

**Aus der orthopädischen Abteilung des  
Allgemeinen Krankenhauses Barmbek  
Direktor: Prof. Dr. med. E. Hille**

**Die arthroskopisch assistierte vordere Kreuzbandplastik mit  
extraartikulärer Tractusumlenkung modifiziert nach Jäger und Wirth.  
Ein Vergleich zwischen freier zentraler Patellarsehnen-Plastik und  
gedoppelter Semitendinosussehnen-Plastik mittels  
Standardtestverfahren.**

**Dissertation**

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der  
Medizin  
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf**

**vorgelegt von**

**Jörg Ehresmann**

**2002**

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Heinrich Heine Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Häussinger

Dekan

Referent: Prof. Dr. E. Hille

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. A. Baltzer

Als elektronische Dissertation der Heinrich-Heine-Universität veröffentlicht:

<http://www.ulb.uni-duesseldorf.de/diss/Medizinische/2002/Ehresmann.pdf>

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
1.1	Historischer Überblick .....	6
1.2	Anatomie und Biomechanik des vorderen Kreuzbandes .....	9
1.2.1	Vorbemerkungen.....	9
1.2.2	Vaskuläre Versorgung .....	9
1.2.3	Nervale Innervation.....	9
1.2.4	Femoraler Ansatz .....	10
1.2.5	Tibialer Ansatz.....	10
1.2.6	Funktionelle ligamentäre Aspekte.....	10
1.2.7	Biomechanik .....	11
1.3	Die vordere Kreuzbandruptur.....	13
1.3.1	Inzidenz.....	13
1.3.2	Therapie .....	14
1.3.2.1	Konservative Therapie.....	14
1.3.2.2	Vordere Kreuzbandnaht.....	14
1.3.2.3	Extraartikuläre Stabilisierung.....	15
1.3.2.4	Vorderer Kreuzbandersatz .....	15
1.3.2.4.1	Das autologe Patellarsehnen-Transplantat .....	16
1.3.2.4.2	Das autologe Semitendinosussehnen-Transplantat .....	17
2	Problemstellung .....	18
3	Material und Methoden .....	19
3.1	Material .....	19
3.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien .....	19
3.1.2	Operationstechniken.....	19
3.1.2.1	Das autologe gedoppelte Semitendinosussehnen Transplantat.....	20
3.1.2.2	Das autologe zentrale Patellarsehnedrittel Transplantat in Einfach- Inzisionstechnik.....	20
3.1.2.3	Die modifizierte extraartikuläre Tractusumlenkung nach Jäger und Wirth.....	21
3.1.3	Nachbehandlung.....	21
3.1.3.1	Rehabilitation .....	22

3.2	Methoden.....	23
3.2.1	Aufbau der Nachuntersuchung.....	23
3.2.1.1	Anamnestische und klinische Testverfahren.....	23
3.2.1.1.1	IKDC Knie-Evaluationsblatt.....	23
3.2.1.1.2	OAK Knie-Evaluationsblatt.....	24
3.2.1.1.3	Lysholm Score.....	24
3.2.1.1.4	Cincinnati Score.....	24
3.2.1.1.5	Tegner-Aktivitäts-Score.....	25
3.2.1.1.6	Klinische Testverfahren.....	25
3.2.1.2	Instrumentelle Testverfahren.....	26
3.2.1.2.1	KT-1000 Arthrometer.....	26
3.2.1.2.2	Isometrische und isokinetische Muskeltestung.....	27
3.2.2	Statistik.....	28
4	Ergebnisse.....	29
4.1	Patientenkollektiv.....	29
4.1.1	Geschlechts-, Lebensalter-, Seitenverteilung.....	29
4.1.2	Verletzungsmechanismus.....	30
4.2	Intraoperative Begleitbefunde.....	31
4.3	Komplikationen.....	33
4.3.1	Unmittelbar postoperative Komplikationen.....	33
4.3.2	Rearthroskopien und Metallentfernungen.....	33
4.4	Klinische Ergebnisse zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	35
4.4.1	Nichtinstrumentelle Messungen.....	35
4.4.2	Instrumentelle Stabilitätsprüfung.....	36
4.4.3	Isokinetische und isometrische Muskelkraft.....	39
4.5	Ergebnisse der Scores und Evaluationsblätter.....	41
4.5.1	Tegner-Aktivitätsscore.....	41
4.5.2	Lysholm Score.....	44
4.5.3	Cincinnati-Score.....	45
4.5.4	OAK-Evaluationsblatt.....	46
4.5.5	IKDC Evaluationsblatt.....	47
4.5.6	Vergleich der Evaluationsblätter und Scores.....	48
4.6	Stabilitätsprüfung und subjektive Ergebnisse.....	50

5	Diskussion.....	52
5.1	Intraoperative Begleitbefunde .....	52
5.2	Arthrofibrose und Zykloppsyndrom.....	53
5.3	Kniegelenksstabilität .....	55
5.4	Isometrische und isokinetische Kraftmessung.....	60
5.5	Scores und Evaluationsblätter.....	62
5.6	Vergleich der Standardtestverfahren.....	66
6	Zusammenfassung.....	69
7	Abkürzungsverzeichnis .....	70
8	Literaturverzeichnis.....	71
9	Anhang .....	90
10	Danksagung .....	100
11	Lebenslauf.....	101

# 1 Einleitung

## 1.1 Historischer Überblick

Als Erstbeschreiber des vorderen Kreuzbandes (VKB) mit seiner ligamentären Funktion gilt der Arzt Galen von Pergamon aus dem zweiten Jahrhundert n. Chr. (Snook 1988). Vorher wurden die Kreuzbänder als Teil des Nervensystems betrachtet. 1836 haben die Gebrüder Weber (Weber 1836) und anschließend Strasser (Strasser 1917) den Roll-Gleit-Mechanismus mit dem 4-Gelenkprinzip wissenschaftlich erfasst und damit den Grundstein zum besseren Verständnis der Kreuzbandkinetik und Kniegelenks-Biomechanik gesetzt.

Im Jahre 1850 berichtete Stark erstmalig über eine VKB-Ruptur, welche mit Schienung behandelt wurde (Stark 1850).

Die ersten chirurgischen Reparationsversuche nach VKB-Ruptur wurden von Battle und Mayo Robson Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben (Battle 1900, Mayo Robson 1903). Es wurde eine primäre Naht des vorderen Kreuzbandes, bei letzterem auch des hinteren Kreuzbandes gelegt. 1913 verfasste Goetjes eine umfangreiche Studie über Verletzungen der Kreuzbänder. Dabei beschrieb er vor allem die Funktion der Bandstrukturen sowie Verletzungsmechanismen. Anhand der in der Literatur beschriebenen Fälle und eigener Erfahrungen empfahl er die Naht des VKB bei frischen Verletzungen (Goetjes 1913). Jones führte damals ebenfalls eine Naht des VKB durch, allerdings mit unbefriedigenden Ergebnissen (Jones 1916).

Hey Groves verwandte erstmalig eine intraartikuläre Rekonstruktionstechnik. Er veröffentlichte 1917 und 1920 seine Technik, bei der er einen zusammengerollten Fascia lata Streifen als Ersatzplastik benutzte (Hey Groves 1917 und 1920). Campbell wiederum beschrieb 1936 ein intraartikuläres Rekonstruktionsverfahren, bei dem er einen medialen Fascienstreifen von der Kniescheibe und der Quadrizepssehne verwandte. Ausserdem beschrieb er das häufige Zusammentreffen der Trias: vordere Kreuzband-, mediale Seitenband- und Innenmeniskusverletzung (Campbell 1936).

Grundlegende Aspekte der Verletzungsmechanismen und der Behandlung vorderer Kreuzbandrupturen beschrieb auch Ivar Palmer in seinem Buch 1938. Er präsentierte Anatomie, Physiologie, klinische Beobachtungen und Unfallmechanismen bezüglich der verschiedenen Bandstrukturen und machte biomechanische Studien an Leichenknien (Palmer 1938). Neuere Sichtweisen von Kniegelenksverletzungen

beschrieb O'Donoghue. Er berichtete unter anderem über 22 Kniegelenksverletzungen, die er operativ wiederherstellte, wobei die detaillierte Nachuntersuchung der Patienten neu war (O'Donoghue 1950 und 1959).

Als Pioniere der Arthroskopie des Kniegelenkes gelten unter anderen der Schweizer Bircher in den 20er Jahren (Bircher 1921 und 1923) und der Japaner Watanabe in den 60er Jahren. Letzterer führte mit seinem Arthroskop Nr. 21 die ersten arthroskopischen Teilmeniskektomien durch und war somit Mitbegründer der therapeutischen Arthroskopie (Watanabe et al. 1969).

Die ersten Beschreibungen der extraartikulären Rekonstruktionen von VKB-Verletzungen gehen auf Bothworth und Bothworth 1936 zurück. Diese benutzten einen Fascia lata Streifen als freies Transplantat, das im Verlauf des VKB an die mediale oder laterale Seite des Kniegelenkes eingenäht wurde (Bothworth und Bothworth 1936). In den 70er Jahren beschrieben Jäger und Wirth eine extraartikuläre Operationstechnik, bei der ein Streifen des Tractus iliotibialis umgelenkt wurde (Jäger et al. 1978). Hierbei sollte die Subluxationstendenz des Tibiakopfes nach ventral verhindert werden. Zum Teil wurde diese Technik mit intraartikulären Rekonstruktionsverfahren kombiniert (Wirth et al. 1984).

Gestielte Semitendinosussehnen wurden 1950 und 1956 erstmals verwendet, wobei Augustine eine proximal gestielte Semitendinosusehne implantierte (Lindemann 1950, Augustine 1956). Die Technik der distal oder proximal gestielten Semitendinosusehne als Doppel- oder Dreifachschlinge wurde von Ficat und Cho 1972 beziehungsweise 1975 beschrieben (Ficat 1972, Cho 1975).

Jones und Brückner lieferten in den 60er Jahren die Grundlage für die heutige Patellarsehnen-Plastik mit dem zentralen Drittel des Ligamentum patellae. Brückner verlegte im Gegensatz zu Jones einen Bohrkanal von der Tuberositas tibiae zur Eminentia intercondylica, wodurch er eine Verkürzung der Wegstrecke zwischen Ursprung und Transplantatansatz erreichte (Jones 1963, Brückner 1966 und 1972).

Die Dokumentation und Evaluation von Knieinstabilitäten und somit auch von Ergebnissen nach VKB-Rekonstruktionen hat sich im Laufe der Zeit in wesentlichen Punkten geändert (Hefti et al. 1993). Das erste Auswertungsschema, welches größere Verbreitung fand, war das von Marshall (Marshall et al. 1977). Es ist kurz und übersichtlich, weist aber einige entscheidende Mängel auf. Es ist trotz gravierender Probleme (wie zum Beispiel einer Streckhemmung) möglich, eine hohe Punktzahl und damit scheinbar gute Ergebnisse zu erzielen. 1982 stellten Lysholm und Gillquist ein

neues Evaluationssystem vor (Lysholm et al. 1982). Für ein gesundes Kniegelenk wurden 100 Punkte vergeben. Insbesondere funktionelle Aspekte wurden hier besser berücksichtigt als bei Marshall. Die Aufsummierung zu einem Gesamtscore war nicht günstig, da sie eventuell vorhandene Probleme nicht offenbart (Hefti et al. 1993). Eine im Jahre 1985 von Tegner und Lysholm publizierte Aktivitätsskala, bei der verschiedene Aktivitäten in elf Stufen eingeteilt wurden, fand besonders zum Vergleich des prä- und postoperativen Aktivitätsniveaus große Verbreitung (Tegner et al. 1985). Ein sehr umfassendes Evaluationssystem wurde von Lukianov und Mitarbeitern vorgelegt (Lukianov et al. 1987). Es handelte sich um eine Synthese der bekannten Systeme von Marshall, Lysholm und Gillquist (Marshall et al. 1977, Lysholm et al. 1982). Aufgrund des Umfangs war es jedoch für den klinischen Alltag wenig praktikabel. Ähnlich komplex gestaltete sich der von Noyes in Cincinnati verwendete Evaluationsbogen (Noyes et al. 1985). In Frankreich fand der von Witvoet und Christel beschriebene A.R.P.E.G.E.-Score weite Verbreitung (Witvoet et al. 1985). A.R.P.E.G.E. ist die Abkürzung für „Association de Recherche pour l'étude du genou“. Stabilität und Sportfähigkeit wurden hier in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau ermittelt. 1985 wurde ein neuer Evaluationsbogen der schweizerischen „Orthopädischen Arbeitsgruppe Knie“ (OAK) eingeführt (Hefti et al. 1990). Der einseitige Bogen wurde in vier Kategorien gegliedert: Dokumentation, Bestimmung des Aktivitätsniveaus, Auswertung der Parameter in 4 Problembereichen und Evaluationsteil. Neu war, dass das Gesamtergebnis nie besser sein konnte als das der schlechtesten Kategorie. 1987 traf sich eine Gruppe amerikanischer und europäischer Kniechirurgen und gründete das „International Knee Documentation Committee“ (IKDC). Es wurde eine einheitliche Terminologie und ein Standard evaluationsblatt entwickelt. Im Evaluationsblatt wurden erstmals die in verschiedenen Problemgruppen evaluierten Befunde nur qualifiziert, aber nicht mehr numerisch bewertet. Das Gesamtergebnis sollte nie besser sein als das schlechteste Ergebnis in einer Gruppe. Man hoffte, eine bessere internationale Vergleichbarkeit von Kniebandläsionen und den Publikationen hierüber erzielen zu können (Hefti et al. 1993).

## **1.2 Anatomie und Biomechanik des vorderen Kreuzbandes**

### **1.2.1 Vorbemerkungen**

Das vordere und das hintere Kreuzband sind die zentralen passiven Führungselemente des Kniegelenkes und wichtig für den Ablauf der physiologischen Roll-Gleit-Bewegung (Wirth et al. 1974). Entwicklungsgeschichtlich sind beide Kreuzbänder von dorsal in das Kniegelenk eingewandert und daher nur ventral von der Membrana synovialis bedeckt; sie liegen somit intraartikulär, aber extrasynovial (Ellison et al. 1985). Die mittlere Länge des vorderen Kreuzbandes beträgt 31–38 mm und die mittlere Stärke 11 mm. Es ist primär aus Typ-1 Kollagen mit einem variablen Anteil von Elastin und Retikulin aufgebaut (Fu et al. 1994).

### **1.2.2 Vaskuläre Versorgung**

Die Blutversorgung der Kreuzbänder erfolgt aus Ästen der Arteria genicularis media sowie einigen terminalen Ästen der Arteriae geniculares inferiores. Über einen synovialen Plexus penetrieren kleinere Äste die Kreuzbänder, um sich mit einem Netzwerk aus endoligamentösen Gefäßen zu verbinden (Arnoczky 1985).

### **1.2.3 Nervale Innervation**

Die nervale Innervation erfolgt durch posteriore artikuläre Äste des Nervus tibialis, die die Kniegelenkshöhle von dorsal penetrieren (Kennedy et al. 1982). Golgi-Sehnenorgane konnten beim Menschen erstmals von Schultz 1984 nahe des Ansatzes und auf der Oberfläche unter der Membrana synovia identifiziert werden (Schultz et al. 1984). Eine Reihe weiterer nervaler Strukturen wie Ruffini-Körperchen und -Endungen, Vater-Pacini-Körperchen, marklose Nervenendigungen und plexusartige Nervenfilamente konnten im Laufe der Zeit in den Kreuzbändern beschrieben werden (Denti et al. 1994, Strobel et al. 1995, Raunest et al. 1998). Allen diesen Mechanorezeptoren wird mehr oder minder eine propriozeptive Funktion zugeschrieben. Eine nervale Reinnervation nach freier vorderer Kreuzbandrekonstruktion ist nach Shimizu und Barrack belegbar (Barrack et al. 1997, Shimizu et al. 1999).

#### **1.2.4 Femoraler Ansatz**

Das vordere Kreuzband entspringt femoral an der posteromedialen Fläche des lateralen Femurkondylus und beschreibt dort annähernd eine Ellipse mit den mittleren Durchmessern von 16 mal 24 mm (Kennedy et al. 1974, Müller 1982, Arnoczky 1983). Das Zentrum des Ursprungs liegt nach Odenstein und Gillquist 15 mm vom Kreuzungspunkt des dorsalen Femurschaftes und der höchsten Ausdehnung des lateralen Femurcondylus entfernt (Odenstein et al. 1985).

#### **1.2.5 Tibialer Ansatz**

Vom Femur zieht das vordere Kreuzband nach ventral distal medial zur Area intercondylaris anterior, wo es zwischen den vorderen Meniskusinsertionen knapp ventral des Tuberculum intercondylare mediale ansetzt (Strobel et al. 1995). Der tibiale Ansatz erscheint dabei größer und stärker als der femorale Ansatz. Die sagittale Ausdehnung der Ansatzfläche beträgt durchschnittlich 30 mm (Arnoczky 1983, Girgis 1975).

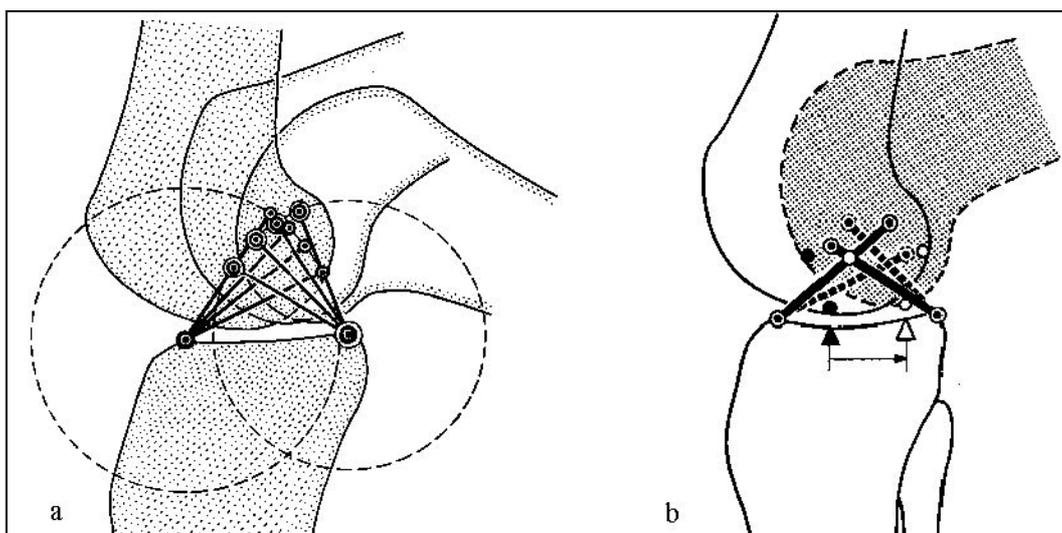
#### **1.2.6 Funktionelle ligamentäre Aspekte**

Obwohl sich weder makroskopisch noch mikroskopisch Unterschiede im Aufbau des VKB abgrenzen lassen, werden funktionell zwei Fasersysteme unterschieden: Das anteriomediale und das posteriolaterale Bündel (Arnoczky 1983, Jackson et al. 1987, Kennedy et al. 1974, Odenstein et al. 1985). Einige Autoren differenzierten zusätzlich ein intermediäres Bündel (Girgis et al. 1975, Norwood et al. 1979). Für die funktionelle Betrachtung ist das Zwei-Bündel-Konzept aber mittlerweile allgemein anerkannt (Sakane et al. 1997, Xerogeanes et al. 1998). An der Insertionsfläche der VKB in der Area intercondylaris anterior liegen die anteriomedialen Fasern ventral und kranial, die kürzeren posteriolateralen Fasern dagegen dorsal und kaudal. In Extension liegt das vordere Kreuzband dem First der Fossa intercondylaris an und begrenzt damit die Extension. Mit zunehmender Flexion verwringen sich die Kreuzbandfasern, wobei sich das posteriolaterale Bündel unter dem anteriomedialen Bündel hindurchdreht (Strobel et al. 1995). Dieser Tatsache ist es zu verdanken, dass wechselnde Anteile des VKB im gesamten Bewegungsumfang gestrafft und andere relativ lax sind. Neuere In-situ-Untersuchungen unter anteriorer tibialer Translation zeigten extensionsnah eine stärkere

Spannung des posteriolateralen Bündels. Im Gegensatz hierzu zeigte das anteriomediale Bündel unabhängig vom Flexionsgrad eine relativ konstante Spannung (Sakane et al. 1997).

### 1.2.7 Biomechanik

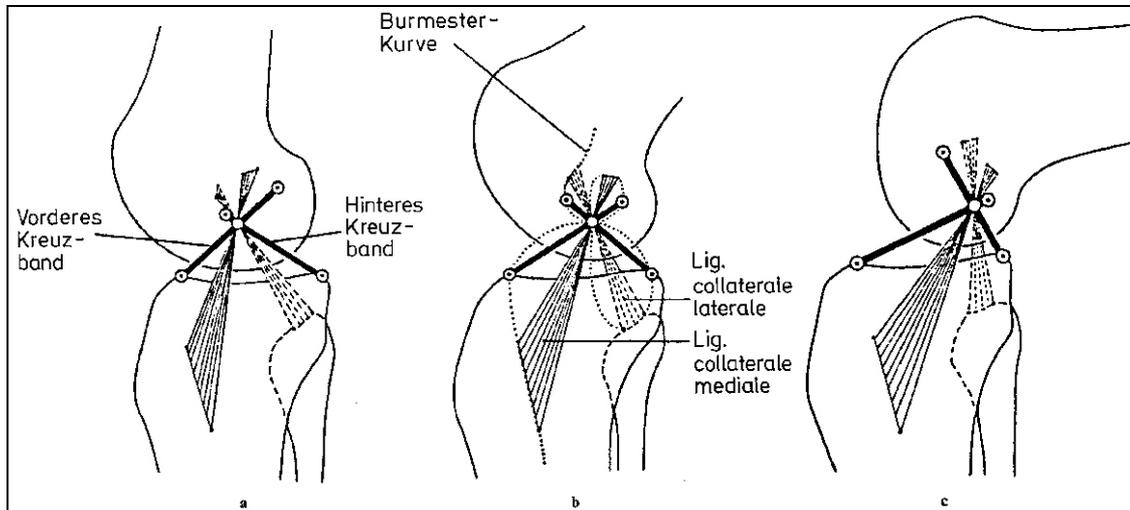
Die knöcherne Konfiguration der tibialen und femoralen Gelenkpartner erlaubt die Translation auf drei Ebenen und die Rotation um drei Achsen. Die Ligamente und Menisken haben daher nicht nur die Aufgabe der Gelenkstabilisierung, sondern auch die der normalen Gelenkführung (Noyes et al. 1984, O'Conner et al. 1990). Die Form der Gelenkflächen ist bei der physiologischen Bewegung nicht als völlig inkongruent anzusehen, sondern folgt der mathematisch geometrischen Konsequenz (Menschik 1988). Das Zusammenspiel der beiden Kreuzbänder folgt dabei dem Prinzip der ebenen, überschlagenen Viergelenkkette. Hierbei bewegen sich die beiden femoralen Kreuzbandinsertionen bei Extension/Flexion jeweils auf einer Kreisbahn (Abb. 1a). Diese Kreisbahnen bewirken bei Flexion eine Dorsalverlagerung des femoralen Auflagepunktes auf dem Tibiaplateau (Abb. 1b). Um die normale Kniegelenksbeweglichkeit von  $5^{\circ}$ - $0^{\circ}$ - $145^{\circ}$  zu ermöglichen, müssen dabei die femoralen Insertionsstellen der Kreuzbänder einen Winkel von  $40^{\circ}$  zur Femurlängsachse bilden. Tatsächlich steht das Dach der Fossa intercondylaris in einem Winkel von  $40^{\circ}$  zur Längsachse (Müller 1982).



**Abb. 1a-b:** Die überschlagene Viergelenkkette (aus Müller 1982).

Das Modell der Viergelenkkette demonstriert die Wichtigkeit des Zusammenspiels der Kreuzbänder und des Aufbaus der knöchernen Geometrie. Durch dieses gekoppelte System zwingen die Kreuzbänder den medialen und lateralen femorotibialen Gelenkpartnern getrennte Roll-Gleit-Bewegungen auf, welche die Femurkondylen bei der Kniebeugung am Überrollen der Tibiahinterkanten bzw. der Meniskushinterhörner hindern. Trennt man beispielsweise alle Weichteile bis auf die Seitenbänder und die Kreuzbänder von einem Kniepräparat ab, so bleibt die Kinematik des Gelenkes trotzdem konstant. Bei Durchtrennung der Seitenbänder kommt es lediglich zu einer seitlichen Lockerung. Trennt man hingegen zusätzlich die Kreuzbänder durch, tritt das sogenannte Schubladenphänomen, auf und der Bewegungsablauf ist desintegriert (Strobel et al. 1995).

Betrachtet man die weiteren anatomischen Gegebenheiten, so scheinen die Ursprungs- und Ansatzareale der Kreuz- und Seitenbänder nicht punktuell lokalisiert zu sein. Alle Areale lassen sich aber der geometrisch-kinematischen Gesetzmäßigkeit der Burmester-Kurve unterordnen (Müller 1982, Friedrich et al. 1990).

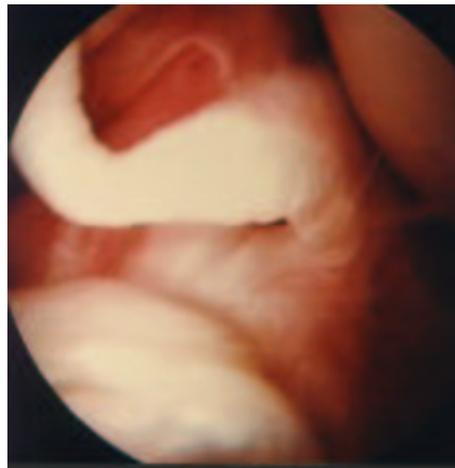


**Abb. 2 a-c:** Schematische Darstellung der Ligamente in voller Extension (a), 43° Flexion (b) und 90° Flexion (c) (aus Friedrich et al. 1990).

Der Momentanpol befindet sich bei der Beugung und Streckung im Kreuzungspunkt der Kreuz- und Seitenbänder (Abb. 2 a-c). Bei der Bewegung beschreiben die Insertionspunkte der Bänder Kreislinien, die auf die Bahnkurven auflaufen. Hieraus

resultiert eine Festigung in der Streck- und Beugephase des Kniegelenkes. In der mittleren Beugstellung tritt dagegen eine relative Lockerung der Bänder auf. Der Ablauf der Kniegelenksbewegung resultiert somit nicht alleine aufgrund der Kreuzbänder, sondern ist ebenfalls von den auf der Burmeister-Kurve lokalisierten Ursprungs- und Ansatzpunkten der Seitenbänder abhängig (Menschik 1988).

### 1.3 Die vordere Kreuzbandruptur



**Abb. 3:** Rupturiertes vorderes Kreuzband

#### 1.3.1 Inzidenz

Durch zunehmenden Freizeitsport erlangten VKB-Verletzungen in den letzten Jahren an Bedeutung. Fu gibt eine Prävalenz von 1 pro 3000 Amerikanern für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes an (Fu et al. 1999). Dies entspricht ca. 80.000 Ereignissen pro Einwohner für die USA. Dabei besteht die höchste Inzidenz in der Altersgruppe der 15 bis 25 jährigen (Griffin et al. 2000).

Eine retrospektive Analyse von Skiverletzungen im „Wyoming ski resort“ von 1982 bis 1993 mit entsprechend 2,55 Millionen Skitagen untermauert das hohe Risiko einer vorderen Kreuzbandverletzung beim Winterfreizeitsport. 16% von insgesamt 9749 Unfällen wiesen diese Verletzung auf. Dies entspricht 61 vorderen Kreuzbandverletzungen pro 100.000 Skitage (Warme et al. 1995). Im Gegensatz hierzu fand sich bei professionellen alpinen Skifahrern lediglich eine Inzidenz von 4,3 entsprechenden Verletzungen pro 100.000 Skitagen (Viola et al. 1999).

### **1.3.2 Therapie**

Die Ansichten über die Bedeutung des vorderen Kreuzbandes und damit die Notwendigkeit einer Behandlung seiner Verletzung haben sich vielfach gewandelt. Das Spektrum reicht von konservativer Therapie (Neusel et al. 1993, Fink et al. 1996) über primäre Kreuzbandnähte (Dann et al. 1996) und extraartikuläre Operationsverfahren (Wirth et al. 1984, Frank et al. 1988, Wroble et al. 1993) bis zum primären Ersatz (Noyes et al. 1997, Wirth et al. 1999, Stürmer 1999).

#### **1.3.2.1 Konservative Therapie**

Im natürlichen Verlauf der VKB-Ruptur konnte eine erhöhte Rate von Meniskusläsionen und Arthrosen nachgewiesen werden (Lobenhoffer et al. 1993, Noyes et al. 1997). Es ist von einer Reduktion der Sportaktivitäten gerade in den sogenannten „high risk pivoting“ Sportarten, wie zum Beispiel Fußball, Tennis und Basketball, auszugehen. Patienten mit einem vorbestehend niedrigen Sportniveau können aber durchaus gute subjektive Langzeitergebnisse erzielen (Fink et al. 1996). Nach Benedetto ist die Entscheidung für eine konservative Therapie nicht nur vom Lebensalter und dem Wunsch nach neuerlicher Sportfähigkeit des Patienten abhängig. Bei Sportarten, die im normalen Ablauf mit Hyperextension und Rotation einhergehen, sollte nach Möglichkeit eine frühzeitige Rekonstruktion erwogen werden (Benedetto 2000).

#### **1.3.2.2 Vordere Kreuzbandnaht**

Primäre Kreuzbandnähte ohne Augmentation bei intraligamentären Rissen sind aus heutiger Sicht obsolet. Bereits 1990 lehnte die Expertenkommission ESSKA (European Society for Sports Medicine, Knee Surgery and Arthroscopy) dieses Verfahren als nicht zum Ziel führend ab (Dann et al. 1996). Augmentierte Nähte werden mit verschiedenen Materialien ausgeführt. Autologe Augmentationen mittels Pes-anserinus-Sehnen oder Fascia lata sind der alleinigen Naht überlegen (Sgaglione et al. 1990, Holmes et al. 1991). Von Nachteil ist die lange postoperative Protektion in der Nachbehandlung. Als resorbierbares alloplastisches Material zur Augmentation fand PDS (Polydioxanon, Firma Ethicon, Hamburg) eine gewisse Verbreitung. Es hat sich aber wegen der biomechanischen Eigenschaften und der kurzen Halbwertszeit auch bei Augmentation

von Transplantaten nicht durchgesetzt (Hoffmann et al. 1989). Eine permanente Augmentation wurde vielfach mit einem Polypropylenband (LAD = Ligament Augmentation Device) durchgeführt, ohne dass ein positiver Effekt gesichert werden konnte (Johnson et al. 1992). Für die ursprüngliche Verwendung als Verstärkung der autologen distal gestielten Patellarsehnen/Quadrizepssehnen konnte jedoch ein Stabilitätsgewinn erzielt werden (Kennedy 1984). Mittlerweile ist dieses Material nicht mehr auf dem Markt. Andere synthetische Augmentationen konnten sich ebenfalls nicht durchsetzen (Lobenhoffer 1999).

