

Zusammenfassung

Eine neue Technik zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes unter Verwendung des Semitendinosus- und Gracilis-Sehnentransplantats wird vorgestellt, die eine anatomische Transplantatverankerung direkt auf Gelenkniveau ermöglicht. Eine anatomische Transplantatverankerung hat den Vorteil, die Kniestabilität und die Transplantatisometrie zu erhöhen. Biodegradierbare Poly-(D-,L-Laktid-)Interferenzschrauben werden zur Verankerung verwendet, was zu einer beschleunigten ossären Integration des Transplantats führt. Klinische Frühergebnisse nach einem Jahr zeigen 95% normale oder fast normale Kniegelenke nach den Kriterien des IKDC. Die Daten der vorliegenden Studie unterstützen die Annahme, dass die beschriebene Technik den minimal-invasiven Aspekt der Verwendung von Hamstring-Sehnentransplantaten mit den biomechanischen Vorteilen der Interferenzschrauben-Verankerung kombiniert und so eine Alternative zu herkömmlichen Techniken darstellt.

Schlüsselwörter

Vorderes Kreuzband · Rekonstruktion · Semitendinosussehne · Interferenzschrauben · Biodegradierbar

Eine neue Technik zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes unter Verwendung von Hamstring-Sehnen und biodegradierbaren Interferenzschrauben

N. P. Südkamp¹, A. C. Stähelin², M. Wagner¹, A. Weiler¹

¹Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Sektion Sporttraumatologie und Arthroskopie, Charité, Campus Virchow, Humboldt-Universität zu Berlin

²Orthopädische Chirurgie FMH, St. Alban Vorstadt 51, 4052 Basel/Schweiz

Zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (VKB) hat sich weitgehend die Verwendung des mittleren Patellarsehnedrittels durchgesetzt. Neudings häufen sich jedoch die Berichte über eine erhöhte Transplantatentnahmemorbidität [1, 15, 16, 21, 23, 24, 26], so dass es begründet ist, nach alternativen Transplantaten für den VKB Ersatz zu suchen. Hierzu haben sich die Pes-anserinus-Sehnen der Mm. semitendinosus und gracilis oder auch Hamstrings als hervorragende Alternative herausgestellt [4, 9, 11, 17, 22]. Die Vorteile der mehrfach gedoppelten Hamstring-Sehnen sind eine deutlich komplikationsärmere Transplantatentnahme, eine wesentlich höhere Reißfestigkeit verglichen zur Patellarsehne und ihre Überlegenheit, die komplexe Bündelstruktur des nativen VKB zu simulieren als ein einsträngiges Patellar- oder Quadrizepssehnen-Transplantat [10, 19, 29, 36]. Im Vergleich zur Patellarsehne stellt sich jedoch die Transplantatverankerung der Hamstrings als problematisch dar [3]. Da keine sichere Knochenblockverankerung mit Interferenzschrauben möglich ist, werden die Hamstrings üblicherweise ex-

trakortikal, also gelenkfern oder über sog. Linkage Material, wie Fäden oder Bänder verankert [3]. Eine derartige extraanatomische Transplantatverankerung hat den Nachteil einer geringen Steifigkeit, und das Fadenmaterial führt zu einem konsekutiven Auslockern des Konstruktes [3, 12, 34]. Im Gegensatz hierzu konnte demonstriert werden, dass eine anatomische Transplantatverankerung auf Niveau des Gelenkspalts die Kniestabilität und die Transplantatisometrie erhöht [13, 20]. Die direkte, also knochenblockfreie Verankerung der Hamstring-Sehnen mit Interferenzschrauben ermöglicht eine derartige anatomische Fixierung. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass Transplantat-Tunnel-Bewegungen neutralisiert werden können und dass so die ossäre Transplantatintegration beschleunigt wird [12, 33].

Die Verwendung biodegradierbarer Interferenzschrauben ermöglicht eine ungestörte bildgebende Diagnostik. Revisionseingriffe werden nicht unnötig durch die Präsenz von Metallimplantaten erschwert und sie reduzieren das Risiko der Transplantatschädigung während der Schraubeninsertion [3, 32]. Daher haben biodegradierbare Interferenzschrauben zunehmend an Bedeutung für die Verankerung von Patellarsehnentransplantaten gewonnen, nachdem biomechanische und klinische Studien ihre Gleichwertigkeit im Vergleich zu Metallschrauben gezeigt haben [2, 5, 18, 25, 35]. Auch für die

Präsentiert anlässlich des 16. Kongresses der AGA, München 1999.

Prof. Dr. Norbert P. Südkamp, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Charité, Campus Virchow-Klinikum, Humboldt-Universität zu Berlin, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin
e-mail: norbert.suedkamp@charite.de

A new technique for anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons and biodegradable interference screws

N. P. Südkamp, A. C. Stähelin,
M. Wagner, A. Weiler

Abstract

A new technique for hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction is introduced which facilitates an anatomic graft fixation close to the joint line. An anatomic graft fixation has been shown to increase knee stability and graft isometry. Fixation is performed using biodegradable poly-(D-, L-lactide) interference screws which promotes tendon-to-bone incorporation. Preliminary clinical results at one year demonstrate 95% normal or nearly normal knees according to the criteria of the IKDC. These data suggest that hamstring tendon interference fit fixation combines minimal invasive aspects of the use of hamstring tendons with biomechanical advantages of anatomic interference screw fixation, thus offering a reasonable alternative to the use of the mid third patellar tendon graft.

