

Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Für und Wider aktuell gebräuchlicher Techniken

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist eine häufige Verletzung [13]. Nach einer Hochrechnung amerikanischer Daten [1] kann in Deutschland von etwa 30.000 Fällen pro Jahr ausgegangen werden.

Die Folge ist meist eine a.-p. und Rotationsinstabilität, welche im Verlauf zu Meniskusläsionen, Knorpelschäden und schließlich zur Arthrose führt [8]. Durch eine vordere Kreuzbandersatzplastik können diese Instabilität behoben und die sportliche Aktivität der Patienten z. T. wieder hergestellt werden. Aber auch nach einer operativen Versorgung verbleibt ein Funktionsdefizit [1, 31], und es finden sich im Verlauf bei einem hohen Anteil der Patienten Arthrosezeichen [12]. Die vordere Kreuzbandruptur ist demzufolge eine schwerwiegende Verletzung und stellt – operativ versorgt oder nicht – eine präarthrotische Deformität dar.

Es konnte gezeigt werden, dass das postoperativ erreichte Aktivitätsniveau bei Sportlern, welche innerhalb von 3 Monaten nach der Verletzung mit einer vorderen Kreuzbandplastik versorgt wurden, höher war und in dieser Gruppe auch weniger Meniskusverletzungen auftraten als wenn die Versorgung erst nach 1 Jahr erfolgte [9]. Insofern sollte bei sportlich aktiven Patienten mit einer Instabilität nach vorderer Kreuzbandruptur die operative Versorgung zeitnah erfolgen.

Als wesentliche Kriterien für die Zufriedenheit der Patienten konnten Beweglichkeit, Stabilität, Schwellneigung und patellofemorale Schmerzen identifiziert werden [10]. Die Schwellneigung

ist dabei wahrscheinlich von den Begleitschäden abhängig. Stabilität, Beweglichkeit und patellofemorale Schmerzen können jedoch durch die Wahl des Transplantats, der Operationstechnik und der Fixation beeinflusst werden.

Der vorliegende Artikel soll anhand der Literatur die Vor- und Nachteile der aktuell gebräuchlichen Operationstechniken darstellen.

Transplantatwahl

Für den vorderen Kreuzbandersatz stehen verschiedene Transplantate zur Verfügung. Grundsätzlich kommen in Frage:

- Patellarsehne,
- Hamstrings (Semitendinosussehne, Grazilissehne),
- Quadrizepssehne und
- andere autologe Transplantate,
- synthetische Bänder und
- Allografts.

Synthetische Bänder sind aufgrund der schlechten Ergebnisse weitgehend verlassen worden, die Anwendung von Allografts ist aufgrund des hohen logistischen Aufwands und der Kosten spezialisierten Zentren vorbehalten.

Am häufigsten werden das mittlere Patellarsehnenmittel, welches mit Knochenblock von Tuberositas und Patella („bone-tendon-bone“) entnommen wird, und die Semitendinosussehne, evtl. zusammen mit der Grazilissehne, verwendet. Beide Transplantate weisen eine gleichwertige

bzw. höhere Reißfestigkeit wie das originäre vordere Kreuzband auf [19].

Patellarsehnen transplantat. Sein wesentlicher Vorteil besteht in der Verankerung der Knochenblöcke im femoralen und tibialen Bohrkanal und der daraus resultierenden hohen Primärstabilität sowie der sicheren und schnellen Einheilung des Transplantats [35].

Nachteilig ist die zusätzliche Morbidität durch die Transplantatentnahme, die zum vorderen Knieschmerz führen kann [23]. Es konnte gezeigt werden, dass diese Beschwerden tatsächlich durch die Entnahme und nicht durch die Kreuzbandplastik bedingt sind [15]. Wesentlich seltenere Komplikationen sind ein durch die Narbenbildung im Hebedefekt bedingtes infrapatellares Kontraktursyndrom mit Tiefertreten der Patella und Patellafrakturen.

Hamstring-Transplantat (Semitendinosussehne allein oder zusammen mit Grazilissehne). Ihr Vorteil liegt in der geringen Entnahmemorbidität.