### **1.3.2.3 Extraartikuläre Stabilisierung**

Ziel einer extraartikulären Stabilisierung ist es, die pathologische ventrale Translation der Tibia zu verhindern. Insbesondere die lateralen Verfahren sollen das femorotibiale repetitive Subluxationsphänomen unterbinden (Mac Intosh et al. 1976). Die Ergebnisse eines alleinigen extraartikulären Operationsverfahrens konnten vor allem wegen mangelnder Kniegelenksstabilität nicht überzeugen (Frank et al. 1988, Dahlstedt et al. 1988). In Kombination mit einer intraartikulären Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes konnte Wirth gute Ergebnisse präsentieren (Wirth et al. 1984). Beim Vergleich von Langzeitergebnissen intraartikulärer Rekonstruktionen mit und ohne extraartikuläre Stabilisierung konnten andere Autoren keine Unterschiede bezüglich klinischem Outcome und Stabilität des Kniegelenkes finden (Roth et al. 1987). Noyes konnte jedoch eine bessere Stabilität und eine höhere sportliche Aktivität in einer Gruppe mit zusätzlicher extraartikulärer Prozedur nachweisen (Noyes et al. 1991). Der Effekt einer zusätzlichen extraartikulären Stabilisierung ist aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse unklar. Eingang in die allgemeinen Empfehlungen der Fachgesellschaften hat diese Methode bisher nicht erlangt (Wirth et al. 1999, Stürmer 1999).

### **1.3.2.4 Vorderer Kreuzbandersatz**

Für den Ersatz des VKB wurden eine Vielzahl autologer, allogener, xenogener und synthetischer Transplantate beschrieben (Frank et al. 1997). Zwei autologe Transplantate konnten sich als Standardmethoden etablieren. Einerseits das Patellarsehnen-Transplantat mit anhaftenden Knochenblöcken (PT) und andererseits das

Pes anserinus-Transplantat. Bei den Pes anserinus-Sehnen hat sich speziell die Semitendinosusehne (ST) durchgesetzt (Fu et al. 2000, Kohn 2000). Die Operation sollte 2 bis 6 Wochen nach der VKB-Verletzung erfolgen, da sonst das Arthrofibrosierisiko erhöht ist und die Gefahr einer Bewegungseinschränkung besteht (Frank et al. 1997).

#### **1.3.2.4.1 Das autologe Patellarsehnen-Transplantat**

Die Entnahme erfolgt in einer Breite von 9 (-10) mm mit anhaftenden Knochenblöcken. Bewährt hat sich die Verwendung des medialen Drittels. Hier erhält man ein ausreichend langes Präparat mit symmetrischen Knochenblöcken. Zudem ändert sich die Zugrichtung des Streckapparates nicht. Das Einbringen des Transplantats sollte in der Regel arthroskopisch erfolgen. Alternativ kommt eine Miniarthrotomie in Betracht (Frank et al. 1997). Die korrekte Lage der Bohrkanäle wird mit Hilfe eines geeigneten Zielgerätes ermittelt. Bei der Platzierung der Bohrkanäle scheint die sogenannte Einfach-Inzision mit einem femoralen Halbkanal operationstechnische Vorteile zu bieten (O'Neill 1996). Die Bohrkanäle dürfen nicht zu weit ventral liegen. Es kann sonst ein Kontakt des Transplantats mit dem Dach der Interkondylargrube resultieren (Watanabe et al. 1995). Dies geht regelhaft mit Streckdefiziten einher (Lobenhoffer 1999). Die tibiale und femorale Fixation erfolgt in der Regel mit Interferenzschrauben. Hiermit kann eine Zugkraft bis 500 N erzielt werden (Steiner et al. 1994). Eine frühfunktionelle Rehabilitation ist aufgrund der guten Fixation möglich (Pässler et al. 1993). Die Belastungsfähigkeit des frisch implantierten Patellarsehnen-Transplantats liegt nach biomechanischen in vitro Studien mit 2160 bis 2900 N über der eines natürlichen vorderen Kreuzbandes (Noyes et al. 1984, Woo et al. 1999).

In klinischen Studien ließen sich mit dieser Technik in Hinblick auf die Kniegelenksstabilität und das Outcome gute Ergebnisse erzielen (Aglietti et al. 1994, Noyes et al. 1997, Corry et al. 1999, Goradia et al. 2001).

Probleme dieses Transplantats sind vor allem persistierende Schmerzen im Bereich der Patella und zum Teil kosmetisch nicht befriedigende Ergebnisse. Selten treten Rupturen der Rest-Patellarsehne oder Infekte auf (Frank et al. 1997, Corry et al. 1999).

#### **1.3.2.4.2 Das autologe Semitendinosussehnen-Transplantat**

Die Entnahme des Transplantats kann mittels Sehnenstripper durchgeführt werden und stellt somit einen geringen Entnahmedefekt dar. Die Implantation kann ebenfalls voll arthroskopisch erfolgen. Die Fixation des Transplantats erfolgt ausserhalb der Bohrkanäle mit verschiedenen Systemen von Schrauben, Knöpfen und Krampen (Steiner et al. 1994, Fu et al. 1999). Ein Impingement im Dach der Interkondylargrube sollte ausgeschlossen werden (Watanabe et al. 1995). Durch Verwendung einer bis zu vierfach gelegten Sehne konnten hohe Zugfestigkeiten erzielt werden (Hamner et al. 1999). Laut Fu lässt sich die vierfach gelegte Sehne mit bis zu 4100 N belasten und liegt damit über der Zugfestigkeit einer PT (Fu et al. 1999).

Klinische Kurzzeitergebnisse mit dem vierfach gelegten ST zeigten im Vergleich zur PT annähernd gleiche Stabilitätsverhältnisse (Corry et al. 1999, Goradia et al. 2001).

Problematisch kann sich gegebenenfalls die Transplantatentnahme gestalten (Strobel et al. 1996). Wegen der fehlenden Knochenblöcke ist die Einheilung verzögert, im Tierversuch dauert es 8 bis 12 Wochen (Lobenhoffer 1999).

## **2 Problemstellung**

In der kontrovers geführten Diskussion der vorderen Kreuzbandersatz-Transplantatwahl haben sich in den letzten Jahren vor allem zwei Verfahren etablieren können: Die autologe PT und die autologe ST. Dies spiegelt sich mittlerweile sowohl in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie, als auch in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie wider (Wirth et al. 1999, Stürmer 1999). Verschiedene Untersuchungen haben zur Favorisierung dieser beiden Transplantate geführt. Grundlegende biomechanische Analysen zeigen Unterschiede und Gemeinsamkeiten zum intakten vorderen Kreuzband auf (Kennedy et al. 1976, Noyes et al. 1984, Fu et al. 1994 und 1999). Zur eingehenden Beurteilung der Ergebnisse nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion bedarf es jedoch zusätzlicher Untersuchungen am behandelten Patienten. Hierzu stehen zahlreiche Verfahren zur Verfügung: Evaluationsblätter und Scores (Lysholm et al. 1982, Noyes et al. 1985, Tegner et al. 1985 und 1986, Müller et al. 1990, Hefti et al. 1990, 1992 und 1993), nichtapparative und apparative Stabilitätsprüfung (Daniel et al. 1985 und 1988, Jakob et al. 1987, Gruber et al. 1992, Scherer et al. 1993, Kelsch et al. 1996, Papandrea et al. 2000), sowie die Messung der isokinetischen bzw. isometrischen Muskelkraft (Kipfer et al. 1990, Freiwald et al. 1992, Maitland et al. 1993, Lephart et al. 1993). Die Vielzahl dieser Verfahren erschwert es dem Betrachter oftmals, Aussagen über die Güte einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion zu erhalten (Hefti et al. 1993).

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse von zwei arthroskopisch assistierten, autologen, freien, vorderen Kreuzbandrekonstruktionsverfahren untersucht: die PT und die ST. Bei beiden Transplantatverfahren wurde zusätzlich eine modifizierte extraartikuläre Traktusumlenkung nach Jäger und Wirth durchgeführt (Jäger et al. 1978).

Im besonderen Interesse der Analyse stehen die Kniegelenksstabilität, die isokinetische und isometrische Muskelkraft der Kniegelenksstrecker und -beuger sowie die erzielten Ergebnisse in Standard-Evaluationsblättern und Scores. Hierbei sollen nicht nur die Ergebnisse der beiden Rekonstruktionsverfahren überprüft, sondern auch die Aussagen der einzelnen Testverfahren miteinander verglichen werden.

Ausserdem soll im Vergleich zu Angaben in der Literatur die Frage geklärt werden, ob es durch die modifizierte extraartikuläre Traktusumlenkung zu einer geringeren Rate an repetitiven Subluxationen, dem sogenannten „Pivot Shift“, kommt (Galway et al. 1972).

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

In die Nachuntersuchung wurden Patienten einbezogen, die zwischen Januar 1991 und Februar 1994 in der orthopädischen Abteilung des Allgemeinen Krankenhauses Barmbek in Hamburg eine VKB-Rekonstruktion erhielten. Bezüglich der Rekonstruktionstechnik wurden nur Patienten mit ST oder PT, jeweils mit modifizierter extraartikulärer Tractusumlenkung nach Jäger und Wirth (Jäger et al. 1978), berücksichtigt. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum war auf mindestens sechs Monate postoperativ festgelegt. Ausschlusskriterien waren polytraumatisierte Patienten, Patienten mit knöchernen Begleitverletzungen oder einer zusätzlichen Ruptur des hinteren Kreuzbandes.

##### **3.1.2 Operationstechniken**

Von Januar 1991 bis April 1992 wurde eine autologe gedoppelte Semitendinosussehne als Transplantat gewählt (Jackson et al. 1987 und 1993, Lobenhoffer et al. 1993, Hoffmann et al. 1998). Ab Mai 1992 kam das ebenfalls autologe zentrale Drittel der Patellarsehne mit endständig anhaftenden Knochenblöcken (sogenanntes Knochen-Patellarsehnen-Knochen-Transplantat) zum Einsatz (Jones 1963, Brückner 1966 und 1972, Alm et al. 1974, Clancy et al. 1982, Noyes et al. 1990, Aglietti et al. 1992a, Strobel et al. 1996). Eine extraartikuläre Tractusumlenkung, modifiziert nach Jäger und Wirth (Jäger et al. 1978), wurde bei beiden Verfahren regelhaft durchgeführt.

Die Operationen erfolgten überwiegend in Teilnarkose. Während der Narkose konnte prä- und postoperativ das betroffene Kniegelenk klinisch untersucht werden. In Rückenlage wurde ein Beinhalter verwendet, so dass das entsprechende Bein frei herabhängt. Intraoperative Oberschenkelblutsperrern dauerten maximal zwei Stunden mit einem Druck von 350 mmHg. Unmittelbar postoperativ erhielten die Patienten einen mit Watte gepolsterten sterilen Verband sowie eine Oberschenkelgipsschiene in 30° Kniegelenksbeugung.

### **3.1.2.1 Das autologe gedoppelte Semitendinosussehnen Transplantat**

Nach endoskopischer Resektion der rupturierten vorderen Kreuzbandanteile wurden die späteren Fixationspunkte der Kreuzbandplastik dargestellt. Eine sparsame Erweiterungsplastik der Fossa intercondylica wurde regelmäßig durchgeführt (Howell et al. 1995). Anschließend erfolgte die offene Entnahme der Semitendinosussehne. Die femorale Insertion lag im Bereich des ehemaligen vorderen Kreuzbandes, die ST wurde mit einer Krampe fixiert. Arthroskopisch wurde mittels eines Zielgerätes der tibiale Ansatz festgelegt. Nach einem Isometrietest und Ausschluss eines Notch-Impingements wurde die gedoppelte Semitendinosussehne tibial mittels Krampe bei 20° Kniegelenksbeugung fixiert.

### **3.1.2.2 Das autologe zentrale Patellarsehnedrittel Transplantat in Einfach-Inzisionstechnik**

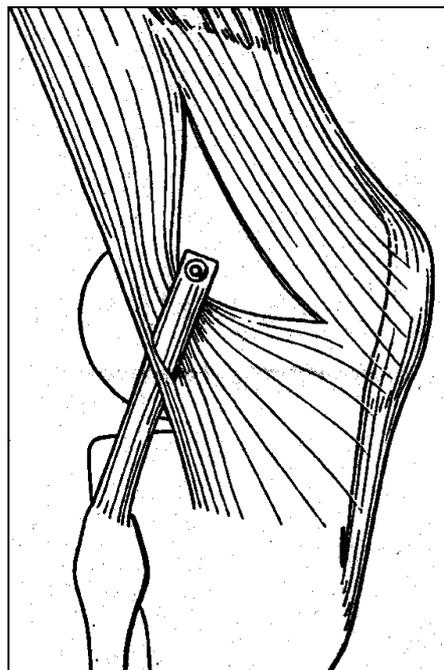
Es erfolgte die Resektion der rupturierten vorderen Kreuzbandanteile. Dabei wurde regelhaft eine Erweiterungsplastik der Fossa intercondylica durchgeführt (Howell et al. 1995). Als autologes Transplantat kam das zentrale Drittel der Patellarsehne mit einer Breite von 9-10 mm und endständigen Knochenblöcken von je 9 mm Durchmesser in Einfach-Inzisionstechnik (Aglietti et al. 1995, Nogalski et al. 1995) zur Anwendung. Die femorale Insertion wurde arthroskopisch mittels Zielgerät bei elf beziehungsweise ein Uhr unter Belassen einer dorsalen zwei Millimeter starken Kortikaliswand durchgeführt. Zur Fixation wurden Interferenzschrauben der Größe 7x25 mm, vereinzelt bis 30 mm, verwendet. Als tibialer Fixationspunkt wurde das anteriomediale Bündel des distalen Kreuzbandstumpfes auf der medialen Knorpel- Knochengrenze gewählt (Howell et al. 1995). Auch hier wurde der Bohrkanal mit Hilfe des Zielgerätes gelegt. In den meisten Fällen (21 von 28 Patienten) wurden 2 Krampen zur tibialen Fixation verwendet. Bei den übrigen Patienten wurden Interferenzschrauben wie bei der femoralen Fixation eingesetzt. Das Transplantat wurde bei 20° Kniegelenksflexion tibial fixiert, nachdem zuvor ein Isometrietest (Sapega et al. 1988 und 1990, Cooper et al. 1998) durchgeführt worden war und sich ein Notch-Impingement (Lane et al. 1994, Watanabe et al. 1995) ausschließen ließ.

### 3.1.2.3 Die modifizierte extraartikuläre Tractusumlenkung nach Jäger und Wirth

Nach intraoperativer femoraler, aber noch vor der tibialen Fixation erfolgte eine modifizierte extraartikuläre Tractusumlenkung nach Jäger und Wirth (Jäger et al. 1978). Abhängig von der Instabilität wurde ein 10 bis 18 mm breiter Streifen aus dem Tractus ileotibialis inzidiert. Ein mit einem 10x10 mm großen Knochenblock herausgelöstes laterales Kollateralband wurde, den Streifen umfahrend, in den Hebedefekt refixiert (Abb. 4). Hierbei verwendete man eine 6x30 mm Spongiosaschraube mit Unterlegscheibe. Im Gegensatz zum Originalverfahren wurde

- 1.: der Tractusstreifen je nach Instabilitätsgrad weiter ventral oder dorsal gewählt,
- 2.: der Tractusstreifen so schmal geschnitten, dass dieser mühelos unter dem lateralen Kollateralband gleiten konnte und
- 3.: auf endständige Nähte der Inzision des Tractus ileotibialis verzichtet.

Das freie Gleiten des Tractusstreifens wurde intraoperativ kontrolliert, anschließend wurde die tibiale Kreuzbandtransplantat-Fixation vorgenommen.



**Abb. 4:** Extraartikuläre Traktusumlenkung

### 3.1.3 Nachbehandlung

Postoperativ erhielten alle Patienten einen elastischen Kompressionsverband, Kälteapplikationen sowie eine Thromboseprophylaxe. Eine Röntgenkontrolle des

betroffenen Kniegelenkes wurde in zwei Ebenen durchgeführt. Eine Antibiotikaphylaxe erfolgte perioperativ in „double-shot“ Technik mit Cefazolin 2x2 g. intravenös. Die Redondrainage wurde jeweils am ersten postoperativen Tag entfernt. Patienten beider VKB-Rekonstruktionsverfahren erhielten über drei bis 14 Tage eine Oberschenkel-Gipsschiene. Nachuntersuchungen wurden mit den Patienten für zwei, vier und acht Wochen nach der Operation vereinbart.

### **3.1.3.1 Rehabilitation**

Die Orthesenversorgung (Blauth et al. 1990, Kühne et al. 1990, Schläfer et al. 1990, Bähler 1992, Ulrich 1992 und 1994) erfolgte durch die Firma STOLLE, Hamburg. Es wurde in allen Fällen nach Gipsabdruck eine Orthese mit Fußteil verwandt (Abb. 5). Die Orthesen wurden sechs Wochen getragen.



**Abb. 5:** Beinorthese mit Fußteil

Es erfolgte eine initiale Freigabe der Kniegelenksexension zwischen 0° und 30°. Die Kniegelenksflexion wurde auf 60° bis 90° eingestellt. Im weiteren Verlauf der Rehabilitation wurden für alle Patienten die Limitierungen des Bewegungsumfangs sukzessive aufgehoben.

Die Rehabilitation (Paulos et al. 1981, Steadman 1983, Brewster et al. 1983, Barber-Westin et al. 1993, Pässler et al. 1993) entsprach dem in Anhang 1 abgedruckten standardisierten Schema. In der Regel wurden die Patienten einer ambulanten Rehabilitation zugeführt.

## **3.2 Methoden**

### **3.2.1 Aufbau der Nachuntersuchung**

Die Patienten wurden zunächst anhand der standardisierten Evaluationsblätter anamnestiziert. Im Anschluss erfolgten die klinischen Untersuchungen und die KT-1000-Arthrometer-Messung. Abschließend wurde eine Muskelkraft-Messung mit dem Chattecx KinCom durchgeführt.

#### **3.2.1.1 Anamnestische und klinische Testverfahren**

##### **3.2.1.1.1 IKDC Knie-Evaluationsblatt**

Das „International Knee Documentation Committee“ (IKDC) entwickelte ein einheitliches Standard-Knie-Evaluationsblatt (Hefti et al. 1993). Dieses IKDC Knie-Evaluationsblatt hat einen Dokumentationsteil, einen Qualifikationsteil und einen Evaluationsteil. Es werden vier Problemkreise evaluiert: subjektive Beurteilung, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparates. Vier weitere Problemkreise werden dokumentiert, aber nicht evaluiert: kompartimentelle Befunde, Symptome an der Transplantatentnahmestelle, Röntgenuntersuchung (bei der hier durchgeführten Nachuntersuchung nicht erfolgt) und funktionelle Testung. Die Befunde werden qualifiziert, aber nicht numerisch bewertet. Jeder Parameter wird als „normal“ (A), „fast normal“ (B), „abnormal“ (C) oder „stark abnormal“ (D) qualifiziert. Die schlechteste Bewertung innerhalb einer evaluierten Gruppe (Gruppen 1-4) ergibt die Gruppenqualifikation. Die schlechteste Bewertung der Gruppenqualifikationen ergibt die Gesamtauswertung. Ein Patient, der nicht in allen Parametern innerhalb einer

Gruppe ein „normal“ (A) erreicht, kann auch in der Gesamtauswertung kein „normal“ (A) erreichen (Anhang 2).

#### **3.2.1.1.2 OAK Knie-Evaluationsblatt**

Die schweizerische „Orthopädische Arbeitsgruppe Knie“ (OAK) führte 1985 ein neues Evaluationsblatt ein. Der Evaluationsbogen ist in vier Abschnitte aufgeteilt: 1. Dokumentation, 2. Bestimmung des Aktivitätsniveaus, 3. Auswertung der Parameter in vier Problembereiche (Symptome, Bewegungsumfang, Stabilitätsprüfung und funktionelle Tests), 4. Evaluationsteil. Die Ergebnisse der einzelnen Problembereiche lassen sich separat ablesen, wobei alle Parameter gleich gewichtet werden. In der Gesamtauswertung ergeben 91 und mehr Punkte ein „sehr gutes“, 80-90 Punkte ein „gutes“, 70-79 Punkte ein „mäßiges“ und weniger als 70 Punkte ein „schlechtes“ Ergebnis (Müller et al. 1990, Hefti et al. 1990 und 1992, Anhang 3).

#### **3.2.1.1.3 Lysholm Score**

Der Lysholm-Score wird überwiegend subjektiv erhoben. Außer der Frage nach Oberschenkelatrophie können alle Fragen anamnestisch vom Patienten beantwortet werden. Die Ergebnisse der einzelnen Problembereiche sind unterschiedlich gewichtet und werden zum Gesamtscore aufsummiert (Anhang 4). Gewertet werden 91-100 Punkte als „sehr gutes“, 84-90 Punkte als „gutes“, 65-83 Punkte als „mäßiges“ und weniger als 65 Punkte als „schlechtes“ Ergebnis (Lysholm et al. 1982, Tegner et al. 1985 und 1986).

#### **3.2.1.1.4 Cincinnati Score**

Der Cincinnati-Score ist in vier Problembereiche, die in die Gesamtauswertung einfließen, aufgeteilt: 1. Symptom Schmerz, 2. Schwellung, 3. „Giving way“, 4. funktionelle Resultate und Aktivitätslevel. Der Bereich „andere Symptome“ fließt nicht in das Ergebnis ein. Es werden jeweils beide Kniegelenke beurteilt. Aus den unterschiedlich gewichteten Problembereichen wird der Gesamtscore aufsummiert (Anhang 5). Gewertet werden 90-100 Punkte als „sehr gutes“, 80-89 Punkte als „gutes“,

70-79 Punkte als „mäßiges“ und weniger als 70 Punkte als „schlechtes“ Ergebnis (Noyes et al. 1985, Bollen et al. 1991).

#### **3.2.1.1.5 Tegner-Aktivitäts-Score**

Als weiteren subjektiven Score wurde der Tegner-Aktivitäts-Score verwendet (Tegner 1985 und 1986). Aufgrund der rein anamnestischen Erhebung konnten der präoperative Score und der Score bei der Nachuntersuchung verglichen werden. Nach Wülker wurde der originale Tegner-Aktivitäts-Score auf deutsche Verhältnisse übertragen (Wülker et al. 1991). Die Skala reicht von zehn bis null. Zehn ist das höchste Aktivitätsniveau und entspricht nationalen oder internationalen Turnieren bei Kontaktsportarten wie zum Beispiel Fußball oder Handball. Null ist das niedrigste Niveau und entspricht einer Arbeitsunfähigkeit oder Berentung aufgrund der Kniebeschwerden (Anhang 6).

#### **3.2.1.1.6 Klinische Testverfahren**

Zunächst wurde die konstitutionelle Laxität der Patienten ermittelt. Ein Schulter-Sulcuszeichen größer als zweiten Grades, ein deutlicher Cubitus valgus mit Hyperextension des Ellenbogengelenkes, eine metakarpophalangeale Überstreckbarkeit und eine vermehrte Translationsfähigkeit im Metakarpophalangealgelenk fünf waren Zeichen einer erhöhten Laxität an der oberen Extremität. Hyperextension, Hyperflexion, eine vermehrte anterioposteriore Beweglichkeit, sowie eine vermehrte Außen- bzw. Innendrehung der Tibia am nicht operierten Knie, waren Zeichen einer erhöhten konstitutionellen Laxität des Kniegelenkes. Der Morphotyp des Patienten wurde im Einbeinstand beurteilt, in der Frontalebene für Varus- oder Valgusachsen, in der Sagittalebene für Rekurvatum oder Antekurvatum und in der Horizontalebene für Innen- oder Aussenrotation von Femur und Tibia (Müller et al. 1990).

Die Erfassung des passiven Bewegungsumfanges erfolgte nach der Neutral-Null-Methode, und zwar sowohl für die Kniegelenke in sagittaler Richtung als auch in der tibialen Rotation bei 20° und 70° Kniegelenksflexion (Debrunner 1982).

Zur weiteren funktionellen Prüfung der Kniegelenkssabilität erfolgte die Angabe in Millimetern und in Symbolen, + für 3-5 mm, ++ für 6-10 mm und +++ für mehr als 10 mm. Die Beurteilung der Seitenbänder, der (menisko-) kapsulären Strukturen, des hinteren Schrägbandes, des Arkuatumkomplexes, des Tractus iliotibialis und Teilen der

aponeurotischen Verbindungen der Popliteussehne wurde in 0° und 20° Knieflexion in Neutralstellung der Tibia und jeweils Innen- bzw. Außenrotation der Tibia durchgeführt (Müller et al. 1990).

Vor Untersuchung der abnormen anterioren Kniebeweglichkeit musste zunächst eine dorsale Subluxation der Tibia in 20° und 70° Knieflexion ausgeschlossen werden. In 20° Knieflexion wurde der Lachman-Test in verschiedenen Rotationsgraden der Tibia durchgeführt. Hierbei war außer der ventralen Translation der Tibia die Art des Anschlages von Bedeutung (Torg et al. 1976). Entsprechend erfolgte der Schubladentest bei 90° Knieflexion (Müller 1982).

Das ventrale Subluxationsphänomen der Tibia mit anschließender Reposition wird mit dem Pivot-Shift-Test geprüft und wird nach Jakob in drei Grade eingeteilt. Grad I bedeutet, der Test ist nur bei Innenrotation der Tibia positiv. Bei Grad II ist er bei Innen- und Neutralrotation positiv. Grad III war anzugeben, wenn der Test bei Außenrotation der Tibia positiv aber, bei Innenrotation negativ war (Jakob et al. 1987).

### **3.2.1.2 Instrumentelle Testverfahren**

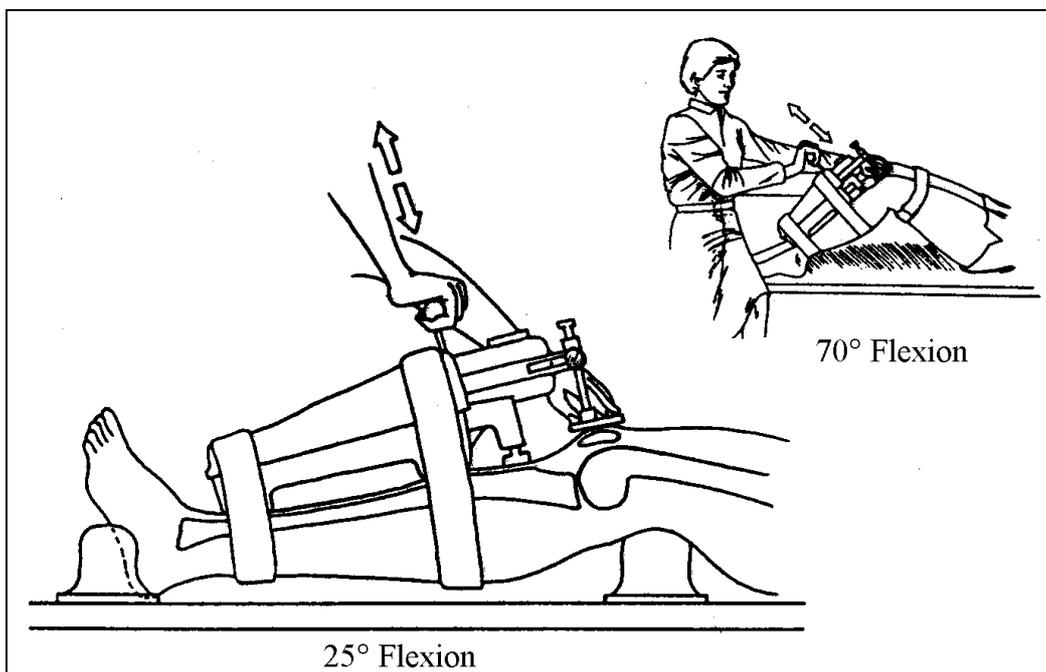
#### **3.2.1.2.1 KT-1000 Arthrometer**

Zur instrumentellen Messung der ventralen und dorsalen Instabilitäten der Kniegelenke wurde der KT-1000 Kniearthrometer der Firma Medmetric / Kalifornien / USA benutzt (Daniel et al. 1985 und 1988, Bach et al. 1990, Wroble et al. 1990, Stäubli et al. 1990, Kowalk 1993, Werlich 1993). Gemessen wurden die Instabilitäten bei 25° Flexion mit 67 N ventraler, 89 N ventraler, 89 N dorsaler, maximal manueller ventraler Kraftaufwendung und die tibiale Translation nach Quadrizepsanspannung. Bei 70° Flexion wurde mit 89 N die ventrale und dorsale tibiale Auslenkung sowie die tibiale Translation nach Quadrizepsanspannung gemessen. Die Seitendifferenzen wurden rechnerisch im Tabellenkalkulationsprogramm bestimmt. Die Compliance wurde als Differenz der ventralen 89 N und 67 N ermittelt. Sie diente der Differenzierung zwischen Bandelongation und -insuffizienz im Vergleich zum harten oder weichen Anschlag bei der manuellen Testung. Der Erhebungsbogen wurde in Anlehnung an die Vorlage von Daniel erstellt (Daniel et al. 1985, Anhang 7).

Die Messungen erfolgten in Rückenlage und entsprachen dem Schema in Abb. 6. Hierbei war auf eine exakte Positionierung des Patienten und des Instrumentes zu

achten. Muskuläre Verspannungen des Patienten sollten weitgehend vermieden werden. Die Messwerte wurden von einer Indifferenzstellung aus erhoben. Für eine exakte Messung der ventralen Translation musste zuvor eine hintere Subluxation der Tibia ausgeschlossen werden. Diese tritt überwiegend bei einer hinterer Kapselbandinsuffizienz auf.

Ein Patient mit ST und ein Patient mit PT wurden wegen VKB-Plastik des kontralateralen Knies von dieser Untersuchung ausgeschlossen. Ein Patient der PT-Gruppe konnte wegen fehlenden KT-1000-Arthrometers nicht gemessen werden.