Keywords

Anterior cruciate ligament · Reconstruction · Hamstring tendons · Interference screws · Biodegradable

Verankerung von Hamstring-Transplantaten sind biodegradierbare Schrauben vergleichbar zu solchen aus Metall [6, 31]. Je nach Transplantatmodifikation konnte sogar eine vergleichbar hohe initiale Verankerungsfestigkeit wie für die Patellarsehnen demonstriert werden [30].

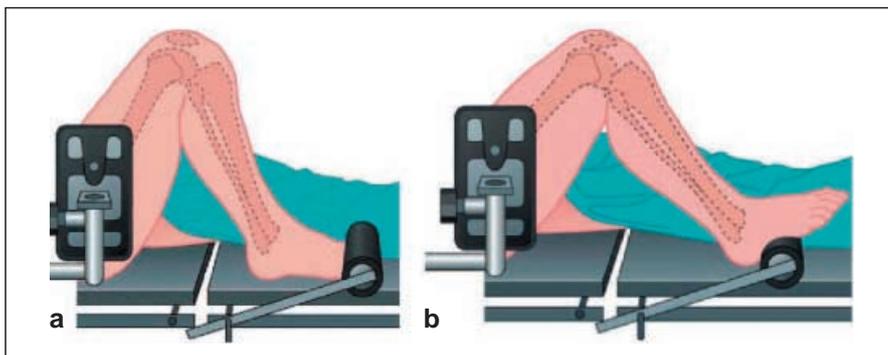


Abb. 1. Lagerung des Kniegelenks mit einer Fußrolle und einer Seitenstütze. So kann das Bein sicher in 90° - (a) und 130° - (b) -Beugung gelagert werden

Nachdem L. Pinczewski erstmalig das Konzept der direkten Hamstring-Sehnen-Verankerung mit einer speziellen abgerundeten metallischen Interferenzschraube vorstellte (RCI, Smith & Nephew DonJoy, Calsbad, USA) [8, 27], haben wir uns entschlossen, eine vergleichbare und modifizierte Technik einzusetzen, und zusätzlich den Vorteil des biodegradierbaren Materials zu nutzen. Ziel dieser Arbeit ist es, die technischen Schritte dieser Operationstechnik zu verdeutlichen und klinische Frühergebnisse vorzustellen.

Technik

Lagerung

Um das Kniegelenk während der Transplantatentnahme und der femoralen Tunnelpräparation weit beugen zu können, bevorzugen wir die einfache Rückenlage ohne die Verwendung eines Beinhalters. Hierzu werden seitlich eine Seitenstütze und am Tischende eine Fußrolle montiert [28]. Hierdurch kann mühelos bei gestrecktem und weit gebeugtem Knie operiert werden, ohne dass es einer zusätzlichen Assistenz bedarf. Die Fußrolle ermöglicht es, das Kniegelenk sicher in 90 und in ca. 130° zu lagern (Abb. 1).

Transplantatentnahme und Präparation

Die Transplantatentnahme erfolgt entsprechend den gängigen Methoden durch eine kleine Längs- oder Querinzision medial und leicht distal der Tuberositas tibiae. Die Fascia cruris bzw. die Sartoriusfaszie wird im Sehnenverlauf gespalten und die Sehnen der Mm. semitendinosus und gracilis werden im dorsalen Aspekt der Inzision identifiziert und mit einem Sehnenhaken luxiert, so dass alle akzessorischen Äste zum M. gastrocnemius sicher gelöst werden können. Nun erfolgt die Gewinnung der Sehnen mit einem offenen Sehnenstripper, um die Sehnen jeweils an ihrer tibialen Insertion gestielt zu las-

sen. Die beiden Sehnenstränge werden über einen Ethibondfaden-5 gedoppelt und distal mit einer Klemme fixiert (Abb. 2), um die weitere Transplantatpräparation in situ zu ermöglichen. Die Transplantatlänge sollte mindestens 7,5, besser jedoch 8,5–9 cm betragen. Nachfolgend werden das distale und proximale Transplantatende mit einem sog. Baseballstich (z. B. 3/0-Vicryl) über mindestens 2,5, besser jedoch 3 cm vernäht, um alle 4 Sehnenchen sicher zu verbinden (Abb. 3). Abschließend werden am Beittisch 3–4 Ethibondfäden-5 in das distale Transplantatende in Bunnel-Technik eingebracht, um eine tibiale Zusatzfixation zu ermöglichen. Für die nachfolgend notwendige korrespondierende Tunnelpräparation wird der kleinstmögliche distale und proximale Transplantatquerschnitt in einer Messschablone ermittelt.

