückzuführen ist. 60–80% der Patienten weisen nach 10 Jahren keine signifikanten radiologischen degenerativen Veränderungen auf, der Anteil an ausgeprägten degenerativen Schädigungen (Stadium III und IV nach Kellgren und Lawrence) ist in den vorhandenen prospektiven Studien (bei der isolierten VKB-Ruptur) gering. Bezüglich der isokinetisch gemessenen Muskelkraft weisen allerdings Patienten auch nach 3–5 Jahren noch Defizite sowohl hinsichtlich Flexions- und Extensionskraft auf (durchschnittlich ca. 90% der Kraft der Gegenseite) – und dies offensichtlich ungeachtet des benutzten Transplantates (Ageberg et al. 2009, Lautamies et al. 2008). Die Studienlage in der Literatur hinsichtlich der Transplantatwahl bezieht sich nahezu ausschließlich auf

Tabelle 2

**Vergleich Patellarsehne/Hamstring bei der Transplantatwahl: derzeitige Studienlage (Limitationen und Erläuterung siehe Text); mittelfristig: 2–5 Jahre; langfristig: 10 Jahre.**

<b>Studienlage zum Vergleich Patellarsehne/Hamstrings</b>	
<b>Keine signifikanten Unterschiede</b>	
Mittel-/Langfristig	Subjektive Ergebnisse klinische Funktion Versagens-/Rerupturrate
Langfristig	Subjektive Ergebnisse objektive Stabilität
<b>Patellarsehne</b>	Kurz-/Mittelfristig: tendenziell erhöhte Stabilität (KT 1000, Pivot shift)
<b>Hamstrings</b>	Mittel-/Langfristig: geringere Entnahmemorbidität Langfristig: geringere degenerative Veränderungen

den Vergleich der beiden am häufigsten durchgeführten OP-Techniken, Patellarsehne und Semitendinosus/Gracilis- Sehne, so dass der folgende Literaturüberblick sich auf diesen Vergleich fokussiert.

Die Probleme der Studien sind bekannt und mannigfaltig: wenig Level I-Studien, inhomogenes Patientengut (Begleitverletzungen, unterschiedliche Fixationstechniken, unterschiedliche, teils nicht mehr aktuelle OP-Techniken, unterschiedliche Nachuntersuchungstechniken), hohes lost of follow-up, geringe Patientenzahlen, usw.

Dennoch lassen sich in den wenigen vorhandenen Level I- und II-Studien mit einem Follow-up von 7–10 Jahren (Holm et al. 2010, Liden et al 2007, Pinczewski et al. 2007) und in den aktuelleren Metaanalysen (Biau et al. 2009, Goldblatt et al. 2005, Reinhardt et al. 2010), welche v. a. mittelfristige 2–6-Jahresergebnisse be-

leuchten, Tendenzen erkennen, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen (Zusammenfassung, Tab. 2).

**Entnahmemorbidität**

Die Morbidität aufgrund der Transplantatentnahme zeigt sowohl im mittel- als auch im langfristigen (10 Jahre) Verlauf eine signifikant erhöhte Rate bei Patienten nach Patellarsehnenplastik im Vergleich zu den Patienten mit HamstringTransplantaten, vor allem auch hinsichtlich patellofemoraler Probleme und Schmerzen beim Knien. Insgesamt beläuft sich je nach Studie und Definition die Häufigkeit der aufgrund der Sehnenentnahme entstandenen Probleme in beiden Gruppen auch langfristig zwischen 20 und 40%.

**Subjektive und klinische Funktion**

Hinsichtlich dieser Parameter zeigen sich bei fast allen Studien sowohl

im mittel- als auch im langfristigen Verlauf keine signifikanten Unterschiede in den beiden Vergleichsgruppen.

## Objektive Stabilität (KT 1000, Lachman, Pivot shift), Versagensrate

Im kurz- bis mittelfristigen Verlauf (2–4 Jahre) zeigen sich hinsichtlich der objektiven Stabilität (KT 1000 Messung, Pivot shift, Lachman) tendenziell, teilweise auch signifikant, bessere Werte für die Patellarsehnenplastik im Vergleich zu den Hamstrings, wobei die Gesamtstabilitätsrate in beiden Gruppen, d. h. z. B. bei der KT 1000-Messungen mit weniger als 3 mm Unterschied im Seitenvergleich, insgesamt mit ca. 90% sehr hoch ist. Im Langzeitverlauf über 5 Jahre sind diesbezüglich und auch hinsichtlich der Versagens- und Rupturrate in allen vorhandenen Studien keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich dieser Parameter mehr in den beiden Vergleichsgruppen nachweisbar.