**Abb. 6:** Positionierung beim KT-1000 Arthrometer (aus Daniel et al. 1988)

### 3.2.1.2.2 Isometrische und isokinetische Muskeltestung

Die isometrische und isokinetische Muskelkraftmessung wurde mit dem KinCom 500H der Firma Chattecx / Tennessee / USA durchgeführt (Kipfer et al. 1990, Freiwald et al. 1992, Maitland et al. 1993, Lephart et al. 1993). Die Messungen begannen abwechselnd jeweils zuerst auf der linken Seite, dann auf der rechten Seite, unabhängig davon, welches Kniegelenk des Patienten mit einer VKB-Plastik versorgt worden war. Zuerst wurden die isometrischen Tests der Extensionskraft bei 90°, 60°, 30° und 15° durchgeführt. Danach erfolgte die Messung der Flexionskraft bei 15°, 30°, 60° und 90°. Abschließend wurde die isokinetische Kraft bei 60°/s und 180°/s

Winkelgeschwindigkeit gemessen. Zur statistischen Auswertung wurden für die isometrischen Tests die Extensions- und Flexionskraft bei 60° Kniegelenksflexion verwendet. Von den isokinetischen Tests werteten wir das größte Drehmoment der Extension bei 60°/s und 180°/s Winkelgeschwindigkeit aus. Während eines Tests erfolgten jeweils sechs Kniegelenksstreckungen und –beugungen. Die beiden Patienten die auch auf der kontralateralen eine VKB-Plastik aufwiesen, wurden von diesen Tests ausgeschlossen. Somit konnten acht Patienten der ST-Gruppe und 27 Patienten der PT-Gruppe ausgewertet werden.

### **3.2.2 Statistik**

Zur statistischen Auswertung wurden die Rohdaten in das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel<sup>®</sup> (Leierer 1994) eingelesen. Die statistischen Tests erfolgten einerseits mit den in Excel integrierten Verfahren (Monka et al. 1996), dies waren die Berechnungen des Mittelwertes, des Standardfehlers und der Stichprobenvarianz, sowie der  $\chi^2$ -Test und der Fischer-Test. Andererseits wurden zur Durchführung des U-Tests nach Mann und Whitney, des Wilcoxon-Tests, der Varianzanalyse (ANOVA) des Tests auf Normalverteilung nach Kolmogorow und Smirnow und des Spearman Rang-Korrelationskoeffizienten den Tests entsprechende Makrofunktionen benutzt (Martin 1997, Born 1997). Die errechneten Ergebnisse wurden zusätzlich mit SPSS 7.5 for Windows<sup>®</sup> kontrolliert (Kähler 1994).

Intervallskalierte Stichproben wurden einer Varianzanalyse unterzogen (ANOVA). Die ordinalskalierten Stichproben wurden mit dem U-Test nach Mann und Whitney für unverbundene Stichproben oder mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben untersucht. Nominal verteilte Stichproben wurden mittels des  $\chi^2$ -Tests oder, wenn die Merkmalsausprägung kleiner als fünf war, mit dem Fischer-Test analysiert. Korrelationen wurden mit dem Spearman Rang-Korrelationskoeffizienten errechnet (Harms 1992, Sachs 1997).

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Patientenkollektiv**

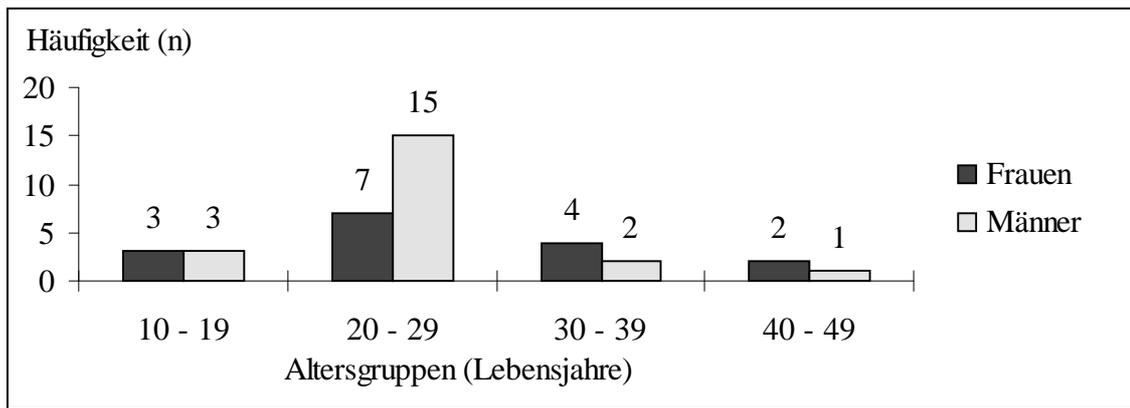
Unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlußkriterien erfüllten insgesamt 51 Patienten die Bedingungen für die Nachuntersuchung. Hiervon wurden 12 Patienten mit einer ST (Jackson et al. 1987 und 1993, Lobenhoffer et al. 1993, Hoffmann et al. 1998) und 39 Patienten mit einer PT versorgt (Jones 1963, Brückner 1966 und 1972, Alm et al. 1974, Clancy et al. 1982, Noyes et al. 1990, Aglietti et al. 1992a, Strobel et al. 1996). 37 Patienten (72,6 %) standen für die Nachuntersuchung zur Verfügung (ST: 9 Patienten, PT: 28 Patienten). Bei allen Patienten wurde intraoperativ eine extraartikuläre Tractus-Umlenkplastik nach Jäger und Wirth durchgeführt (Jäger et al. 1978).

Insgesamt betrug der mittlere Nachuntersuchungszeitraum 22 Monate (6-44 Monate). In der ST-Gruppe entsprechend 35 Monate (28-44 Monate) und in der PT-Gruppe 18 Monate (6-44 Monate). 23 Patienten der PT-Gruppe hatten hierbei einen kürzeren Nachuntersuchungszeitraum als zwei Jahre auf.

#### **4.1.1 Geschlechts-, Lebensalter-, Seitenverteilung**

21 nachuntersuchte Patienten waren männlichen und 16 weiblichen Geschlechts. Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Geschlechtsverteilung.

Das mittlere Lebensalter zum Zeitpunkt der Rekonstruktion des VKB betrug 27 Jahre mit einer Streubreite von 17 bis 48 Jahren (Abb. 7). In der ST-Gruppe waren die Patienten durchschnittlich 24 Jahre alt (18-34 Jahre). Das mittlere Lebensalter der PT-Gruppe bei VKB-Rekonstruktion betrug 28 Jahre (17-48 Jahre). Bei der Nachuntersuchung betrug das mittlere Lebensalter in der ST-Gruppe 27 Jahre (20-38 Jahre) und in der PT-Gruppe 30 Jahre (18-49 Jahre). Ein signifikanter Unterschied ließ sich diesbezüglich nicht ermitteln.



**Abb. 7:** Alters- und Geschlechtsverteilung

Bei 20 Patienten wurde eine Rekonstruktion des linken, bei 15 Patienten eine Rekonstruktion des rechten VKB durchgeführt. Zwei Patienten wiesen bei der Nachuntersuchung bilaterale vordere Kreuzbandtransplantate auf, wobei die kontralateralen vorderen Kreuzbandrekonstruktionen in auswärtigen Kliniken durchgeführt wurden.

#### 4.1.2 Verletzungsmechanismus

Alle Patienten wurden zu dem zur VKB-Ruptur führenden Verletzungsmechanismus befragt. In Anlehnung an die Einteilung des IKDC-Evaluationsblattes (Anlage 2, Hefti et al. 1993) sind die Verletzungsmechanismen in Tab. 1 aufgeführt. Insbesondere wurde hierbei zwischen Kontaktsport- und Nicht-Kontaktsportarten unterschieden. Insgesamt 29 von 37 Patienten zogen sich die vordere Kreuzbandruptur bei sportlichen Aktivitäten zu. ST und PT unterschieden sich nicht signifikant bezüglich der Verletzungsmechanismen.

<b>Verletzung</b>	<b>Patientenanzahl</b>
1. Alltag (Treppensturz, Schneeballschlacht, Sturz beim Gehen)	3
2. Straßenverkehr (Auto-, Motorrad-, Fahrradunfall)	3
3. Nicht-Kontaktsport ohne Rotation (Rodeln)	1
4. Nicht-Kontaktsport mit Rotation	14
davon: Skifahren	11
Tennis	1
Squash	1
Dreisprung	1
5. Kontaktsport	14
davon: Handball	6
Fußball	6
Basketball	1
American Football	1
6. Arbeit	2

**Tab. 1:** Verletzungsmechanismus

#### **4.2 Intraoperative Begleitbefunde**

Bei den 37 nachuntersuchten Patienten ergaben sich nach Aktendurchsicht unabhängig von der Operationsmethode die in Tab. 2 beschriebenen Begleitbefunde. Der Zeitraum vom Trauma bis zur VKB-Rekonstruktion ist eingeteilt nach akut (< 2 Wochen), subakut (2-8 Wochen) und chronisch (> 8 Wochen) (Hefti et al. 1992 und 1993). Der längste Zeitraum von der Verletzung bis zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion betrug 19 Jahre und 7 Monate. Im Mittel wurden die Patienten in der akuten Gruppe nach 7,6 Tagen, in der subakuten Gruppe nach 21,5 Tagen und in der chronischen Gruppe nach 40 (6 bis 236) Monaten operiert. Ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen ergab sich bei der Inzidenz der Knorpelschäden ohne Spezifizierung des Kompartiments. Die akut und subakut operierten Patienten wiesen signifikant weniger Knorpelschäden auf als die Patienten mit einer chronischen vorderen Kreuzbandruptur (Fischer-Test:  $p < 0,05$ ). Meniskusschäden fanden sich in allen drei Gruppen in gleicher Häufigkeit. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen medialen oder lateralen Meniskusläsionen. Bei einem Patienten aus der chronischen Gruppe erfolgte nach dem

Trauma und vor der Kreuzbandrekonstruktion eine Innenmeniskusresektion und ein Aussenmeniskustrimming. In der subakuten Gruppe fand im Vorwege ein Aussenmeniskushinterhorntrimming statt.

Der Zeitraum von der Verletzung bis zur VKB-Rekonstruktion differierte zwischen ST und PT nicht signifikant (U-Test:  $p > 0,05$ ).

	<b>gesamt</b>	<b>akut</b>	<b>subakut</b>	<b>chronisch</b>
Patientenzahl	37	10	12	15
<b>Meniscusschaden</b>				
gesamt	27 (73 %)	7 (70 %)	7 (58 %)	13 (87 %)
medial	8 (22 %)	2 (20 %)	2 (17 %)	4 (27 %)
lateral	7 (19 %)	2 (20 %)	3 (25 %)	2 (13 %)
bilateral	12 (32 %)	3 (30 %)	2 (17 %)	7 (47 %)
<b>Knorpelschaden (<math>\geq</math> II. Grades)</b>				
gesamt	24 (65 %)	4 (40 %)	5 (42 %)	14 (93 %)
medial femoral	13 (35 %)	2 (20 %)	3 (30 %)	8 (53 %)
lateral femoral	10 (27 %)	0	2 (17 %)	8 (53 %)
medial tibial	3 (8 %)	0	0	3 (20 %)
lateral tibial	8 (22 %)	2 (20 %)	2 (17 %)	4 (27 %)
retropatellar	9 (24 %)	1 (10 %)	1 (8 %)	7 (47 %)
<b>Kapselverletzung</b>				
medial	10 (27 %)	5 (50 %)	1 (8 %)	4 (27 %)
lateral	2 (5 %)	0	2 (17 %)	0
<b>Teilruptur/Ruptur Kollateralbänder</b>				
medial	5 (14 %)	2 (20 %)	2 (17 %)	1 (7 %)
lateral	1 (3 %)	0	0	1 (7 %)
Popliteussehne blutig / Teilruptur	3 (8 %)	0	1 (8 %)	2 (13 %)

**Tab. 2:**Intraoperative Begleitbefunde nach vorderer Kreuzbandruptur

### 4.3 Komplikationen

#### 4.3.1 Unmittelbar postoperative Komplikationen

Die Rate der Komplikationen bis einschließlich zur vierten postoperativen Woche lag bei 5 % (2 Patienten). Dabei handelte es sich um eine Unterschenkelphlebothrombose und eine Wundnahtdehiszenz im Bereich der Tractusumlenkung (Tab. 3). Zu erwähnen ist außerdem, dass alle Patienten, die eine Patellarsehnenplastik erhielten, stationär vermehrt über Druckdolenz, Gefühlsstörungen oder andere Irritationen im Bereich der Transplantat-Entnahmestelle klagten. Tiefe oder oberflächige Wundinfekte traten nicht auf.

	<b>gesamt</b>	<b>ST</b>	<b>PT</b>
Patientenanzahl	37	9	28
Wundheilungsstörungen (Nahtdehiszenz)	1	1	0
Unterschenkelphlebothrombose	1	0	1

**Tab. 3:** Komplikationen bis 4 Wochen postoperativ

#### 4.3.2 Rearthroskopien und Metallentfernungen

Bei ausbleibender Verbesserung der Streckfähigkeit oder bei einem Rückgang der Streckfähigkeit wurde unter der Annahme eines möglichen intraartikulären Narbenproliferats (Zyklops-Impingement) oder einer Arthrofibrose eine Rearthroskopie durchgeführt (Jackson et al. 1987, Watanabe et al. 1995, Mayr et al. 2000). Dabei wurde der Zyklops entfernt und ein Impingement erneut ausgeschlossen beziehungsweise eine Arthrolyse durchgeführt. Insgesamt wurden 17 Rearthroskopien bei den nachuntersuchten Patienten durchgeführt. Einem Patienten wurden lediglich die Schraube der Tractusplastik und das tibiale Staple entfernt. Ein Patient mit einer im April 1992 durchgeführten Semitendinosussehnen-Plastik wurde im Juni 1992 wegen eines gelockerten femoralen Staples rearthroskopierte und in gleicher Sitzung mit einer Patellarsehnen-Plastik versorgt. Tab. 4 listet die intraoperativen Befunde und Therapien auf.

	gesamt	ST	PT
gesamt	19 (51%)	5 (56%)	14 (50%)
Plastik elongiert, defekt oder fehlpositioniert	0	0	0
Femorale Stapel gelockert	1	1	
Neu aufgetretene Meniskusläsion	1*	1*	0
Zykloppsyndrom	8	0	8
Streckdefizit (Mittelwert präoperativ)	12,9°	8,3°	13,6°
Rearthroskopien	17 (46%)	4 (44%)	13 (46%)
davon: Arthrolyse	16	3	13
Notch-Erweiterungsplastik	9	1	8
Lateral Release	1	0	1
Außenmeniskus-Hinterhorntrimming und Knorpelglättung	1*	1*	
Metallentfernung (Schraube der Tractusplastik)	1	0	1
Metallentfernung (Schraube der Tractusplastik und tibialer Stapel)	1	0	1
Metallentfernung (femorale Stapel)	1	1	

\*Indikation zur Rearthroskopie wegen Knie-Distorsion bei adäquatem Trauma.

**Tab. 4:** Intraoperative Befunde und Therapie bei Reoperationen

Im Mittel erfolgten die Rearthroskopien 6,78 Monate (2,24-20,25) nach der VKB-Rekonstruktion. Für die ST-Gruppe waren dies im Mittel 7,1 Monate (2,23-13,54) und für die PT-Gruppe 6,7 Monate (2,53-20,24). Teilt man den Zeitraum zwischen VKB-Ruptur und VKB-Rekonstruktion in akut (0-2 Wochen), subakut (2-8 Wochen) und chronisch (mehr als 8 Wochen) ein, ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der Rearthroskopierate (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ). Die Bildung eines Zyklus-Impingement war ebenfalls nicht abhängig von Zeitpunkt der VKB-Rekonstruktion (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ). Tab. 5 listet die Rearthroskopien und die Bildungen eines Zyklus-Impingement unter Berücksichtigung des Intervalls zwischen VKB-Ruptur und VKB-Rekonstruktion auf.

	<b>gesamt</b>	<b>akut</b>	<b>subakut</b>	<b>chronisch</b>
gesamt	17	5	4	8
ST	4	2	1	1
PT	13	3	3	7
Zykloppsyndrom (nur PT)	8	3	1	4

**Tab. 5:** Rearthroskopien und Cyclops-Impingement abhängig von Zeitpunkt der VKB-Rekonstruktion

#### **4.4 Klinische Ergebnisse zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung**

##### **4.4.1 Nichtinstrumentelle Messungen**

Die ventralen Auslenkungen der Tibia in Bezug auf die vordere Schublade und den Lachman-Test waren bei der ST signifikant höher als bei der PT (U-Test:  $p < 0,05$ ). Außerdem ergab der Lachman-Test bei  $\geq 3$  mm im Seitenvergleich niedrigere Werte für die PT (U-Test:  $p < 0,05$ ). Bei allen anderen in Tab. 6 dargestellten Ergebnissen ließen sich keine Signifikanzen errechnen. Die statistische Auswertung bezüglich des Pivot shift war aufgrund der geringen Merkmalsausprägung nicht sinnvoll, ausserdem war dieser Test auch bei der Untersuchung des jeweils kontralateralen Kniegelenks positiv. Extensionsdefizite waren in der PT-Gruppe signifikant häufiger (Fischer-Test:  $p < 0,05$ ). Fünf Patienten in der PT-Gruppe erreichten keine Extension bis null Grad, die Extensionsdefizite variierten zwischen zwei und fünf Grad. Alle Patienten aus der ST-Gruppe erzielten eine Extension von mindestens null Grad.

	<b>gesamt</b>	<b>ST</b>	<b>PT</b>
Patientenanzahl	37	9	28
Vordere Schublade (+)	14 (38%)	6 (67%)	8 (29%)
Vordere Schublade (++)	0	0	0
Lachman-Test (+)	19 (51%)	6 (67 %)	13 (46%)
Lachman-Test (++)	4 (11%)	2 (22%)	2 (7%)
<b>Lachman-Test, Gruppen</b>			
0 – 2 mm	14 (38%)	1 (11%)	13 (46%)
3 - 5 mm	18 (49%)	5 (56%)	13(46 %)
6 - 9 mm	4 (11%)	2 (22%)	2 (7%)
> 10 mm	0	0	0
<b>Lachman-Test, Seitendifferenzen*</b>			
≥ 3 mm	7 (20%)	4 (50%)	3 (11%)
< 3 mm	28 (80%)	4 (50%)	24 (89%)
Pivot-Shift I°	2** (5%)	0	2** (7%)
Pivot-Shift II°	0	0	0
Extensionsdefizit > 0° - ≤ 5°	5 (14%)	0	5 (18%)
Extensionsdefizit > 5°	0	0	0

\* Je ein Patient aus der ST- und PT-Gruppe wegen kontralateraler VKB-Plastik nicht berücksichtigt. \*\* Pivot-Shift war bei diesen Patienten jeweils beidseits auslösbar.

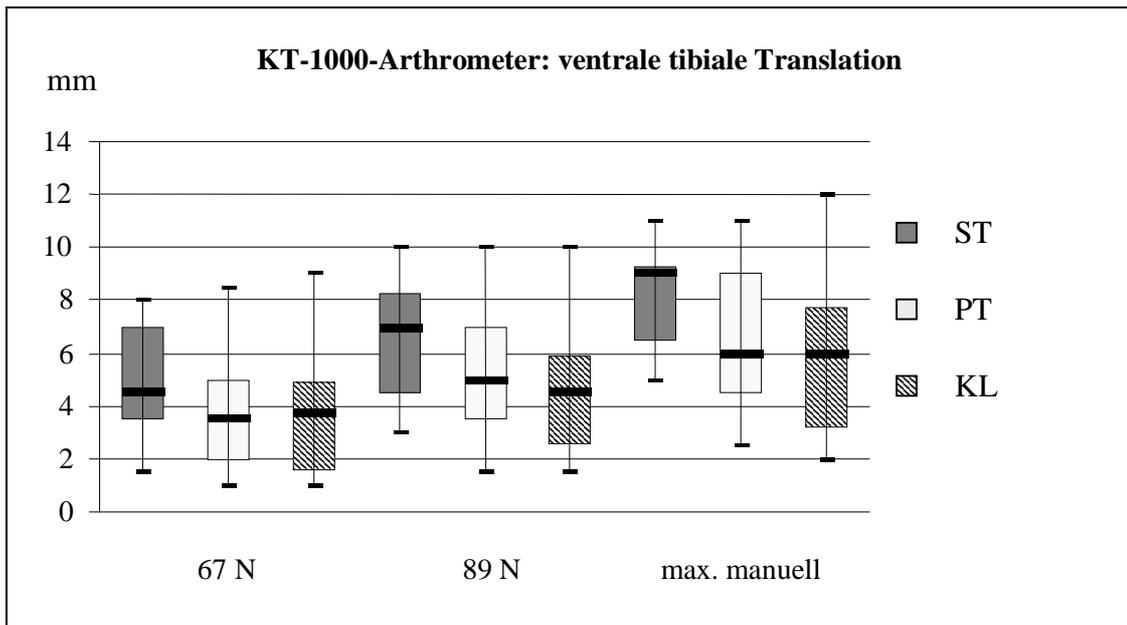
**Tab. 6:** Ergebnisse der klinischen Untersuchung

„Giving-way“-Phänomene (Strobel et al. 1995), das heisst ein Unsicherheitsgefühl des betroffenen Kniegelenks, traten in der ST-Gruppe in zwei Fällen auf. Ein Patient gab dies im Rahmen hoher sportlicher Aktivität wie beim Tennisspiel oder beim Skilaufen an. Ein anderer Patient verspürte ein Instabilitätsgefühl im Alltagsleben. Zwei Patienten der PT-Gruppe gaben ein „giving-way“ jeweils bei Nicht-Kontaktsportarten an.

#### 4.4.2 Instrumentelle Stabilitätsprüfung

Betrachtet man die ventralen Translationen der Tibia bei Messung mit dem KT-1000 Arthrometer, so ergaben sich für die ST und die PT im Gegensatz zu den kontralateralen gesunden Kniegelenken (KL) höhere Werte. Signifikant (U-Test:  $p < 0,05$ ) waren alle

Differenzen zwischen ST und PT (Abb. 8, Tab. 7). Die Differenzen zwischen den operierten Kniegelenken und den KL waren in der PT-Gruppe signifikant höher (Wilcoxon-Test:  $p < 0,05$ ). Für die ST-Gruppe ließ sich im Wilcoxon-Test zwischen den Kniegelenken mit VKB-Rekonstruktion und den KL kein Signifikanzniveau errechnen. Dies ist trotz höherer ventraler Auslenkungen im kleinen Stichprobenumfang von neun Patienten begründet.

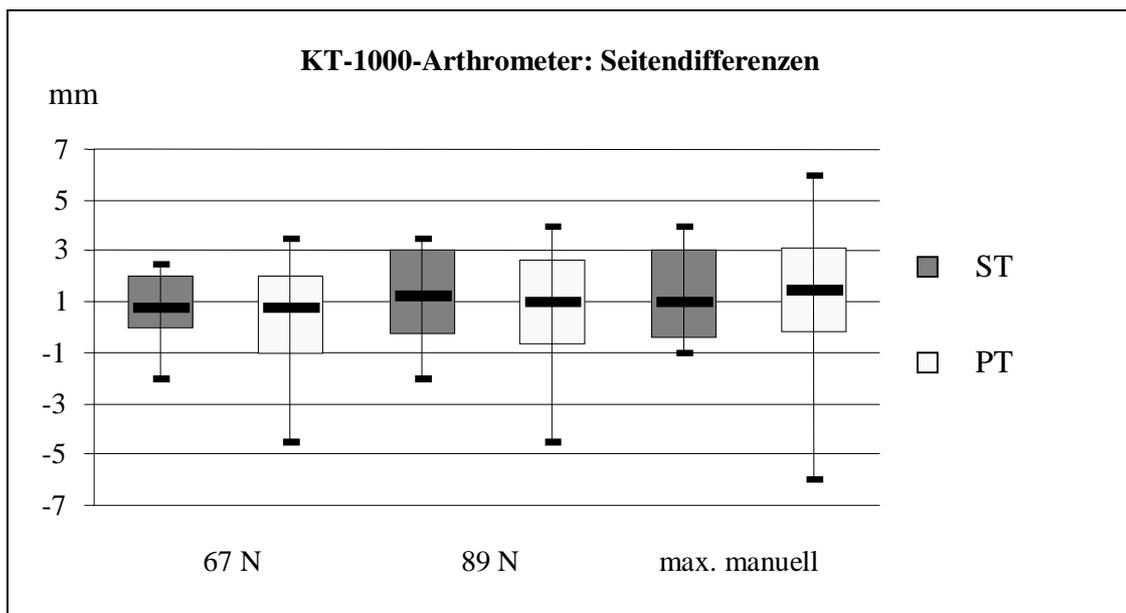


**Abb. 8:** KT-1000-Arthrometer: Vergleich der ventralen tibialen Translation bei 25° Kniegelenksflexion (Median, 1.-3. Quartil, Minimum, Maximum)

ventraler Zug	Mittelwerte (Bereich)			Mediane		
	ST	PT	KL	ST	PT	KL
67 N	4,89 (1,5 – 8)	3,81 (1 – 8,5)	3,58 (1 – 9)	4,5	3,5	3,75
89 N	6,5 (3 – 10)	4,96 (1,5 – 10)	4,43 (1,5 – 10)	7	5	4,5
max. manuell	8 (5 – 11)	6,52 (2,5 – 11)	5,67 (2 – 12)	8,5	6	6

**Tab. 7:** KT-1000-Arthrometer: Mittelwerte und Mediane bei 25° Kniegelenksflexion, Angaben in Millimeter

Die Untersuchungen der Seitendifferenzen zwischen den operierten Kniegelenken und den KL mit dem KT-1000-Arthrometer erbrachten keine signifikanten Unterschiede zwischen ST und PT (Abb. 9, Tab. 8). Die Messungen erfolgten unter 25° Kniegelenksflexion.



**Abb. 9:** KT-1000-Arthrometer: Seitendifferenzen der ventralen tibialen Translation bei 25° Kniegelenksflexion (Median, 1.-3. Quartil, Minimum, Maximum)

ventraler Zug	Mittelwerte der Seitendifferenzen (Bereich)		Mediane	
	ST	PT	ST	PT
67 N	0,75 (-2 – 2,5)	0,56 (-4,5 – 3,5)	0,75	0,75
89 N	1,25 (-2 – 3,5)	0,92 (-4,5 - 4)	1,25	1
max. manuell	1,25 (-1 - 4)	1,33 (-6 - 6)	1	1,5

**Tab. 8:** Kt-1000-Arthrometer: Seitendifferenzen der Mittelwerte und Mediane bei 25° Kniegelenksflexion, Angaben in Millimeter

Im Vergleich der beiden Kreuzbandrekonstruktionsverfahren bei 25° Kniebeugung zeigte sich nach Einteilung in Gruppen unterschiedlicher ventraler tibialer Translationen für größer/gleich sechs und kleiner als zehn Millimeter bei maximalem Zug mit dem KT-1000-Arthrometer ein Signifikanzniveau mit höheren ventralen tibialen Auslenkungen für die ST (Fischer-Test:  $p < 0,05$ ). Die übrigen Ergebnisse, insbesondere die Betrachtung der Seitendifferenzen in Tab. 9, erbrachten keinen signifikanten Unterschied zwischen ST und PT.