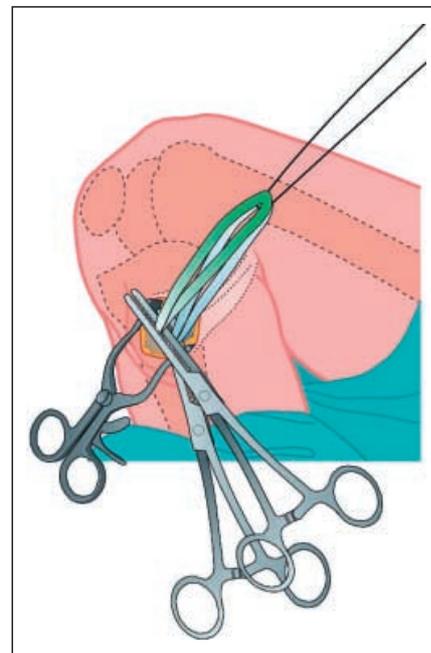


Abb. 2. Nach der Entnahme der Sehnenchenkel mit einem offenen Sehnenstripper werden beide Sehnen in situ auf mindestens 7,5 cm Länge gedoppelt und distal mit einer Klemme fixiert



Abb. 3. Baseballstich zur Vereinigung und Kompression der 4 Sehnenschenkel am proximalen Transplantatende

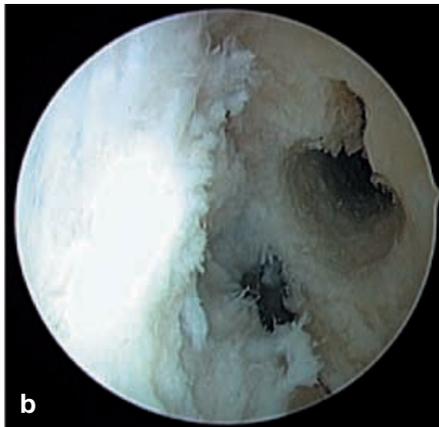
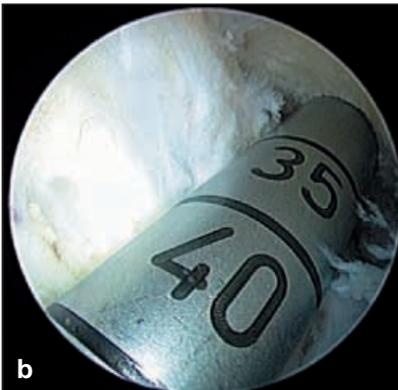
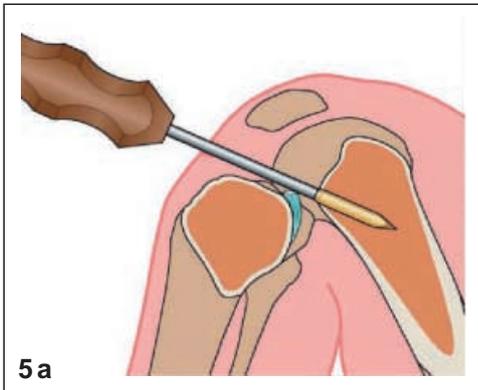
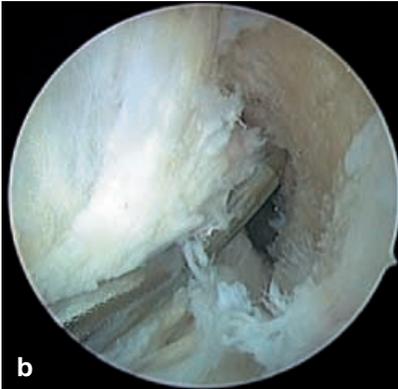
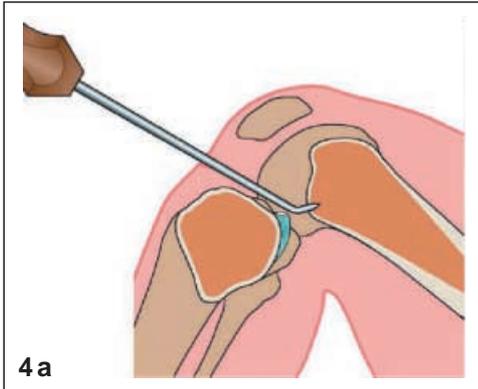


Abb. 4. Anlage des femoralen Pilotloches mit einer Winkelahle. **a** schematisch, **b** arthroskopisches Bild

Abb. 5. Dilatation des femoralen Tunnels mittels Klingendilatator. **a** schematisch, **b** arthroskopisches Bild

Abb. 6. Verwendung des Notchers (**a**) zur Anlage einer Tunnelkerbe (**b**)