## Sportliche Aktivität

Die Teilnahme an Level I- und II-Sportarten beläuft sich auf 80%, 65% und 50% nach 2, 5 bzw. 10 Jahren postoperativ, wobei sich ähnliche Ergebnisse zeigen wie bei der objektiven Stabilität: in den kurz- bis mittelfristigen Ergebnissen (2–5 Jahre) eine tendenziell erhöhte sportliche Aktivitätsrate in der Patellarsehnenplastik, während im Langzeitverlauf keine signifikanten Unterschiede mehr bestehen bei einer unmittelbaren (nach Abschluss der Rekonvaleszenz) postoperativen Gesamtrückkehr zum präoperativen sportlichen Ausgangsniveau von ca. 80%.

## Radiologische Veränderungen

Hier berichten beide Langzeitstudien über 10 Jahre über eine tendenziell

bzw. signifikant erhöhte Rate an degenerativen radiologischen Veränderungen in der Patellarsehnenplastik im Vergleich zu den Hamstrings. Insgesamt ist das Ausmaß der degenerativen Veränderungen in beiden Gruppen bei der isolierten VKB-Plastik ohne Begleitverletzungen allerdings gering, die meisten Patienten mit radiologischen Veränderungen weisen allenfalls Veränderungen im Stadium St. I oder II auf, nur wenige Patienten zeigen mittelgradige (St. III; ca. 10%) oder sogar schwere degenerative Veränderungen.

## Zusammenfassung / Entscheidungsfindung (Tab. 3)

Prinzipiell sind als Ersatzmaterial bei der vorderen Kreuzbandplastik mehrere autologe Transplantate gleichwertig einsetzbar.

Bei der Entscheidungsfindung sollte individuell dem Anforderungsprofil sowohl des Patienten als auch des Operateurs Rechnung getragen werden.

Folgende Faktoren können Richtlinien sein, sollen aber keinesfalls als zwingend angesehen werden und müssen im Einzelfall geprüft werden.

Zu berücksichtigen sind sportartspezifische Faktoren; Anforderungen des Patienten im Beruf (z. B. kniende Tätigkeit sowohl im Beruf – Fliesenleger- als auch im Sport); präoperativ bereits bestehende Morbidität im Sehnenentnahmebereich (z. B. chronische Entzündungen/Tendinitiden der Patellarsehne); Sportarten, die zu bestimmten Morbiditäten prädisponieren (z. B. vorderer Knieschmerz bei Sprungsportarten); Sportarten, die speziell intakte Muskelgruppen voraussetzen (Streckapparat; Rotatoren/Flexoren); Ausmaß und Art der körperlichen Aktivität des Patienten.

Weitere zu berücksichtigende Faktoren sind neben der Erfahrung des Operateurs auch der Wunsch des heute gut informierten und aufgeklärten Patienten.

Tabelle 3  
Entscheidungsfindung zur Transplantatwahl (s. Text).

Entscheidungsfindung zur Transplantatwahl
<b>Sportartspezifische Faktoren:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sportarten, die eine Unversehrtheit des Streckapparates oder der Rotationsfähigkeit voraussetzen</li> <li>■ Sportarten mit häufiger Entnahmemorbidität (z. B. Tendinitiden der Patellarsehne, vorderer Knieschmerz)</li> <li>■ Kniende Sportart</li> </ul>
<b>Berufliche Anforderungen: z. B. knieender Beruf</b>
<b>Art und Ausmaß der körperlichen Aktivität</b>
<b>Präoperative Morbidität im Bereich der Entnahmestelle</b>
<b>Erfahrung Operateur</b>
<b>Patientenwunsch</b>

Die Entnahme des Transplantates von der Gegenseite kann in bestimmten Fällen in die Operationsplanung miteinbezogen werden.

In der Nachbehandlung (s. auch Kapitel Rückkehr zum Sport) ist die vulnerable Phase der Transplantateinheilung zu berücksichtigen, wobei die knöcherne Integration der Patellarsehne zeitlich schneller erfolgt. Über den Punkt, ob eine postoperative Orthese bei der isolierten VKB-Plastik bessere postoperative Ergebnisse bewirkt als die orthesenfreie Nachbehandlung, kann derzeit keine wissenschaftlich fundierte Aussage getroffen werden. Weitestgehend Konsens besteht darin, Patienten nach vorderer Kreuzbandplastik mit Begleitverletzungen und -therapien (Kollateralbandverletzungen, Meniskusnaht) mit Orthese zu versorgen.