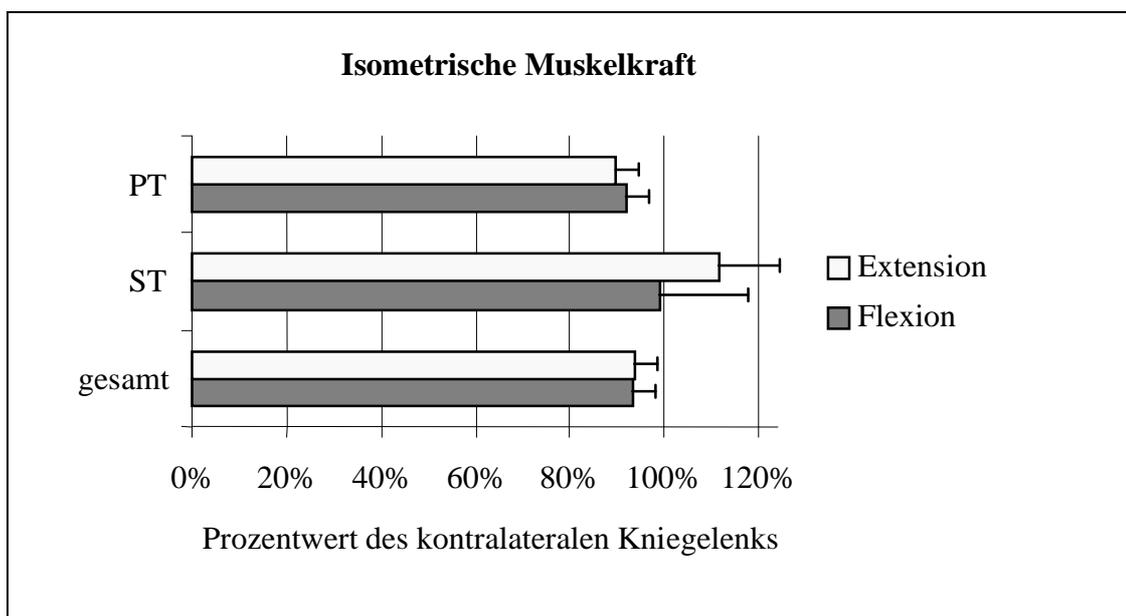
	<b>gesamt</b>	<b>ST</b>	<b>PT</b>
Patientenanzahl	34	8	26
<b>KT-1000: ventrale Translation bei 25° Beugung, Seitendifferenzen</b>			
≥ 3 mm bei 67 N	4 (11,8 %)	0	4 (15,4 %)
≥ 3 mm bei 89 N	8 (23,5 %)	3 (37,5 %)	6 (23,1 %)
≥ 3 mm bei max. manuell	11 (32,4 %)	3 (37,5 %)	8 (30,8 %)
< 3 mm bei 67 N	30 (88,2 %)	8 (100 %)	22 (84,6 %)
< 3 mm bei 89 N	26 (76,5 %)	5 (62,5 %)	20 (76,9 %)
< 3 mm bei max. manuell	26 (76,5 %)	5 (62,5 %)	18 (69,2 %)
<b>KT-1000: ventrale Translation bei 25° Beugung, absolute Werte</b>			
≥ 3 - < 6 mm bei 67 N	16 (47,1 %)	4 (50 %)	12 (60 %)
≥ 3 - < 6 mm bei 89 N	17 (50 %)	4 (50 %)	13 (50 %)
≥ 3 - < 6 mm bei max. manuell	12 (35,3 %)	1 (12,5 %)	11 (42,3 %)
≥ 6 - < 10 mm bei 67 N	8 (23,5 %)	3 (37,5 %)	5 (19,2 %)
≥ 6 - < 10 mm bei 89 N	12 (35,3 %)	4 (50 %)	8 (30,8 %)
≥ 6 - < 10 mm bei max. manuell	15 (44,1 %)	6 (75 %)	9 (34,6 %)
≥ 10 mm bei 67 N	0	0	0
≥ 10 mm bei 89 N	0	0	0
≥ 10 mm bei max. manuell	4 (11,8 %)	1 (12,5 %)	3 (11,5 %)

**Tab. 9:** Instrumentelle Messung der ventralen Instabilität mit dem KT-1000-Arthrometer

#### 4.4.3 Isokinetische und isometrische Muskelkraft

Die Auswertungen erfolgten für acht Patienten der ST-Gruppe und 27 Patienten der PT-Gruppe. Die Mittelwerte der isometrischen Muskelkraft für die Kniegelenke mit VKB-Rekonstruktion unterschieden sich bei 60° Flexion nicht signifikant (ANOVA:  $p > 0,05$ ). Die mittlere isometrische Kraftentfaltung der Streckmuskulatur betrug für das Gesamtkollektiv 580,2 N (228 bis 1167), für die ST-Gruppe 576,5 N (368 bis 871) und für die PT-Gruppe 581 N (228 bis 1167). Entsprechend ergab sich für die Kniegelenksbeuger im Gesamtkollektiv ein Mittelwert der Kraftentfaltung von 250,6 N (95 bis 384), in der ST-Gruppe von 253,2 N (233 bis 288) und in der PT-Gruppe 249,9

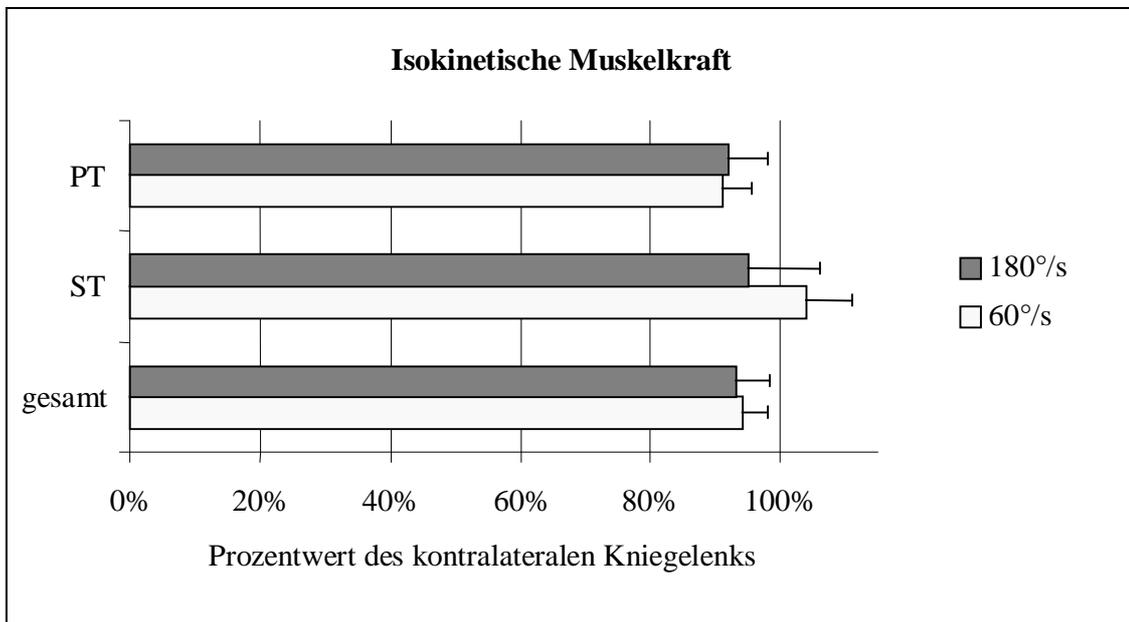
N (95 bis 384). Betrachtet man die Seitendifferenzen der isometrischen Muskelkraft bei 60° Kniegelenksbeugung in Extension und Flexion, so ließen sich zwischen den in Abb. 10 dargestellten Gruppen keine signifikanten Unterschiede beobachten (ANOVA:  $p > 0,05$ ). Im Gesamtkollektiv erreichten die operierten Kniegelenke im Mittel bei der Messung der Extensionskraft 93,7% und bei der Flexion 93,3% der KL. Bei den Patienten mit ST wurden 111,4% in der Extension und 98,9% in der Flexion ermittelt. In der PT-Gruppe erzielten 89,7% in der Extension und 92% in der Flexion die Muskelkraft der kontralateralen Gegenseite.



**Abb. 10:** Isometrische Muskelkraft bei 60° Kniegelenksflexion im prozentualen Seitenvergleich zu den KL

Die Spitzenwerte des Drehmoments der Kniegelenksstrecker ergaben in den isokinetischen Tests keine signifikanten Differenzen zwischen den beiden VKB-Transplantaten (ANOVA:  $p > 0,05$ ). Das Gesamtkollektiv wies ein mittleres maximales Drehmoment von 97,9 Nm (28,4 bis 196,6) bei 60°/s und von 79,9 Nm (31,1 bis 153,4) bei 180°/s auf. In der ST-Gruppe wurden 106 (56,3 bis 162,5) beziehungsweise 91,6 Nm (57,3 bis 131,5) ermittelt. Die PT-Gruppe zeigte 95,4 (28,4 bis 196,6) beziehungsweise 76,5 Nm (31,1 bis 153,4). Im Vergleich zu den KL ergab sich für alle Patienten bei einer Winkelgeschwindigkeit von 60°/s ein Prozentwert von 94,2% und bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s ein Prozentwert von 92,8%. In der ST-Gruppe ließen sich 103,7% bei 60°/s und 95,4% bei 180°/s ermitteln. Die Patienten mit

PT zeigten entsprechend 91,4% beziehungsweise 92,1% (Abb. 11). Ein Signifikanzniveau war diesbezüglich nicht zu errechnen (ANOVA:  $p > 0,05$ ).

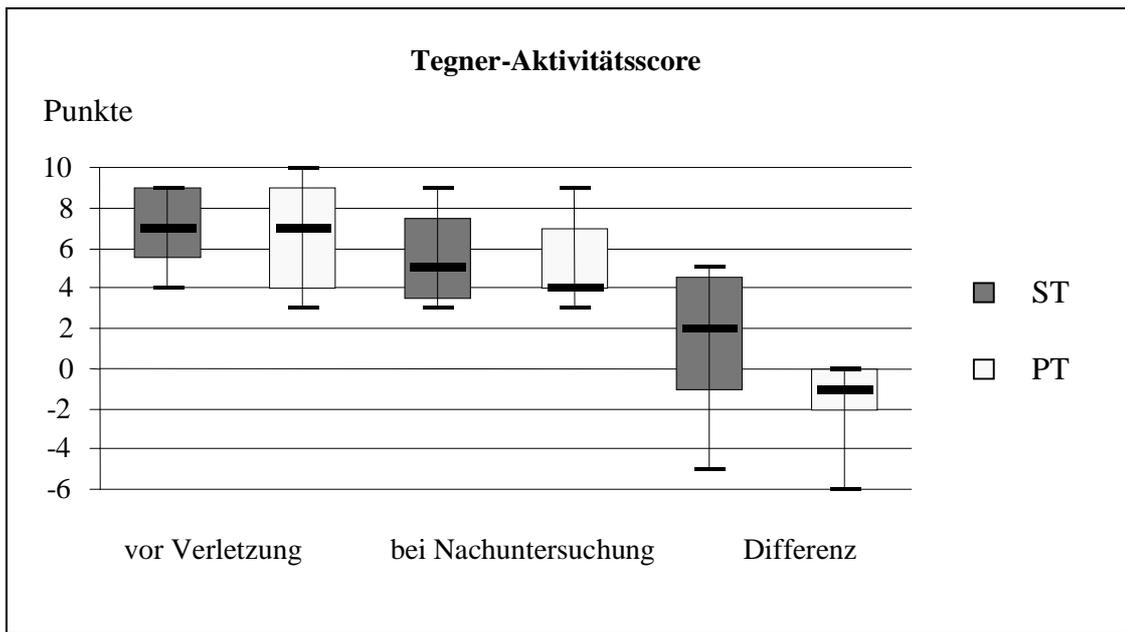


**Abb. 11:** Isokinetisches Drehmoment der Streckmuskulatur im prozentualen Vergleich zu den KL

## 4.5 Ergebnisse der Scores und Evaluationsblätter

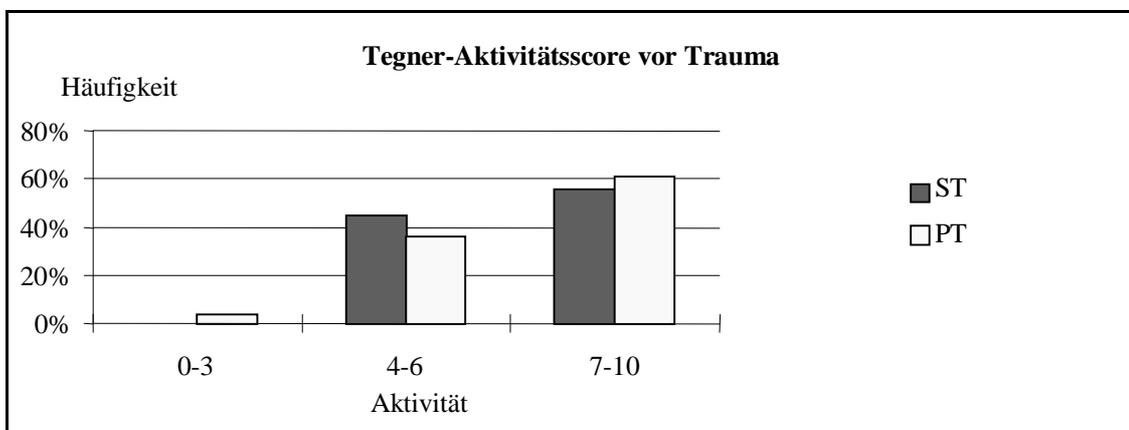
### 4.5.1 Tegner-Aktivitätsscore

Der Median betrug vor der VKB-Ruptur in beiden Gruppen jeweils sieben Punkte (U-Test:  $p > 0,05$ ). Zur Zeit der Nachuntersuchung stellte sich für die ST-Gruppe ein Median von fünf und die PT-Gruppe von vier Punkten dar (U-Test:  $p > 0,05$ ). Das minimale Aktivitätslevel vor VKB-Ruptur betrug für die ST-Gruppe vier und in der PT-Gruppe drei Punkte. Bei Betrachtung der Differenzen im Tegner-Aktivitätsscore war der Abfall des Aktivitätslevels in der ST-Gruppe (Median: 2 Punkte) geringer als in der PT-Gruppe (Median: -1 Punkte) (Wilcoxon-Test:  $p < 0,05$ ). In Abb. 12 sind die Ergebnisse graphisch eingetragen. Bei der Nachuntersuchung fand sich in beiden Gruppen ein minimaler Wert von drei Punkten. Das höchste Aktivitätsniveau wurde vor VKB-Ruptur in der ST-Gruppe mit neun und in der PT-Gruppe mit zehn erhoben. Im Rahmen der Nachuntersuchung betrugen die maximalen Aktivitätslevel in beiden Gruppen jeweils neun.

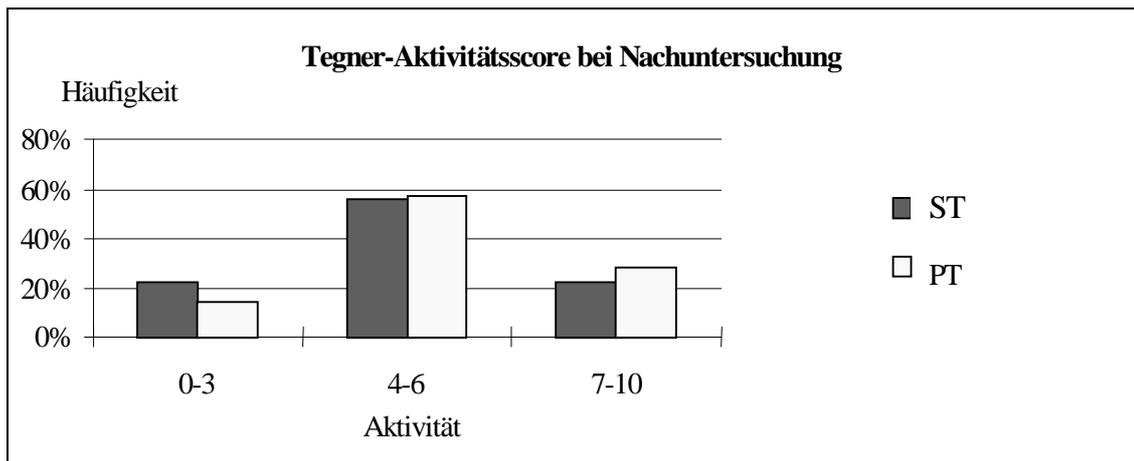


**Abb. 12:** Tegner-Aktivitätsscore: vor Trauma / bei Nachuntersuchung / Differenz vor der VKB-Ruptur – bei der Nachuntersuchung (Median, 1.-3. Quartil, Minimum, Maximum)

In der graphischen Darstellung des Tegner-Aktivitätsscores gruppiert nach den Rängen 0-3, 4-6 und 7-10 Punkte ergab sich bei Betrachtung des Scores vor vorderer Kreuzbandruptur (vor Trauma) und bei der Nachuntersuchung eine Verschiebung zugunsten der niedrigeren Ränge (Abb. 13, Abb. 14). Drei Patienten in der ST-Gruppe und 11 Patienten in der PT-Gruppe erreichten das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der VKB-Ruptur.



**Abb. 13:** Tegner-Aktivitätsscore vor Trauma



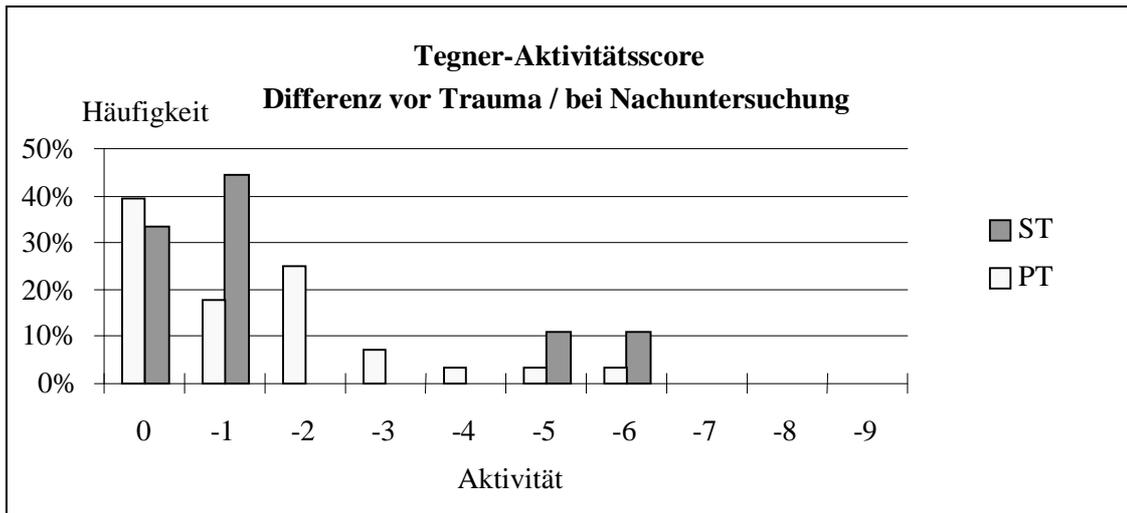
**Abb. 14:** Tegner-Aktivitätsscore bei Nachuntersuchung

In Tab. 10 sind die Differenzen für die ST- und PT-Gruppe sowie für alle Patienten im Einzelnen dargestellt. Die Differenzen beziehen sich auf den Zeitpunkt vor der VKB-Verletzung und bei der Nachuntersuchung. Die minimale Differenz betrug null und die maximale sechs.

Differenz	Häufigkeiten		
	ST	PT	Gesamt
-6	1 (11,1 %)	1 (3,6 %)	2 (5,4 %)
-5	1 (11,1 %)	1 (3,6 %)	2 (5,4 %)
-4	0	1 (3,6 %)	1 (2,7 %)
-3	0	2 (7,1 %)	2 (5,4 %)
-2	0	7 (25,0 %)	7 (18,9 %)
-1	4 (44,4 %)	5 (17,9 %)	9 (24,3 %)
0	3 (33,3 %)	11 (39,3 %)	14 (37,8 %)
Summe	9 (100,0 %)	28 (100,0 %)	37 (100 %)

**Tab. 10:** Tegner-Aktivitätsdifferenzen

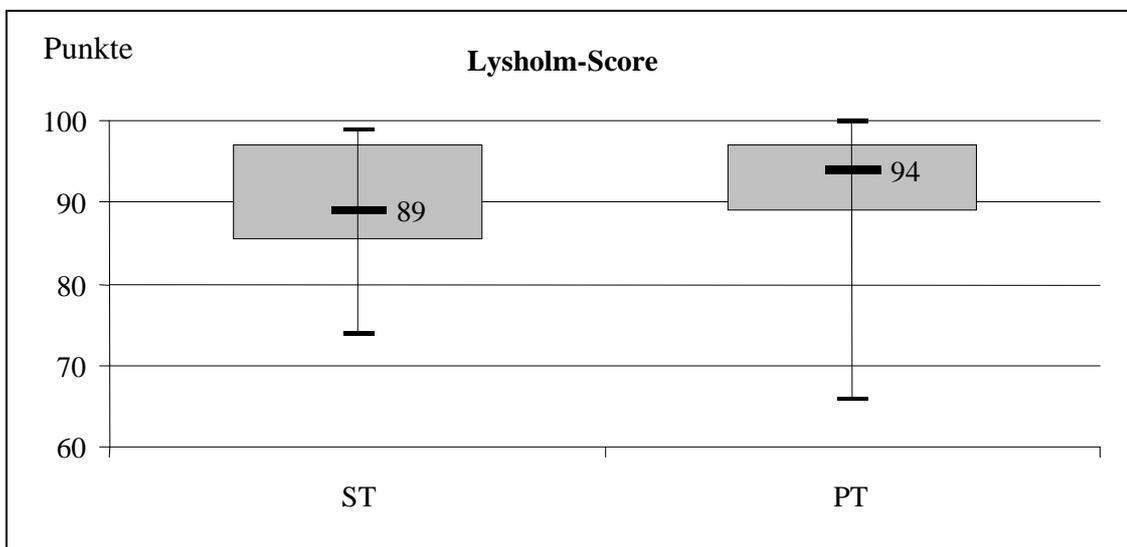
Bei graphischer Darstellung der Daten aus Tab. 10 mittels Prozentwerten zeigte sich, dass der Aktivitätsabfall in der ST-Gruppe wesentlich durch die Patienten beeinflusst war, welche einen Abfall von fünf oder sechs Punkten im Aktivitätsscore aufwiesen (Abb. 15). Dies waren genau zwei Patienten der ST-Gruppe.



**Abb. 15:** Tegner-Aktivitätsdifferenzen vor Trauma / bei Nachuntersuchung

#### 4.5.2 Lysholm Score

Die ST und die PT unterschieden sich im Lysholm-Score nicht. (U-Test:  $p > 0,05$ ). Der Median für die ST-Gruppe betrug 89 und für die PT-Gruppe 94. Die erreichten Punktzahlen variierten bei der ST-Gruppe zwischen 74 und 99. Die PT-Gruppe lieferte Werte zwischen 73 und 100 Punkten (Abb. 16).



**Abb. 16:** Lysholm-Score: Median, 1.-3. Quartil, Minimum und Maximum

Gruppiert man die erreichten Punktwerte, so ergaben sich insgesamt zu 86% gute und sehr gute Ergebnisse (32 von 37 Patienten). Fünf Patienten wiesen mäßige und keine

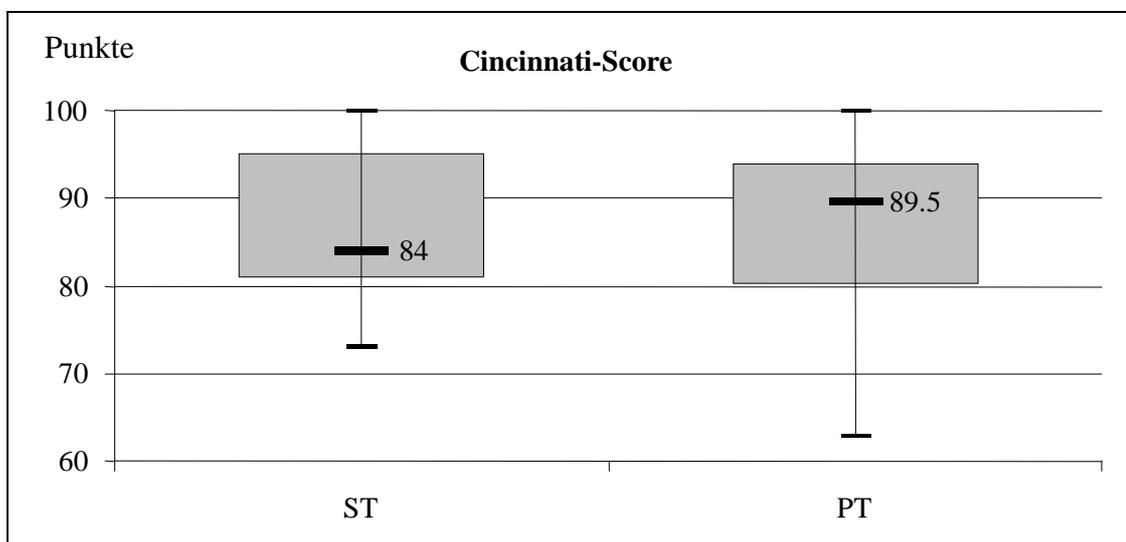
Patienten schlechte Ergebnisse auf (Tab. 11). Zwischen ST und PT bestand in keiner der Eingruppierungen ein signifikanter Unterschied (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ).

	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Punkte	91-100	84-90	65-83	<65
Gesamt	24 (65%)	8 (22%)	5 (14%)	0
ST	4 (44%)	4 (44%)	1 (11%)	0
PT	20 (71%)	4 (14%)	4 (14 %)	0

**Tab. 11:** Gruppierungen nach dem Lysholm-Score

### 4.5.3 Cincinnati-Score

Im Cincinnati-Score bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen der ST und der PT (U-Test:  $p > 0,05$ ). Der Median für die ST-Gruppe betrug 84 und für die PT-Gruppe 89,5. Der Score der ST-Gruppe variierte zwischen 73 und 100 Punkten und für die PT-Gruppe zwischen 63 und 100 Punkten (Abb. 17).



**Abb. 17:** Cincinnati-Score: Median, 1.-3. Quartil, Minimum und Maximum

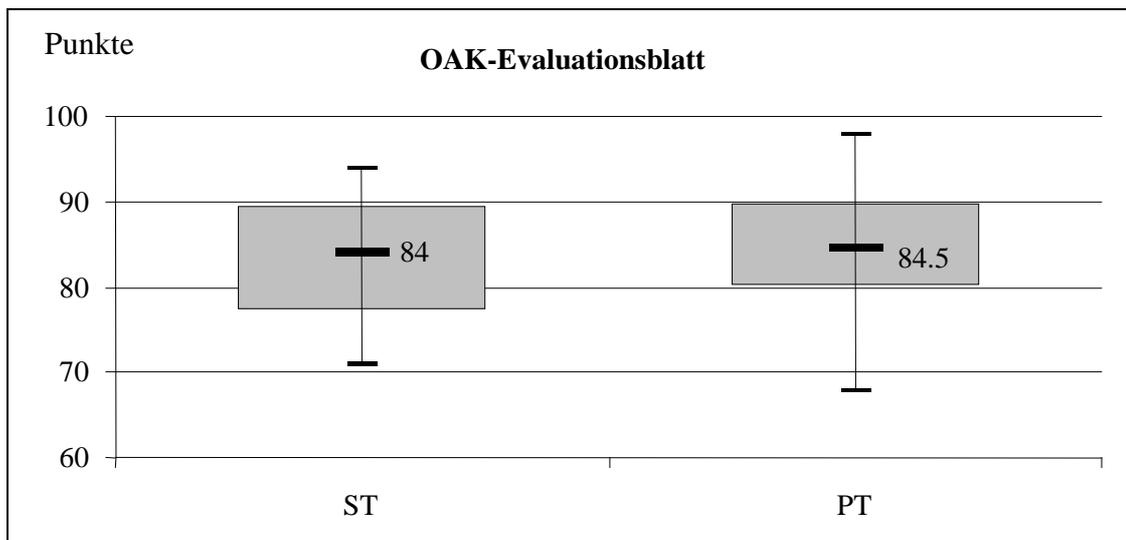
Gruppiert ergaben sich in 81% gute bis sehr gute Ergebnisse. Sieben Patienten (19%) wiesen mäßige bis schlechte Ergebnisse auf (Tab. 12). Nach der Eingruppierung bestanden zwischen ST und PT keine signifikanten Differenzen (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ).

	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Punkte	90-100	80-89	70-79	<70
Gesamt	17 (46%)	13 (35%)	4 (11%)	3 (8%)
ST	3 (3%)	5 (56%)	1 (11%)	0
PT	14 (50%)	8 (29%)	3 (11%)	3 (11%)

**Tab. 12:** Gruppierungen nach dem Cincinnati-Score

#### 4.5.4 OAK-Evaluationsblatt

Beide Operationsverfahren differierten nicht im OAK-Evaluationsblatt (U-Test:  $p > 0,05$ ). Der Median für die ST-Gruppe betrug 84 und für die PT-Gruppe 84,5. Die Resultate lagen in der ST-Gruppe zwischen 71 und 94 Punkten und in der PT-Gruppe zwischen 68 und 98 Punkten (Abb. 18).



**Abb. 18:** OAK-Evaluationsblatt: Median, 1.-3. Quartil, Minimum und Maximum

Innerhalb der Eingruppierungen (Tab. 13) ließ sich kein Signifikanzniveau zwischen ST und PT feststellen (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ). Insgesamt konnten 27 Patienten (73%) ein „gutes“ bis „sehr gutes“ Ergebnis erzielen. Die Patienten der ST-Gruppe zeigten in 78% der Fälle (sieben von neun Patienten) ein „gutes“ bis „sehr gutes“ Resultat. Dieses Resultat ließ sich für die PT-Gruppe in 79% der Fälle (22 von 28 Patienten) erheben.

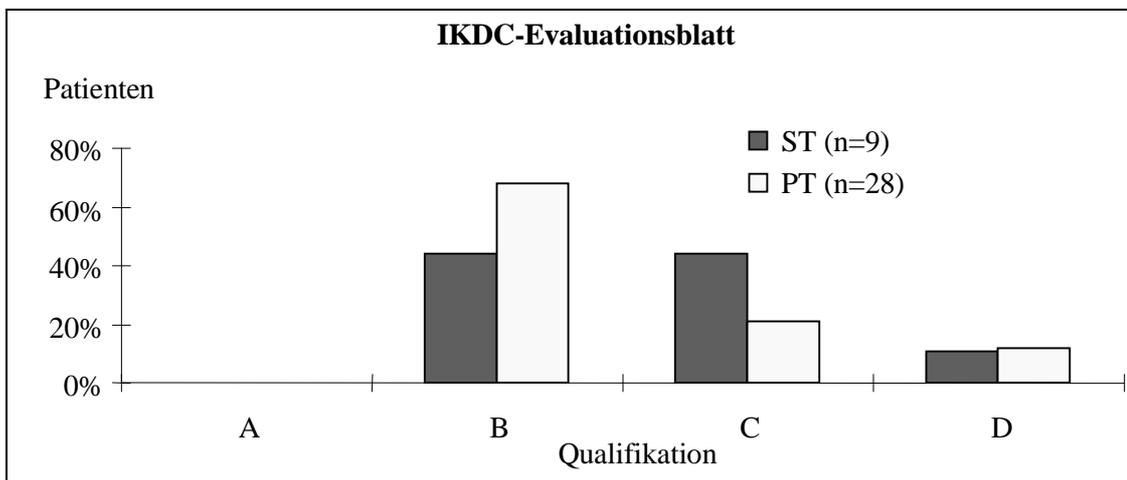
Das einzige „schlechte“ Ergebnis war durch rezidivierende Schmerzen beim Sport bedingt.

	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Punkte	91-100	80-90	70-79	<70
Gesamt	7 (19%)	20 (54%)	9 (24%)	1 (3%)
ST	2 (22%)	5 (56%)	2 (22%)	0
PT	6 (21%)	16 (57%)	5 (18%)	1 (4%)

**Tab. 13:** Gruppierungen nach dem OAK-Evaluationsblatt

#### 4.5.5 IKDC Evaluationsblatt

Es waren keine Patienten mit der Qualifikation A („normal“) zu beobachten. 23 Patienten (62%) insgesamt wiesen ein „fast normales“ Ergebnis (B) auf. 38% der Patienten wurden als „abnormal“ (C) oder „stark abnormal“ (D) eingestuft. In den einzelnen Qualifikationen (A-D) gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen ST und PT (Fischer-Test:  $p > 0,05$ ). Tabellarisch sind die Ergebnisse in Tab. 14 und graphisch unter Betrachtung der Prozentwerte in Abb. 19 dargestellt.



**Abb. 19:** IKDC-Evaluationsblatt: Gruppierung

Nachfolgend beschriebene Patienten erzielten die Kategorie eines „normalen“ Kniegelenkes nur wegen einzelner Befunde, die zur Eingruppierung „fast normal“ führten, nicht. Zwei Patienten aus der ST-Gruppe erreichten die Kategorie „normal“

nicht, da sie im Lachman-Test ein einfach positives Ergebnis aufwiesen. Eine weitere Patientin aus dieser Gruppe zeigte ebenfalls einen einfach positiven Lachman-Test und zusätzlich Schmerzen beim Joggen. Zwei Patienten aus der PT-Gruppe konnten die Qualifikation A nicht erzielen, weil sie jeweils ein Streckdefizit bis fünf Grad aufwiesen.