Tunnelpräparation

Nach der üblichen diagnostischen Arthroskopie, incl. der Sanierung von Begleitverletzungen und dem gründlichen Debridement der dorsolateralen Fossa intercondylaris erfolgt zuerst die Anlage des femoralen Transplantattunnels. Hierzu wird der femorale Tunnel durch den anteromedialen Arbeitszugang angelegt. Zunächst wird in 90°-Kniebeugung mit einer Winkelahle ein Pilotloch gesetzt um die gewünschte Tunnelposition zu markieren (Abb. 4). Das Pilotloch sollte idealerweise, je nach Tunnelquerschnitt, ca. 4 mm von der Hinterkante entfernt liegen. In maximaler Kniebeugung erfolgt dann die serielle Dilatation des femoralen Tunnels entsprechend der Technik von L. Johnson [14] bis exakt zu dem Durchmesser, der dem proximalen Transplantatquerschnitt entspricht (Abb. 5). Die Tunnel Dilatation hat den Vorteil, die Knochen substanz lokal zu verdichten, was einerseits die Verankerungsfestigkeit des Transplantates erhöht [7], und andererseits die ossäre Integration des Transplantates beschleunigt. Die Tunnellänge sollte mindestens 2,5, besser jedoch 3 cm betragen. Abschließend wird der Tunneleingang in der 12-Uhr-Position mittels eines Notchers mit einer Kerbe versehen, um die nachfolgende Schraubeninsertion zu vereinfachen (Abb. 6).

Die Positionierung des tibialen Transplantattunnels erfolgt nach den üblichen Standards. Hierzu wird über das Zielgerät ein Zieldraht eingebracht (Abb. 7 a) und nachfolgend mit einem kanülierten 9-mm-Kragenbohrer der tibiale Kortex eröffnet (Abb. 7 b). Nun wird der Zieldraht mit einem kanülierten Bohrer überbohrt, dessen Durchmesser 2 mm unterhalb des gemessenen distalen Transplantatquerschnitts liegen sollte. Die noch fehlenden 2 mm des gewünschten Tunneldurchmessers werden in 2 Schritten mit langen kanülierten Dilatatoren aufdilatiert (Abb. 7 c), um auch tibial die Knochen substanz für eine sichere Verankerung zu kompaktieren.

Abschließend erfolgt die Impingementmessung zur Kontrolle der korrekten tibialen Tunnelage. Hierzu wird ein Dilatator entsprechend des Transplantatquerschnittes in den tibialen Tunnel eingeführt und in voller Überstreckung die Clearance zum Notchdach (Abb. 8) und in Beugung zur lateralen Notchwange geprüft. Sollte ein Impingement vorliegen, kann nachfolgend eine Notchplastik durchgeführt werden, bzw. die tibiale Transplantatlage durch die entsprechende Schraubenpositionierung leicht korrigiert werden (s. u.).

Transplantatverankerung

Die Transplantatpassage erfolgt in üblicher Weise durch einen transfemorale ausgeleiteten Ösendraht. Dieser kann transtibial (Abb. 9 a), oder aber bei einem sehr steil angelegten femoralen Tunnel durch den anteromedialen Arbeitszugang eingebracht werden. Hierbei muss der Passagefaden jedoch mit dem Tasthaken oder einer kleinen Fasszange transtibial ausgeleitet werden

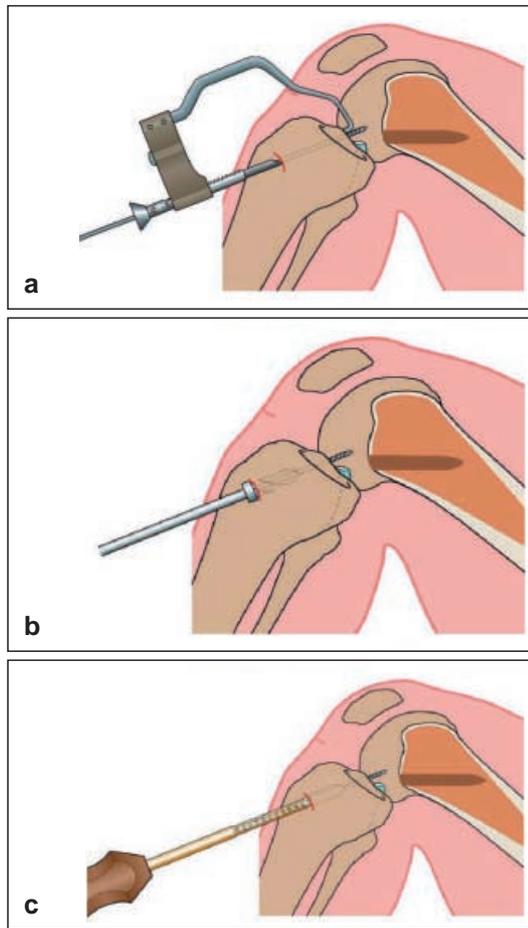


Abb. 7 a–c. Anlage des tibialen Transplantattunnels mittels Zielgerät (a) und nachfolgender Perforation des tibialen Kortex mit dem 9-mm-Kragenbohrer (b). Nach Überbohren des Zieldrahts erfolgt die Dilatation des Tunnels in zwei 1-mm-Schritten (c)

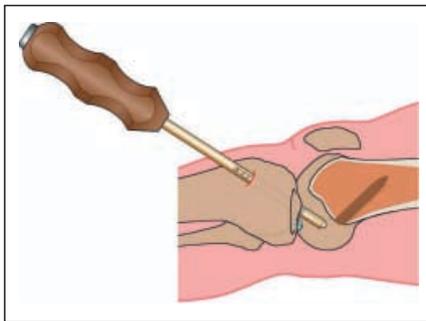


Abb. 8. Impingementprüfung in voller Überstreckung durch eingebrachten Tibiadilatator

(Abb. 9b). Vor der Passage sollte das Transplantat mehrmals kräftig manuell vorgespannt werden, um ein Setzen des Fadens für die tibiale Zusatzfixation zu ermöglichen.