Nachteilig sind die länger dauernde Einheilung im Bohrkanal, die aufwändigere Präparation sowie die Schwächung der Agonisten des vorderen Kreuzbandes. Es konnten jedoch selbst bei Verwendung von Semitendinosus- und Grazilissehne keine neuromuskulären, Kraft- oder Ausdauerdefizite festgestellt werden [32].

Die erzielte Primärstabilität ist wesentlich von der Fixationsmethode abhängig.

J. Lützner · M. Bottesi

Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Für und Wider aktuell gebräuchlicher Techniken

Zusammenfassung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB) ist eine häufige und schwerwiegende Verletzung und stellt – operativ versorgt oder nicht – eine präarthrotische Deformität dar. Die operative Versorgung sollte bei sportlich aktiven Patienten mit einer Instabilität zeitnah erfolgen. Die am häufigsten verwendeten Transplantate sind Hamstring-Sehnen und das mittlere Patellarsehnenendrittel. Mit beiden Transplantaten können gute Ergebnisse erzielt werden, wobei die Hamstring-Transplantate eine geringere Entnahmemorbidity aufweisen. Die Standardoperationstechnik ist die 1-Bündel-Rekonstruktion mit ana-

tomischer Platzierung der Bohrkanäle. Der femorale Bohrkanal sollte über das anteromediale Portal angelegt werden, um eine entsprechend weit laterale Platzierung zu ermöglichen. Die Fixation sollte gelenknah ohne Schädigung des Transplantats erfolgen. Um eine hohe Primärstabilität zu erzielen, erscheint bei Hamstring-Transplantaten die Hybridfixation am günstigsten.

Schlüsselwörter

Vorderes Kreuzband · VKB-Ruptur · Instabilität · Hamstring-Sehnen-Transplantat · Patellarsehnentransplantat

Anhand der aktuellen Literatur kann festgestellt werden, dass mit beiden Transplantaten gute Ergebnisse erzielt werden können [14, 23]. Es kann als gesichert gelten, dass bei der Verwendung von Hamstring-Transplantaten weniger vorderer Knieschmerz auftritt, und es gibt Hinweise darauf, dass Patellarsehnentransplantate in Bezug auf die Stabilität überlegen sind [24]. Betrachtet man jedoch modernere Fixationstechniken der Hamstring-Transplantate, sind diese der Stabilität der Patellarsehnentransplantate vergleichbar [14, 25, 26].

Operationstechnik

Allgemein anerkannt ist die arthroskopische Durchführung der vorderen Kreuzbandplastik. Dennoch gibt es kaum eine Operation mit so vielen Variationsmöglichkeiten.

1-Bündel-Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Sie ist derzeit die am häufigsten verwendete Methode. Damit können bei anatomischer Platzierung der Bohrkanäle und entsprechender Fixation langfristig gute Ergebnisse erzielt werden.

Der femorale Bohrkanal soll im Ursprungsbereich des vorderen Kreuzbandes ausreichend weit dorsal platziert werden [2]. Eine zu weit ventrale Platzierung führt zu einer Beugeeinschränkung bzw. bei freier Beugung zu einer Instabilität in Streckung. Des Weiteren soll der Bohrkanal ausreichend weit lateral platziert werden. Es hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass durch die transtibiale Anlage des femoralen Bohrkanals zwangsläufig ein zu steiler Transplantatverlauf (1 bzw. 11 Uhr, im Extremfall High-Noon-Position) resultiert. Diese steilen Transplantate ergeben zwar u. U. eine gute a.-p. Stabilität, können jedoch die Rotationsinstabilität nicht ausreichend beseitigen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die 2- bzw. 10-Uhr-Position des femoralen Bohrkanals deutlich effektiver auch die Rotationsinstabilität beseitigen [11]. Deshalb sollte die Anlage des femoralen Bohrkanals über das anteromediale Portal erfolgen und eine 2- bzw. 10-Uhr-Position angestrebt werden.

Anterior cruciate ligament reconstruction. Advantages and disadvantages of current methods

Abstract

Rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) is a common acute injury representing a pre-arthrotic deformity whether treated surgically or not. Surgical treatment in actively sportive patients with instability should be prompt. The most frequently used transplantations include hamstring tendons and the middle third patellar tendon. Both transplantations achieve good results, although the hamstring tendons produce less donor site morbidity. The standard surgical technique is the 1-bundle reconstruction with anatomic posi-

tioning of the bone tunnel. The femoral tunnel should be placed over the anteromedial portal, to enable a lateral position. Fixation should be close to the joint without damaging the transplant. Hybrid fixation with the hamstring transplant seems to achieve the best primary stability.