	<b>normal</b>	<b>fast normal</b>	<b>abnormal</b>	<b>stark abnormal</b>
Qualifikation	A	B	C	D
Gesamt	0	23 (62%)	10 (27%)	4 (11%)
ST	0	4 (44%)	4 (44%)	1 (11%)
PT	0	18 (64%)	6 (21%)	4 (14%)

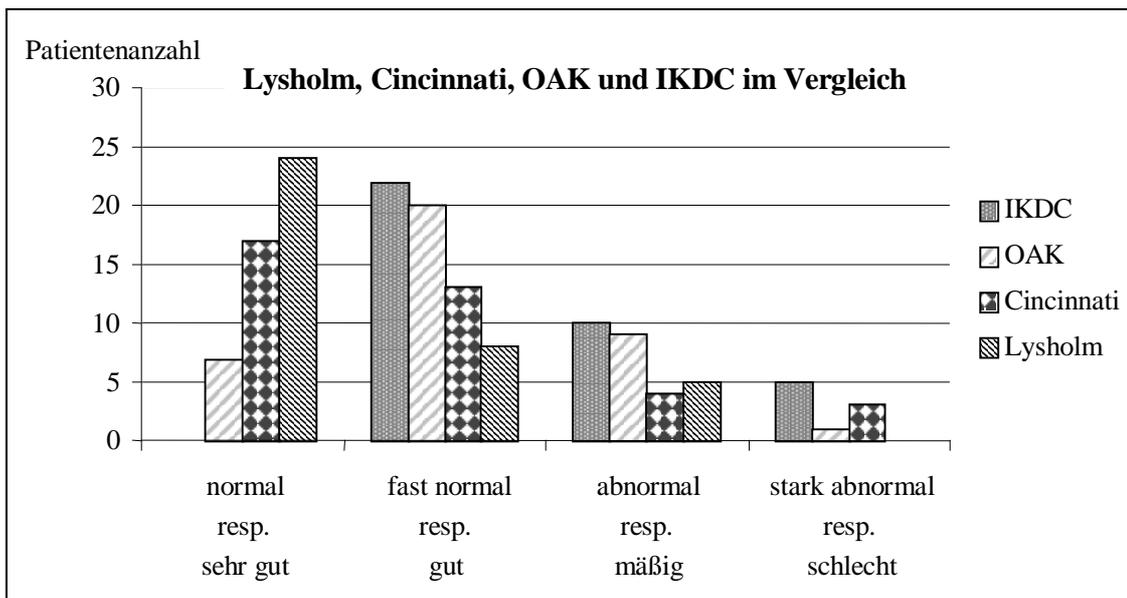
**Tab. 14:** Gruppierungen nach dem IKDC-Evaluationsblatt

#### 4.5.6 Vergleich der Evaluationsblätter und Scores

Unter Betrachtung der Gruppen (Tab. 15, Abb. 20) der „normalen“, resp. „sehr guten“ und der „fast normalen“, resp. „guten“ Ergebnisse des gesamten Patientenkollektivs ( $n = 37$ ) fanden sich im  $\chi^2$ -Test beziehungsweise im Fischer-Test nur partiell signifikant unterschiedliche Ergebnisse. Für „normale“, resp. „sehr gute“ Ergebnisse galt: Das IKDC-Evaluationsblatt wies weniger Patienten mit dieser Qualifikation auf als das OAK-Evaluationsblatt, der Lysholm-Score oder der Cincinnati-Score (Fischer-Test:  $p < 0,05$ ). Das OAK-Evaluationsblatt zeigte weniger Patienten in dieser Gruppe als der Lysholm- oder der Cincinnati-Score ( $\chi^2$ -Test:  $p < 0,05$ ). Für die „fast normalen“, resp. „guten“ Ergebnisse galt: Im Lysholm-Score befanden sich weniger Patienten in dieser Gruppe als im IKDC- oder OAK-Evaluationsblatt ( $\chi^2$ -Test:  $p < 0,05$ ). Die übrigen der in Tab. 15 und Abb. 20 dargestellten Fälle zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Evaluationsblättern beziehungsweise Scores ( $p > 0,05$ ).

	<b>normal resp. sehr gut</b>	<b>fast normal resp. gut</b>	<b>abnormal resp. mäßig</b>	<b>stark abnormal resp. schlecht</b>
IKDC	A 0	B 23 (62%)	C 10 (27%)	D 4 (11%)
OAK	91-100 7 (19%)	80-90 20 (54%)	70-79 9 (24%)	<70 1 (3%)
Cincinnati	90-100 17 (46%)	80-89 13 (35%)	70-79 4 (11%)	<70 3 (8%)
Lysholm	91-100 24 (65%)	84-90 8 (22%)	65-83 5 (14%)	<65 0

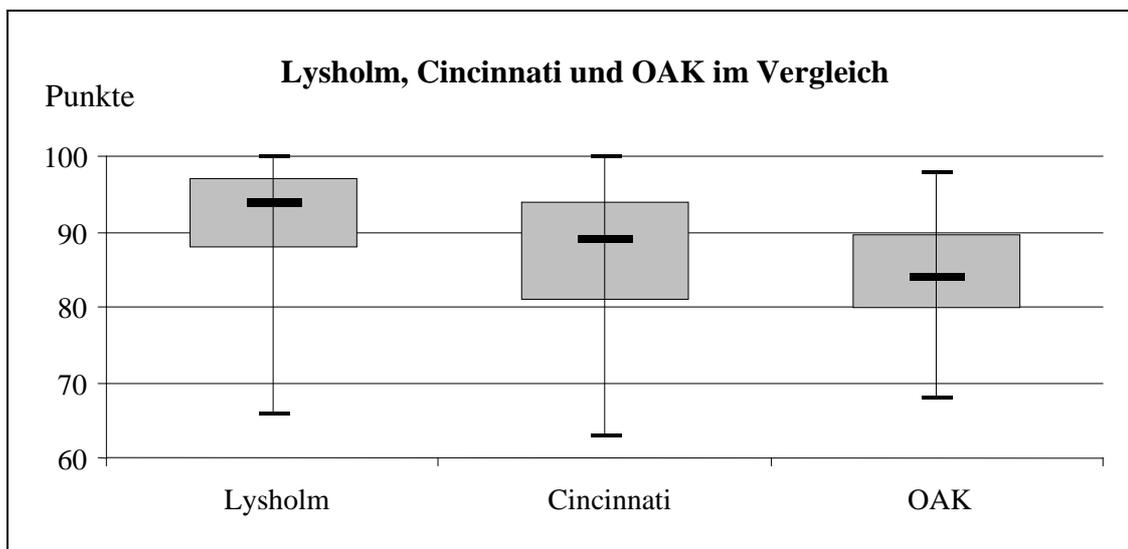
**Tab. 15:** Vergleich IKDC- / OAK-Evaluationsblatt / Lysholm- / Cincinnati-Score aller Patienten



**Abb. 20:** Vergleich IKDC- / OAK-Evaluationsblatt / Cincinnati- / Lysholm-Score aller Patienten

Der Lysholm-Score, der Cincinnati-Score und das OAK-Evaluationsblatt ergaben unter Betrachtung der Punktwerte signifikant unterschiedliche Ergebnisse (Wilcoxon-Test:  $p < 0,05$ ). Der Lysholm-Score ergab höhere Punktwerte als der Cincinnati-Score und das OAK Evaluationsblatt. Der Cincinnati-Score ergab höhere Werte als das OAK

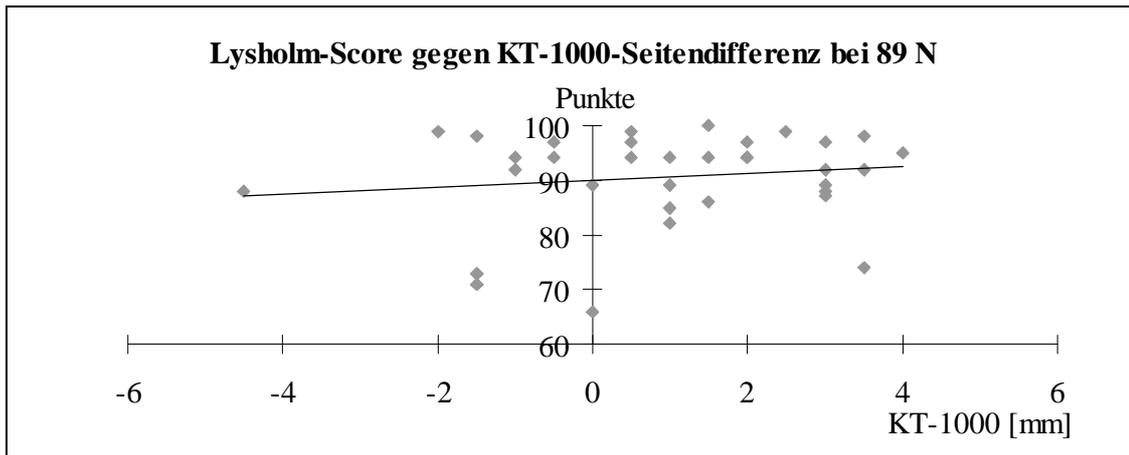
Evaluationsblatt. Der Median des Lysholm-Scores betrug 94 Punkte, der des Cincinnati-Scores 89 Punkte und der des OAK-Evaluationsblattes 84 Punkte. Die Punktwerte variierten im Lysholm-Score zwischen 66 und 100 Punkten, im Cincinnati-Score zwischen 63 und 100 Punkten und im OAK-Evaluationsblatt zwischen 68 und 98 Punkten (Abb. 21).



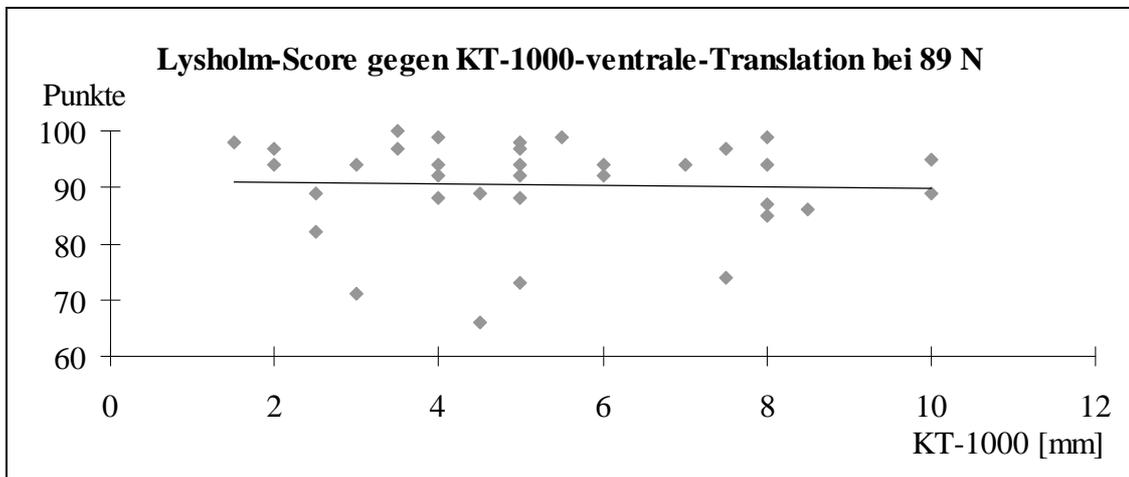
**Abb. 21:** Vergleich Lysholm- / Cincinnati-Score /OAK-Evaluation aller Patienten (Median, 1.-3. Quartil, Minimum, Maximum)

#### 4.6 Stabilitätsprüfung und subjektive Ergebnisse

Die überwiegend subjektiven Ergebnisse aus dem Lysholm-Score wiesen im Vergleich zu den objektiven Ergebnissen aus der KT-1000 Arthrometer Messung der absoluten und seitendifferenten ventralen tibialen Translation keine Korrelation zueinander auf. In Abb. 22 und Abb. 23 sind beispielhaft der Lysholm Score gegen die Messungen im Seitenvergleich und die der Kniegelenke mit VKB-Plastik dargestellt.



**Abb. 22:** Lysholm-Score gegen KT-1000-Arthrometer-Seitendifferenz bei 89 N in 25° Kniegelenksbeugung (Spearman Rangkorrelationskoeffizient: 0,06)



**Abb. 23:** Lysholm-Score gegen KT-1000 Arthrometer-ventrale-Translation bei 89 N in 25° Kniegelenksbeugung (Spearman Rangkorrelationskoeffizient: -0,10)

Entsprechend stellten sich zwischen Tegner-Aktivitätsscore, Cincinnati-Score, IKDC-Evaluationsblatt, OAK-Evaluationsblatt und der instrumentellen Messung der ventralen tibialen Translation mit dem KT-1000-Arthrometer keine Korrelationen dar. Die Spearman Rangkorrelationskoeffizienten lagen zwischen  $-0,20$  und  $+0,36$ .

## 5 Diskussion

### 5.1 Intraoperative Begleitbefunde

Im Gesamtkollektiv der untersuchten Patienten zeigte sich bei den Patienten mit einer chronischen VKB-Insuffizienz ein intraoperativ signifikant erhöhtes Vorkommen von Knorpelschäden. 14 von 15 Patienten (93%) wiesen diesen pathologischen Befund auf. Bei diesen Patienten betrug die Zeit von der Ruptur bis zur VKB-Rekonstruktion mindestens acht Wochen, im Durchschnitt 40 (6 bis 236) Monate. In der Gruppe der „akut“ beziehungsweise „subakut“ operierten (weniger als zwei Wochen beziehungsweise zwei bis acht Wochen bis zum VKB-Ersatz) ergaben sich hingegen nur bei vier von zehn (40%), beziehungsweise fünf von zwölf Patienten (42%) Knorpelschäden. Zu günstigeren Ergebnissen kamen Goradia und Grana bei der Therapie von akuten und chronischen VKB-Rupturen mittels Semitendinosus- und Gracilissehne (ST+G). Als „chronisch“ wurde ein Zeitraum bis zur Rekonstruktion von sechs Wochen angegeben, wobei der mittlere Operationszeitpunkt 32 (1,55 bis 316) Monate nach VKB-Ruptur lag. Eine Chondromalazie II. Grades oder mehr trat bei 15 von 61 Patienten (25%) in der „akuten“ Gruppe und bei sieben von 59 Patienten (12%) in der „chronischen“ Gruppe auf (Goradia et al. 2001). In einer Arbeit von Noyes und Barber-Westin zeigte sich im Gegensatz zu meiner Patientengruppe zwischen akuten und chronischen VKB-Rupturen kein Unterschied bezüglich der Inzidenz von Knorpelschäden. Dort stellten sich bei 24 von 57 Patienten (42%) der „chronischen“ Gruppe und bei zehn von 30 Patienten (33%) der „akuten“ Gruppe Abnormalitäten der Knorpeloberfläche dar. Allerdings differierte in dieser Studie die Gruppeneinteilung der „akut“ und „chronisch“ operierten Patienten im Gegensatz zu meiner Untersuchung. Ab einem Zeitraum von drei Monaten zwischen VKB-Ruptur und VKB-Rekonstruktion wurden die Patienten der Gruppe „chronisch“ zugeordnet. In diesem Kollektiv wurde im Mittel 54 (3 bis 348) Monate nach der Verletzung operiert (Noyes et al. 1997). Trotz differierender Einteilung der Gruppen bezüglich akuter und chronischer VKB-Insuffizienz zeigt sich somit in meiner Arbeit eine höhere Rate an intraoperativen Knorpelschäden. Dies gilt besonders für unsere Gruppe der chronischen VKB-Insuffizienz mit einer Inzidenz von 93%.

Bezüglich der Meniskektomie- beziehungsweise Teilmeniskektomierate nach Ruptur und vor Rekonstruktion des VKB ergaben sich im Gegensatz zu den in der Literatur

beschriebenen Fällen unterschiedliche Prävalenzen. Ein Patient aus der „chronischen“ Gruppe wurde im Vorwege innenmenishektomiert und am Aussenmeniskus teilreseziert. Ein weiterer Patient in der „subakuten“ Gruppe erhielt eine Aussenmeniskusteilresektion. Eine Signifikanz zwischen den Gruppen ergab sich diesbezüglich nicht. Goradia und Grana berichteten hingegen über eine signifikant höhere Rate von medialen und bilateralen Teilmenishektomien in ihrer „chronischen“ Gruppe. 23 von 59 (39%) in der „chronischen“ und 12 von 61 (19,7%) Patienten in der „akuten“ Gruppe wiesen partielle mediale Menishektomien auf. Bilaterale partielle Meniskusresektionen bestanden bei acht (13,6%) im „chronischen“ und drei (4,9%) im „akuten“ Patientengut (Goradia et al. 2001). Ähnliche Ergebnisse konnten Noyes und Barber-Westin präsentieren. In ihrer Studie zeigten in der chronischen Gruppe 20 von 94 (21,3%) mediale und 9 von 94 (9,6%) Kniegelenke laterale partielle oder totale Menishektomien. Die „akute“ Gruppe wies hingegen keine medialen und nur 1 von 30 (3,3%) laterale Voroperationen an den Menisken auf. Sie empfahlen daher eine frühzeitige Rekonstruktion des VKB (Noyes et al. 1997). Laut Shelbourne und Gray sollte die Indikation zu einer VKB-Rekonstruktion in der semiakuten Phase erfolgen, um Meniskusläsionen und Knorpelschäden zu vermeiden (Shelbourne et al. 2000).

## **5.2 Arthrofibrose und Zykloppsyndrom**

Im Rahmen von 19 Rearthroscopien aufgrund eines Streckdefizits musste in meinem Patientenkollektiv bei insgesamt 16 Patienten eine Arthrolyse wegen einer Arthrofibrose durchgeführt werden. Es entfielen drei auf die ST-Gruppe und 13 auf die PT-Gruppe. Für die Entwicklung einer Arthrofibrose nach VKB-Rekonstruktion werden verschiedene Faktoren verantwortlich gemacht. Passler et al. untersuchten retrospektiv die Komplikationen bei 283 Patienten nach VKB-Rekonstruktion mit der PT. Es wurde zwischen Patienten unterschieden, die weniger oder mehr als vier Wochen nach VKB-Ruptur eine PT erhielten. In der Gruppe der Patienten, die frühzeitig mit einer PT versorgt wurden, lag die Arthrofibroserate bei 17,6%, in der anderen Gruppe bei 6,1%. Die Autoren favorisierten daher die verzögerte Rekonstruktion des VKB (Passler et al. 1995). Mayr et al. bestätigten eine geringere Inzidenz von Arthrofibrosen, wenn der Zeitabstand zwischen VKB-Ruptur und VKB-Rekonstruktion länger als vier Wochen beträgt. Zusätzlich beobachteten sie eine erhöhte Arthrofibroserate bei einem präoperativem Reizzustand des betroffenen Kniegelenks (Mayr et al. 2000). Laut

Shelbourne und Patel sollte die VKB-Rekonstruktion solange verzögert werden, bis der Patient einen normalen Gang, einen vollen Bewegungsumfang und eine minimale Schwellung des verletzten Kniegelenks aufweist (Shelbourne et al. 1999). In meiner Arbeit zeigte sich allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der VKB-Rekonstruktion und dem Auftreten einer Arthrofibrose.

Ein weiterer entscheidender Faktor zur Verhinderung einer Arthrofibrose nach VKB-Rekonstruktion ist die Rehabilitation. Pässler und Shelbourne beobachteten mit einem beschleunigten Rehabilitationsprotokoll weniger Bewegungseinschränkungen. Hierbei wurde in der ersten postoperativen Woche die volle Belastung und eine uneingeschränkte Beweglichkeit mit Forcierung der seitengleichen Kniegelenksstreckung zugelassen. Trotz dieser aggressiven Rehabilitation war die Kniegelenksstabilität nicht beeinträchtigt. Zur Verwendung kam jeweils eine PT (Pässler et al. 1993). Noyes et al. untersuchten anhand verschiedener VKB-Rekonstruktionstechniken die Einflüsse einer progressiven Rehabilitation und einer frühen interventionellen Therapie auf die Inzidenz der Arthrofibrose. Von insgesamt 443 Kniegelenken zeigten zwölf Monate postoperativ nur sieben Kniegelenke ein Extensiondefizit, dies aber von weniger als fünf Grad. Diese sieben Patienten lehnten jedoch eine interventionelle Therapie ab. Nur drei Patienten mussten einer Rearthroskopie zwecks Debridement zugeführt werden. Zwölf Monate postoperativ betrug die Arthrofibroserate null Prozent. Die Autoren unterstrichen damit die Effektivität ihres Vorgehens nach VKB-Rekonstruktionen (Noyes et al. 2000). In meinem Patientenkollektiv waren die postoperativen Bewegungsumfänge der Kniegelenke limitiert. Dies dürfte ein Grund für die hohe Rate der Arthrofibrosen sein.

Acht Patienten der PT-Gruppe in meiner Arbeit wiesen ein Zykloppsyndrom auf. Für die Entstehung eines Zyklops wurde von Delince et al. eine multifaktorielle Ätiopathogenese beschrieben. Nach diesen besteht er aus Knochendetritus des Bohrkanals, Teilen des Kreuzbandstumpfs und Auffaserungen des Transplantats (Delince et al. 1998). Laut Watanabe et al. wird die Entstehung eines Zykloppsyndroms durch ein Impingement des VKB-Transplantats im Dach der Interkondylargrube begünstigt. Der Operateur sollte während der VKB-Rekonstruktion ein Impingement des Transplantats ausschliessen (Watanabe et al. 1995). Im Gegensatz zur Arthrofibrose konnten Mayr et al. beim Zykloppsyndrom keine Korrelation zu präoperativen Reizzuständen und Bewegungseinschränkungen nachweisen (Mayr et al. 2000). Pässler und Shelbourne vertraten die Auffassung, dass eine postoperative Freigabe der

Kniegelenksstreckung einer Zyklopbildung entgegen wirke (Pässler et al. 1993). Mittlerweile wurde in unserer Klinik das Rehabilitationskonzept unter anderem zugunsten einer Freigabe der Kniegelenksstreckung verändert. Nachfolgende Studien müssen zeigen, ob sich die Inzidenz des Zyklopsyndroms und der Arthrofibrose verringern werden.

### **5.3 Kniegelenksstabilität**

Die klinische Stabilitätsprüfung zeigte in meiner Arbeit bei der vorderen Schublade und dem Lachman-Test eine signifikant vermehrte vordere Translation des ST-Kollektivs. Bei Betrachtung der Seitendifferenzen im Lachman-Test ergab sich für eine Differenz von  $\geq 3$  mm eine ebenfalls signifikant erhöhte ventrale Translation in der ST-Gruppe. Die instrumentelle Stabilitätsprüfung mittels KT-1000-Arthrometer erbrachte unter Betrachtung der ventralen Auslenkung mit  $\geq 6$  und  $< 10$  mm bei maximalem Zug deutlich mehr Patienten in der ST-Gruppe. Teilt man die ventralen Translationen bei Messung mit dem KT-1000-Arthrometer nicht in Gruppen ein, sondern betrachtet man die absoluten Werte, weist die ST bei 67 N, 89 N und maximal manuellem Zug bei  $25^\circ$  Knieflexion eine signifikant höhere ventrale Auslenkung auf. Somit ist bei meinem Stichprobenumfang von einer höheren Stabilität in der PT-Gruppe auszugehen. Otero und Hutcheson verglichen die gedoppelte Semitendinosus- und Gracilissehnen-Plastik (ST+G) mit der Patellarsehne-Plastik und kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Ein, zwei und drei Jahre postoperativ waren die Werte des mittleren Lachman-Tests signifikant niedriger in der PT-Gruppe. Die Messungen mit dem KT-1000-Arthrometer zeigten ein Jahr postoperativ für 89 N und „maximal manuell“ ebenfalls signifikant geringere Werte für die PT. Nach zwei beziehungsweise drei Jahren ergaben sich jedoch keine Unterschiede bei Untersuchungen mit dem KT-1000-Arthrometer (Otero et al. 1993). Aglietti et al. konnten im Vergleich von gedoppelter ST mit Gracilissehne gegenüber der PT bei Messungen mit dem KT-2000-Arthrometer, 28 Monate nach Rekonstruktion, keine Unterschiede feststellen. Die mittleren ventralen Translationen betragen hierbei für die ST 6,3 mm und für die PT 5,8 mm (Aglietti 1994). Ich konnte 6,5 mm für die ST und 4,96 mm für die PT errechnen. In einer Vergleichsstudie zwischen ST und PT in Einzel- und Zweifach-Inzisionstechnik zeigte O'Neill ebenfalls gleichwertige Kniegelenksstabilitäten. Sieben von 40 Patienten (18%) der ST und neun von 85 Patienten (11%) der PT wiesen bei der Messung mit dem KT-2000-Arthrometer eine

Seitendifferenz von mehr als drei Millimeter auf (O'Neill 1996). Im Vergleich der vierfach gelegten ST mit der PT fanden sich bei einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 31 Monaten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Kniegelenksstabilität (Eriksson et al. 2001).

<b>Autoren</b>	<b>n</b>	<b>OP</b>	<b>Seitendifferenzen</b>	<b>Instabilitäten</b>
Eigene Daten	26	PT+EA	≥ 3 mm	6 (23%)
	9	ST+EA	≥ 3 mm	3 (38%)
Eriksson et al. 2001	80	PT	≥ 3 mm	21 (26%)
	74	ST	≥ 3 mm	28 (38%)
Corry et al. 1999	64	PT	> 3 mm	6 (9%)
	75	ST+G	> 3 mm	17 (23%)
O'Neill et al. 1996	85	PT	> 3 mm	9 (11%)
	40	ST	> 3 mm	7 (18%)
Aglietti et al. 1995	25	PT	≥ 3 mm	14 (56%)
Aglietti et al. 1994	30	PT	> 5 mm	4 (13%)
	30	ST+G	> 5 mm	6 (20%)
Anderson et al. 1994	70	ST+G+EA	≥ 3 mm	30 (43%)
Good et al. 1994	24	PT	≥ 3 mm	11 (46%)
Aglietti et al. 1992a	66	PT	> 3 mm	23 (35%)
Aglietti et al. 1992b	44	PT+EA	> 3 mm	16 (36%)
O'Brien et al. 1991	80	PT+EA	> 3 mm	19 (24%)

+G: mit Verwendung der Gracilissehne; +EA: mit extraartikulärer Stabilisierung.

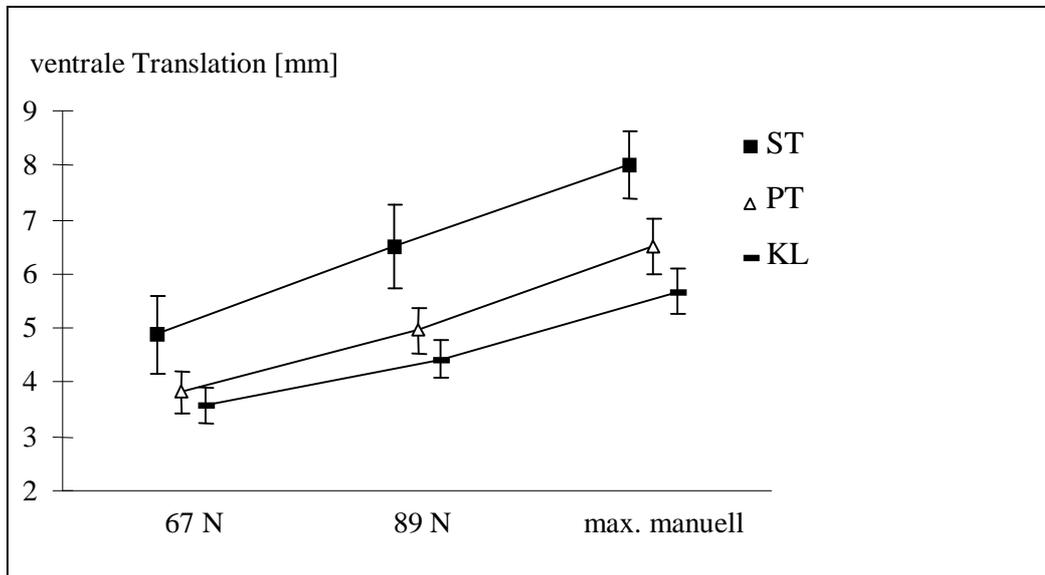
**Tab. 16:** Rate instabiler Kniegelenke im Vergleich mit anderen klinischen Studien

Tab. 16 listet die Raten instabiler Kniegelenke in klinischen Studien nach VKB-Rekonstruktion auf. Die Rate wird in Abhängigkeit von den Seitendifferenzen der ventralen Translation der Tibia bei 20 bis 30° Kniegelenksflexion in der instrumentellen Messung angegeben. Ab welcher Seitendifferenz ein Kniegelenk als instabil anzusehen ist, wurde von den Autoren unterschiedlich bewertet (≥ 3 mm bis > 5 mm). Obwohl sich in den Vergleichsstudien zwischen ST beziehungsweise ST+G und PT nur zum Teil signifikant stabilere Ergebnisse für die PT ergaben, war die Rate instabiler Kniegelenke

für die ST hier durchweg höher. Eine geringere ventrale Translation der Tibia durch eine zusätzlich durchgeführte extraartikuläre Traktusumlenkung, wie bei unseren Patienten regelhaft erfolgt, zeigte sich im Vergleich mit anderen Studien nicht (Tab. 16). Meine Resultate bewegen sich im Rahmen der in der Literatur angegebenen Raten instabiler Kniegelenke.