Während der nachfolgenden Transplantatpassage ist darauf zu achten, dass das Transplantat mindestens über 2,5, besser jedoch über 3 cm im femoralen Tunnel versenkt wird (Abb. 10a). Vor dem endgültigen Einbringen der biodegradierbaren Interferenzschraube empfehlen wir die Dilatation des zukünftigen Schraubenlagers (Abb. 10b). So wird einerseits eine korrekte Schraubenlage gewährleistet, andererseits wird eine Rotation der Schraube um das Transplantat verhindert. Wir bevorzugen die Verwen-

dung einer amorphen, stereokopolymeren Poly-(D-,L-Laktid-)Interferenzschraube [30, 32] (Sysorb, Sulzer Orthopedics Ltd., Baar, Schweiz). Unter kräftigem beidseitigem Vorspannen des Transplantates wird dann bei maximaler Kniebeugung die biodegradierbare Interferenzschraube in den femoralen Tunnel eingebracht (Abb. 10c, e). Dies kann wahlweise über einen Nitinol-Führungsdraht geschehen. Wir empfehlen, die Schraube wenige Millimeter im femoralen Tunnel zu versenken (Abb. 10d), um so ein ossäres Überwachsen des Schraubenlagers zu erreichen, was dann eine ossäre Integration des Transplantates auf Gelenkkniveau ermöglichen kann [33].

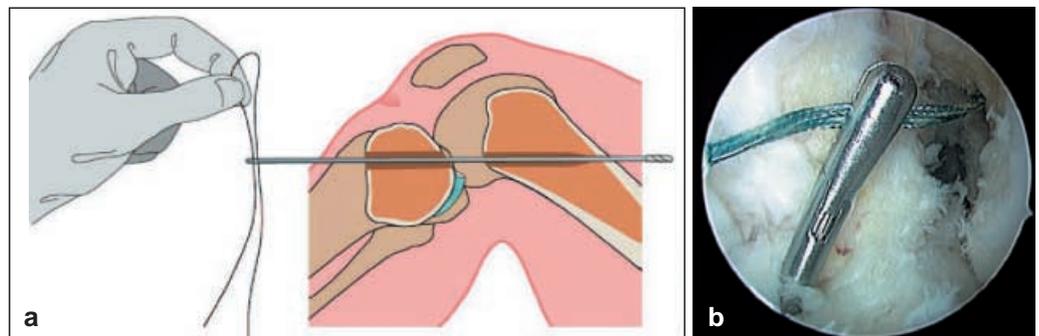
Vor der tibialen Verankerung erfolgt das zyklische Durchbewegen des Kniegelenkes unter 70–90 N Vorspannung (Abb. 11). Zum Einbringen der tibialen Interferenzschraube wird in gewünschter Position unter arthroskopischer Kontrolle ein Nitinol-Führungsdraht eingebracht. Bei guter Tunnelposition empfehlen wir eine ventrale Schraubenlage; zur leichten Lagekorrektur kann die Schraube wahlweise medial, lateral oder dorsal des Transplantates positioniert werden (Abb. 12). In voller Streckung und unter 70–90 N Vorspannung wird die Schraube dann soweit eingebracht, bis die Spitze des Schraubendrehers auf Gelenkkniveau sichtbar wird. So wird eine anatomische Transplantatverankerung erreicht und zusätzlich die höhere subchondrale Knochendichte für eine sichere Verankerung genutzt.