Keywords

Anterior cruciate ligament · ACL rupture · Instability · Hamstring tendon transplantation · Patellar tendon transplantation

Der tibiale BohrkanaI soll im Ansatzgebiet des vorderen Kreuzbandes so angelegt werden, dass das Transplantat bei freier Streckung in die Fossa intercondylaris passt [30]. Eine zu weit ventrale Platzierung führt zum Notch-Impingement und daraus resultierendem Streckdefizit, eine zu weit dorsale Platzierung zu einem zu steilen Transplantatverlauf mit verringerter Stabilität.

Doppelbündelrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Das originäre vordere Kreuzband besteht aus 2 Bündeln, einem anteromedialen, welches sich in Beugung anspannt, und einem posterolateralen, welches in Streckung gespannt ist [3, 21]. In letzter Zeit wird deshalb vermehrt die Doppelbündelrekonstruktion propagiert.

Biomechanische Studien belegen zwar einen Vorteil derselben im Hinblick auf die Stabilität, insbesondere die Rotationsstabilität. In prospektiv-randomisierten Studien führten diese theoretischen Vorteile bisher jedoch noch nicht zu verbesserten klinischen Scores [7, 16, 34]. Außerdem ist die Doppelbündelrekonstruktion technisch sehr anspruchsvoll, bietet ein höheres Fehlerpotenzial und ist aufgrund der doppelten Implantatkosten teurer.

Insofern sollte diese Operationsmethode vorerst Zentren im Rahmen von Studien vorbehalten bleiben [22].

Fixation

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen gelenkferner und gelenknaher Fixation. Femoral ist auch eine Transfixation im BohrkanaI möglich. Des Weiteren wird zwischen indirekter Fixation über ein Konstrukt aus Nahtmaterial oder Tape an einem Verankerungsobjekt (z. B. Fixationsbutton, Staple, Schraube oder Ähnliches) und der direkten Fixation des Transplantats im BohrkanaI (z. B. Interferenzschraube) unterschieden.

Indirekte, gelenkferne Fixation (z. B. Fixationsbutton). Vorteil sind ihre hohe Ausreißfestigkeit [26, 27] und der vollständige Kontakt zwischen Transplantat und Knochen im BohrkanaI.

Nachteilig sind die niedrigere Steifigkeit aufgrund der Länge des Verankerungskonstrukts und die daraus resultierende Elongation unter zyklischer Belastung (Bungee-Effekt) [6]. Aufgrund der fehlenden Fixation am Tunneleingang und der Dehnung des Konstrukts kommt es bei Bewegung des Kniegelenks auch zum so genannten Scheibenwischer-effekt [5]. Des Weiteren strömt aufgrund der fehlenden Abdichtung am Tunneleingang Synovialflüssigkeit zwischen Tunnelwand und Transplantat ein, was zusammen mit Bungee- und Scheibenwischer-effekt, biologischen Faktoren sowie einer frühzeitigen Rehabilitation für BohrkanaI-erweiterungen verantwortlich gemacht wird [18, 33].

Direkte, gelenknaher Fixation (z. B. Interferenzschrauben). Ihr Vorteil sind die wasserdichte Fixation des Transplantats am Tunneleingang und damit die höhere Steifigkeit des gesamten Konstrukts [28]. Außerdem werden das Eindringen von Synovialflüssigkeit in den BohrkanaI verhindert und damit die Einheilung des Transplantats unterstützt.

Nachteilig ist die Gefahr der Beschädigung des Transplantats, besonders bei Verwendung großer Schrauben mit scharfen Windungen, die u. U. schwierige Entfernung im Revisionsfall sowie die im Vergleich verringerte Primärstabilität und v. a. tibial die Gefahr des Herausgleitens des Transplantats bei zu klein dimensionierter Schraube.