Werden nicht Patientenkollektive mit einer VKB-Rekonstruktion, sondern die Rekonstruktionsplastiken in vitro untersucht, geben viele Autoren in erster Linie die Bruchlast an. Für ein intaktes VKB beträgt diese  $2160 \pm 157$  N (Woo et al. 1999). Für eine PT werden  $2376 \pm 151$  N bis  $2900 \pm 260$  N angegeben (Noyes et al. 1984, Schatzmann et al. 1998). Eine gedoppelte ST weist eine Bruchlast von  $2330 \pm 452$  N und eine vierfach gelegte ST bis zu  $4590 \pm 674$  N auf (Hamner et al. 1999). Die Bruchlast ist ein wichtiges Kriterium für die Gefahr der Ruptur einer VKB-Plastik (Fu et al. 1999). Die Bruchlast einer VKB-Plastik kann in klinischen Studien jedoch nicht gemessen werden. Noyes et al. betonten in einer biomechanischen Studie die große Bedeutung der Steifigkeit einer VKB-Plastik für die vordere tibiale Translation (Noyes et al. 1984). Steiner et al. sagten diesbezüglich: „Stiffness is a parameter that best correlates with the clinical grading of joint laxity on physical examination“ (Steiner et al. 1994). Die klinische Messung der ventralen tibialen Translation kann daher Hinweise auf die Steifigkeit einer VKB-Plastik geben. Die Steifigkeit ist definiert als erforderliche Kraft pro Längenzunahme des betreffenden Materials (Fu et al. 1999). Überträgt man dies auf die Möglichkeiten der klinisch instrumentellen Messung der ventralen Translation, ergibt das Ausmaß der Zunahme der Auslenkung bei Steigerung des Kraftaufwandes ein Indiz für die Steifigkeit der VKB-Plastik. Bei einer geringeren Steifigkeit müssten somit unter zunehmender Krafteinwirkung die Differenzen der ventralen Auslenkung zu einem Vergleichskollektiv größer werden. Tatsächlich wurden in meiner Arbeit die Differenzen zwischen ST beziehungsweise PT und den gesunden kontralateralen Kniegelenken (KL) mit zunehmendem ventralen Zug größer. Eine Ausnahme bildeten die Messungen mit maximalem manuellen ventralen Zug. Diese dürfen für diese Betrachtung jedoch nicht herangezogen werden, da es sich um keine definierte Kraftausübung handelt. In der graphischen Anschauung bedeutet das, je stärker die Steigung der Kurve einer Subgruppe (ST, PT, KL) ist, desto geringer ist die Steifigkeit (Abb. 24). Somit scheint die ST eine geringere Steifigkeit als die PT aufzuweisen. Die höchste Steifigkeit wiesen die kontralateralen gesunden Kniegelenke

auf. Für die exakte Berechnung der Steifigkeit des VKB ist dieses Modell nicht geeignet. Andere bandhafte und muskuläre Strukturen beeinflussen die ventrale Translation. Mit dem KT-1000-Arthrometer können nur zwei definierte Kräfte ausgeübt werden.



**Abb. 24:** Vergleich der ventralen Translation bei 25° Kniegelenksflexion

Autoren von biomechanischen Studien kommen zu vergleichbaren Aussagen bezüglich der Steifigkeit. Die in der Literatur nachfolgend angegebenen mittleren Werte für die Steifigkeit sind allerdings aufgrund der unterschiedlichen Versuchsaufbauten nicht miteinander vergleichbar. Noyes et al. untersuchten isolierte, also nicht in Leichenkniegelenke eingebrachte intakte VKB und verglichen diese mit verschiedenen Geweben, die für die autologe VKB-Plastik Verwendung finden. Für die PT ermittelten sie eine Steifigkeit von  $685 \pm 86$  N/mm und für die einfach gelegte ST von  $186 \pm 9$  N/mm. Das intakte VKB wies eine Steifigkeit von  $182 \pm 33$  N/mm auf. Die PT zeigte somit eine höhere Steifigkeit als die ST und das intakte VKB (Noyes et al. 1984). Steiner et al. evaluierten verschiedene Techniken der VKB-Plastik-Fixierung, dabei wurde auch die Steifigkeit der VKB-Plastiken ermittelt. Für das intakte VKB wurde eine mittlere Steifigkeit von  $66 \pm 26$  N/mm gemessen. Unter Betrachtung derjenigen Fixierungstechniken, die mit den unseren vergleichbar sind, zeigte sich eine signifikant geringere Steifigkeit der gedoppelten ST+G gegenüber dem intakten VKB und der PT. Das intakte VKB und die PT differierten nicht. Eine gedoppelte ST+G ergab  $29 \pm 7$

N/mm. Die PT wies eine mittlere Steifigkeit von  $46 \pm 24$  N/mm auf (Steiner et al. 1994). Rowden et al. untersuchten an insgesamt 20 Leichenknien die PT und die ST im Vergleich zum intakten VKB. Für das intakte VKB wurde im Mittel eine Steifigkeit von  $306 \pm 80$  N/mm, für die PT von  $51 \pm 17$  N/mm und für die ST von  $42 \pm 23$  N/mm ermittelt. Die intakten VKB waren sechs- bis siebenfach steifer als die PT und die ST. Zwischen ST und PT gab es allerdings keine bedeutenden Differenzen bezüglich der Steifigkeit. Die ST war im Gegensatz zu unserer Technik vierfach gelegt (Rowden et al. 1997). Aune et al. kamen beim Vergleich der PT mit der vierfach gelegten ST+G zu anderen Ergebnissen. Die PT war 120% steifer als die ST+G. Die PT wies hierbei einen Wert von  $46 \pm 11$  N/mm und die ST+G von  $22 \pm 11$  N/mm auf (Aune et al. 1998). Eine andere In-vitro-Studie von Hamner et al. zeigte für die gedoppelte ST eine Steifigkeit von  $534 \pm 76$  N/mm und für die vierfachgelegte ST  $776 \pm 204$  N/mm ohne relevante Unterschiede. Lediglich, wenn die vierfach gelegte ST mit Gewichten vorgespannt wurde, ergab sich eine signifikant höhere Steifigkeit. Für diese Technik wurden im Mittel  $861 \pm 186$  N/mm angegeben (Hamner et al. 1999). Zusammenfassend ergibt sich für die PT im Gegensatz zur einfach beziehungsweise doppelt gelegten ST (+G) eine höhere Steifigkeit. Ob die vierfach gelegte ST tatsächlich der PT vergleichbare Steifigkeiten aufweist, müssen weitere biomechanische Studien klären.

In meiner Arbeit fanden sich in der ST-Gruppe keine Patienten mit einem positiven Pivot-Shift (Jakob et al. 1987). In der PT-Gruppe zeigte eine Patientin ein positives Pivot-Shift II. Grades, dies war allerdings beidseits auslösbar. Andere Studien mit VKB-Ersatzplastik und zusätzlicher extraartikulärer Stabilisierung zeigten ähnlich niedrige Raten eines positiven Pivot-Shift. Anderson et al. beschrieben in einer retrospektiven Arbeit bei 69 von 70 Patienten ein negatives Pivot-Shift. Zur VKB-Rekonstruktion wurde eine gedoppelte ST mit Verwendung der Gracilissehne benutzt (Anderson et al. 1994). Die laterale extraartikuläre Stabilisierung erfolgte in der Technik von Losee (Losee et al. 1978). In einer Studie von Aglietti et al. zeigte sich in 95% des Kollektivs ein negatives Pivot-Shift, nämlich 42 von 44 Patienten (Aglietti et al. 1992b). Die Patienten hatten im Mittel sieben Jahre zuvor eine PT erhalten. Die laterale extraartikuläre Stabilisierung erfolgte unter Verwendung des Tractus iliotibialis modifiziert nach der Methode von Lemaire (Lemaire et al. 1980).

Die Technik der extraartikulären Stabilisierung in meiner Arbeit wurde in Anlehnung an die von Jäger und Wirth entwickelt (Jäger et al. 1978). Letztere beschrieben mit dieser

Methode der Tractus iliotibialis Umlenkung, allerdings ohne VKB-Rekonstruktion, zwei Jahre postoperativ in 80% (12 von 15) ihres Kollektivs ein negatives Pivot-Shift. Der Lachman-Test war allerdings in allen Fällen positiv (Wirth et al. 1984). Nachuntersuchungsergebnisse nach rein konservativ behandelter isolierter VKB-Ruptur zeigten im Gegensatz nur in 51% (18 von 35) der Kniegelenke ein negatives Pivot-Shift. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug in dieser Studie durchschnittlich vier Jahre (Neusel et al. 1993).

Klinische Studien, in denen die Ergebnisse nach alleiniger VKB-Rekonstruktion untersucht wurden, kamen vielfach zu einer höheren Rate eines positiven Pivot-Shift. Aglietti et al. konnten 28 Monate postoperativ bei 30 Patienten mit PT und 30 Patienten mit ST+G keinerlei negative Ergebnisse bezüglich des Pivot-Shift dokumentieren (Aglietti et al. 1994). Eriksson et al. beschrieben in ihrer PT-Gruppe in 56 von 80 Fällen (70%) und in ihrer ST-Gruppe in 50 von 74 Fällen (68%) ein negatives Pivot-Shift. 23 Patienten der PT-Gruppe und 22 Patienten der ST-Gruppe wiesen ein Pivot-Shift I. Grades auf. Ein beziehungsweise zwei Patienten wurden in ein Pivot-Shift II. Grades eingeteilt. Die Semitendinosussehne war in diesem Kollektiv vierfach gelegt worden (Eriksson et al. 2001). Corry et al. wiederum fanden in ihrer PT-Gruppe zu 91% (70 von 77) und in ihrer ST+G-Gruppe zu 82% (63 von 77) ein negatives Pivot-Shift. Der Rest der Patienten wies lediglich ein Pivot-Shift I. Grades auf (Corry et al. 1999). Zusammenfassend spricht der Literaturvergleich für eine geringere Rate an positivem Pivot-Shift, wenn eine extraartikuläre Stabilisierung durchgeführt wurde. Zur abschließenden Beurteilung bedarf es jedoch noch Studien, die bei einer identischen VKB-Plastik Patienten mit und ohne EA vergleichen.

#### **5.4 Isometrische und isokinetische Kraftmessung**

Einen signifikanten Unterschied zwischen ST und PT konnte ich weder bei der Messung der isometrischen noch bei der der isokinetischen Muskelkraft feststellen. Harilainen et al. untersuchten Patienten mit PT nach. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 16 Monate. Für die isometrische Messung der Kniegelenksexpressoren wurde im Vergleich zum kontralateralen Kniegelenk eine Kraftentfaltung von 85,9% festgestellt. Für die Kniegelenksflexoren galt entsprechend ein Wert von 91,6%. Bei welcher Kniegelenksbeugung die Messungen erfolgten, wurde leider nicht mitgeteilt (Harilainen et al. 1993). Meine PT-Gruppe erzielte 89,7% für die

Extensionskraft und 92% für die Flexionskraft bei 60° Kniegelenksflexion. Diese Daten sind vergleichbar mit denen von Harilainen et al..

In der überwiegenden Zahl von Studien, welche sich mit Ergebnissen nach VKB-Rekonstruktion befassen, werden ausschließlich die Ergebnisse der isokinetischen Muskelkraft publiziert. Die Kraftmessung mit isokinetischen Systemen hat den Vorteil, dass sie die effektive Muskelkraft bei funktionellen Winkelgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Gelenkpositionen erfasst. Zur besseren Vergleichbarkeit verschiedener Operationstechniken hat sich die Angabe des Prozentwertes gegenüber dem kontralateralen Kniegelenk bewährt (Kipfer et al. 1990). Carter et al. zeigte im isokinetischen Test zwischen ST und PT keine signifikanten Differenzen. Insbesondere die PT, welche einen Eingriff am Streckapparat bedingt, wies trotz eines kurzen Nachuntersuchungszeitraums von sechs Monaten keine signifikanten Einbußen der Extensionkraft gegenüber der ST auf (Carter et al. 1999). Die Werte liegen unter denen meines Kollektivs, wobei die Messungen durchschnittlich 22 Monate postoperativ erfolgten (Tab. 17). Aglietti et al. beschrieb bei isokinetischen Tests ebenfalls keine Differenzen zwischen ST und PT. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 28 Monate (Aglietti et al. 1994). Die Ergebnisse sind ausser für die ST bei 60°/s Winkelgeschwindigkeit, wo sich eine höhere Kraftentfaltung des Kniegelenks mit VKB-Rekonstruktion zeigte, mit meinen Daten vergleichbar (Tab. 17). In der ST-Gruppe zeigte auch die isometrische Messung der Extensoren bei 60° Kniegelenksflexion mit 111,4% eine stärkere Kraftentfaltung als auf der kontralateralen gesunden Seite. Dafür, dass die Extensionskraft in der ST-Gruppe in einzelnen Tests eine höhere Kraftentfaltung als auf der kontralateralen gesunden Seite zeigt, kommen verschiedene Ursachen in Betracht. Ein Grund dürfte der kleine Stichprobenumfang von acht Patienten sein. Hinzu kommt ein langer Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 35 Monaten. Die fünf Patienten mit einer höheren Kraft der Extensoren des betroffenen Kniegelenks gingen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zumindest einer Freizeitsportart nach. Dies spricht für einen befriedigenden Trainingszustand der Patienten mit entsprechend gut aufgebauter Muskulatur.

<b>Autoren</b>	<b>Winkelgeschwindigkeit</b>	<b>ST</b>	<b>PT</b>
<b>eigene Daten</b>	60°/s	103,7%	91,4%
	180°/s	95,4%	92,1%
<b>Carter et al. 1999</b>	180°/s	74,3%	68,3%
	300°/s	76,7%	70,7%
<b>Aglietti et al. 1994</b>	60°/s	89,3%	91,1%
	180°/s	94,7%	94,1%

**Tab. 17:** Isokinetische Kraft der Kniegelenksexensoren im prozentualen Anteil zum kontralateralen Kniegelenk, Literaturvergleich

### 5.5 Scores und Evaluationsblätter

Der Tegner-Aktivitätsscore wies zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine signifikanten Unterschiede zwischen ST und PT auf. Betrachtet man den Lysholm- und Cincinnati-Score sowie das IKDC- und OAK-Evaluationsblatt, ergaben sich zwischen ST und PT ebenfalls keine signifikanten Differenzen. Um auch die Güte der einzelnen Ergebnisse beurteilen zu können, werden meine Daten mit denen aus der Literatur verglichen.

Im Tegner-Aktivitätsscore unterschieden sich die ST-Gruppe und die PT-Gruppe vor VKB-Verletzung nicht. Der Median betrug jeweils sieben Punkte. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich ein signifikant größerer Abfall des Aktivitätsniveaus in der PT-Gruppe. Der Median betrug zu diesem Zeitpunkt für die ST-Gruppe fünf und für die PT-Gruppe vier Punkte. Eine mögliche Ursache hierfür könnte das in unserer Studie kürzere Nachuntersuchungsintervall in der PT-Gruppe sein. Das Lebensalter zwischen ST und PT unterschied sich weder bei der VKB-Ruptur noch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und scheidet somit als Faktor für einen größeren Abfall des Aktivitätsniveaus aus.

Aglietti et al. beschrieben durchschnittlich 28 Monate postoperativ allerdings ein signifikant höheres Aktivitätslevel in der PT-Gruppe verglichen mit der gedoppelten ST (Aglietti et al. 1994). Eriksson et al. zeigten im Vergleich von vierfach gelegter ST und PT bei einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 31 Monaten keinen Unterschied im Aktivitätsniveau (Eriksson et al. 2001). Das mediane Aktivitätsniveau betrug sechs Punkte. In beiden Studien unterschieden sich die Subgruppen vor der VKB-Ruptur im Aktivitätsniveau nicht voneinander. Im Vergleich der ST mit der PT lassen die

widersprüchlichen Ergebnisse bisher noch nicht auf ein unterschiedliches Outcome bezüglich des Aktivitätsniveaus schliessen.

Otero und Hutcheson konnten im Lysholm-Score keinen Unterschied zwischen PT und gedoppelter ST mit Gracilissehne finden. Die mittleren Werte des Scores wurden leider nicht angegeben (Otero et al. 1993). Eriksson et al. gaben den medianen Lysholm-Score für ihre Nachuntersuchung mit 85 für die PT und 86 für die ST an (Eriksson et al. 2001). In meiner Arbeit lag der Median für die PT bei 94 und für die ST bei 89. Beim Vergleich der vierfach gelegten ST (mit Gracilissehne) und der PT publizierten Corry et al. in 91% (ST) beziehungsweise 90% (PT) gute bis sehr gute Ergebnisse im Lysholm-Score. Wir ermittelten für die ST in 89% und die PT in 86% sehr gute bis gute Resultate. Die genannten Studien bestätigen eine Gleichwertigkeit von PT und ST und zeigen im Vergleich mit meinen Ergebnissen entsprechende Resultate im Lysholm-Score.

Daten, die die gleichen Techniken der VKB-Rekonstruktion verwenden und mittels des Cincinnati-Scores vergleichen, liegen nicht vor. Bollen und Seedhom zeigten jedoch eine gute Korrelation zwischen Lysholm- und Cincinnati-Score mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,87. Die Punkte des Lysholm-Scores lagen im Median um 13 Punktwerte höher (Bollen et al. 1991). Da im Cincinnati-Score ebenfalls keine Differenzen zwischen den beiden Operationsmethoden gefunden wurden, ist von entsprechenden Schlussfolgerungen wie beim Lysholm-Score auszugehen.

Im Patientenkollektiv dieser Arbeit betrug der Median des OAK-Evaluationsblattes in der ST-Gruppe 84 und in der PT-Gruppe 84,5 Punkte. Gute oder sehr gute Ergebnisse zeigten sich für die ST in 78% (7 von 9 Patienten) und für die PT in 79% (22 von 28 Patienten). In einer retrospektiven Analyse fanden Wachtl und Imhoff im OAK-Evaluationsblatt ebenfalls keine differierenden Ergebnisse zwischen ST und PT. Hierbei untersuchten sie zusätzlich die Ergebnisse der VKB-Rekonstruktionen bei akuter und chronischer VKB-Insuffizienz, dies allerdings ohne Signifikanzniveau. Die Mittelwerte betrugen in der „akuten“ Subgruppe für die ST 93,1 und für die PT 95,0 Punkte, in der „chronischen“ Subgruppe für die ST 89,8 und für die PT 92,6 Punkte. Ohne die Betrachtung der Subgruppen zeigten sich bei der ST in 87% und bei der PT in 92% gute bis sehr gute Ergebnisse. Die mittleren Nachuntersuchungszeiträume lagen zwischen 33,8 und 60 Monaten (Wachtl et al. 1994). Für die gedoppelte ST beschrieben Sperner et al. einen Mittelwert von 90,2. 55,7% wiesen sehr gute, 26,1% gute, 13% mäßige und 5,8% schlechte Ergebnisse auf. Der mittlere Zeitraum von der VKB-Rekonstruktion bis

zur Nachuntersuchung betrug 20 Monate (Sperner et al. 1996). Lajtai et al. zeigten für die PT bei einem minimalem Nachuntersuchungszeitraum von 2,5 Jahren im Mittel einen Punktwert von 90,7. 89,5% wiesen gute bis sehr gute, 7% mäßige und 3,5% schlechte Ergebnisse auf. Im Unterschied zu meiner Arbeit wurden resorbierbare Interferenzschrauben verwendet (Lajtai et al. 1999). Die besseren Ergebnisse im OAK-Evaluationsblatt sind verglichen mit meinem Patientenkollektiv möglicherweise auf die angegebenen längeren Nachuntersuchungszeiträume zurückzuführen.

In der Studie von Wachtl und Imhoff zeigten sich im IKDC-Evaluationsblatt keine relevanten Differenzen zwischen ST und PT. Allerdings war die Rate an „normalen“ beziehungsweise „fast normalen“ Ergebnissen höher als in meinem Kollektiv (Tab. 18). Die mittleren Nachuntersuchungszeiträume waren mit 33,8 bis 60 Monaten im Gegensatz zu 22 Monaten in meinem Kollektiv deutlich länger (Wachtl et al. 1994). O'Neill publizierte für 90% (113 von 125) seiner Patienten Resultate mit der Qualifikation A oder B („normal“ oder „fast normal“). Einen Unterschied zwischen ST und PT bezüglich der Qualifikation konnte er nicht feststellen. Lediglich eine Subgruppe der PT, welche in Einfach- statt in Zweifach-Inzisionstechnik operiert wurde, wies signifikant weniger Patienten mit dem Ergebnis „stark abnormal“ auf. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 42 Monate (O'Neill 1996). Wie in Tab. 18 dargestellt, kamen Corry et al. zu vergleichbaren Resultaten. Es wurden die PT mit der Semitendinosus- und Gracilissehnen-Plastik (ST+G) verglichen. Die Nachuntersuchung fand zwei Jahre nach VKB-Rekonstruktion statt (Corry et al. 1999). Eriksson et al. beschrieben ebenfalls keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse zwischen der PT und der hier vierfach gelegten ST. Jedoch zeigte sich im Gegensatz zu den anderen aufgeführten Studien eine geringere Rate der mit A oder B qualifizierten Patienten. Insgesamt wurden 5% (7 von 154) der Patienten mit A und 53% (82 von 154) mit B qualifiziert. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 33 Monate (Eriksson et al. 2001).

Autoren		normal	fast normal	abnormal	stark abnormal
		A	B	C	D
<b>eigene Daten</b>	<b>Gesamt</b>	0	23 (62%)	10 (27%)	4 (11%)
<b>37 Patienten</b>	<b>ST</b>	0	4 (44%)	4 (44%)	1 (11%)
	<b>PT</b>	0	18 (64%)	6 (21%)	4 (14%)
<b>Wachtl et al. 1994</b>	<b>Gesamt</b>	10 (18%)	36 (63%)	9 (16%)	2 (4%)
<b>57 Patienten</b>	<b>ST</b>	5 (16%)	20 (65%)	6 (19%)	0
	<b>PT</b>	5 (19%)	16 (62%)	3 (12%)	2 (8%)
<b>O`Neill 1996</b>	<b>Gesamt</b>	73 (58%)	40 (32%)	8 (6%)	4 (3%)
<b>125 Patienten</b>	<b>ST</b>	22 (55%)	13 (33%)	3 (8%)	2 (5%)
	<b>PT</b>	51 (60%)	27 (32%)	5 (6%)	2 (2%)
<b>Corry et al. 1999</b>	<b>Gesamt</b>	68 (42%)	70 (43%)	11 (7%)	12 (7%)
<b>161 Patienten</b>	<b>ST</b>	31 (38%)	41 (51%)	4 (5%)	5 (6%)
	<b>PT</b>	37 (46%)	29 (36%)	7 (9%)	7 (9%)
<b>Eriksson et al. 2001</b>	<b>Gesamt</b>	7 (5%)	82 (53%)	36 (23%)	29 (19%)
<b>154 Patienten</b>	<b>ST</b>	4 (5%)	37 (50%)	19 (26%)	14 (19%)
	<b>PT</b>	3 (4%)	45 (56%)	17 (21%)	15 (19%)

**Tab. 18:** IKDC-Evaluationsblatt im Vergleich mit der Literatur

Die Resultate meiner Patienten stimmen mit den anderen Studien aus Tab. 18 insofern überein, dass sich keine signifikanten Differenzen zwischen PT und ST bzw ST+G ergaben. Auffällig bei der Betrachtung meiner Daten ist jedoch, dass kein Patient die Bewertung „normal“, beziehungsweise die Qualifizierung A erreichte. Zwei Patienten der ST-Gruppe verfehlten diese Bewertung allein aufgrund eines einfach positiven Lachman-Tests, eine Patientin wegen eines einfach positiven Lachman-Tests und Schmerzen beim Joggen. Dies entspricht unseren Resultaten bei der Prüfung der Kniegelenksstabilität, es zeigte sich eine geringere ventrale tibiale Kniegelenksstabilität der Patienten mit ST. In der PT-Gruppe konnten zwei Patienten nur aufgrund eines Streckdefizits von bis zu fünf Grad kein „normales“ Ergebnis erzielen. Ein weiterer Grund für das Fehlen „normaler“ Resultate in der PT-Gruppe ist der zum Teil zu kurze Nachuntersuchungszeitraum. 23 der 28 PT-Gruppe wiesen zwischen VKB-Rekonstruktion und Nachuntersuchung einen kürzeren Zeitraum als zwei Jahre auf.

Vom „International Knee Documentation Committee“ (IKDC) wird für Kurzzeitergebnisse ein minimaler Nachuntersuchungszeitraum von zwei Jahren gefordert (Hefti et al. 1993). Ob unter diesen Kriterien, wie anzunehmen, in der PT-Gruppe mehr Patienten mit einem „normalen“ Kniegelenk qualifiziert werden, müssen nachfolgende Untersuchungen klären.

Die Studien von Wachtl und Imhoff, O'Neill und Corry et al. bewerteten eine höhere Rate ihrer Patienten mit „normal“ oder „fast normal“ als in meiner Arbeit (Wachtl et al. 1994, O'Neill 1996, Corry et al. 1999). Eriksson et al. kamen unter gemeinsamer Betrachtung der Qualifikationen A und B sowie des jeweiligen Gesamtkollektivs zu Ergebnissen, die mit meinen vergleichbar sind (Eriksson et al. 2001).

## **5.6 Vergleich der Standardtestverfahren**

Die Ergebnisse meiner Arbeit zeigten, dass der Lysholm-Score signifikant höhere Punktwerte als der Cincinnati-Score, und dieser wiederum höhere Punktwerte als das OAK-Evaluationsblatt lieferte. Ausserdem fanden sich im IKDC-Evaluationsblatt weniger „normale“ beziehungsweise „sehr gute“ Ergebnisse als im Lysholm-Score, im Cincinnati-Score oder im OAK-Evaluationsblatt. Zwischen den Scores beziehungsweise den Evaluationsblättern und der Messung der ventralen tibialen Translation mit dem KT-1000-Arthrometer lies sich in keinem der Fälle eine Korrelation feststellen. Selbst im IKDC-Evaluationsblatt, in dem eine Kniegelenksinstabilität zwangsläufig in die Gesamtbewertung eingeht, zeigte sich eine schlechte Korrelation zur Messung der ventralen tibialen Translation (Hefti et al. 1993). Es ist daher in jedem Fall sinnvoll, objektive Stabilitätskriterien zusätzlich zu Scores beziehungsweise Evaluationsblättern anzugeben.

Bollen et al. beschrieben einen linearen Zusammenhang zwischen Lysholm-Score und Cincinnati-Score. In einer Gruppe von 41 Patienten mit VKB-Insuffizienz zeigte der Lysholm-Score im Vergleich 20 bis 30 Punkte höhere Werte. Die lineare Regressionsanalyse ergab folgende Beziehung zueinander:  $\text{Lysholm-Score} = 30 + 0,72 \times \text{Cincinnati-Score}$  (Bollen et al. 1991). Setzt man den Median des Cincinnati-Scores aus meiner Arbeit in diese Gleichung ein, so ergibt sich ein Wert von 94,08 für den Lysholm-Score. Der tatsächliche Median in unserem Kollektiv betrug 94 und ist mit dem aus der Gleichung errechneten Wert vergleichbar.

Corry et al. beschrieben im Rahmen einer Untersuchung zwei Jahre nach VKB-Rekonstruktion mit PT und ST+G Ergebnisse des Lysholm-Scores und des IKDC-Evaluationsblattes (Corry et al. 1999). Im Gegensatz zu meinen Ergebnissen korrelierten die Resultate des Lysholm-Scores mit denen des IKDC-Evaluationsblattes besser. Insgesamt 139 von 154 Patienten (90%) wiesen ein „sehr gutes“ oder „gutes“ Ergebnis im Lysholm-Score auf. 134 von 154 Patienten (87%) zeigten ein „normales“ oder „fast normales“ Ergebnis im IKDC-Evaluationsblatt. In meiner Arbeit waren dies entsprechend 32 von 37 Patienten (87%) im Lysholm-Score und nur 23 von 37 Patienten (62%) im IKDC-Evaluationsblatt. Diese Diskrepanz im Vergleich zu Corry et al. liegt mutmaßlich an einem geringeren Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 22 Monaten (von 6 bis 44 Monate). Hefti und Müller empfahlen als minimalen Nachuntersuchungszeitraum jedoch zwei Jahre (Hefti et al. 1993). Ob sich die Resultate des IKDC-Evaluationsblattes denen des Lysholm-Scores in späteren Untersuchungen meines Kollektivs angleichen, müssen nachfolgende Studien zeigen.

Wachtl und Imhoff untersuchten Patienten nach VKB-Rekonstruktion mittels ST und PT (Wachtl et al. 1994). Diese beiden VKB-Rekonstruktionstechniken wurden unterteilt in Patienten, die weniger als zwei Wochen oder mehr als acht Wochen nach VKB-Ruptur die ST beziehungsweise die PT erhielten. Die Nachuntersuchungszeiträume lagen zwischen 13 und 84 Monaten, im Mittel zwischen 33,8 und 60 Monaten. Der mittlere Lysholm-Score lag zwischen 92 und 96,2 Punkten. Die mittleren Punktwerte für das OAK-Evaluationsblatt lagen zwischen 89,8 und 95 und somit etwas niedriger. Dies ist vergleichbar mit meinen Ergebnissen, in denen sich ein signifikant niedrigerer Punktwert im OAK-Evaluationsblatt gegenüber dem Lysholm-Score darstellte. Ob der Lysholm-Score in der Studie von Wachtl und Imhoff vom OAK-Evaluationsblatt auf einem signifikanten Niveau differierte, wurde allerdings nicht untersucht. Zusätzlich präsentierten Wachtl und Imhoff die Resultate des IKDC-Evaluationsblattes. Insgesamt wiesen im IKDC-Evaluationsblatt nur 10 von 57 Patienten (18%) eine „normale“ Qualifikation auf. Im OAK-Evaluationsblatt zeigten 40 von 57 Patienten (70%) ein „sehr gutes“ Ergebnis. Fast man in dieser Studie allerdings die „normalen“ und „fast normalen“ Qualifikationen im IKDC-Evaluationsblatt und die „sehr guten“ und „guten“ Ergebnisse im OAK-Evaluationsblatt zusammen, liegen die Resultate der beiden Evaluationsblätter näher beieinander. 46 von 57 Patienten (81%) zeigten dies im IKDC-Evaluationsblatt und 51 von 57 Patienten (89%) im OAK-Evaluationsblatt. Dies ist vergleichbar mit meinen Daten. Fast man die Ergebnisgruppen für meine Daten

entsprechend zusammen, erreichen 23 von 37 Patienten (62%) diese Qualifikationen im IKDC-Evaluationsblatt und 27 von 37 Patienten (73%) diese Resultate im OAK-Evaluationsblatt. Jedoch erzielte keiner meiner Patienten die Qualifikation eines „normalen“ Kniegelenks im IKDC-Evaluationsblatt, aber sieben Patienten wiesen ein „sehr gutes“ Ergebnis im OAK-Evaluationsblatt auf. Für Patienten nach VKB-Rekonstruktion erscheint es somit schwierig, die Qualifikation eines „normalen“ Kniegelenks im IKDC-Evaluationsblatt zu erreichen. Das ergibt sich aus dem Aufbau dieses Evaluationsblattes, indem das Gesamtergebnis nie besser sein kann als das schlechteste Einzelergebnis. Hefti und Müller gaben hierzu folgendes zu bedenken: „Kein Knie kann besser sein als ‚normal‘, und es ist eher zu bezweifeln, ob ein operiertes Kniegelenk je wieder ‚normal‘ werden kann“ (Hefti et al. 1993).