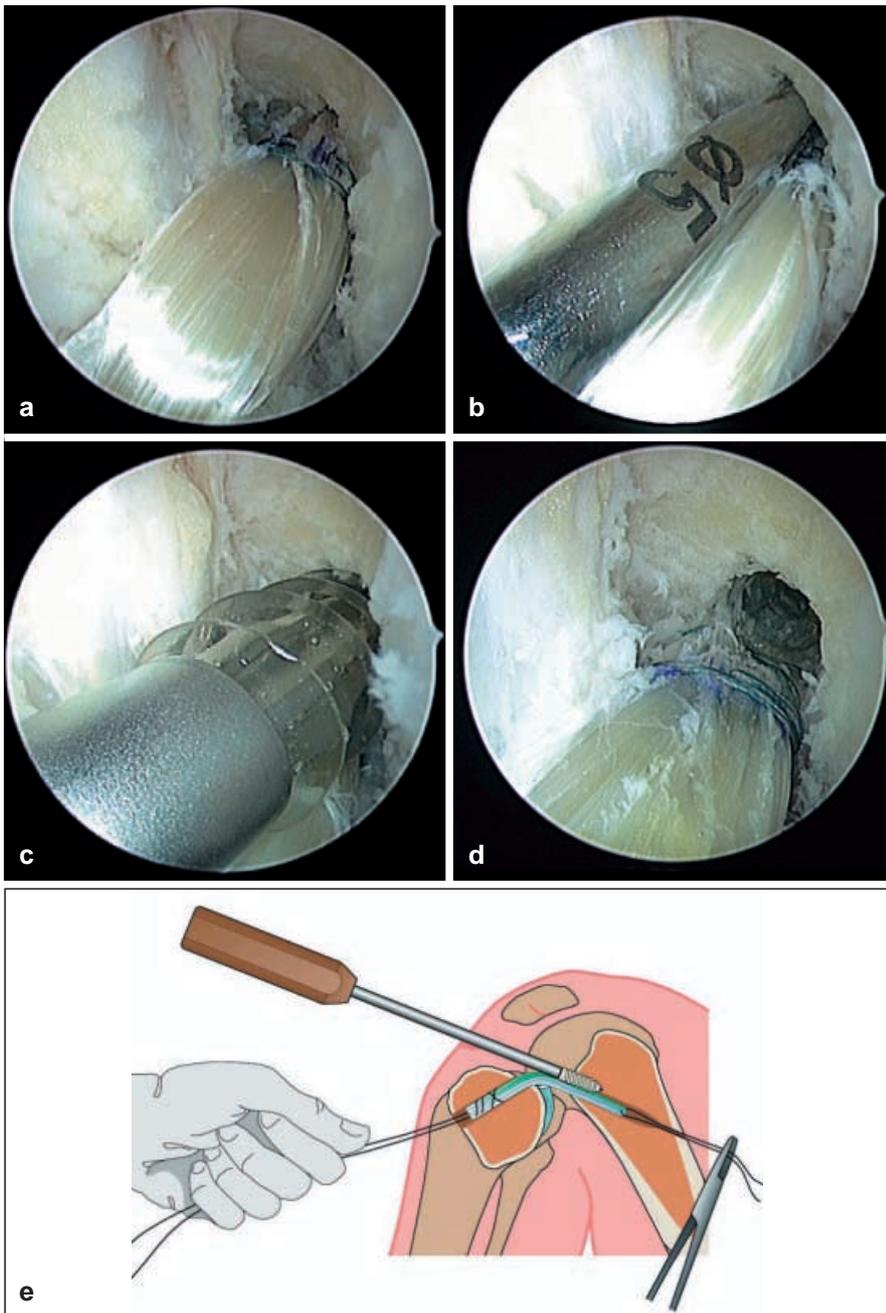
Entsprechend der geringeren tibialen Knochendichte empfehlen wir grundsätzlich eine tibiale Zusatzfixation. Hierzu wird mindestens 1,5, besser 2 cm distal des tibialen Tunnelausganges ein monokortikales 4,5-mm-Bohrloch angelegt, durch das die eine Hälfte der eingebrachten Fadenschleife ausgeleitet wird, die dann in voller Streckung über der Knochenbrücke verknötet werden.

Klinische Frühergebnisse

Bisher wurden in der Sektion für Sporttraumatologie und Arthroskopie der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Charité 208 Patienten in der oben beschriebenen Technik das VKB ersetzt. Dabei han-

Abb. 9. Zur Transplantatpassage kann ein Ösendraht transtibial (a) oder aber durch den anteromedialen Zugang eingebracht werden, wobei hier der Passagefaden transtibial ausgeleitet werden muss (b)





◀ **Abb. 10 a–e.** Während der Transplantatpassage ist darauf zu achten, dass das Transplantat femoral sicher über mindestens 2,5 cm versenkt ist (a). Zur Erleichterung der Schraubeninsertion wird das Schraubenlager in Position der Tunnelkerbe dilatiert (b). Die biodegradierbare Poly-(D-,L-Laktid-)Interferenzschraube wird dann unter axialem Druck (c) und unter beidseitiger kräftiger Vorspannung (e) eingebracht und abschließend über ca. 2–3 mm im femoralen Tunnel versenkt (d)

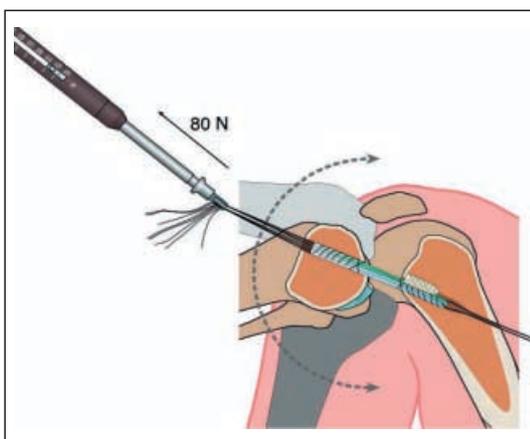


Abb. 11. Zyklisches Durchbewegen des Kniegelenks vor der tibialen Fixation unter 70–90 N Vorspannung. Wir empfehlen die Verwendung eines Tensiometers