Hybridfixation. Sie vereint die Vorteile beider Verankerungstechniken, der direkten und der indirekten. Dabei wird eine gelenkferne Fixation mit einer unterdimensionierten Interferenzschraube kombiniert. Dadurch verringert sich die Gefahr der Transplantatschädigung, das Eindringen von Synovialflüssigkeit wird verhindert und die verminderte Primärfestigkeit der unterdimensionierten Schraube wird durch die gelenkferne Fixation kompensiert [30]. Eine zusätzliche Möglichkeit zur Schonung des Transplantats und besserem Knochenkontakt ist die so genannte Bone-Wedge-Technik. Dabei wird die Interferenzschraube femoral vor einer vorher mit einem Spezialmei-

ßel mobilisierten Knochenschuppe eingedreht [29].

Transfixation im Tunnel. Femoral ist auch eine Verankerung im BohrkanaI möglich. Dabei wird eine höhere Primärstabilität als bei Interferenzschraubenfixation erreicht [36].

Nachteilig sind der teilweise komplizierte Transplantateinzug sowie die fehlende gelenknaher Abdichtung gegen den Einstrom von Synovialflüssigkeit. Außerdem sind die meisten Zielsysteme für die Verankerungspins für eine transtibiale Anlage des femoralen Kanals ausgerichtet. Somit ist die wünschenswerte 2- bzw. 10-Uhr-Position häufig nicht zu erreichen.

Implantatfreie Verankerungen. Am häufigsten wird die Pressfit-Verankerung der Knochenblöcke eines Patellarsehnentransplantats durchgeführt. Ihre Primärstabilität ist geringer als die einer Interferenzschraubenfixation [17]. Auch die implantatfreie Verankerung eines Hamstring-Transplantats ist möglich [20]. Allerdings müssen dafür die Semitendinosus- und Grazillsehne entnommen werden, und die femorale Verankerung mit einem Sehnenknoten erfordert einen relativ großen femoralen Tunnel. Mit beiden Verfahren können klinisch gleich gute Ergebnisse wie mit den herkömmlichen Fixationstechniken erzielt werden [4, 20].

Fazit

Sowohl mit Hamstring- als auch mit Patellarsehnentransplantaten können gute Ergebnisse erreicht werden, wobei Erstere eine geringere Entnahmemorbidität aufweisen.

Standardoperationstechnik ist derzeit noch die 1-Bündel-Rekonstruktion. Dabei sollte auf eine anatomische Platzierung der BohrkanaIe geachtet werden. Der femorale BohrkanaI sollte über das anteromediale Portal angelegt werden, um eine entsprechend weit laterale Platzierung zur Verbesserung der Rotationsstabilität zu erzielen.

Die Fixation sollte möglichst gelenknah ohne Schädigung des Transplantats erfolgen. Dafür eignen sich Interferenzschrauben. Diese sollten bei Fixation von Hamstring-Transplantaten kei-

ne scharfen Windungen besitzen, um das Transplantat nicht zu schädigen. Für eine hohe Primärstabilität erscheint die Hybridfixation am Günstigsten.

Korrespondenzadresse

Dr. J. Lützner

Orthopädische Klinik,
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus,
TU Dresden,
Fetscherstraße 74, 01307 Dresden
Joerg.Luetzner@uniklinikum-dresden.de