## 6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse von zwei arthroskopisch assistierten, autologen, freien, vorderen Kreuzband-Ersatzplastiken miteinander verglichen. Es handelt sich um die zentrale Patellarsehnen-Plastik (PT) und die gedoppelte Semitendinosussehnen-Plastik (ST). Bei beiden Verfahren erfolgte zusätzlich eine extraartikuläre Tractusumlenkung modifiziert nach Jäger und Wirth (EA).

Die Patienten mit ST weisen eine signifikant größere ventrale tibiale Translation auf als die mit PT ( $p < 0,05$ ). Die Messungen mit dem KT-1000-Arthrometer zeigen außerdem bei unterschiedlichen Krafteinwirkungen eine differierende Zunahme der ventralen tibialen Auslenkung. Hieraus ergeben sich Hinweise auf die Steifigkeit der Rekonstruktionsplastiken beziehungsweise der intakten vorderen Kreuzbänder (VKB) der gesunden kontralateralen Kniegelenke. Die geringste Steifigkeit weisen demnach die ST, die höchste die intakten VKB auf.

Die EA hat keinen Einfluss auf die ventrale tibiale Translation. In Übereinstimmung mit den in der Literatur dokumentierten Ergebnissen kommt es durch die zusätzliche EA nur zu einer geringeren Rate von Pivot-Shift.

Die Messung der isokinetischen und isometrischen Muskelkraft differiert zwischen ST und PT nicht signifikant ( $p > 0,05$ ). Eine Beeinträchtigung der Streckkraft für Patienten mit PT oder eine verminderte Beugekraft für Patienten mit ST ist nicht zu ermitteln.

Der Lysholm-Score, der Cincinnati-Score, das OAK-Evaluationsblatt und das IKDC-Evaluationsblatt ergeben keine signifikanten Unterschiede zwischen ST und PT ( $p > 0,05$ ). Im Tegner-Aktivitäts-Score ist, verglichen mit dem Zeitpunkt vor der VKB-Ruptur, der Abfall des Aktivitätsniveaus für die Patienten mit PT größer ( $p < 0,05$ ). Die Ergebnisse des Lysholm- und des Cincinnati-Scores sind mit Daten aus anderen klinischen Studien vergleichbar. Für das OAK- und IKDC-Evaluationsblatt veröffentlichten einige Autoren günstigere Resultate, dies allerdings bei zum Teil deutlich längeren Nachuntersuchungszeiträumen. Für eine gute Vergleichbarkeit der Evaluationsblätter sollte eine minimale Nachbeobachtung von zwei Jahren eingehalten werden.

Zwischen Scores beziehungsweise Evaluationsblättern und objektiven Stabilitätsparametern zeigt sich keine Korrelation. Zur Gesamtbeurteilung von VKB-Rekonstruktionsverfahren sind daher immer auch objektive Stabilitätsparameter notwendig.

## **7 Abkürzungsverzeichnis**

+EA	Mit zusätzlicher extraartikulärer Stabilisierung
+G	Mit zusätzlicher Verwendung der Gracilissehne
KL	Kontralaterales gesundes Kniegelenk
IKDC	International Knee Documentation Committee
OAK	Orthopädische Arbeitsgemeinschaft Knie
PT	Freie Patellarsehnen-Plastik mit anhaftenden Knochenblöcken
ST	Freie Semitendinosussehnen-Plastik
VKB	Vorderes Kreuzband

## **8 Literaturverzeichnis**

Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Zaccherotti G: Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon. *Arthroscopy* 8 (4): 510-516, 1992a

Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Zaccherotti G: Long-term study of anterior cruciate ligament reconstruction for chronic instability using the central one-third patellar tendon and a lateral extraarticular tenodesis. *Am J Sports Med* 20 (1): 38-45, 1992b

Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P: Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 22 (2): 211-218, 1994

Aglietti P, Zaccherotti G, Menchetti PP, De Biase P: A comparison of clinical and radiological parameters with two arthroscopic techniques for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3 (1): 2-8, 1995

Alm A, Gillquist J, Strömberg B: The medial third of the patellar ligament in reconstruction of the anterior cruciate ligament. A clinical and histological study by means of arthroscopy and arthrotomy. *Acta Chir Scand, Suppl.*445: 5-10, 1974

Alm A, Gillquist J: Reconstruction of the anterior cruciate ligament by using the medial third of the patellar ligament. Treatment and results. *Acta Chir Scand* 140 (4): 289-296, 1974

Anderson AF, Snyder RB, Lipscomb AB Sr: Anterior cruciate ligament reconstruction using the semitendinosus and gracilis tendons augmented by the Losee iliotibial band tenodesis. A long-term study. *Am J Sports Med* 22 (5): 620-626, 1994

Arnoczky SP: Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop* 172: 19-25, 1983

Arnoczky SP: Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. *Orthop Clin North Am* 16: 15-28, 1985

Augustine RW: The unstable knee. *Am J Surg* 92: 380-388, 1956

Aune AK, Ekeland A, Cawley PW: Interference screw fixation of hamstring vs patellar tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6 (2): 99-102, 1998

Bach BR, Warren RF, Flynn WM, Kroll M, Wickiewicz TL: Arthrometic evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 72-A (9): 1299-1306, 1990

Bähler A: Die Orthesen-Versorgung des Knies. *Orthopädie Technik* 3: 184-187, 1992

Barber-Westin SD, Noyes FR: The effect of rehabilitation and return to activity on anterior-posterior knee displacements after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 21 (2): 264-270, 1993

Barrack RL, Lund PJ, Munn BG, Wink C, Happel L: Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 25 (2): 196-202, 1997

Battle WH: A case after open section of the knee joint for irreducible traumatic dislocation. *Clin Soc London Trans* 33: 232-233, 1900

Benedetto KP: Frische Kapselbandverletzungen des Kniegelenks. In: Kohn D: *Das Knie*. Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2000

Bircher E: Die Arthroendoskopie. *Zentralblatt Chirurgie* 48: 1460-61, 1921

Bircher E: Die Binnenverletzung des Kniegelenkes und ihre Diagnose. *Schweiz. med. Wschr.* 6: 921, 1923

Blauth W, Ulrich HW, Hahne HJ: Sinn und Unsinn von Knieorthesen. *Unfallchirurg* 93: 221-227, 1990

Blauth W, Ulrich HW: Zur Problematik von Orthesen in der postoperativen Behandlung von Kniebandschäden. Orth Praxis 26: 310-313, 1990

Bollen S, Seedhom SS: A comparison of the Lysholm and Cincinnati knee scoring questionnaires. Am J Sports Med 19 (2): 189-190, 1991

Born G: Microsoft Office 97 Visual Basic-Programmierung. Microsoft Press Deutschland: 1997

Bothworth DM, Bothworth BM: Use of the fascia lata to stabilize the knee in cases of ruptured crucial ligaments. J Bone Joint Surg 18-A: 178-179, 1936

Brewster CE, Moynes DR, Jobe FW: Rehabilitation for anterior cruciate reconstruction. J Orthop Sports Phys Ther 5 (31): 121-26, 1983

Brückner H: Bandplastiken im Kniebereich nach dem Baukastenprinzip. Zentralbl Chir 3: 65-77, 1972

Brückner H: Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. Chirurg 37 (9): 413-414, 1966

Campbell WC: Reconstructions of the ligaments of the knee joint. Surg Gynecol Obstet 62: 964-968, 1936

Carter Tr, Edinger S: Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon. Arthroscopy 15 (2): 169-172, 1999

Cho KO: Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis. J Bone Joint Surg 57-A: 608-612, 1975

Clancy WG, Nelson DA, Reider B, Narechania RG: Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extra-articular tendon transfers. J. Bone Joint Surg 64-A: 354, 1982

Cooper DE, Urrea L, Small J: Factors affecting isometry of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction: the effect of guide offset and rotation. *Arthroscopy* 14 (2): 164-70, 1998

Corry IS, Webb JM, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA: Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med* 27 (3): 444-454, 1999

Dahlstedt LJ, Dalén N, Jonsson U: Extraarticular repair of the unstable knee. Disappointing 6-year results of the Slocum and Ellison operations. *Acta Orthop Scand* 59 (6): 687-691, 1988

Daniel DM: Diagnosis of ligament injury. In: *Knee Ligaments, Function, Injury and Repair*, edited by Dale M. Daniel et al. Raven Press: 3-10, 1990

Daniel DM, Malcom L, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R: Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 67-A (9): 720-726, 1985

Daniel DM, Stone ML: Diagnosis of ligament injury: tests and measurements of joint laxity. In: Feagin JA: *The cruciate ligaments. Diagnosis and treatments of ligamentous injuries about the knee*. Churchill Livingstone Inc., 1988

Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L: Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med* 13 (6): 401-407, 1985

Daniel DM, Stone ML, Barnett P, Sachs R: Use of the quadriceps active test to diagnose posterior cruciate ligament disruption and measure posterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 70-A (3): 386-391, 1988

Dann K, Engelhardt M: Das Knie wird nie so wie, es früher war. *Arthroskopische Eingriffe und aktuelle therapeutische Verfahren*. *TW Sport + Medizin* 8, 6: 337-344, 1996

Debrunner HU: Orthopädisches Diagnostikum. Thieme Verlag, Stuttgart, 1982

Delince P, Krallis P, Descamps PY, Fabeck L, Hardy D: Different aspects of the cyclops lesion following anterior cruciate ligament reconstruction: a multifactorial etiopathogenesis. *Arthroscopy* 14 (8): 869-876, 1998

Denti M, Monteleone M, Berardi A, Panni AS: Anterior cruciate ligament mechanoreceptors. Histologic studies on lesions and reconstruction. *Clin Orthop* 308: 29-32, 1994

Ellison AE, Berg EE: Embryology, anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 16: 3-14, 1985

Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, Löfgren AC, Bredenberg M, Westmann I, Wredmark T: A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 83-B: 348-354, 2001

Ficat P: Réconstruction du ligament croisé antérieur. *Rev Chir Orthop (Suppl 1)* 58: 85-92, 1972

Fink C, Hoser C, Benedetto KP, Hackl W, Gabl M: Langzeitergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. *Unfallchirurg* 99: 964-969, 1996

Frank C, Jackson RW: Lateral substitution for chronic isolated anterior cruciate ligament deficiency. *J Bone Joint Surg* 70-B: 407-411, 1988

Frank CB, Jackson DW: Current concepts review – The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 79-A: 1556-1576, 1997

Freiwald J, Jager A, Thoma W: Isokinetische und isometrische Muskelfunktionsanalyse nach arthroskopisch durchgeführten vorderen Kreuzbandersatzplastiken. *Sportverletz Sportschaden* 6 (1): 6-13, 1992

Friedrich NF, O'Brien WR: Zur funktionellen Anatomie der Kreuzbänder. In: Jakob RP, Stäubli HU: Kniegelenk und Kreuzbänder. Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1990

Fu FH, Harner CD, Johnson DL, Miller MD, Woo SLY: Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application. Instr Course Lect (United States) 43: 137-148, 1994

Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB: Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. Am J Sports Med 27 (6): 821-830, 1999

Fu FH, Bennett CH, Ma CB, Menetrey J, Lattermann C: Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II. Operative procedures and clinical correlations. Am J Sports Med 28 (1): 124-130, 2000

Galway RD, Beaupré A, MacIntosh DL: Pivot shift: a clinical sign of symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. J Bone Joint Surg 54-B: 763-764, 1972

Girgis FG, Marshall JL, Monajem ARS: The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop 106: 216-231, 1975

Goetjes H: Über Verletzungen der ligamenta cruciata des Kniegelenkes. Dtsch Z Chir 123: 221-289, 1913

Good L, Odensten M, Gillquist J: Sagittal knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction with a patellar tendon strip. Am J Sport Med 22 (4): 518-523, 1994

Goradia VK, Grana WA: A comparison of outcomes at 2 to 6 years after acute and chronic anterior cruciate ligament reconstructions using hamstring tendon grafts. Arthroscopy 17 (4): 383-392, 2001

Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM: Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg* 8(3): 141-150, 2000

Gruber G, Harland U, Gruber GM: Sonographische Darstellung des Lachman-Tests bei Läsionen des vorderen Kreuzbandes. *Sportverletz-Sportschad* 6 (3): 123-127, 1992

Hamner DL, Brown CH, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC: 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* 81-A: 549-557, 1999

Harilainen A, Sandelin J, Österman K, Vanhanen I: Prospective preoperative evaluation of anterior cruciate ligament instability of the knee joint and results of reconstruction with patellar ligament. *Clin Orthop Rel Res* 297: 17-22, 1993

Harms V: Biomathematik, Statistik und Dokumentation. Harms Verlag Kiel, 6. Aufl., 1992

Hefti F, Drobny T, Hackenbruch W, Kipfer W, Holzbach P: Evaluation von Knieinstabilitäten. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg): Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokio: 138-142, 1990

Hefti F, Drobny T, Hackenbruch W, Kipfer W, Holzbach P, Jakob RP, Müller W, Stäubli HU: Evaluation of knee ligament injuries. The OAK and IKDC forms. In: Jakob RP, Stäubli HU: The knee and the cruciate ligaments. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York: 134-142, 1992

Hefti F, Müller W: Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. Das neue IKDC-Knie-Evaluationsblatt. *Orthopäde* 22: 351-362, 1993

Hey Groves EW: Operation for the repair of the crucial ligaments. *Lancet* 2:674-675, 1917

Hey Groves EW: The crucial ligament of the knee joint: Their function, rupture, and the operative treatment of the same. *J Surg* 7:505-515, 1920

Hoffmann F, Friebel H, Schiller M: The semitendinosus tendon as replacement for the anterior cruciate ligament. *Zentralbl Chir* 123 (9): 994-1001, 1998

Hoffmann R, Lobenhoffer P, Krettek C, Tscherne H: PDS (Polydioxanon)-Augmentation der vorderen Kreuzbandrekonstruktion. Eine experimentelle Stabilitätsuntersuchung. *Hefte Unfallheilkd* 207: 273, 1989

Holmes PF, James SL, Larson RL, Singer KM, Jones DC: Retrospective direct comparison of three intraarticular anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 19 (6): 596-600, 1991

Howell SM, Barad SJ: Knee extension and its relationship to the slope of the intercondylar roof. Implications for positioning the tibial tunnel in anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 23 (3): 288-294, 1995

Howell SM, Taylor MA: Brace-free rehabilitation, with early return to activity, for knees reconstructed with a double-looped semitendinosus and gracilis graft. *J Bone Joint Surg Am* 78-A (6): 814-825, 1996

Jackson DW, Arnoczky SP, Woo SLY, Frank CB, Simon TM: *The Anterior Cruciate Ligament - Current and Future Concepts*. Ed.: Jackson DW, Raven Press, New York, 1993

Jackson DW, Drez D: *The anterior cruciate deficient knee. New concepts in ligament repair*. Mosby, St. Louis, Washington DC, Toronto, 1987

Jakob RP, Stäubli HU, Deland JT: Grading the pivot shift, objective tests with implications for treatment. *J Bone Joint Surg Br* 69-B (2): 294-299, 1987

Jäger M, Wirth CJ: Kapselbandläsionen - Biomechanik, Diagnostik, Therapie. Thieme Verlag Stuttgart New York, 1978

Johnson RJ, Beynon BD, Nichols CE, Renstrom PAFH: The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 73-A: 140-151, 1992

Jones KK: Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the central one-third of the patellar ligament. J Bone Joint Surg 52-A: 130-132, 1963

Jones R: Disabilities of the knee joint. Br Med J 2: 169, 1916

Kähler W-M: SPSS für Windows – Datenanalyse unter Windows. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1994

Kelsch G, Ulrich C, Bickelhaupt A: Sonographie des vorderen Kreuzbands: Möglichkeiten und Grenzen. Unfallchirurg 99 (2): 119-23, 1996

Kennedy JC: Application of prosthetics to anterior cruciate ligament reconstruction and repair. Clin Orthop Rel Res 172: 125-128, 1984

Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC: Nerve supply of the human knee and its functional importance. Am J Sports Med 10: 329-335, 1982

Kennedy JC, Hawkins RJ, Willis RB, Danylchuk KD: Tension studies of human knee ligaments. J Bone Joint Surg 58-A: 350-355, 1976

Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS: The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 56-A: 223-235, 1974

Kipfer WC, Grünig BE, Ballmer PM, Zehnder R, Jakob RP: Die isokinetische Kraftmessung zur Evaluation der Quadrizeps- und Hamstringskraft nach Primärnaht oder Rekonstruktion. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg): Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokio: 631-636, 1990

Kohn D: Das Knie. Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2000

Kowalk DL, Wojtys EM, Disher J, Loubert P: Quantitative analysis of the measuring capabilities of the KT-1000 knee ligament arthrometer. Am J Sports Med 21 (5): 744-747, 1993

Kühne JH, Jansson K: Funktionelle Orthesen in der Nachbehandlung von Kniebandoperationen -was können und was sollen sie leisten. Orthopädie Technik 2: 94-97, 1990

Lajtai G, Humer K, Aitzetmüller G, Unger F, Ramadani F, Orthner E: Ergebnisse nach Rekonstruktion vorderer Kreuzbandrupturen. Verwendung resorbierbarer Interferenzschrauben (minimum Follow-up 2.5 Jahre). Unfallchirurg 102 (1): 35-42, 1999

Lane JG, Daniel DM, Stone ML: Graft impingement after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 22 (3): 415-417, 1994

Leierer GA: Exel 5.0 - Einstieg, Praxis, Referenz. Data Becker GmbH Düsseldorf, 1. Aufl., 1994

Lemaire M, Combelles F: Technique actuelle de plastic ligementaire pour rupture ancienne du ligament croisé antérieur. Rev Chir Orthop 66: 523-525, 1980

Lephart SM, Kocher MS, Harner CD, Fu FH: Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon autograft versus allograft. Am J Sports Med 21 (5): 738-743, 1993

Lindemann K: Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzungen. Z Orthop 79: 316-334 1950

Lobenhoffer P: Kniebandverletzungen. Teil II: Operative Therapie bei vorderer und hinterer Knieinstabilität. Chirurg 70: 326-338, 1999

Lobenhoffer P, Tscherne H: Indikation zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion – Gegenwärtige Operationstechniken, Transplantatwahl. Orthopäde 22 (6): 372-80, 1993

Losee RE, Johnson TR, Southwick WO: Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair. J Bone Joint Surg 60 A: 1015-1030, 1978

Lukianov AV, Gillquist J, Grana WA, De Haven KE: An anterior cruciate ligament (ACL) evaluation format for assessment of artificial or autologous anterior cruciate reconstruction results. Clin Orthop 218: 167-180, 1987

Lysholm J, Gillquist J: Evaluation on the ligament surgery results with special emphasis on use of scoring scale. Am J Sports Med 10: 150, 1982

Mac Intosh DL, Darby TA: Lateral substitution reconstruction. J Bone Joint Surg 58-B: 142, 1976

Maitland ME, Lowe R, Stewart S, Fung T, Bell GD: Does Cybex testing increase knee laxity after anterior cruciate ligament reconstructions? Am J Sports Med 21 (5): 690-695, 1993

Marshall JF, Fetto JF, Botero PM: Knee ligament injuries. A standardized evaluation method. Clin Orthop 245: 216-219, 1977

Martin R: VBA mit Office 97 lernen. Einstieg in die Welt der Makroprogrammierung. Addison-Wesley-Longman Bonn: 1. Aufl, 1997

Mayo Robson AW: Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. Ann Surg 37: 716-718, 1903

Mayr HO, Weig TG, Münch EO, Plitz W: Arthrolyse nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion. Arthroskopie 13: 54-59, 2000

Menschik A: Biometrie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1988

Monka M, Voß W: Statistik am PC - Lösungen mit Excel. Carl Hanser Verlag, München Wien, 1996

Müller W: Das Knie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1982

Müller W, Biedert R, Hefti F, Jakob RP, Münzinger U, Stäubli HU: OAK-Kniedokumentation: Ein neuer Weg zur Beurteilung von ligamentären Knieverletzungen. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg): Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokio: 127-137, 1990

Neusel E, Maibaum S, Rompe G: Nachuntersuchungsergebnisse nach konservativ behandelter isolierter frischer vorderer Kreuzbandruptur. Akt Traumatol 23: 200-206, 1993

Nogalski MP, Bach BR Jr, Bush-Joseph CA, Luergans-S: Trends in decreased hospitalization for anterior cruciate ligament surgery: double-incision versus single-incision reconstruction. Arthroscopy 11 (2): 134-138, 1995

Noyes FR, Barber SD: The effect of an extra-articular procedure on allograft reconstructions for chronic ruptures of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 73-A: 882-892, 1991

Noyes FR, Barber SD, Mangine RE: Bone-patellar ligament-bone and fascia lata allografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 72-A: 1125-1136, 1990

Noyes FR, Barber-Westin SD: A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstruction. Am J Sports Med 25 (4): 460-471, 1997

Noyes FR, Berrios-Torres S, Barber-Westin SD, Heckmann TP: Prevention of permanent arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction alone or combined with associated procedures: a prospective study in 443 knees. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 8 (4): 196-206, 2000

Noyes FR, Butler DL, Grood ES: Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg* 66-A: 344-352, 1984

Noyes FR, Mc Ginniss GH, Grood ES: The variable functional disability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Orthop Clin North Am* 16: 47-67, 1985

Norwood LA, Cross MJ: Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med* 7: 23-26, 1979

Odenstein M, Gillquist J: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg* 67-A: 257-262, 1985

O'Brien SJ, Warren RF, Pavlov H, Panariello R, Wickiewicz TL: Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg* 73-A: 278-286, 1991

O'Conner J, Shercliff T, Fitzpatrick D: Mechanics of the knee. In: Daniel DM, Akeson W, O'Conner J (eds): *Knee ligaments: Structure, Function, Injury and Repair*. Raven Press, New York: 201-238, 1990

O'Donoghue DH: Analysis of endresults of the major injuries of the ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg* 32-A: 721-738, 1950

O'Donoghue DH: Injuries of the knee. *Am J Surg* 98: 463, 1959

O'Neill DB: Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg* 78-A (6): 803-813, 1996

Otero AL, Hutcheson L: A comparison of the doubled semitendinosus/gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 9 (2): 143-148, 1993

Pässler HH, Shelbourne KD: Biologische, biomechanische und klinische Konzepte zur Nachbehandlung nach Bandeingriffen am Knie. *Orthopäde* 22: 421-435, 1993

Palmer I: On the injuries to the ligaments of the knee joint. A clinical study. *Acta Chir Scand* 81 (Suppl 53): 2-282, 1938

Papandrea P, Vulpiani MC, Ferretti A, Conteduca F: Regeneration of the semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction. Evaluation using ultrasonography. *Am J Sports Med* 28 (4): 556-561, 2000

Passler JM, Schippinger G, Schweighofer F, Fellingner M, Seibert FJ: Komplikationen bei 283 Kreuzbandersatzoperationen mit freiem Patellarsehnentransplantat. Beeinflussung durch Operationstechnik und Operationszeitpunkt. *Unfallchirurgie* 21 (5): 240-246, 1995

Paulos L, Noyes FR, Grood E, Butler DL: Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Am J Sports Med* 9 (3): 140-149, 1981

Raunest J, Sager M, Burgener E: Proprioception of the cruciate ligaments: receptor mapping in an animal model. *Arch Orthop Trauma Surg* 118 (3): 159-163, 1998

Roth JH, Kennedy JC, Lockstadt H, Mc Callum CL, Cuning LA: Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without extra-articular supplementation by transfer of the biceps femoris tendon. *J Bone Joint Surg* 69-A (2): 275-278, 1987

Rowden NJ, Sher D, Rogers GJ, Schindhelm K: Anterior cruciate ligament graft fixation. Initial comparison of patellar and semitendinosus autografts in young fresh cadavers. *Am J Sports Med* 25 (4): 472-478, 1997

Sachs L: *Angewandte Statistik*. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 8. Aufl., 1997

Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH: In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res* 15 (2): 285-293, 1997

Sapega AA, Moyer RA, Schneck C, Komalahiranya N: Testing for isometry during reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 72-A (2): 259-267, 1990

Sapega AA, Moyer R, Schneck C: The biomechanics of intra-operative "Isometry" Testing during anterior cruciate ligament reconstruction. *Tran Ortho Res Soc*: 130, 1988

Schatzmann L, Brunner P, Stäubli HU: Effect of cyclic preconditioning on the tensile properties of human quadriceps tendons and patellar ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 56-61, 1998

Scherer MA, Kraus M, Gerngross H, Lehner K: Die Bedeutung der Sonographie zur postoperativen Verlaufskontrolle nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands. *Unfallchirurg* 96 (1): 47-54, 1993

Schläfer H, Fries G: Die Orthesenversorgung nach Kniebandoperationen. *Orthop Tech* 7: 430-435, 1990

Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L: Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg* 66-A: 1072-1076, 1984

Sgaglione NA, Warren RF, Wickiewicz TL, Gold DA, Panariello RA: Primary repair with semitendinosus tendon augmentation of acute anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 18 (1): 64-73, 1990

Shelbourne KD, Gray T: Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. *Am J Sports Med* 28 (4): 446-452, 2000

Shelbourne KD, Patel DV: Treatment of limited motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7 (2): 85-92, 1999

Shelbourne KD, Wilckens JH: Intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction in the symptomatic arthritic knee. *Am J Sports Med* 21 (5): 685-688, discussion 688-689, 1993

Shimizu T, Takahashi T, Wada Y, Tanaka M, Morisawa Y, Yamamoto H: Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg* 119 (7-8): 405-409, 1999

Snook GA: The ACL: a historical review. In: Feagin JA: The cruciate ligaments. Diagnosis and treatments of ligamentous injuries about the knee. Churchill Livingstone Inc., 1988

Sperner G, Seewald P, Hamberger A, Koller A, Wanitschek P, Golser K: Der arthroskopische vordere Kreuzbandersatz mit der gedoppelten Semitendinosussehne. *Unfallchirurg* 99 (11): 869-874, 1996

Stäubli HU, Jakob RP: Ventrale Subluxation des Kniegelenks bei chronischer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes: Ein Vergleich von Arthrometrie und simultan gehaltener Röntgenaufnahme mittels KT 1000. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg): Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokio: 188-194, 1990

Stark J: Two cases of ruptured crucial ligaments of the knee-joint. *Edinburgh Med Surg* 74: 267-271, 1850

Steadman JR: Rehabilitation of acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Rel Res* 172: 129-132, 1983

Steiner ME, Hecker AT, Brown CH, Hayes WC: Anterior cruciate ligament graft fixation. Comparison of hamstring and patellar tendon grafts. *Am J Sports Med* 22 (2): 240-247, 1994

Strasser H: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik. Springer, Berlin, 1917

Strobel M, Stedtfeld HW, Eichhorn HJ: Diagnostik des Kniegelenkes. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 3. Auflage, 1995

Strobel M, Eichhorn J, Schießler W: Arthroskopie des Kniegelenkes: Grundprinzipien, diagnostische Arthroskopie, arthroskopische Chirurgie. Dt. Ärzte-Verl., Köln, 2. Auflage, 1996

Stürmer KM (Hrsg.): Leitlinien Unfallchirurgie. Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2. Auflage, 151-162, 1999

Tegner Y, Lysholm J: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop 198: 43-49, 1985

Tegner Y, Lysholm J, Lysholm M: A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med 14: 156-159, 1986

Torg IS, Conrad W, Kalen V: Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am J Sports Med 4: 84-93, 1976

Ulrich HW: Knieorthesen - funktionelle Ansprüche aus der Sicht des Operateurs. Orthopädie Technik 3: 174-182, 1992

Ulrich HW: Knieorthesen bei Kreuzbandverletzungen. Springer Verlag Berlin Heidelberg, Hefte zur Zeitschrift Der Unfallchirurg, 236, 1994

Viola RW, Steadman JR, Mair SD, Briggs KK, Sterett WI: Anterior cruciate ligament injury incidence among male and female professional alpine skiers. Am J Sports Med 27(6): 792-795, 1999

Wachtl SW, Imhoff A: Retrospective comparison of four intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions using three evaluation systems. Arch Orthop Trauma Surg 114: 25-31, 1994

Warne WJ, Feagin JA Jr, King P, Lambert KL, Cunningham RR: Ski injury statistics, 1982 to 1993, Jackson Hole Ski Resort. Am J Sports Med 23(5): 597-600, 1995

Watanabe BM, Howell SM: Arthroscopic findings associated with roof impingement of an anterior cruciate ligament graft. Am J Sports Med 23 (5): 616-625, 1995

Watanabe M, Takeda S: The Number 21 Arthroscope. J. Jap. Orthop. Ass 34: 1041, 1969

Weber WEW: Mechanik des menschlichen Gehwerkzeugs. Dietrich, Göttingen, 1836

Werlich T, Brand H, Echtermeyer V, Pohlmann J: Knie-Arthrometer KT-1000: Stellenwert der instrumentellen Messung bei der Diagnose einer komplexen vorderen Knieinstabilität. Aktuel Traumatol 23 (1): 43-49, 1993

Wirth CJ, Artmann M: Verhalten der Roll-Gleit-Bewegung des belasteten Kniegelenkes bei Verlust und Ersatz des vorderen Kreuzbandes. Arch Orthop Unfallchir 78: 356-361, 1974

Wirth CJ, Jäger M, Kolb M: Die komplexe vordere Knieinstabilität. Thieme Verlag, Stuttgart New York, 1984

Wirth CJ, Kohn DJ, Hetzer A, Laprell H, Lenz GP, Rohde H: Dt. Ges. f. Orthopädie und Traumatologie + Berufsverb. D. Ärzte f. Orthopädie (Hrsg.). Leitlinien der Orthopädie. Dt. Ärzte-Verlag, Köln: 35 ff, 1999

Witvoet J, Chritel P: Treatment of chronic anterior knee instabilities with combined intra- and extraarticular augmented with carbon-PLA fibres. Clin Orthop 196: 143-153, 1985

Woo SL-Y, Depski RE, Withrow JD, Janaushek MA: Biomechanics of knee ligaments. Am J Sports Med 27 (4): 533-543, 1999

Wroble RR, Grood ES, Cummings JS, Henderson JM, Noyes FR: The role of the lateral extraarticular restraints in the anterior cruciate ligament deficient knee. Am J Sports Med 21 (2): 257-263, 1993

Wroble RR, van Ginkel LA, Grood ES, Noyes FR, Shaffer BL: Repeatability of the KT-1000 arthrometer in a normal population. Am J Sports Med 18 (4): 396-399, 1990

Wülker-N, Kohn-D, Siebert-WE, Wirth-CJ: Die Bedeutung des Aktivitäts-Scores bei der Bewertung von Kniebandrekonstruktionen. Sportverl-Sportschad 5: 130-134, 1991

Xerogeanes JW, Fox RJ, Takeda Y, Kim HS, Ishibashi Y, Carlin GJ, Woo SL: A functional comparison of animal anterior cruciate ligament models to the human anterior cruciate ligament. Ann Biomed Eng 26 (3): 345-352, 1998

## 9 Anhang

### Anhang 1:

---

**ALLGEMEINES KRANKENHAUS BARMBEK**  
**ORTHOPÄDISCHE KLINIK**  
**Chefarzt Prof. Dr. E. Hille**

Rehabilitation des arthroskopisch assistierten Kreuzbandersatzes

#### 1. Präoperative Phase

**Orthopädietechnik:**

Gipsabdruck zur Orthesenfertigung

**Krankengymnastik:**

Kontaktaufnahme, Gespräch über Rehabilitation, neuromuskuläre Stimulation, PNF (Propriorezeptive Neuromuskuläre Förderung), muskuläres Aufbautraining der betroffenen Seite bei reizarmem Gelenk mit isometrischer Kokontraktion, Kniebeugertraining und Übungen in der geschlossenen Kette

**Physikalische Therapie:**

abschwellend mit Eis

**Medikamente:**

Antiphlogistika

#### ⇒ OPERATION

#### 2. Statische Belastungsphase

**Zeitrahmen:**

möglichst sofort postoperativ

**Voraussetzung:**

keine limitierende Begleitverletzung (Meniskusnaht etc.)