Auf zusätzlich zu berücksichtigende Faktoren in der OP-Technik der VKB-Plastik wird in diesem Rahmen nicht weiter (Fixations-/Verankerungstechnik, Transplantatspannung) bzw. ausführlicher in anderen Kapiteln (Doppelbündeltechnik, Platzierung der Bohrkanäle, Nachbehandlung; return to sport) eingegangen.

## Literatur

- Ageberg E, Roos HP, Sdilbernagel KG, Thomee R, Roos EM. Knee extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: a cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17: 162–169.
- Biau DJ, Katsahian S, Kartus J, Harilainen A, Feller JA, Sajovic M, Ejerhed L, Zaffagnini S, Röpke M, Nizard RS. Patellar tendon versus hamstring autografts for reconstructing the anterior cruciate ligament: a meta-analysis based on individual patient data. *Am J Sports Med* 2009; 37(12): 2470–2478.
- Burks RT, Crim J, Fink BP, Boylan DN, Greis PE. The effects of semitendinosus and gracilis harvest in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2005; 21(10): 1177–1185.
- Chen CH, Chuang TY, Wang KC, Chen WJ, Shih CH. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon autograft: clinical outcome in 4-7 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14(11): 1077–1085.
- Geib TM, Shelton WR, Phelps RA, Clark L. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon autograft: intermediate-term outcome. *Arthroscopy* 2009; 25(12): 1408–1414.
- 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(7): 791–803.
- Gorschewsky O, Klakow A, Pütz A, Mahn H, Neumann W. Clinical comparison of the Autologous Quadriceps Tendon (BQT) and the Autologous Patella Tendon (BPTB) for the reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15(11): 1284–1292.
- Holm I, Oiestad BE, Risberg MA, Aune AK. No difference in knee function or prevalence of osteoarthritis after reconstruction of the anterior cruciate ligament with 4-strand hamstring autograft versus patellar tendon-bone autograft. *Am J Sports Med* 2010; 38(3): 448–454.
- Kartus J, Movin T, Karlsson J. Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts. *Arthroscopy* 2001; 17(9): 971–980.
- Krych AJ, Jackson JD, Hoskin TL, Dahm DL. A meta-analysis of patellar tendon autograft versus patellar tendon allograft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008; 24(3): 292–298.
- Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala U. Isokintec quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16: 1009–1016.
- Lee S, Seong SC, Jo H, Park YK, Lee MC. Outcome of anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon autograft. *Arthroscopy* 2004; 20(8): 795–802.
- Liden M, Ejerhed L, Sernert N, Laxdal G, Kartus J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2007; 35(5): 740–748.
- Pässler HH. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings using press-fit fixation without hardware: Operative technique and long-term results of a prospective and randomized study. *Unfallchirurg* 2010; 113 (7): 555–560.
- Papageorgiou CD, Ma CB, Abramowitch SD, Clin- eff TD, Woo SL. A multidisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model. *Am J Sports Med* 2001; 29(5): 620–626.
- Park MJ, Lee MC, Seong SC. A comparative study of the healing of tendon autograft and tendon-bone autograft using patellar tendon in rabbits. *Int Orthop* 2001; 25(1): 35–39.
- Peterson RK, Shelton WR, Bomboy AL. Allograft versus autograft patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: A 5-year follow-up. *Arthroscopy* 2001 Jan; 17(1): 9–13.
- Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J. A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med* 2007; 35(4): 564–574.
- Reinhardt KR, Hetsroni I, Marx RG. Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction: a level I systematic review comparing failure rates and functional outcome. *Orthop Clin N Am* 2010; 41: 249–262.
- Segawa H, Omori G, Koga Y, Kameo T, Iida S, Tanaka M. Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy* 2002 Feb; 18(2):177–182.
- Stäubli HU, Schatzmann L, Brunner P, Rincón L, Nolte LP. Mechanical tensile properties of the quadriceps tendon and patellar ligament in young adults. *Am J Sports Med* 1999; 27(1): 27–34.
- Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, Hikita A, Fukui N. Tashiro Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med* 2003; 31(4): 522.
- Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med* 1991; 19(3): 217–225.