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

Literatur

- Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S et al (2007) ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop* 458:180–187
- Csizy M, Friederich NF (2002) Bohrrkanallokalisierung in der operativen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Position – Fehlplatzierung – Anatomometrie. *Orthopäde* 31(8):741–750
- Harner CD, Baek GH, Vogrin TM et al (1999) Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 15(7):741–749
- Hertel P, Behrend H, Cierpinski T et al (2005) ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone press-fit fixation: 10-year clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13(4):248–255
- Höher J, Moller HD, Fu FH (1998) Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6(4):231–240
- Höher J, Livesay GA, Ma CB et al (1999) Hamstring graft motion in the femoral bone tunnel when using titanium button/polyester tape fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7(4):215–219
- Jarvela T, Moisala AS, Sihvonen R et al (2008) Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation: prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med* 36(2):290–297
- Kannus P, Jarvinen M (1987) Long-term prognosis of conservatively treated acute knee ligament injuries in competitive and spare time sportsmen. *Int J Sports Med* 8(5):348–351
- Karlsson J, Kartus J, Magnusson L et al (1999) Subacute versus delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament in the competitive athlete. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7(3):146–151
- Kocher MS, Steadman JR, Briggs K et al (2002) Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 84-A(9):1560–1572
- 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(3):297–304
- Lohmander LS, Ostengren A, Englund M, Roos H (2004) High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum* 50(10):3145–3152
- Majewski M, Susanne H, Klaus S (2006) Epidemiology of athletic knee injuries: a 10-year study. *Knee* 13(3):184–188
- Maletis GB, Cameron SL, Tengan JJ, Burchette RJ (2007) A prospective randomized study of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of patellar tendon and quadruple-strand semitendinosus/gracilis tendons fixed with bioabsorbable interference screws. *Am J Sports Med* 35(3):384–394
- Mastrokalos DS, Springer J, Siebold R, Paessler HH (2005) Donor site morbidity and return to the preinjury activity level after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral and contralateral patellar tendon autograft: a retrospective, nonrandomized study. *Am J Sports Med* 33(11):85–93
- Muneta T, Koga H, Mochizuki T et al (2007) A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy* 23(6):618–628
- Musahl V, Abramowitch SD, Gabriel MT et al (2003) Tensile properties of an anterior cruciate ligament graft after bone-patellar tendon-bone press-fit fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11(2):68–74
- Nebelung W, Becker R, Merkel M, Ropke M (1998) Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon using endobutton fixation on the femoral side. *Arthroscopy* 14(8):810–815
- Noyes FR, Butler DL, Grood ES et al (1984) Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am* 66(3):344–352
- Paessler HH, Mastrokalos DS (2003) Anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendons, bone patellar tendon, or quadriceps tendon-graft with press-fit fixation without hardware. A new and innovative procedure. *Orthop Clin North Am* 34(1):49–64
- Petersen W, Zantop T (2007) Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop* 454:35–47
- Petersen W, Zantop T (2007) Technik der Doppelbündelrekonstruktion. *Arthroskopie* 20(2):132–138
- Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ et al (2007) A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med* 35(4):564–574
- Poolman RW, Abouali JA, Conter HJ, Bhandari M (2007) Overlapping systematic reviews of anterior cruciate ligament reconstruction comparing hamstring autograft with bone-patellar tendon-bone autograft: why are they different? *J Bone Joint Surg Am* 89(7):1542–1552
- Poolman RW, Farrokhyar F, Bhandari M (2007) Hamstring tendon autograft better than bone patellar-tendon bone autograft in ACL reconstruction: a cumulative meta-analysis and clinically relevant sensitivity analysis applied to a previously published analysis. *Acta Orthop* 78(3):350–354
- Prodromos CC, Joyce BT, Shi K, Keller BL (2005) A meta-analysis of stability after anterior cruciate ligament reconstruction as a function of hamstring versus patellar tendon graft and fixation type. *Arthroscopy* 21(10):1202
- Rowden NJ, Sher D, Rogers GJ, Schindhelm K (1997) Anterior cruciate ligament graft fixation. Initial comparison of patellar tendon and semitendinosus autografts in young fresh cadavers. *Am J Sports Med* 25(4):472–478
- Scheffler SU, Sudkamp NP, Gockenjan A et al (2002) Biomechanical comparison of hamstring and patellar tendon graft anterior cruciate ligament reconstruction techniques: the impact of fixation level and fixation method under cyclic loading. *Arthroscopy* 18(3):304–315
- Strobel MJ (2007) Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit der Einbündeltechnik. *Arthroskopie* 20(2):121–131
- Strobel MJ, Schulz MS (2002) VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Grazilis-Sehnentransplantat. *Orthopäde* 31(8):758–769
- Tashman S, Kolowich P, Collon D et al (2007) Dynamic function of the ACL-reconstructed knee during running. *Clin Orthop* 454:66–73
- Vairo GL, Myers JB, Sell TC et al (2008) Neuromuscular and biomechanical landing performance subsequent to ipsilateral semitendinosus and gracilis autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16(1):2–14
- Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL (2004) Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med* 32(2):543–549
- Yagi M, Kuroda R, Nagamune K et al (2007) Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop* 454:100–107
- Yoshiya S, Nagano M, Kurosaka M et al (2000) Graft healing in the bone tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop* 376:278–286
- Zantop T, Weimann A, Wolle K et al (2007) Initial and 6 weeks postoperative structural properties of soft tissue anterior cruciate ligament reconstructions with cross-pin or interference screw fixation: an in vivo study in sheep. *Arthroscopy* 23(1):14–20