delte es sich um 167 Primäreingriffe bei isolierter VKB-Ruptur (incl. anteromedialer Instabilität und Meniskusläsion). Die Nachbehandlung erfolgte ohne eine anterior-tibial-stabilisierende Orthese und unter symptomadaptierter Vollbelastung. Die prospektive Dokumentation beinhaltete regelmäßige Nachuntersuchungen nach 6 Wochen und nach 3, 6, 12 und 24 Monaten. Dokumentiert wurde nach den Standards des IKDC in Kombination mit einer instrumentellen Laxizitätsmessung (KT-1000, MEDmetric Corp., San Diego, USA). Nach Ausschluss von Patienten mit bilateraler VKB-Ruptur ($n = 5$) konnten 61 Patienten (Nachuntersuchungsrate 91%) nach einem Mindestzeitraum von einem Jahr nachuntersucht werden.

In einem Fall kam es zur Transplantatreruptur nach 6 Monaten. In der instrumentellen Laxizitätsmessung für das manuelle Maximum zeigten 34 Patienten (56,7%) der verbleibenden 60 Fälle einen Seitenunterschied von 0–2 mm und 26 Patienten (43,3%) einen Seitenunterschied von 3–5 mm. In 44 Fällen (73,3%) war der Pivot-Shift-Test negativ und in 16 Fällen (26,7%) war er erstgradig (gleitend) positiv. Ein Streckdefizit wurde in keinem Fall gefunden. Nach den Kriterien des IKDC hatten 15 Patienten (25%) ein normales (A), 42 Patienten (70%) ein fast normales (B) und 3 Patienten (5%) ein abnormales (C) Knie.

Schlussfolgerung

Die hier vorgestellte Technik zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit Hamstring-Sehnentransplantaten und deren anatomischer Fixierung auf Gelenkniveau unter Verwendung biodegradierbarer Interferenzschrauben stellt eine vielversprechende Al-

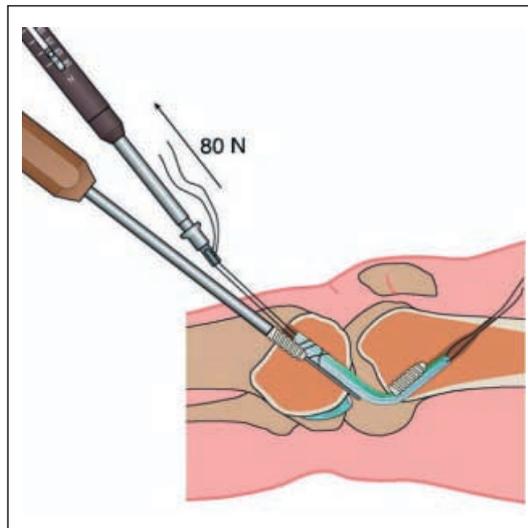


Abb. 12. Einbringen der tibialen Interferenzschraube über einen Nitinol-Führungsdraht bis nach subchondral

ternative zu anderen, herkömmlichen Rekonstruktionsverfahren dar. Es wird hierbei der minimal-invasive Aspekt der Verwendung von Hamstring-Sehnentransplantaten mit dem biomechanisch überlegenen Konzept der Interferenzschraubenverankerung kombiniert. Zur abschließenden Beurteilung sollten jedoch Langzeitergebnisse zu einem Vergleichskollektiv mit Patellarsehnentransplantat abgewartet werden.

Danksagung Wir danken Frau Monica Fucenese und Herrn Robert Gnos von Sulzer Orthopedics Ltd., Baar, Schweiz, für die jederzeit tatkräftige Unterstützung während der Entwicklung des Instrumentariums.

Literatur

1. Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Zaccherotti G (1993) Patellofemoral problems after intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop* 288:195–204
2. Barber F, Elrod B, McGuire D, Paulos L (1995) Preliminary results of an absorbable interference screw. *Arthroscopy* 11:573–588
3. Brand J, Weiler A, Caborn D, Johnson D (1999) Graft fixation issues in knee ligament surgery. *Operat Tech Orthop* 9:256–263
4. Brown C, Steiner M, Carlson E (1993) The use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Technique and results. Clin Sports Med* 12:723–756
5. Caborn D, Urban W, Johnson D, Nyland J, Pienkowski D (1997) Biomechanical comparison between BioScrew and titanium alloy interference screws for bone-patellar tendon-bone graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 13:229–232