**Brace/Bewegungslimit:**

individuelle Orthese mit Fußteil, Flexion/Extension 90/20/0°

**Belastung:**

im Gang: funktionell, abrollen mit 10 kg an Unterarmgehstützen  
im Stand: volles Körpergewicht (⇒ statisch!)

**Krankengymnastik:**

passive Mobilisation: 1. manuell Flexion/Extension 90/0/0°,  
2. Motorschiene Flexion/Extension 70/30/0°

Patellamobilisation

aktive Bewegungen zwischen Flexion/Extension 90/30/0° in Rückenlage

aktive Bewegungen zwischen Flexion/Extension 90/15/0° in Bauchlage

Erlernen muskulärer Kokontraktion der Knieflexoren und –extensoren

Isometrie der operierten Seite: 1. Knieflexoren, 2. Knieextensoren in Kniebeugstellung > 30°

Beübung der Hüftab/-adduktoren mit PNF der gesunden Seite, ab 12.

postoperativem Tag auch PNF der operierten Seite mit Widerständen am distalen Oberschenkel

neuromuskuläre Stimulation  
Isometrie und Isotonie der gesunden Seite

**Patientenübungen:**

Isometrie der Knieflexoren und -extensoren zwischen Flexion/Extension 90/30/0°, Kokontraktion von Knieflexoren und –extensoren  
aktive Bewegungen ohne Widerstand zwischen Flexion/Extension 90/30/0°  
Kokontraktion beim Kniebeugen im Zweibeinstand zwischen Flexion/Extension 60/0/0° bei voller Belastung (Kontaktstabilität)  
Training der kontralateralen Seite ("cross over Effekt")

**Isokinetik:**

keine

**Additive physikalische Therapie:**

Eis, Elektrotherapie, evtl. Massagen

**Medikamente:**

Analgetika, Antiphlogistika, zentral wirkende Muskelrelaxantien, Pelloide

**3. Dynamische Belastungsphase**

**Zeitraum:**

Beginn ab 3. -6. postoperative Woche

**Voraussetzung:**

reizloses Gelenk

**Brace/Bewegung:**

Orthese wurde ständig getragen, Freigabe der Limitierung (Speziell in dieser Phase ist ein womöglich noch vorhandenes Extensionsbewegungsdefizit normalerweise rückläufig. Ist dieses nicht der Fall, ist umgehend die Durchführung einer Rearthroscopie zur Resektion eines eventuell einklemmenden Bindegewebsproliferats (Cyclops) angezeigt)

**Belastung:**

im Gang: sukzessive Steigerung der Belastung um 10-15 kg pro Woche bis zur Vollbelastung (nach der 6. postoperative Woche)  
im Stand: volles Körpergewicht

**Krankengymnastik:**

Patellamobilisation  
PNF der gesunden und betroffenen Seite  
Isometrie und Isotonie der Knieflexoren und -extensoren im bisher erreichten Bewegungsumfang, sowie Übungen in der Geschlossenen Kette als Kokontraktion

**Training:**

Im Rehabilitationszentrum: Erstellung eines individuellen Trainingsplanes  
Sequenztraining: vorgeschaltet 1. Aufwärmen, 2. Stretching  
Medizinische Trainingsgeräte unter Ausschluß der operierten Beines mit Biofeedback  
Fahrradergometer mit mittleren Widerständen und Pedalkorb  
gezieltes Training der Hüftab/-adduktoren (Deuserband) an beiden Beinen  
Kräftigung der Knieflexoren an beiden Beinen  
Kräftigung der Knieextensoren der operierten Seite durch Kniebeugen im Einbeinstand (evtl. mit Bleiweste) oder in der Beinpresse  
KEIN BEINCURLER am operierten Bein

**Isokinetik:**

gegebenenfalls zwischen 8. und 10. postoperativer Woche: isokinetischer Test der Kniebeuger und in der Beinpresse zur Erfolgsdokumentation (bei Hebelmontage an der proximalen Tibia keine Scherkräfte!)

**Physikalische Therapie:**

Eis, Reizstrom, Massage

**Medikamente:**

Antiphlogistika

**4. Koordinationsphase**

**Zeitraum:**

ab 10. der postoperativen Woche bis zum Erreichen von 80% der Kraft der kontralateralen Seite (isokinetische Messung)

**Voraussetzung:**

Übungen in der geschlossenen Kette und der Kniebeuger sind schmerzfrei und ohne starke Krepitationen möglich, Patellagleiten ist frei, reizloses Gelenk, gute Beweglichkeit

**Brace/Bewegung:**

frei

**Belastung:**

Vollbelastung

**Krankengymnastik:**

jetzt besonders Koordinationstraining (Minitrampolin, Therapiekreisel, etc.)  
additiv PNF

**Training:**

Muskuläres Aufbaustraining in der geschlossenen Kette  
M. vastus med. Kräftigung, Knieextensorentraining mit Deuserband und Gewichten zwischen 90 und 60°  
Kniebeugen  
Fahrradergometer  
Medizinisches Gerätetraining  
Achtertourenlauf

**Isokinetik:**

gegebenenfalls isokinetischer Test der Kniebeuger und in der Beinpresse zur Verlaufskontrolle (bei Hebelmontage an der proximalen Tibia keine Scherkräfte!)  
isokinetisches Training bei verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten: Kraft, Ausdauer, Schnellkraft

**Physikalische Therapie:**

Eis, Reizstrom, Massage

**Medikamente:**

in der Regel keine

**5. Limitierte Sportphase**

**Zeitraum:**

ab 5.-8. postoperativem Monat

**Voraussetzung:**

reizloses, im Alltag stabiles Gelenk, isokinetische Kraftmessung mindestens 80% der gesunden Seite

**Brace:**

keine Orthese mit Fußteil, evtl. "Mahnbandage"

**Belastung:**

Vollbelastung

**Krankengymnastik:**

Selbsttraining

**Training:**

Sequenztraining

Lauftraining auf ebenem Untergrund

Fahrradfahren, Kraulschwimmen ⇒ Ausdauer

Weiterhin Übungen in der geschlossenen Kette und der Kniebeuger

Krafttrainig unter Einschluß des Beincurlers für die Knieextensoren

(speziell Vastus med.) der operierten Seite (Druckpunkt am proximalen

Unterschenkel) zwischen 90 und 60°

sportartspezifische Bewegungsabläufe ohne Rotation/Pivoting des verletzten Beines

KEIN Kontaktsport, KEINE Wettkämpfe

**Isokinetik:**

gegebenenfalls isokinetischer Test zur Verlaufskontrolle, Trainig fakultativ weiter

Ausdauer, Schnellkraft

**Physikalische Therapie:**

Eis, Reizstrom , Massage

**Medikamente:**

in der Regel keine

**6. Sportphase****Zeitraum:**

ab 8.-12. postoperativem Monat

**Voraussetzung:**

reizloses, im Alltag stabiles Gelenk, isokinetische Kraftmessung mindestens 90% der gesunden Seite

Laufen für ½ Stunde, Fahrradfahren für 2 Stunden schmerzfrei möglich

**Training:**

Sequenztraining

sportartspezifisches Training der verletzten Extremität mit langsamer

Eingliederung in das normale Trainingsprogramm: Koordination, Ausdauer,

Schnellkraft, Kraft

Kontaktsport und Wettkämpfe NICHT vor einem Jahr postoperativ

**7. Endkontrolle****Zeitraum:**

nach 12 Monaten postoperativ:

**Untersuchungen:**

Anamnese

Klinik

Ligamenttests

---

## Anhang 2:

IKDC KNIE-EVALUATIONSBLATT													
Name: _____		Vorname: _____		geb. / /		Pat.Nr.: _____							
Untersucher: _____		Datum Unters.: / /		Datum Unf./-fälle: / / ; / /		Datum Op.: / / / /							
Unfallursache : <input type="checkbox"/> Alltag <input type="checkbox"/> Verk. <input type="checkbox"/> Nicht-Kontaktsport ohne Rot. <input type="checkbox"/> Nicht-Kont.sp. mit Rot. <input type="checkbox"/> Kontaktsport <input type="checkbox"/> Arbeit													
Zeit Unfall-Op. : _____ (Mon.) <input type="checkbox"/> akut (0-2 Wochen) <input type="checkbox"/> subakut (2-8 Wochen) <input type="checkbox"/> chron. (>8 Wochen)													
Betroffenes Knie : <input type="checkbox"/> re. <input type="checkbox"/> il.		Gegenseite: <input type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> variiert		Unters. in Anaesthes.: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein									
Postop. Diagnose : _____													
Operation : _____													
Zustand Menisci : norm. <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>		1/3 entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>		2/3 entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>		kompl. entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>							
Morphotyp : <input type="checkbox"/> lax <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> straff						<input type="checkbox"/> varus <input type="checkbox"/> valgus							
Aktiv.niveau : vor Unfall: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV		vor Op.: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV		ev. Veränderung wegen Knie <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein									
heute: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV													
GRUPPEN (PROBLEMBEREICHE)		BEWERTUNG INNERHALB GRUPPEN				GRUPPENQUALIF.							
		A: normal		B: fast norm.		C: abnormal		D: stark abnorm.		A	B	C	D
<b>1. SUBJEKTIVE BEURTEILUNG DURCH PATIENT</b>													
Wie funktioniert Ihr Knie?		<input type="checkbox"/> normal		<input type="checkbox"/> fast normal		<input type="checkbox"/> abnormal		<input type="checkbox"/> stark abn.					
Wie beeinflusst Ihr Knie Ihre Aktivität auf einer Skala von 0 bis 3?		<input type="checkbox"/> 0		<input type="checkbox"/> 1		<input type="checkbox"/> 2		<input type="checkbox"/> 3					
<b>2. SYMPTOME (Fehlen von signifikanten Symptomen bei höchster vom Pat. ausgeübter Aktivitätsstufe)</b>													
Keine Schmerzen bei Aktivitätsniveau		<input type="checkbox"/> I		<input type="checkbox"/> II		<input type="checkbox"/> III		<input type="checkbox"/> IV od.					
Keine Schwellung bei Aktivitätsniveau		<input type="checkbox"/> I		<input type="checkbox"/> II		<input type="checkbox"/> III		<input type="checkbox"/> IV schlech-					
Kein teilw. Giving way bei Akt.niveau		<input type="checkbox"/> I		<input type="checkbox"/> II		<input type="checkbox"/> III		<input type="checkbox"/> IV ter					
Kein kompl. Giving way bei Akt.niveau		<input type="checkbox"/> I		<input type="checkbox"/> II		<input type="checkbox"/> III		<input type="checkbox"/> IV					
<b>3. BEWEGUNGSUMFANG: Flex./Ext.: Betroffene Seite: / / Gegenseite: / /</b>													
Streckausfall (von anatom. Nullstellung)		<input type="checkbox"/> <3°		<input type="checkbox"/> 3-5°		<input type="checkbox"/> 6-10°		<input type="checkbox"/> >10°					
Flexionsausfall		<input type="checkbox"/> 0-5°		<input type="checkbox"/> 6-15°		<input type="checkbox"/> 16-25°		<input type="checkbox"/> >25°					
<b>4. UNTERSUCHUNG BANDAPPARAT</b>													
Lachman (in 25° Flex.)		<input type="checkbox"/> -1 bis 2mm		<input type="checkbox"/> -1 b.-3mm		<input type="checkbox"/> od. <-3mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
idem (alternative Unters., fakultat.)		<input type="checkbox"/> -1 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3-5 / -1 to 3mm		<input type="checkbox"/> 6-10 / <-3mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
Anschlag: <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> weich													
totale a.p. Transl. in 70° Flex.		<input type="checkbox"/> 0 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3 bis 5mm		<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
idem (alternative Unters., fakultat.)		<input type="checkbox"/> 0 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3 bis 5mm		<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
hint. Durchhang in 70° Flex.		<input type="checkbox"/> 0 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3 bis 5mm		<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
med. Gelenköffnung (Valgusrotation)		<input type="checkbox"/> 0 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3 bis 5mm		<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
lat. Gelenköffnung (Varusrotation)		<input type="checkbox"/> 0 bis 2mm		<input type="checkbox"/> 3 bis 5mm		<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm		<input type="checkbox"/> >10mm					
Pivot shift		<input type="checkbox"/> neg.		<input type="checkbox"/> +		<input type="checkbox"/> ++		<input type="checkbox"/> +++					
Reversed pivot shift		<input type="checkbox"/> = (neg.)		<input type="checkbox"/> gering		<input type="checkbox"/> markant		<input type="checkbox"/> massiv					
		<input type="checkbox"/> = (pos.)											
<b>5. KOMPARTIMENTALE BEFUNDE</b>													
Patellofemorale Krepitation		<input type="checkbox"/> keine/seiteng.		<input type="checkbox"/> mässig		<input type="checkbox"/> schmerzhaft		<input type="checkbox"/> stark					
Krepitation mediales Kompartiment		<input type="checkbox"/> keine		<input type="checkbox"/> mässig		<input type="checkbox"/> schmerzhaft		<input type="checkbox"/> stark					
Krepitation laterales Kompartiment		<input type="checkbox"/> keine		<input type="checkbox"/> mässig		<input type="checkbox"/> schmerzhaft		<input type="checkbox"/> stark					
<b>6. SYMPTOME BEI TRANSPLANTATENTNAHMESTELLE</b>													
Druckdolenz, Irritation, Gefühlsstörung		<input type="checkbox"/> keine		<input type="checkbox"/> gering		<input type="checkbox"/> mässig		<input type="checkbox"/> stark					
<b>7. RÖNTGENBEFUNDE (ARTHROSE)</b>													
Patello-fem. Gelenkspalt		<input type="checkbox"/> normal		<input type="checkbox"/> > 4mm		<input type="checkbox"/> 2-4mm		<input type="checkbox"/> < 2mm					
Medialer Gelenkspalt		<input type="checkbox"/> normal		<input type="checkbox"/> > 4mm		<input type="checkbox"/> 2-4mm		<input type="checkbox"/> < 2mm					
Lateraler Gelenkspalt		<input type="checkbox"/> normal		<input type="checkbox"/> > 4mm		<input type="checkbox"/> 2-4mm		<input type="checkbox"/> < 2mm					
<b>8. FUNKTIONELLER TEST</b>													
Einbeinsprung (% der Gegenseite)		<input type="checkbox"/> 90-100%		<input type="checkbox"/> 76-90%		<input type="checkbox"/> 50-75%		<input type="checkbox"/> <50%					
<b>GESAMTAUSWERTUNG</b>													

Anhang 3:

OAK-KNIE-LIGAMENT-EVALUATIONSBLATT						
KATEGORIEN:		PUNKTE				Total
A = Schmerzen/Schwellung C = Stabilität		B = Bew.umfang/Kraft D = Funktion				
KRITERIUM:	BEWERTUNG:	A	B	C	D	Total
<b>ANAMNESE:</b>						
Ergüsse / Schwellungen	(5=keine;3=selten;2=rezid.;0=ständig)					
Schmerzen	(5=keine;3=selten;2=häufig;0=ständig)					
Giving way (echtes)	(5=kein;3=selten;2=regelm.)					
Arbeit	(5=voll;3=teilw.;1=Wechsel;0=unfähig)					
Sport	(5=voll;3=beschr.;1=st.beschr.;0=unfähig)					
<b>ALLG. UNTERSUCHUNGSBEFUNDE:</b>						
Erguss / Schwellung	(5=kein;3=gering;1=mässig;0=massiv)					
Schmerzen	(5=keine;3=geringe;1=mässig;0=stark)					
OS-Umf.Diff.(15cm prox.)	(5=keine;3=2cm.;1=>2cm)					
Extensionsdefizit (passiv)	(5=null;3=5°;1=10°;0=>10°)					
Flexion (passiv)	(5=frei;3=>120°;1=>90°;0=<90°)					
<b>STABILITÄT</b>						
nach vorne (Schubl.)	(5=null;4=+;2=++;0=+++)					
nach hinten (Schubl.)	(5=null;4=+;2=++;0=+++)					
Lachman	(5=null;4=+;2=++;0=+++)					
lateral (in 30° Flexion)	(5=null;4=+;2=++;0=+++)					
medial (in 30° Flexion)	(5=null;4=+;2=++;0=+++)					
pivot shift	(5=kein;2=+;1=++;0=+++)					
reversed pivot shift	(5=neg.;0=pos.)					
<b>FUNKTIONELLE TESTS:</b>						
Einbeinsprung seitlich	(5=frei;3=mit Mühe;1=nicht möglich)					
Einbein-Kniebeuge-Uebun	(5=frei;3=mit Mühe;1=nicht möglich)					
Ganz kauern / Entengang	(5=frei;3=mit Mühe;1=nicht möglich)					
<b>I. MAXIMALE PUNKTZAHL JE KATEGORIE</b>		20	20	35	25	
<b>TOTAL</b>						100
<b>II. AKTUELLE PUNKTZAHL JE KATEGORIE</b>						
<b>TOTAL (IIA+IIB+IIC+IID)</b>						
<b>III. FEHLENDE PUNKTE JE KATEGORIE</b>						
<b>(IA-IIA;IB-IIB;IC-IIC;ID-IID)</b>						

**Anhang 4:**

**Lysholm-Score**

Hinken	kein Hinken	5	
	gelegentlich oder leicht	3	
	schwer und ständig	0	
Gehhilfen	keine	5	
	Stock oder Stütze	2	
	keine Belastung möglich	0	
OS- Atrophie	keine	5	
	1-2 cm	3	
	mehr als 2 cm	0	
Instabilität	keine	30	
	selten (beim Sport oder bei schwerer Anstrengung)	25	
	häufig beim Sport o. bei schwerer Anstrengung (o. sport-unfähig)	20	
	gelegentlich bei alltäglicher Belastung	10	
	häufig bei alltäglicher Belastung	5	
	bei jedem Schritt	0	
Schmerzen	keine	30	
	gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung	25	
	stark bei Subluxation	20	
	stark bei schwerer Anstrengung	15	
	stark nach 2 km Gehen	10	
	stark nach weniger als 2 km gehen	5	
	ständig	0	
Schwellung	keine	10	
	bei Subluxation	7	
	bei schwerer Anstrengung	5	
	bei normaler Anstrengung	2	
	ständig	0	
Treppensteigen	problemlos	10	
	leicht behindert	6	
	nur einzelne Stufen	2	
	unmöglich	0	
Hocken	problemlos	5	
	leicht behindert	4	
	nicht über 90 Grad	2	
	unmöglich	0	
<b>Summe</b>			

# Anhang 5:

**Cincinnati Sportsmedicine and Orthopaedic Center**

Name \_\_\_\_\_ Date of Injury / Surgery \_\_\_\_\_ Today's Date \_\_\_\_\_

LEFT RIGHT Check the boxes which apply

**SYMPTOMS (50) PAIN**

20 No Pain, normal knee, performs 100%

16 Occasional pain with strenuous sports or heavy work, knee not entirely normal, some limitations but minor and liveable.

12 Occasional pain with light recreational sports or moderate work activities, frequently brought on by vigorous activities, running, heavy labor, strenuous sports.

8 Pain, usually brought on by sports, light recreational activities or moderate work. Occasionally occurs with walking, standing or light work.

4 Pain is a significant problem with activities as simple as walking. Relieved by rest. Unable to do sports.

0 Pain present all the time, occurs with walking, standing and at night-time. Not relieved with rest.

I do not know what my pain level is. I have not tested my knee.

Intensity of Pain:  Mild  Moderate  Severe Frequency:  Intermittent  Constant

**PAIN LOCATION**

LEFT RIGHT LOCATION OF PAIN

Medial (inner side)

Lateral (outer side)

Anterior-Patellar (front/kneecap)

Posterior (back of knee)

Diffuse (all over)

**PAIN OCCURS ON:**

Stairs

Sitting

Kneeling

Standing

**TYPE OF PAIN:**

Sharp

Aching

Throbbing

Burning

---

**SWELLING**

LEFT RIGHT

10 No swelling, normal knee, 100% activity

8 Occasional swelling with strenuous sports or heavy work. Some limitations but minor and liveable.

6 Occasional swelling with light recreational sports or moderate work activities, frequently brought on by vigorous activities, running, heavy labor, strenuous sports

4 Swelling limits sports and moderate work. Occurs infrequently with simple walking activities or light work. (about 3 times/year)

2 Swelling brought on by simple walking activities and light work. Relieved with rest.

0 Severe problem all of the time, with simple walking activities

I do not know what my swelling level is. I have not tested my knee.

If swelling occurs it is: (Check one box on each line)

Intensity:  Mild  Moderate  Severe

Frequency:  Intermittent  Constant

---

**GIVING WAY**

LEFT RIGHT

20 No giving way, normal knee, performs 100%

16 Occasional giving way with strenuous sports or heavy work. Can participate in all sports but some guarding or limitations are still present.

12 Occasional giving way with light recreational activities or moderate work. Able to compensate, limits vigorous activities; sports or heavy work; not able to cut or twist suddenly.

8 Giving way limits sports and moderate work, occurs infrequently with walking or light work (about 3 times/year)

4 Giving way with simple walking activities and light work. Occurs once per month. Requires guarding.

0 Severe problem, with simple walking activities, cannot turn or twist while walking without giving way.

I do not know my level of giving way. I have not tested my knee.

---

**OTHER SYMPTOMS**

LEFT RIGHT KNEE STIFFNESS LEFT RIGHT KNEE CAP GRINDING LEFT RIGHT KNEE LOCKING

None   None   None

Occasional   Mild   Occasional

Frequent   Moderate   Frequent

Severe   Severe

---

**FUNCTION (50) OVERALL ACTIVITY LEVEL**

LEFT RIGHT

20 No limitation, normal knee, able to do everything including strenuous sports or heavy labor (coal miner, railroad, maintenance) if desired.

16 Perform sports including vigorous activities, but at a lower performance level, involves guarding or some limits to heavy labor activity

12 Light recreational activities possible with rare symptoms, more strenuous activities cause problems. Active but in different sports, limited to moderate work (police officer, gas station)

8 No sports or recreational activities possible. Walking activities possible with rare symptoms, limited to light work (office work)

4 Walking, activities of daily living cause moderate symptoms, frequent limitation

0 Walking, activities of daily living cause severe problems, persistent symptoms

I do not know what my real activity level is. I have not tested my knee or I have given up strenuous sports.

**WALKING**

LEFT RIGHT

10 normal, unlimited

8 slight/mild problem

6 moderate problem, smooth surface ok up to one-half mile

4 severe problem: only 2-3 blocks possible

2 severe problem: requires cane, crutches

**STAIRS**

10 normal, unlimited

8 slight/mild problem

6 moderate problem: only 10-15 steps possible

4 severe problem: requires banister support

2 severe problem: only 1-5 steps possible

**RUNNING ACTIVITY**

LEFT RIGHT

5 normal, unlimited, fully competitive, strenuous

4 slight/mild problem: run half-speed

3 moderate problem: only 1-2 miles possible

2 severe problem: only 1-2 blocks possible

1 severe problem: only a few steps

**JUMPING OR TWISTING ACTIVITIES**

5 normal, unlimited, fully competitive, strenuous

4 slight/mild problem: some guarding, but sports OK

3 moderate problem: gave up strenuous sports; rec. sports OK

2 severe problem: affects all sports, must constantly guard

1 severe problem: only light activity possible (golf, swimming)

TOTAL LEFT  RIGHT

Cincinnati Sportsmedicine and Orthopaedic Center

## Anhang 6:

### Aktivitäts- Score nach Tegner

10	Nationale oder internationale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt (Handball, Basketball)
9	Nationale oder internationale Turniere Regionale Turniere	Abfahrtslauf, Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt (Squash, Badminton) Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt
8	Turniersport	Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt, Eishockey, Abfahrtslauf
7	Turniersport Freizeitsport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik Fußball, Hallen- Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf
6	Freizeitsport	Tennis, Leichtathletik, Turnen, Joggen mindestens fünfmal wöchentlich
5	Arbeit  Turniersport Freizeitsport	schwere körperliche Arbeit (Bauarbeit, Waldarbeit) Radfahren, Langlauf, Rudern Jogging auf unebenem Boden zweimal wöchentlich
4	Arbeit  Freizeitsport	mittelschwere körperliche Arbeit (Lastwagenfahren, Bodenreinigung) Radfahren, Langlauf, Jogging auf ebenem Boden zweimal wöchentlich
3	Arbeit  Turnier- und Freizeitsport	leichte körperliche Arbeit (Krankenschwester) Schwimmen, Waldspaziergänge
2	Arbeit Gehen auf unebenem Boden	leichte körperliche Arbeit
1	Arbeit Gehen auf ebenem Boden	sitzende Tätigkeit
0	wegen Kniebeschwerden arbeitsunfähig oder berentet	

## Anhang 7:

### KT-1000-Arthrometer Untersuchungsblatt

	<b>re</b>	<b>li</b>
Vordere Instabilität (Beugewinkel 25°)		
Ist-Winkel	_____	_____
Fersenposition (mm)	_____	_____
Passive Verschieblichkeit		
67 N ventral	_____	_____
89 N ventral	_____	_____
89 N dorsal	_____	_____
max. manuell	_____	_____
Aktive Quadrizepsverschiebung	_____	_____
Hintere Instabilität (Beugewinkel 70°)		
Ist-Winkel	_____	_____
Passive Verschieblichkeit		
89 N ventral	_____	_____
89 N dorsal	_____	_____
Aktive Quadrizepsverschiebung	_____	_____

## **10 Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. E. Hille danke ich für die Überlassung des Themas.

Herrn Dr. med. A. Betthäuser möchte ich für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit danken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Bruder, Herrn Dr.-Ing. J. Ehresmann, der in Fragen der elektronischen Datenverarbeitung stets ein offenes Ohr hatte.

Weiterhin danke ich meinen Eltern, ohne die das Studium der Medizin und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären.

## 11 Lebenslauf

15.02.1965	Geboren in Lüneburg
1971 - 1975	Grundschule in Reppenstedt
1975 - 1981	Realschule in Lüneburg
1981 - 1984	Technisches Gymnasium in Lüneburg
22.06.1984	Allgemeine Hochschulreife
1984 - 1986	Zivildienst
1986 - 1987	Studium der Elektrotechnik an der Universität Hannover
1987 - 1990	Krankenpflegeausbildung im Landeskrankenhaus Lüneburg
1990 - 1997	Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg
17.06.1997	Ärztliche Prüfung
10.1997 - 09.2001	Arzt im Praktikum bzw. Assistenzarzt in der II. Med. Abteilung des Albertinen Krankenhauses in Hamburg
Seit 01.10.2001	Assistenzarzt in der I. Med. Abteilung des Albertinen Krankenhauses in Hamburg

Jörg Ehresmann  
im Sommer 2002

**Die arthroskopisch assistierte vordere Kreuzbandplastik mit extraartikulärer Tractusumlenkung modifiziert nach Jäger und Wirth. Ein Vergleich zwischen freier zentraler Patellarsehnen-Plastik und gedoppelter Semitendinosussehnen-Plastik mittels Standardtestverfahren.**

Die Patienten mit gedoppelter Semitendinosussehnen-Plastik (ST) weisen eine signifikant größere ventrale tibiale Translation auf als die mit zentraler Patellarsehnen-Plastik (PT) ( $p < 0,05$ ). Die Messungen mit dem KT-1000-Arthrometer zeigen außerdem bei unterschiedlichen Kraftereinwirkungen eine differierende Zunahme der ventralen tibialen Auslenkung. Hieraus ergeben sich Hinweise auf die Steifigkeit der Rekonstruktionsplastiken beziehungsweise der intakten vorderen Kreuzbänder (VKB) der gesunden kontralateralen Kniegelenke. Die geringste Steifigkeit weisen demnach die ST, die höchste die intakten VKB auf.

Die extraartikuläre Tractusumlenkung (EA) hat keinen Einfluss auf die ventrale tibiale Translation. In Übereinstimmung mit den in der Literatur dokumentierten Ergebnissen kommt es durch die zusätzliche EA nur zu einer geringeren Rate von Pivot-Shift.

Die Messung der isokinetischen und isometrischen Muskelkraft differiert zwischen ST und PT nicht signifikant ( $p > 0,05$ ). Eine Beeinträchtigung der Streckkraft für Patienten mit PT oder eine verminderte Beugekraft für Patienten mit ST ist nicht zu ermitteln.

Der Lysholm-Score, der Cincinnati-Score, das OAK-Evaluationsblatt und das IKDC-Evaluationsblatt ergeben keine signifikanten Unterschiede zwischen ST und PT ( $p > 0,05$ ). Im Tegner-Aktivitäts-Score ist, verglichen mit dem Zeitpunkt vor der VKB-Ruptur, der Abfall des Aktivitätsniveaus für die Patienten mit PT größer ( $p < 0,05$ ). Die Ergebnisse des Lysholm- und des Cincinnati-Scores sind mit Daten aus anderen klinischen Studien vergleichbar. Für das OAK- und IKDC-Evaluationsblatt veröffentlichten einige Autoren günstigere Resultate, dies allerdings bei zum Teil deutlich längeren Nachuntersuchungszeiträumen. Für eine gute Vergleichbarkeit der Evaluationsblätter sollte eine minimale Nachbeobachtung von zwei Jahren eingehalten werden.

Zwischen Scores beziehungsweise Evaluationsblättern und objektiven Stabilitätsparametern zeigt sich keine Korrelation. Zur Gesamtbeurteilung von VKB-Rekonstruktionsverfahren sind daher immer auch objektive Stabilitätsparameter notwendig.