6. Caborn D, Coen M, Neef R, Hamilton D, Nyland J, Johnson D (1998) Quadrupled semitendinosus-gracilis autograft fixation in the femoral tunnel: comparison between metal and a bioabsorbable interference screw. *Arthroscopy* 14:241–245
7. Cain E, Phillips B, Charlebois S, Daniels A, Azar F (1999) Effect of tibial tunnel dilation on pullout strength of quadrupled semitendinosus/gracilis autografts in ACL reconstruction secured with bioabsorbable interference screws. *Am Orthop Soc Sports Med*, 25th Annual Meeting
8. Corry I, Webb J, Clingeffer A, Pinczewski L (1999) Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament: a comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med* 27:444–454
9. Fu F, Ma C (1999) Anterior cruciate ligament reconstruction using quadruple hamstring. *Operat Tech Orthop* 9:264–272
10. Hamner D, Brown C, Steiner M, Hecker A, Hayes W (1999) Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg* 81A:549–557
11. Howell S, Taylor M (1996) Brace-free rehabilitation with early return to activity for knees reconstructed with double-looped semitendinosus and gracilis graft. *J Bone Joint Surg* 78A:814–819
12. Höher J, Livesay G, Ma C, Withrow J, Fu F, Woo S (1999) Hamstring graft motion in the femoral tunnel when using titanium button/polyester tape fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7:215–219
13. Ishibashi Y, Rudy T, Livesay G, Stone J, Fu F, Woo S (1997) The effect of anterior cruciate ligament graft fixation site at the tibia on knee stability: evaluation using a robotic testing system. *Arthroscopy* 13:177–182

14. Johnson LL, v. Dyk GE (1995) Arthroscopically monitored ACL reconstruction: compaction drilling and compression screw fixation. In: Feagin JA Jr. *The crucial ligaments: diagnosis and treatment of ligamentous injuries about the knee*. Churchill Livingstone, New York, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, Tokyo, pp 555–593
15. Kartus J et al (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
16. Kartus J, Magnusson L, Stener S, Brandsen, Eriksson B, 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
17. Larson R (1996) Anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons. *Operat Tech Orthop* 6:138–146
18. McGuire D, Barber F, Elrod B, Paulos L (1999) Bioabsorbable interference screws for graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 15:463–473
19. McKernan D, Weiss J, Deffner K, Greenwald R (1995) Tensile properties of gracilis, semitendinosus and patellar tendons from the same donor. *Proc Orthop Res Soc*, 41st Annual Meeting
20. Morgan C, Kalmam V, Grawl D (1995) Isometry testing for anterior cruciate ligament reconstruction revisited. *Arthroscopy* 11:647–659
21. Paulos L, Wnorowski D, Greenwald A (1994) Infrapatellar contracture syndrome: diagnosis, treatment and longterm follow-up. *Am J Sports Med* 22:440–449
22. Rosenberg J, Deffner K (1997) ACL reconstruction: semitendinosus tendon is the graft of choice. *Orthopedics* 20:396–398
23. Rosenberg J, Franklin J, Baldwin G, Nelson D (1990) Extensor mechanism morbidity associated with patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 18:560–565
24. Rosenberg T, Franklin J, Baldwin G, Nelson K (1992) Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 20:519–525
25. Rupp S, Krauss P, Fritsch E (1997) Fixation strength of a biodegradable interference screw and press-fit technique in anterior cruciate ligament reconstruction with a BPTB graft. *Arthroscopy* 13:61–65
26. Sachs R, Daniel D, Stone M, Garfein R (1989) Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 17:760–765
27. Scranton P, Pinczewski L, Auld M, Khalafayan E (1996) Outpatient endoscopic quadruple hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Operat Tech Orthop* 6:177–180

28. Stähelin A, Weiler A (1997) All-inside anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and soft threaded biodegradable interference screw fixation. *Arthroscopy* 13:773–779
29. Wallace M, Howell S, Hull M (1997) In vivo tensile behavior of a four-bundle hamstring graft as a replacement for the anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 15:539–545
30. Weiler A, Hoffmann R, Südkamp N, Siepe C, Haas N (1999) Ersatz des vorderen Kreuzbands: Biomechanische Untersuchungen zur Patellar- und Semitendinosussehnenverankerung mit einer Poly-(D,L-Laktid)-Interferenzschraube. *Unfallchirurg* 102:115–123
31. Weiler A, Hoffmann R, Stähelin A, Bail H, Siepe C, Südkamp N (1998) Hamstring tendon fixation using interference screws – a biomechanical study in calf tibial bone. *Arthroscopy* 14:29–37
32. Weiler A, Hoffmann R, Stähelin A, Helling H, Südkamp NP (2000) Current concepts: biodegradable implants in sports medicine – the biological base. *Arthroscopy* 16:305–321
33. Weiler A, Peine R, Pashmineh-Azar R, Unterhauser F, Hoffmann R (1998) Tendon to bone healing under direct interference screw fixation in a sheep model. *Arthroscopy* 14:437–438
34. Weiler A, Scheffler S, Göckenjan A, Südkamp N, Hoffmann R (1998) Different hamstring tendon graft fixation techniques under incremental cyclic loading conditions. *Arthroscopy* 14:425–426
35. Weiler A, Windhagen H, Raschke M, Laumeyer A, Hoffmann R (1998) Biodegradable interference screw fixation exhibits pull-out force and stiffness similar to titanium screws. *Am J Sports Med* 26:119–128
36. Woo S, Sakane M, Rudy T, Fox R, Fu F (1997) Comparison of bone-patellar tendon-bone versus quadruple-hamstrings tendon, for anterior cruciate (ACL) reconstruction. *Trans Orthop Res Soc* 43:99